

牽引力錯覚による特定スキーム内での手指の姿勢指定

Directing hand posture within a specific scheme by pulling illusion

岨野 太一^{1*} 田中 由浩² 大澤 博隆¹
Taichi Sono¹ Yoshihiro Tanaka² Hirotaka Osawa¹

¹ 筑波大学

¹ University of Tsukuba

² 名古屋工業大学

² Nagoya Institute of Technology

Abstract: 本研究では、リニア振動モータを使い、牽引力錯覚を引き起こす事による、複数の指の動作の伝達を行う。指に小型のリニア振動モータを装着し、特定の方向の牽引力錯覚を起こし、指の曲げ伸ばしについての直感的な指示を行うことで、指のジェスチャーの遠隔からの指示、伝達を可能にする。本稿では、指の曲げ伸ばしの牽引力錯覚による指示について、特定のスキーム内での手の形状指示に対する有用性の検証方法を提示する。

1 序論

手話や楽器における運指、陶芸のような伝統技能といった、複数の指を別々に動作させることが求められる技術は多く存在する。これらの技術について、口頭による説明や観察による模倣による教示、伝達が行われている。しかしながら、例えば、視聴覚障害者の場合は口頭での説明ないし自身での観察による習得は難しく、また、伝達する側が高齢者であり、認知機能が低下している場合、高い技術を持ちつつも、自身の技術についての口頭での伝達が困難になってしまう。また、口頭による伝達では、手指の詳細な位置や力加減といった情報が伝えにくい場合がある。このような場合には、教示を受ける側において、動作させる手指そのものに直接力を加え、教示側の動作を伝達することが代替手段として挙げられる。

手指に直接力を加える方法については、ハプティックインタフェースの分野において盛んに研究が行われている。主な提示方法としては、振動提示が挙げられる。中でも、正弦波の特定の一部分を反転することによって提示される非対称振動刺激は、人に提示した際に、特定の方向へ引っ張られているという牽引力錯覚が起こることが知られている (図 1)。本研究では、牽引力錯覚を用いた動作の伝達の可能性を焦点とする。

ハプティックインタフェースの分野における牽引力錯覚を用いた研究については、牽引力錯覚の知見を俯瞰的にまとめた論文 [1] によれば、牽引力錯覚につい

て、使用するデバイスが研究独自のハードウェアから、市販の振動子や小型 DC モータへと変遷していき、また、市販の振動子の利用における振動の提示方法についての体系化がされていったことが言われている。また、一つの手に対して、複数のチャンネルを持つ振動スピーカによって、非対称振動を提示することで生じた、複数の牽引力錯覚を組み合わせることで、並進力や回転力の提示を行った研究も存在する [2]。

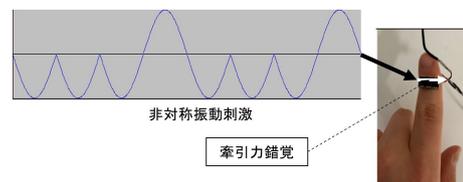


図 1: 牽引力錯覚

ハプティックインタフェース分野における牽引力錯覚の提示や利用を行ってきた従来研究 [1] においては、応用例の傾向として、身体全体や上肢への力覚提示による、比較的大きな身体部位の動作誘導や、VR システムにおける触覚提示が挙げられている。本研究では、より小型のデバイスを、複数個指に装着し、更に複数の指に対して同時に牽引力錯覚を提示することで、指単位での能動的な動作誘導に応用できる可能性に着目した。複数振動スピーカを使用した従来研究 [2] においては、スピーカを把持する必要があるため、手の移動や回転についての指示は可能でも、指の曲げ伸ばしや指の相対位置についての指示はできていない。本研究で目標とする、楽器による運指や陶芸を始めとする

*筑波大学システム情報系 HAI 研究室
〒 305-8573 つくば市天王台 1-1-1 (029-853-6188)
E-mail: sono.taichi.fp@u.tsukuba.ac.jp

伝統技能のような、手指の動作を必要とする技術の伝達においては、上記の指使いを伝達することが重要となるため、各指に牽引力を提示する技術が必要となる。

よって、本研究では、複数の小型のリニア振動モータによって牽引力錯覚を引き起こし、手指の姿勢指示を行う手法を提案する。小型のリニア振動モータを使用することで、手指の装着の際の負担を軽減することができる。また、使用するリニア振動モータは、音声として振動波を入力することで、振動刺激を提示することができ、錯覚の強弱や向きの反転が容易であるため、動作の伝達に有用である。

本稿においては、複数の小型のリニア振動モータによる牽引力錯覚の提示が、手指の曲げ伸ばしに関する動作指示に適応可能を検証する方法として、ジャンケンや2進数による数字表現といった指の曲げ伸ばしのみで成立する、特定スキーム内での手指の姿勢提示での検証方法を挙げる。

2 手指の動作指示についての関連研究

手指の動作に限らず、振動による情報提示は、動作指示や学習に対して適応されている。[3]では、腕に対して振動触覚キューを提示し、太極拳やヨガのような連続的な運動の指示が可能かが検証されている。また、[4]では、腕に触覚アレイ装着し、英単語の音素に対応した振動を提示することで、英単語の伝達を行う手法が提案されている。本研究で扱う手指の動作においても、非対称振動刺激ではなく、単純な振動をパターンとして与えることでも、様々な形の手指の形状の指示が可能と考えられる。しかしながら、振動パターンによる伝達手法では、パターンと手指の形状の対応の記憶が必要となる。本研究で提案する、牽引力錯覚による手指の動作指示の手法は、動作方向を直接的に提示可能であるため、ユーザの記憶負荷が低減できると考えられる。

また、振動以外にも、指の曲げ伸ばしや手首の動作を制御している筋肉に電気刺激を与えることで、指や手首を外部から動作させ、ナビゲーションや楽器演奏時の動作指示を行える可能性を示した研究も存在する[5]。指の曲げ伸ばしの指示に強制力があり、また、手そのものに対して何も装着しなくて済む点で本研究で提案する手法より有用性があるといえる。しかしながら、本研究で提案する手法は、牽引力錯覚による動作の方向指示となるため、指の曲げ伸ばし以外にも、手全体の位置の移動や、指の横方向の開閉についての指示も可能である。

3 牽引力錯覚による手指動作の指示

図2に、手指の動作を提示する際の、リニア振動モータの想定装着位置を示す。使用を想定しているリニア振動モータは、日本電産株式会社製の Sprinter γ [6]である。

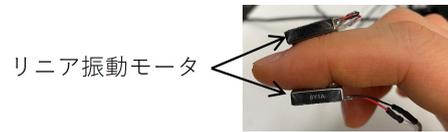


図 2: リニア振動モータの装着位置 (想定)

リニア振動モータを、指を挟むような形で装着することで、指の曲げ伸ばしや平行移動を指示できる牽引力錯覚の提示が可能となる。一本の指において、リニア振動モータ一つが提示できる2方向の牽引力錯覚について、2つのモータの提示の組み合わせによって、4種の動作指示が可能である。本研究において提示する検証方針としては、例えば、指の背側を指の根元方向に引っ張り、同時に腹側を指先側に押すというような、曲げ伸ばしの指示に使用可能な、2つのリニア振動モータに異なる方向の牽引力錯覚を引き起こす2種の指示に対して、姿勢指定に対する有用性の検証方針を提示する。

4 特定スキームにおける姿勢指示における検証方針

リニア振動モータによる牽引力錯覚の提示における、手指の姿勢指示の有用性の検証方針として、ジャンケンや2進法による数字表現を想定している。ジャンケンや2進法による数字表現という、特定のスキーム内の動作指示であることのみを伝達した上で、指示されている手指の姿勢を取れるかどうかによって、牽引力錯覚の提示による手指の姿勢指示の有用性が検証できると考えている。

姿勢指示の方針について詳説する。まず、ジャンケンについてである。ジャンケンにおいては、最終的な手指の姿勢が、親指と人差指の2本の組とそれ以外の3本の指で連動している。よって、姿勢指示を行う場合、前者と後者の各々の組から一つずつの指、計2本の指に対して曲げ伸ばしを指定することが、動作の提示が最も少ない場合での検証内容となる。発展として、5本すべての指に対して、牽引力錯覚を提示することでの姿勢指示を扱い、指示が多くなった場合での各指の指示の分解しての理解が可能かの検証も想定している。

さらなる発展として、2進法による数字表現を想定している。2進法による数字表現は、理論上、10本す

すべての指に対して動作指示を行うことで0~1023までの数字の伝達を可能とする。また、ジャンケンと異なり、曲げ伸ばしをする指の組み合わせに、提示する情報に対応した制限はない。よって、各指に対しての曲げ伸ばしの指示を正確に理解させることが求められるため、曲げ伸ばしのみを扱う指示についての本研究での提案手法の総合的な有用性の検証が可能であると想定している。ただし、指の動作に熟練していない限り、薬指を独立して曲げ伸ばしするのは困難であるため、8本の指で0~255まで数字の伝達での検証となる。

5 まとめと展望

本稿では、小型のリニア振動モータによる手指の動作指示手法の提案と、提案手法の、手指の動作指示に対しての有用性の、特定スキームにおける姿勢指示による検証方針についてを提示した。今後、本稿で提示した検証方針に則り、提案手法の有用性の検証を行っていく。

謝辞

本研究は、本研究は JST ムーンショット型研究開発事業 (#JPMJMS2013) および筑波大学研究基盤支援プログラム (A タイプ) の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 田辺 健, 雨宮 智浩, 遠藤 博史, 井野 秀一: 非対称振動刺激による牽引力錯覚の研究動向, 日本 VR 学会論文誌, 2020, 25 巻, 4 号, pp. 291-301.
- [2] 田辺 健, 矢野 博明, 岩田 洋夫: 2 チャンネル振動スピーカを用いた非対称振動による非接地型並進力・回転力提示, 日本 VR 学会論文誌, 2017, 22 巻, 1 号, pp. 125-134.
- [3] Mu Xu, Dangxiao Wang, Yuru Zhang and Dong Wu, "Effect of vibrotactile cues for guiding simultaneous procedural motion of two joints on upper limbs," 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2015, pp. 567-572, doi: 10.1109/IROS.2015.7353428.
- [4] J. S. Martinez, H. Z. Tan and C. M. Reed, "Improving Tactile Codes for Increased Speech Communication Rates in a Phonemic-Based Tactile Display," in IEEE Transactions on Haptics, vol. 14, no. 1, pp. 200-211, 1 Jan.-March 2021, doi: 10.1109/TOH.2020.3008869.
- [5] 玉城絵美, 味八木崇, 暦本純一: PossessedHand: 電気刺激を用いた人体手形状の直接制御システム, インタラクション (2010), pp. 231-234.
- [6] NIDEC Group Products Catalog_7th, 日本電産株式会社, https://www.nidec.com/en/product/catalog/-/media/nidec-com/product/catalog/pdf/nidec/NIDEC%20Group%20Products%20Catalog_7th, p.14, 2022 年 2 月 19 日閲覧