

# Necomimi Illusion: アバタの猫耳と連動する 髪の毛を通じた触覚フィードバックの提案

山村 浩穂<sup>1,a)</sup> 杉本 麻樹<sup>1,b)</sup>

**概要:** 本研究では、アバタの猫耳と連動する髪の毛を通じた触覚フィードバックを提案する。髪の毛は他の身体部位とは異なり、色や長さの変更、装飾など拡張性が高い。本研究では、この髪の毛の特性に着目し、形状記憶合金を活用したヘアインタラクティブデバイスのプロトタイプを作成した。アバタの猫耳の動きに連動して、アクチュエータが髪の毛を動かすことにより、実空間にはない猫耳の触覚フィードバックを受け取ることができる。

## Necomimi Illusion: Proposing Hair-based Tactile Feedback Linked to Avatar's Cat Ears

### 1. はじめに

現在、普及している VR (Virtual Reality) コンテンツは視聴覚刺激を主としたものであり、新たに VR 空間への臨場感を増加させる体性感覚として触覚が注目されている [5]。触覚は、力だけでなく温度などの特性を知覚し、周囲と自身の状況把握を促進する。また、ゴム製の腕や疑似身体といった生得的身体以外に対して、視覚情報と同期した触覚フィードバックを与えることで、身体所有感が生じることが知られている [1], [3]。

VRChat<sup>\*1</sup>を代表とするソーシャル VR プラットフォームでは、猫耳アバタといった実空間の自分とは異なる外見を持ったアバタが自己表現として用いられるケースが多数見受けられる。しかしながら、拡張部位である猫耳に対する触覚フィードバックに着目した研究は多くない。アバタの拡張身体部位である猫耳に適切な生得的身体部位の触覚を同期させることで、アバタへの身体所有感の増加が期待される。本研究では、生得的な身体として備わっていない猫耳に髪の毛を通じた触覚フィードバックを提示することにより、頭に猫耳がある錯覚、Necommimi Illusion のプロトタイプを提案する。

### 2. 関連研究

猫耳に対応する生得的身体部位として髪の毛を通じた頭部刺激が考えられる。髪の毛は、髪型や髪色など多様なアレンジが可能であり、またアクセサリを使った装飾など、他の身体部位にはない高い柔軟性を持つ。頭部への刺激方法としては、サーボモータもしくは振動モータを使った頭部刺激が考えられる [6]。これはデバイスの重量などユーザーへの負担が大きくなる。また、モータ音が VR 体験の没入感を阻害する可能性がある。これらの課題への対策として、形状記憶合金を使ったソフトアクチュエータがある。加熱に伴う金属の形状変形によって作動するアクチュエータは高い静音性と軽量という特性により、様々なデバイスに応用されている [4]。HäIrIÖ は、形状記憶合金 (ニチノール合金) とサーモインクを使ってエクステを動的に変化させるインタフェースであり、サーボモータ等を使用しないため静音性が高い [2]。本研究では、形状記憶合金を使ったソフトアクチュエータの特性に着目してプロトタイプを開発した。

### 3. 実装

#### 3.1 バイオメタルファイバーを活用したアクチュエータ

本研究では形状記憶合金の一種であるバイオメタルファイバー (トキ・コーポレーション登録商標: BMF) [7] を活用したソフトアクチュエータを使って、触覚フィードバック

<sup>1</sup> 慶應義塾大学大学院理工学研究科  
Keio University, Graduate School of Science and Technology

a) hiro-mountain@keio.jp

b) maki.sugimoto@gmail.com

\*1 <https://hello.vrchat.com/>

クを与えている。BMF は加熱・冷却によって伸縮-弛緩する極細線状の人工筋肉アクチュエータである。加熱中は収縮し、冷却されると元のナイロンのように柔らかい状態に戻る性質を持つ。本研究では BMF シリーズの BMF100 (直径 0.1mm) を通電した際の抵抗加熱によって、BMF の伸縮-弛緩を制御している。柔らかいシリコンゴム製のチューブの中心から外れた位置に BMF を通すことで、BMF が伸縮-弛緩した際にチューブ全体が湾曲する (図 1)。髪の毛を直径 2.5mm のチューブに固定することにより動的に髪の毛を動かすことが可能となる。

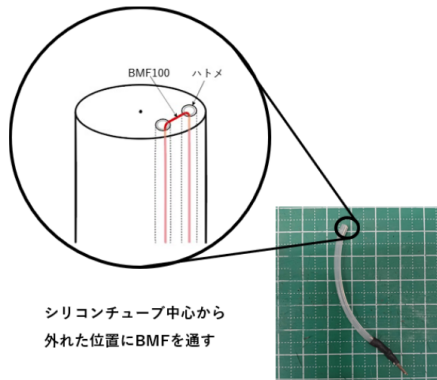


図 1 チューブ断面図

### 3.2 触覚フィードバックの提示

VR 環境は Unity (バージョン 2021.3.6f1<sup>\*2</sup>) を使って開発した。使用したヘッドセットは Oculus Rift S<sup>\*3</sup> である。猫耳アバタはかなりあが提供するハオラン<sup>\*4</sup>を使用した。

VR 空間内で猫耳を撫でるとヘッドセットに固定された BMF アクチュエータが作動する。BMF アクチュエータは Arduino Nano を使って制御されている。猫耳の動きが閾値を超えた場合、Unity から Arduino Nano ヘシリアル通信によって信号が送られ、BMF アクチュエータが髪の毛を刺激することで猫耳の動きと連動した頭部への触覚フィードバックを提示している。チューブの根本はヘッドセットに固定されているため、通電中は固定されたチューブの中央部から先端部が動作し、通電が終わると自然冷却によって元の形状に戻る (図 2)。

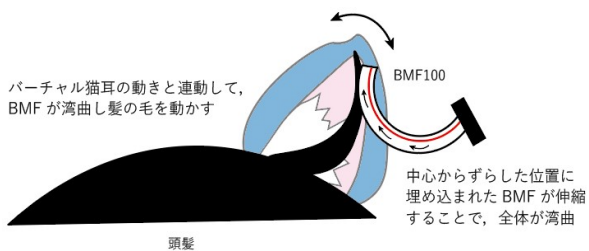


図 2 猫耳の動きと連動した触覚フィードバックの提示

<sup>\*2</sup> <https://unity.com/>

<sup>\*3</sup> <https://www.oculus.com/rift-s/>

<sup>\*4</sup> <https://booth.pm/ja/items/3818504>

## 4. おわりに

本研究では、アバタの猫耳と連動する髪の毛を通じた触覚フィードバックによる Necommimi Illusion のプロトタイプを提案した。形状記憶合金であるバイオメタルファイバーを活用したソフトアクチュエータによって、生得的身体にはない猫耳の触覚を再現している。今後は、本プロトタイプによる、猫耳への身体所有感の変化を評価する。本システムの課題として、髪の毛が 1 方向に引っ張られた際の触覚フィードバックしか再現されていない。今後は猫耳の向きに応じて髪の毛を引っ張る方向を変化させることにより、複数方向に対応した触覚フィードバックを提示するシステムを開発する。また、本研究で使用したアクチュエータは抵抗加熱によって、BMF を制御しているため、髪の毛や頭皮への危険が伴わない範囲で温度を制御する必要があり、長時間の通電に伴う過熱を防ぐシステムが必要である。

謝辞 本研究は、JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2123 の支援を受けたものである。

## 参考文献

- [1] Botvinick, M. and Cohen, J.: Rubber hands 'feel' touch that eyes see, *Nature*, Vol. 391, No. 6669, pp. 756–756 (1998).
- [2] Dierk, C., Serman, S., Nicholas, M. J. P. and Paulos, E.: HÄRIÖ: Human Hair as Interactive Material, *Proceedings of the Twelfth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, TEI '18, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 148–157 (online), DOI: 10.1145/3173225.3173232 (2018).
- [3] Petkova, V. I. and Ehrsson, H. H.: If I were you: perceptual illusion of body swapping, *PloS one*, Vol. 3, No. 12, p. e3832 (2008).
- [4] Probst, K., Seifried, T., Haller, M., Yasu, K., Sugimoto, M. and Inami, M.: Move-it: interactive sticky notes actuated by shape memory alloys, *CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1393–1398 (2011).
- [5] Ranasinghe, N., Jain, P., Thi Ngoc Tram, N., Koh, K. C. R., Tolley, D., Karwita, S., Lien-Ya, L., Liangkun, Y., Shamaiah, K., Eason Wai Tung, C. et al.: Season traveller: Multisensory narration for enhancing the virtual reality experience, *Proceedings of the 2018 CHI conference on human factors in computing systems*, pp. 1–13 (2018).
- [6] 哲也兼古, 渚 棟方, 哲雄小野: PerMan: 頭部への刺激を用いた情報提示デバイスの開発とエンタテインメントへの利用, *エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2014 論文集*, Vol. 2014, pp. 255–260 (2014).
- [7] 本間 大: 金属系人工筋肉型アクチュエータ: バイオメタル・ファイバーについて, *日本ロボット学会誌*, Vol. 21, No. 1, pp. 22–24 (オンライン), DOI: 10.7210/jrsj.21.22 (2003).