

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 8 日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560312

研究課題名（和文）運動錯覚提示装置の開発と有効性の評価

研究課題名（英文）Development of device for inducing movement illusion by use of vibrating stimuli such as human elbow and evaluation of property of its illusion

研究代表者

藤本 浩志 (Fujimoto, Hiroshi)

早稲田大学・人間科学学術院・教授

研究者番号：60209103

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、振動刺激によるヒトの運動錯覚現象をリハビリテーションプログラムの開発やVR分野での活用に寄与することを目指し、運動錯覚提示装置の開発とその装置を用いたヒトの肘、肩、人差し指への振動刺激提示による運動錯覚特性を調べる実験を行った。具体的には、任意の振動周波数の刺激提示が可能な小型振動刺激装置を開発した。また、開発した装置を用いて、肘、肩や人差し指への振動刺激提示による運動錯覚特性を調べる心理物理実験を行った。本研究により、肘、肩や人差し指への運動錯覚の適用の可能性を示すことができ、リハビリテーションやバーチャリアリティの分野で運動錯覚の活用に向け、一歩前進することができた。

研究成果の概要（英文）：In this study, for searching usefulness of illusory movement such as human elbow, shoulder and forefinger by vibrating stimuli, we developed a device for inducing the movement illusion. Concretely, we succeeded one small typed device for inducing the movement illusion with function to adjust arbitrary vibrating frequency. And also we conducted two psychophysical experiments to evaluate the property of its illusory movement such as human elbow, shoulder and forefinger. From these knowledge, we could indicate the possibility that the illusory movement were able to be applied to use in application field such as rehabilitation and virtual reality in the future.

研究分野：福祉工学

キーワード：運動錯覚 運動錯覚提示装置 心理物理実験 運動学習支援

## 1. 研究開始当初の背景

ヒトの視聴覚や、近年では皮膚感覚を用いた情報伝達機器・手段の開発が主流である状況下ではあるが、ヒトの運動感覚に着目し、今までにないダイナミックな情報伝達手段の構築を目指した萌芽研究は少ない。筆者は、こうした状況下において、将来の運動錯覚の実用化(図1)を想定し、運動感覚を利用した情報伝達を提供可能にすることにより、麻痺患者のリハビリテーションや、人と人との新たなコミュニケーション手段の確立、運動感覚に働きかける新たな運動学習方法の構築に寄与する研究を推進することにした。

## 2. 研究の目的

本研究は、筋肉の腱への振動提示により、実際には運動していない状態でも動いているような感覚を想起させる運動錯覚提示装置を製作し、完成した運動錯覚提示装置を用いて、振動提示を行った際のヒトの運動錯覚特性を明らかにする。次に、運動錯覚提示装置の有効な活用方法をリハビリテーションやバーチャリアリティの各分野で協議することを目的としている。

## 3. 研究の方法

### 3.1 運動錯覚提示装置の開発

本研究では、振動刺激提示装置として、コストが小さく小型でも振動時に大きな力を出せる偏心錘付のモータを使用することとした。錯覚により関節が動いたと感じる速度は振動周波数と対応しており、周波数 100Hz 程度のときに最大の角速度になることが知られている。つまり、複数の関節運動が組み合わせられた複雑な運動でも、各関節に着目し、それぞれの角速度に応じた周波数で刺激提示を行えば、錯覚としてその運動感覚を生じさせることが可能である。そのため、周波数が可変で、振動子ごとに独立して周波数を制御できる仕様とした(図2)。また、筆者が以前に行った予備的な研究から、振動時の最大発生力が錯覚の生起に影響を及ぼすことがわかっているため、厚さの異なる偏心錘をい



図1. 将来の運動錯覚の実用化のイメージ図

くつか用意し、錯覚評価実験時に振動提示部位ごとに最も錯覚生起に適した力となるように配慮することにした。

### 3.2 ヒトの運動錯覚特性の解明

本研究では、腱振動刺激を用いたヒトの運動錯覚特性を解明するため、上肢の各部位を対象にして評価実験を行った。ここでは、研究の方法について述べる。なお、実験は研究倫理の配慮を第一とし、事前に実験参加者に対して同意が得られた場合のみ実験に参加してもらった。

#### (1) 実験Ⅰ：上腕二頭筋腱への振動刺激により生起する肘伸展錯覚の評価実験

まず、先行研究で錯覚の生起が確認されている肘関節の伸展錯覚に着目した。振動周波数、振動振幅、接触子の皮膚に対する押し込み力を要因として、刺激条件を変更した際の錯覚の生起率・明瞭度を評価し、両者が最大となる刺激条件を探った。また、刺激を提示してから錯覚が生起するまでの反応時間、肘伸展錯覚角度の計測も行った。

#### (2) 実験Ⅱ：広背筋腱への振動刺激により生起する肩水平屈曲錯覚の評価実験

次に、上肢で粗大な運動を行う肩関節に着目し、振動周波数条件による錯覚特性を評価した。具体的には、広背筋の腱に振動周波数の異なる刺激を提示し、肩水平屈曲錯覚を生起させ、そのときの錯覚の生起率・明瞭度と、反応時間、錯覚角度を計測した。

#### (3) 実験Ⅲ：総指伸筋腱への振動刺激により生起する手指屈曲錯覚の評価実験

最後に、上肢で最も巧緻性の高い運動を行う指関節に着目し、振動周波数条件による錯覚特性を評価した。具体的には、人差し指の総指伸筋の腱に振動周波数の異なる刺激を提示し、MP関節屈曲錯覚を生起させ、そのときの錯覚の生起率・明瞭度と、反応時間、錯覚角度を計測した。

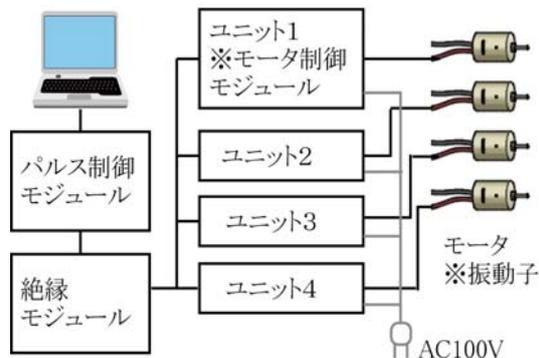


図2. 振動刺激提示装置の概念図

#### (4) 運動錯覚活用に向けた協議

リハビリテーション専門家である理学療法士に、運動錯覚のリハビリ分野での活用方法について協議した。その結果、慢性期脳卒中片麻痺患者が、在宅で行う簡易的なリハビリ機器としての応用可能性を見出した(図3)。また、具体的な応用に向けての運動錯覚提示装置の改良案を検討した(図4)。

#### 4. 研究成果

本研究では、振動刺激によるヒトの運動錯覚特性を明らかにし、その有効な活用方法を各分野の専門家と協議することを目的とした。具体的には、錯覚を生起させる振動刺激装置の開発を行い、上肢の各関節で錯覚特性の評価を行った。さらに、運動機能障害者のリハビリへの応用可能性について、理学療法士と協議した。その結果、肘、肩、指の関節において、錯覚生起に適した刺激条件と錯覚特性を明らかにすることができ、理学療法士との協議により、慢性期脳卒中片麻痺患者の在宅リハビリ機器としての応用可能性を見出した。これらの成果の一部は査読付き学術論文に掲載済み、または採録決定済みである。なお、今後は、運動錯覚を脳卒中片麻痺患者の在宅リハビリ機器への応用するための装置改良と評価実験を進めたい。



図3. リハビリ機器への応用イメージ



図4. 運動錯覚提示装置の改良イメージ

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① Yumi Umesawa、Kouki Doi、Hiroshi Fujimoto: “Development and Evaluation of a Device for Inducing Kinesthetic Illusion of Dual Joint Movements”, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.22, No.4, 2017(採録決定)
- ② 梅沢侑実、土井幸輝、藤本浩志、振動刺激による人差し指屈曲錯覚の生起と錯覚特性、人間工学、Vol.52, No.2, 2016, 88-95  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jje/52/2/52\\_88/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jje/52/2/52_88/_pdf)
- ③ 梅沢侑実、土井幸輝、藤本浩志、肩関節水平屈曲錯覚の生起に適した振動周波数条件と錯覚特性、日本感性工学会論文誌、Vol.15, No.3, 2016, 313-318  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjske/advpub/0/advpub\\_TJSKE-D-15-00068/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjske/advpub/0/advpub_TJSKE-D-15-00068/_pdf)
- ④ 梅沢侑実、土井幸輝、藤本浩志、肘伸展錯覚を誘発するための上腕二頭筋の腱への最適振動刺激条件、日本感性工学会論文誌、Vol.13, No.2, 2014, 427-432  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjske/13/2/13\\_427/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjske/13/2/13_427/_pdf)

[学会発表] (計5件)

- ① 梅沢侑実、佐野薫、土井幸輝、藤本浩志、肘伸展錯覚特性評価装置の開発、第12回日本感性工学会春季大会講演予稿集、P-06, 2017
- ② 梅沢侑実、土井幸輝、中川剣人、藤本浩志: 肩・肘関節を協調させた運動の錯覚提示を目的とした装置開発、LIFE2015講演予稿集、1F2-05 on CD-ROM, 2015
- ③ Yumi Umesawa、Kouki Doi、Hiroshi Fujimoto: Satisfactory Vibrating Conditions of Extensor Digitorum Tendon to Induce Illusory Finger Flexion, IUPESM 2015 WORLD CONGRESS ON MEDICAL PHYSICS & BIOMEDICAL ENGINEERING, pp.637-638, Toronto, 2015
- ④ Yumi Umesawa、Kouki Doi、Hiroshi Fujimoto: Satisfactory Vibrating Conditions of Latissimus Dorsi Tendon to Induce Illusory Horizontal Shoulder Flexion, IUPESM 2015 WORLD CONGRESS ON MEDICAL PHYSICS & BIOMEDICAL ENGINEERING, p.637, Toronto, 2015

- ⑤ 梅沢侑実、土井幸輝、藤本浩志：肩水平  
屈曲錯覚の生起に適した振動周波数条件  
と錯覚特性、第10回日本感性工学会春季  
大会講演予稿集、P1-30、2015

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

○取得状況（計0件）

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

藤本 浩志 (FUJIMOTO, Hiroshi)  
早稲田大学・人間科学学術院・教授  
研究者番号：60209103

### (2) 研究分担者

無し

### (3) 連携研究者

土井 幸輝 (DOI, Kouki)  
(独) 国立特別支援教育総合研究所・研究企  
画部・主任研究員  
研究者番号：10409667

### (4) 研究協力者

無し