

ジャミング転移現象を用いた柔剛可変な触覚提示装置

多賀康太^{†1} 清水俊彦^{†1} 塩見昌裕^{†2}

概要: 対人サービスへのロボットの参入が進む本邦において、人とロボットとのコミュニケーションツールとして触覚について注目が集まっている。触覚提示の方法と被験者に与える効果に関して先行研究にて数多く報告されており、今後インタラクションデバイスへの活用が期待される。触覚提示の手法として、電気刺激を用いた方法や振動刺激を用いた方法が提案されているが、これらの方法は刺激のみの提示であり、物体の形状は提示できない。触覚提示の方法について、私たちは“硬さ”と“形状”を同時に提示できるジャミング転移現象に注目した。本研究ではジャミング転移現象を用いた可変剛性を実現する触覚提示デバイスを作成し、被験者に与える心理的効果を調査する。

1. 緒言

高齢化社会を迎える本邦では、コロナの影響を受け、対人サービスのロボットによる自動化が進んでいる。これらのロボットは、介護におけるベッド移動を始め、リハビリやマッサージなど様々な現場で存在する。“ロボットが人に触れる”というヒューマンロボットインタラクション（以降、HRI）においてロボットの見た目と共に重要な要素として人の触覚情報を得るロボットの触り心地が挙げられる。

人間の原初感覚である触覚情報に起因する快感情は、母子の愛情形成の基本的な現象と捉えることができ[1]、人とロボットの抱擁[2]、ロボットによる甘噛み[3]など、HRI は自己開示や気分の向上に寄与することが確認されている。一方で、ロボットの見た目と硬さは HRI に影響を及ぼすことが報告されている。皮膚感覚が認知に及ぼす効果の研究では、手に持つ物が硬い場合は緊張感を生むという結果がある[4]。

そこで、本研究では可変剛性を実現する触覚提示デバイスを開発する。HMD を用いて被験者に視覚刺激を与え、触覚提示デバイスの可変剛性が HRI に及ぼす影響を調査する。

硬さの提示を行う方法として振動刺激を用いて提示する方法[5]や電気刺激を用いて提示する方法[6]がある。しかし、これらの方法は物体の形状を提示することはできていない。形状・硬さを同時に提示する方法として、ジャミング転移現象を用いたデバイスを挙げる。ジャミング転移現象は粉粒体の密度が大きいときは固体のように振る舞い、粉粒体の密度が小さいときは液体のように振る舞う現象を指す。硬さの調整は真空圧を調整することで可能であり、ジャミング転移現象を用いることで、被験者に単一のデバイスで任意の硬さを提示することが可能となる。また、ジャミング転移の際、粉体は任意の形状で固まるため、予め型を準備しておくことで特定の形状で固めることができる。

以上のことから、ジャミング転移を用いたデバイスは“硬さ”と“形状”の提示を真空圧の制御というシンプルな構成で実現することが可能である。

2. 提案手法

本研究ではジャミング転移現象を用いた触覚提示デバイスを用いて、被験者に与える印象の調査を行う。このデバイスは HMD を装着した被験者が VR 内の猫に手を噛まれる状況を想定したものである(図 1)。手を噛まれる動作は、ジャミング転移を起こす・起こさない状態のデバイスを図 2 に示すようにエアシリンダを用いて被験者の手に押し付ける。ジャミング転移を起こした状態のデバイスは硬度が高く、猫の歯を連想させるため、猫に噛みつかれているという印象を与えると仮定する。対して、ジャミング転移を起こしていないデバイスは柔らかさを有しているため被験者に温和な印象を与えると仮定する。この 2 つの条件を比較し、ジャミング転移を用いたデバイスは被験者に異なる印象を与えることが可能か検証を行う。

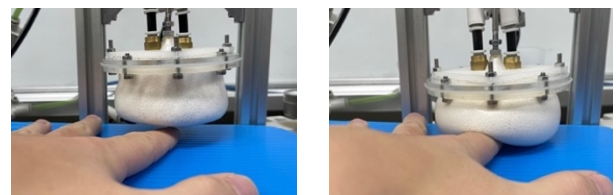
デバイスに対する印象評価は Bartneck らによって提唱されたアンケート[7]を用いる。この方法はロボットに対する印象評価を行うものであり、擬人観・動物らしさ・親密感・知覚的知性・安全性の指標を持っている。今回の実験では VR 上の猫への印象評価を行うため、擬人観・知覚的知性を除いたアンケート調査を行う。



(a) VR 視点

(b)手を噛まれる被験者

図 1 HRI デバイスの概要



(a) 噛まない動作

(b) 噛む動作

図 2 甘噛み動作

^{†1} 神戸市立工業高等専門学校

^{†2} 国際電気通信基礎技術研究所

3. 実験

本研究では、次の手順で実験を行った。

- (1) 被験者に実験の説明を行う
- (2) HMD を装着し条件 1 もしくは条件 2 を行う
- (3) アンケートを記入してもらう
- (4) (2) にて行わなかった項目を行う
- (5) アンケートを記入してもらう

この時、条件 1 はジャミング転移を起こさない状態、条件 2 はジャミング転移を起こした状態で押し付ける。(2),(4)の目的は順序効果の影響を排除するためである。アンケート結果の整理には 1 要因分散分析を用いて評価を行う。被験者は 研究室の学生・教員 14 名(男性 13 名, 女性 1 名)で行った。HMD には Oculus Quest 2 を使用し、エアシリンドラの制御には Teensy3.5 (SparkFun 製)を用いた。

アンケート結果から、動物らしさ(図 3)と安全性(図 4)の項目で有意差が確認できた。それぞれの有意確率 p は動物らしさ ($p=0.003$), 安全性 ($p=0.012$)である。しかし、親密感の結果(図 5)からは有意差を確認できなかった($p=0.224$)。今回はモデルが動物であったが、ジャミング転移によって提示した硬さのイメージが動物のものとは合っていないことが考えられる。被験者に感想を伺ったところ、ジャミングデバイスの温度が動物の体温に近い方が良いという意見や、ジャミングデバイスの形状が動物の歯とは異なる、などのハード的な問題点も見受けられた。

4. まとめと今後の展望

本稿では、可変剛性を実現する触覚提示デバイスを作成し、単一の視覚刺激において触覚情報が被験者に与える印象を調査した。アンケートを行った結果、動物らしさと安全性の項目にて有意差が確認でき、ジャミング転移の有無で被験者に与える印象は変わるということが示された。デモ体験では任意の硬度と形状が提示できるジャミング転移の特性を活かし、VR 上のオブジェクトへのインタラクション体験を行う予定である。ジャミング転移を用いたデバイスは動物らしさがあるかという点では不十分な結果になったが、他のシチュエーションではイメージが当てはまる可能性もあるので今後調査を行う。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 JP21H03524 (評価実験), JP 21K19807 (システム開発), JST ムーンショット型研究開発事業 JPMJMS2011 (論文執筆) の助成を受けて実施されたものである。

参考文献

[1] Harlow, H.F. (1958). "The nature of love", *American Psychologist*, 13(12), 673 – 685.

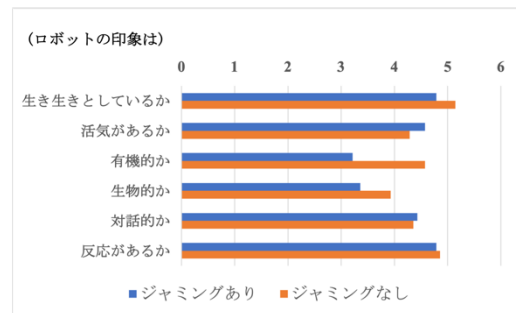


図 3 動物らしさのアンケート結果

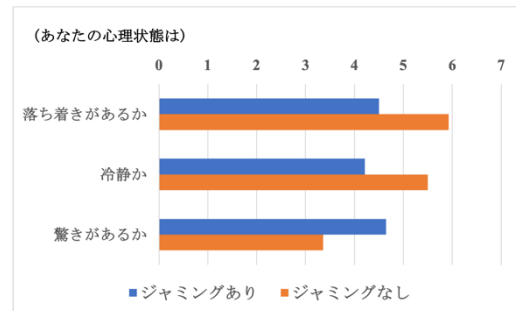


図 4 安全性のアンケート結果

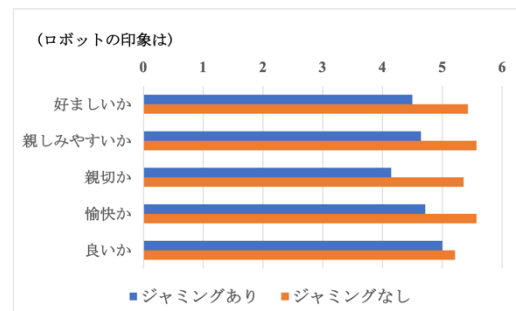


図 5 親密感のアンケート結果

[2] K. Nakagawa, R. Matsumura, M. Shiomi, "Effect of Robot's Play-Biting in Non-Verbal Communication" *Journal of Robotics and Mechatronics* Vol.32 No.1, 2020

[3] 塩見昌裕, 中田彩, 神原誠之, 萩田紀博. ロボットとの身体的接触は自己開示を促すか, *The 31st Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, 2017, 2N2-2.

[4] 沼崎誠, 松崎圭佑, 埴田健司. 持つものの柔らかさ・硬さによって生じる皮膚感覚が対人認知と自己認知に及ぼす効果, *The Japanese Journal of Experimental Social Psychology*. 2016, Vol. 55, No. 2, 119–129.

[5] 鈴木隆裕, 池田篤俊, 高松淳, 小笠原司. 把持型触覚提示デバイスを用いた振動による柔らかさ提示, *日本ロボット学会誌* Vol. 30 No. 7, pp.718~726 (2012)

[6] 神山直樹, 望月典樹, 稲生太一, 中村壮亮. 湾曲型アレイ電極を用いた刺激面積変化による硬軟感提示に関する検討, 第 24 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 (2019)

- [7] C. Bartneck, D. Kulić, E. Croft, and S. Zoghbi,
“Measurement Instruments for the Anthropomorphism,
Animacy, Likeability, Perceived Intelligence, and Perceived
Safety of Robots,” *Int. J. of Social Robotics*, Vol.1, No.1, pp.
71-81, (2009)