



屈曲方向の運動錯覚惹起のために 振動刺激を印加する手首の伸筋腱の選定

池田慧¹⁾, 小村啓¹⁾, 本多正計²⁾, 大岡昌博¹⁾

1) 名古屋大学 情報学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

2) 静岡県工業技術研究所沼津工業技術支援センター (〒410-0022 静岡県沼津市大岡)

概要：著者らは、振動刺激により手首に生じる伸展方向の運動錯覚について研究を進めてきた。本研究では、惹起される錯覚の可動範囲を拡大するために、手首の屈曲方向に錯覚が生じる振動刺激条件について調査した。実験では、被験者が手首の伸筋腱に振動刺激を印加したときに感じる錯覚量を主観的な間隔尺度で回答した。この結果に基づいて、屈曲方向の運動錯覚を惹起するために必要な伸筋腱として尺側手根伸筋腱を選定した。

キーワード：「運動錯覚」、「屈曲方向」、「振動刺激」、「力触覚-基礎」

1. 緒言

運動錯覚とは、腕や手首など四肢の腱器官に振動刺激を与えたとき、実際に四肢が動いていないにもかかわらず、あたかも動いているように感じる錯覚現象である。この現象は、皮膚上から腱に与えた振動刺激が筋紡錘に伝搬し筋が伸張されたと感じることによって引き起こされる[1]。

この現象を応用すると、複数の腱に適切な刺激を与える事で、一連の運動を人に感じさせることも可能になる。これにより例えば、寝ながらにして他人の運動の追体験が可能になるような今までにない VR への活用が期待される。

このような運動錯覚の応用のためには、振動刺激の条件によって錯覚がどのように変化するかを知る必要がある。しかし、腱へ与える振動刺激の条件と運動錯覚の錯覚量、すなわち四肢がどれくらい動いたかと感じる感覚の大きさの関係性について詳細な調査報告が少ない。

そこで本研究では、四肢のうち手首部分の進展方向の錯覚について調査を進めてきた先行研究[2][3]に引き続き、屈曲方向の錯覚について運動錯覚量が最大になる振動刺激条件を調査した。

2. 運動錯覚現象

運動錯覚とは、四肢の腱器官に振動刺激を与えたときに、実際は動いていないにも関わらず、四肢の運動を知覚してしまう錯覚現象のことである。1972年に Goodwin らによって初めて報告された [1]。この現象は、筋紡錘（筋肉が弛緩し伸張された時に発火する固有感覚受容器）を振動刺激することで、筋紡錘が発火し、その信号を脳が受け取ることで生じるとされている。このとき、振動刺激によって強制的に筋紡錘を発火させることで、筋肉が伸長している

ような動きを感じる。

例えば、上腕二頭筋の腱に振動刺激を与えたとき、筋紡錘が発火することで、肘関節が実際には動いていないのに、伸長していることを知覚してしまい、実際の関節の動きと知覚の間にずれが生じる。このような運動錯覚の誘発方法や、錯覚時の脳の活動部位に関しては、これまで脳科学の分野で多く研究されてきた。しかし、この運動錯覚現象を制御するために、振動刺激条件と錯覚の知覚量の関係については不明な点が多い。本研究では、手や指の巧緻運動を目指す VR システムの実現を目標とするため、右手首の腱に注目して調査を行った。

3. 実験

3.1 実験参加者

23歳から25歳の健常な男性8名が実験に参加した。参加者には予め実験内容の説明を十分に行い、同意を得た上で実験に協力してもらった。実験の内容は、事前に名古屋大学の倫理委員会で検討・承認されている。

3.2 実験装置

卓上型の運動錯覚誘発システム（図1）では、手首固定部（図2）へ腕を置いた実験参加者の右手手関節の腱へ皮膚上から振動刺激を与える。このとき、手首関節が屈曲方向へ曲がる錯覚を誘発させる。

まず、右手部の加振器の先端には、圧力センサが取り付けられており、腱への押し込み力を計測する。振動刺激の生成には、小型加振器 (EMIC Corp. 511-A) (図2) を用いる。ファンクションジェネレータ (Function Generator nf WF1973) から電気信号を生成して、加振器先端部を通じて実験参加者に加える振動へ変換する。



図 1：実験装置



図 1：実験装置（左 加振器，右 手首固定部）

3.3 実験方法

実験では、1 試行を振動刺激 15 [s] 提示した後、60 [s] の休憩を設けた。振動刺激の条件は、屈曲腱上の刺激位置を変化させて、それに伴う錯覚の変化を調査した。実験参加者には錯覚誘発に集中してもらうように、アイマスクを装着し、外部からの刺激をできるだけ取り除いた。

振動刺激部位は、手首から腕まで伸びる尺側手根伸筋腱上の 3 点とした。具体的な場所としては、図 3 における赤い×印の場所とした。これらの点は筋腱上における、「筋肉の上」、「筋肉と腱の接合部分」、「腱の上」を想定してマーキングした。

それぞれの点に対して、 $\Phi 10$ [mm] の接触子を 0.3 [N] の力で押し当てた状態で提示し、右手首屈曲方向の錯覚を誘発した。振動刺激の提示順序は、刺激位置を前述の 3 か所からランダムに選び、運動錯覚の有無を各 3 条件について調査した。

実験参加者から刺激提示後に、運動錯覚の有無について「錯覚を感じる」、「錯覚を感じない」、「錯覚があるか判断できない」の 3 段階で回答してもらった。実験データの精度を向上するために、1 人につき同様の実験を 3 回行った。

3.4 実験結果と考察

実験参加者 8 人に対して、回答から得られた結果を図 4 に示す。前述の図 3 における刺激位置 1, 2, 3 に対して、実験参加者の回答数を調査した。この結果、刺激位置 2 における「錯覚を感じる」と回答した数が最も多くなり、試行回数 24 回中、14 回となった。

刺激位置 2 は、筋腱上における筋肉と腱の接合部分であ

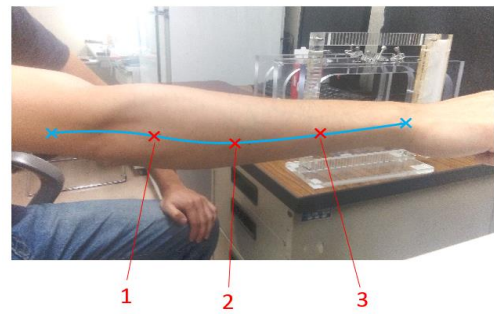


図 3：刺激位置

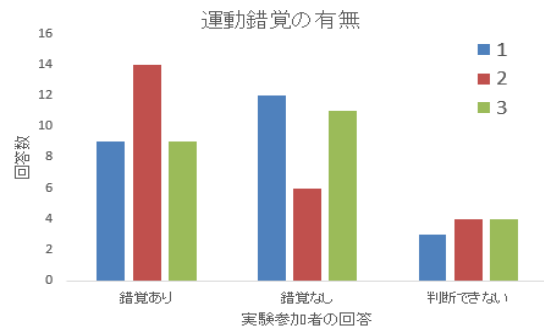


図 4：運動錯覚の有無についての回答数

る。したがって、運動錯覚を最も誘発できる可能性がある部分はこの筋肉と腱の接合部分であることが推測される。

4. 結 言

運動錯覚現象において、手首の屈曲方向の錯覚について、最も誘発が起きやすい刺激位置を調査した。その結果、筋腱上における筋肉と腱の接合部分を刺激することで、運動錯覚が起きやすい事を明らかにした。今後、尺側手根伸筋における実験参加者と試行回数を増やすとともに、別の手首の伸筋腱で同様の実験を行い、本研究で得られた知見の信頼性向上を目指す。

謝 辞

本研究は、豊秋奨学会と平成 29 年度文部科学省科学技術研究費補助金挑戦的萌芽研究 (17K20100) の助成を受けたことを付記し謝意を表する。

参考文献

- [1] Goodwin, G M., McCloskey, D I, & Matthew, P.B.: Proprioceptive illusions induced by muscle vibration: contribution by muscle spindles to perception? ; Science.175, pp. 1382-1384, 1972.
- [2] 本多正計, 唐川裕之, 赤堀晃一, 宮岡徹, 大岡昌博, “振動刺激条件の相違が運動錯覚の誘発と知覚量に及ぼす影響,” 日本バーチャルリアリティ学会論文集, 第 19 巻, 第 4 号, pp. 457-466, 2014
- [3] 本多正計, 唐川裕之, 赤堀晃一, 宮岡 徹, 大岡昌博 卓上型運動錯覚誘発・評価装置の開発, 日本機械学会論文集, Vol. 80, No. 820, 1-12, 2014.