



# Slime Hand XR –HMD 空間における皮膚変形錯覚の設計–

佐藤優太郎<sup>1)</sup>, 伊藤杏<sup>1)</sup>, 元橋洸佐<sup>1)</sup>, 鈴木剛<sup>2)</sup>, 小鷹研理<sup>1)</sup>  
Yutaro Sato, Ane Ito, Kosuke Motohashi, Tsuyoshi Suzuki, and Kenri Kodaka

- 1) 名古屋市立大学 芸術工学研究科 (〒464-0083 名古屋市千種区北千種 2-1-10, jimushare@sda.nagoya-cu.ac.jp)  
2) 保与堂

**概要**: Slime Hand XR は HMD を用いて, 強力な皮膚変形感覚を誘発する Slime Hand Illusion を仮想空間上で誘発するためのシステムである. ユーザーは HMD を被ると見えるお盆の上に配置された CG のスライムが伸縮するのを見るのと同時に, 手の皮膚を引っ張られると, あたかもスライムの伸縮が手の皮膚の伸縮のように感じられる. 皮膚変形感覚に関するアンケートを行った結果, 63 人中 58 人が錯覚にポジティブな反応を示した. 本システムは Slime Hand Illusion の原理を採用したものであり, 元来の Slime Hand Illusion よりも自由な形態の皮膚変形を実現したため報告する.

**キーワード**: スライムハンド錯覚, 皮膚変形感覚, ラバーハンド錯覚

## 1. はじめに

Rubber hand Illusion (RHI) などの古典的な身体錯覚の研究は, 心理的な身体への驚くべき可塑性を示してきた[1]. RHI の原理を応用することで, Head Mounted Display(HMD) 環境における仮想空間上の身体 (アバター) に対して, 知覚的なレベルで身体変形を生起させる試みは多数存在する[2-3,5]. 他方で, 身体変形錯覚は自由自在に起こるわけではなく, RHI が持つ空間的・時間同期的・形態的な厳しい制約に縛られている. 身体変形アバターの将来的な普及を見据えるならば, RHI の制約を回避し, より自由な変形が可能となることが望ましい.

2022 年に小鷹らが報告した Slime Hand Illusion(SHI)は, 鏡を挟んで, 体験者の手とスライムを配置し, 視覚的に遮蔽された体験者の手をつまんで引っ張ると同期的に, 鏡像でスライムが伸縮するのを注視することで, 皮膚の過剰な変形感覚を生起する錯覚である. SHI は皮膚領域に選択的に作用する錯覚であり, 従来の RHI における錯覚生起

の制約を逸脱してもなお, 強力かつインスタントに作用することがわかっている. SHI がもたらす心的皮膚の驚くべき可塑性は, 皮膚が固有感覚受容器のような身体位置をモニタする機能がないがために成立するものと考えられる[4].

本システムは, HMD を用いた VR 空間において, SHI の錯覚効果を再現し, 従来型の RHI の錯覚原理の制約を回避した身体変形錯覚システム「Slime Hand XR」を提案する (図 1). Slime Hand XR では, SHI で鏡が担っていた, 身体を遮蔽し, 視覚的な錯覚像 (スライムの伸縮) を提示する役割を HMD が担う. HMD を装着した状態の体験者のつままれた手の皮膚位置に, 伸縮する CG のスライムをあてがうことで SHI の効果を再現する. 本システムでは, RHI のパラダイムを脱した錯覚原理を利用することに加え, CG による SHI の皮膚変形錯覚の実装は, 現実のスライムにおける重力などの物理的な制約を無視した自在な皮膚変形形態が実現可能となる.



図 1 Slime Hand XR

## 2. インタラクションデザイン

皮膚変形感覚を生起させる HMD には, Vive (HTC)が採用された. 体験者は HMD を被ると, CG で作られた部屋の中にお盆と洗濯バサミのついたハンガーが配置されているの見える. お盆の真ん中にはスライムの塊が配置された. 実空間上にも体験者が手を置くためのお盆が配置され, お盆には位置をセンシングするための Vive Tracker 3.0 が取り付けられた. 本システムでは, 他に CG のスライムの先端位置を示すものと, 洗濯バサミのついたハンガーの位置を示す 2 つの Tracker が使用される. ハンガーの位置

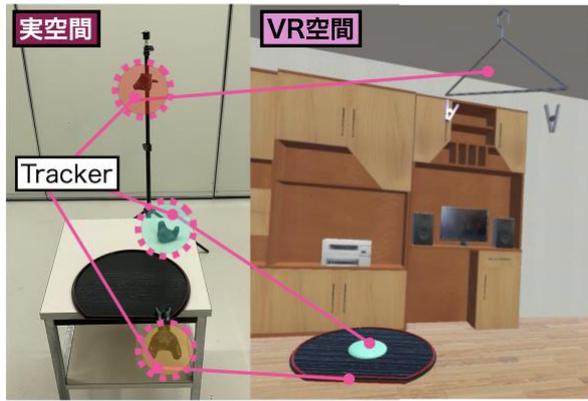


図 2 環境

を示す Tracker は三脚に固定されて、体験者の視線よりもやや高い位置に配置される (図 2)。

### 2.1 Controlled tip of skin mode

Slime Hand XR では、HMD を被った体験者は、お盆の真ん中に手を配置した状態で、実験者によって手の皮膚をつまんで引っ張られる。この時実験者は、スライムの先端位置を示す Tracker を上下方向に動かすことで、スライムの伸縮を操作する (図 3)。

### 2.2 Fixed tip of skin mode

実験者は操作する Tracker を CG 空間上のハンガーに近づけると、自動的にハンガーに取り付けられた洗濯バサミがスライムをつまむ。すると、実験者が操作していたスライムの位置を示す Tracker は役割を終え、スライムは洗濯バサミにつままれたまま、空中に固定される。体験者は、スライムが洗濯バサミに固定された状態で、空いている方

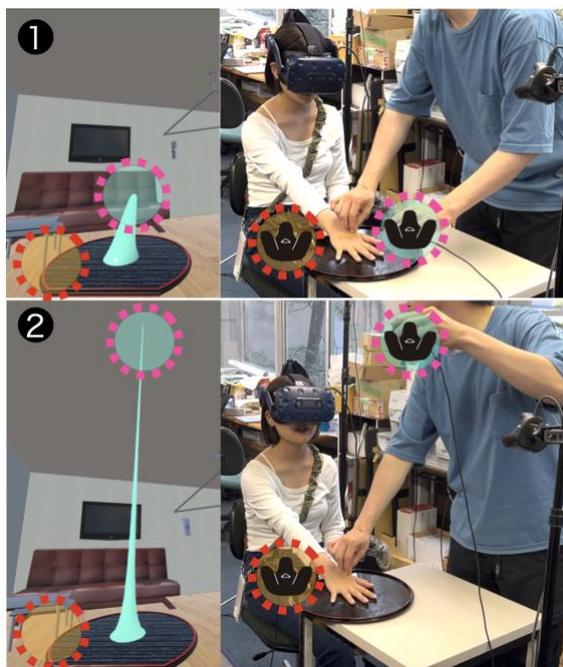


図 3 Controlled tip of skin mode

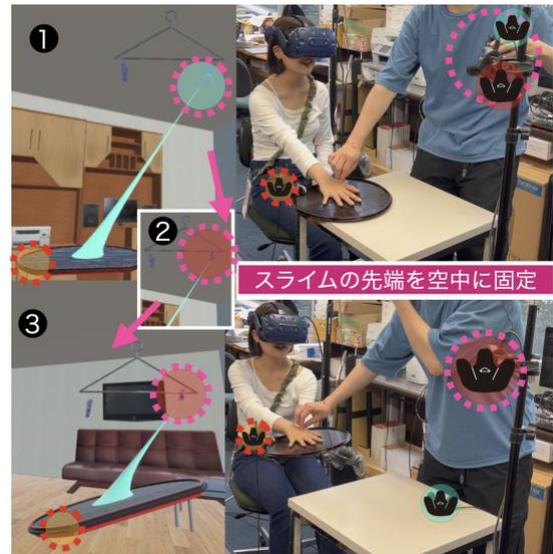


図 4 Fixed tip of skin mode

の手でお盆を支えて動かすことで、スライムを変形させ、能動的に皮膚変形感を体感できる。この時、実験者がハンガー位置を示すもう一つの Tracker を操作することで、洗濯バサミの固定されたスライムの先端位置を動かすことができる (図 4)。

## 3. 実験と結果

Slime Hand XR の Controlled tip of skin mode の皮膚変形感覚に関して、研究室展示の場で質問紙を用いた主観評価を簡易的に行った。体験者が CG のスライムの伸縮を見ているとき、実空間のお盆の上に配置された体験者の手の皮膚が実験者によってつまんで引っ張られている条件下 (pinched & pulled 条件) で、「A: 相手によって自分の皮膚をいつもより伸ばされている感じがした。」という質問に対して、全く感じない (-3)、どちらとも言えない (0)、非常に強く感じる (3) の 7 段階の数字で評価させた。

また別途行った Fixed tip of skin mode についての実験では、Pinched & pulled 条件に加え、手の皮膚には一切触れず CG のスライムの伸縮を見ているだけの時 (non-touch 条件) を設定し、皮膚変形の距離を主観的に評価させる「B: 手から洗濯バサミまでの距離を 10 として、手の皮膚がどれくらい伸びていたか教えてください。」という質問に 10 段階の数字で回答させた。

結果は、質問 A では、錯覚効果に対するポジティブな反

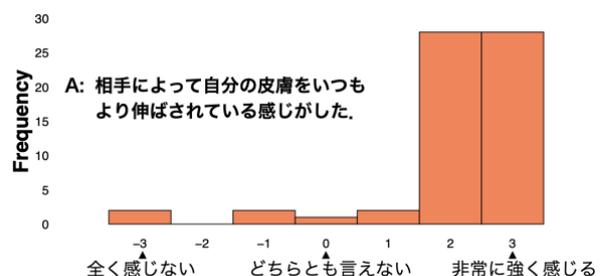


図 5 質問 A の結果

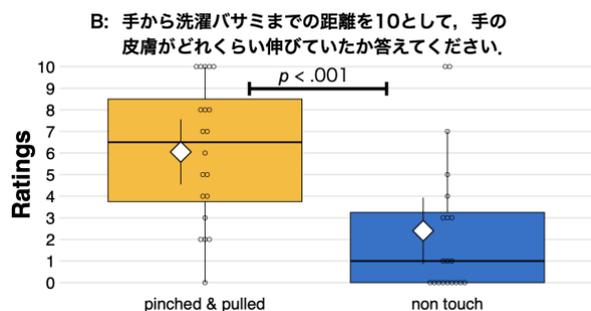


図6 質問Bの結果

応(+1以上の評定値)を示した体験者が、92%(58/63人)となり、本システムの錯覚効果は極めて個人差が少なく作用することが示された(図5)。

質問Bの皮膚変形距離の平均評定値はpinched & pulled条件で6.05、non-touch条件で2.4となった(図6)。質問Bにおけるpinched & pulled条件とnon-touch条件の平均評定値の差について $t$ 検定を実施したところ、有意な差が得られた( $t(19)=5.42, p<.001$ )。このことは、視触覚的な相互作用によって皮膚変形感が生起することを強く示す。以上の結果は、HMD空間におけるSHIの効果を再現するものであり、実空間上のスライムでは表現できない皮膚変形が実現したことを裏付ける。

## 参考文献

- [1] Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756–756. <https://doi.org/10.1038/35784>
- [2] Kilteni, K., Normand, J.-M., Sanchez-Vives, M. V., & Slater, M. (2012). Extending Body Space in Immersive Virtual Reality: A Very Long Arm Illusion. *PLoS ONE*, 7(7), e40867. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040867>
- [3] Kodaka, K., & Mori, K. (2017). Stretchchar(m) makes your arms elastic. *SIGGRAPH Asia 2017 VR Showcase*, 1–2. <https://doi.org/10.1145/3139468.3139476>
- [4] Kodaka, K., Sato, Y., & Imai, K. (2022). The slime hand illusion: Nonproprioceptive ownership distortion specific to the skin region. *I-Perception*, 13(6), 204166952211377. <https://doi.org/10.1177/20416695221137731>
- [5] Preston, C., & Newport, R. (2012). How Long is Your Arm? Using Multisensory Illusions to Modify Body Image from the Third Person Perspective. *Perception*, 41(2), 247–249. <https://doi.org/10.1068/p7103>