



運動錯覚とラバーハンドイリュージョン の複合効果の促進法

志村知輝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, ohka@i.nagoya-u.ac.jp)
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 沼津市大岡 3981-1)

概要: 本研究では, 腱に与える振動刺激によりその腱が伸びたと感じる運動錯覚現象 (KI) を利用したリハビリテーションシステムの実現を目指している. ラバーハンドイリュージョン (RHI) とは, 自分の手に模型の手を重ねそれらを同時につくと模型の手の刺激位置で触られたと感じる錯覚である. 手に被るように LCD を設置してそこに動画映像を流し RHI を発生させると, RHI により KI が促進されることを調査する. 本研究では, 特に自己身体感覚を誘起するための RHI の慣らしの方法論を確立する.

キーワード: 運動錯覚, ラバーハンドイリュージョン, 自己身体感覚

1. 諸 言

近年, 脳血管疾患を罹患される方が年間 100 万人を超え [1], それに伴う症状として片麻痺などの運動機能障害を持つ患者への機能回復治療が急務となっている. その際に, 脳の可塑性に期待したニューロリハビリテーションが有効であると考えられている. この治療法は, 失われた機能・動作を回復するために繰り返し意図に従い体を動かすことで, 中枢神経の可塑的变化を促して, その機能・動作を再度獲得することを目指すものである [2].

このニューロリハビリテーションにおいて必要とされる繰り返しの運動は, 一般的には継続して長期間繰り返さねばならず患者の負担となることがある. その負担を軽減するために, 「運動錯覚により運動した」という情報を脳に送ってやることで繰り返し動作の一部を代替する目的として運動錯覚 [3] を利用することを考えている [4].

本研究では, 運動錯覚が惹起する錯覚量の向上のために視覚刺激により惹起される錯覚であるラバーハンドイリュージョン (以下, RHI) [5] を組み合わせる. 事前検討では, RHI を効果的に惹起するためには自己身体感覚を向上させることが重要であることが判明した. そこで, 映像に実体験を重ねるような工夫をすることで, 自己身体感覚の向上を実現する.

2. 利用した錯覚現象

2.1 運動錯覚

運動錯覚とは, 皮膚上から腱に振動刺激を与えると骨格筋内の筋紡錘が発火しその信号が注す神経系へ入力されることで発生すると考えられている. 筋紡錘は「筋肉が伸張状態から弛緩した」と信号を送るため, その筋肉がより

伸びたと感じた結果, 関節が曲がったと認識してしまう現象である.

2.2 ラバーハンドイリュージョン

RHI とは, 自分の体そのものではないもの (例, おもちゃの腕など) から得られる視覚情報が, あたかも自分の体であるかのように感じてしまいその視覚情報に含まれる接触などの情報が体感として得られてしまう錯覚である. そもそも, RHI とは映像や鏡像に自己身体感覚が発生することによって起きる錯覚とされる. 自らの体でない物体の視覚的な情報が体性感覚系から得られる自己身体感覚とリンクし, 見えているものが自分の体と錯覚してしまうのである.

3. 実験方法

3.1 被験者

実験参加者には, あらかじめ実験内容の説明を行い, 同意を得たうえで実験に協力していただいた. 本研究の実験手順は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

運動錯覚を惹起するための実験装置を図 1 左に示す. この装置は, 前報 [4] の装置と同一のものである. 被験者は, 図 1 左に示すように両手でレバーを握り, 椅子に座った状態で実験を行う. 右手の手首部分の屈曲筋腱に加振器により生成された振動を印加する. そのとき, 右手首に発生した錯覚量を表現するために惹起された錯覚の程度に応じて左手を曲げる (以下, 左手再現).

RHI を惹起するために, 図 1 右に示すように, 右手を多量に LCD ディスプレイを設置する. このディスプレイには, 1 種類の慣らし映像 (後述) と 7 種類の順不同な



RHI 映像 (手首が曲がる映像, 後述) が流れる. 映像と同時に振動刺激を印加することで錯覚を発生させる.



図 1 実験装置 (左: 運動錯覚呈示装置と左手再現装置, 右: RHI のために LCD ディスプレイを設置したところ)

表 1 慣らしありなしの比較

映像	なし	a	b	c	d	e	f	g
慣らしなし A	1	0.6	1	0.9	0.3	0.2	0.7	0.2
慣らしあり B	1	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	0.8	1.5
効果 B/A	1	2.3	1.4	1.4	3.7	5.0	1.1	7.5

3.3 慣らし映像と RHI 映像

慣らし映像は, 自己身体感覚を向上するために表示されるもので, 手首から肘にかけて筆の往復運動 (ストローク 100mm, 速度 100mm/sec) で刺激を与えている様子の動画である. 慣らし映像が流されるときは, 映像に合わせて X-table に設置した筆で被験者の腕を実際に撫でる.

RHI 映像では, 手首が 15 度, 55 度, 85 度曲がるものを用意した. それぞれの角度で, 手首が曲がりきるまでの時間が 15 秒のもの (U) と 30 秒のもの (V) でそれぞれ 2 種類ずつ, そして手首が全く曲がらないもの (0 度) を 1 種類, 計 7 種類を用意した. 映像 a~h とその内容は以下である.

映像 a: 0°, すなわち手首は動かない; b: 15°, U 型; c: 15°, V 型; d: 55°, U 型; e: 55°, V 型; f: 85°, U 型; g: 85°, V 型.

3.4 実験手順

まず RHI 映像なしで振動刺激のみを与えた (映像なし). その時に運動錯覚があったかを聞き, また左手再現もしてもらった. 次に RHI の慣らしを行わずにディスプレイを設置して, 手首が曲がる映像 (映像 a~g) をランダムに流して左手再現を行ってもらった.

次に, 慣らし効果を確認するために, 映像なしの振動刺激・左手再現実験の後に, 慣らし映像にシンクロして腕の

刺激を与えて, 映像中の腕に慣れてもらった. その後に, 前述と同様に, 映像 a~g をランダムに流して振動刺激・左手再現実験を行った.

4. 実験結果と考察

1 人目の被験者の結果を表 1 に示す. 表 1 では, 映像なしで運動錯覚の実験を行った際の左手首の最大の曲げ角を 1.0 として正規化してある.

表 1 をみると, 慣らし動作を行わなかった場合の錯覚量に比べて, 慣らし動作を追加した実験では錯覚量が大きくなっていることがみられる. また, 慣らしを行わなかった場合, 映像の有無が錯覚量に与える影響が大きく見られないが, 慣らしを行った場合には映像によって錯覚量に差が生じた可能性が示唆される.

この結果は, 被験者 1 人の結果であるために, 結論を導きだすことはできない. 今後, 被験者の人数 30 名程度に増加して, 統計解析による分析を進める予定である.

5. 結 言

RHI による運動錯覚の強化を目指して, 運動錯覚と RHI を同時に惹起させる実験を行った. RHI の惹起が明確でないために, 運動錯覚と RHI の複合効果を示すことができなかった. そこで, 自己身体感覚を明確にするために, 筆により腕を撫でる刺激とその時の映像刺激を同時に与える慣らしを行った. 一人の被験者の実験では, この慣らしを行うと錯覚量が増大することがわかった.

謝 辞

本研究は, 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] 厚生労働省, “平成 26 年(2014)患者調査の概況,” <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/14/>.
- [2] 原寛美, “脳卒中運動麻痺回復可塑性理論とステージ理論に依拠したリハビリテーション (< 特集> ニューロリハビリテーションの進歩),” 脳神経外科ジャーナル, 21(7), pp. 516-526, 2012.
- [3] G.M. Goodwin, D.I. McCloskey, P.B.C. Matthews, “The contribution of muscle afferents to kinesthesia shown by vibration induced illusions of movement and by the effects of paralyzing joint afferents,” Brain. Vol.95, No.4, pp. 705-748, 1972.
- [4] 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.
- [5] M. Botvinick, and J. Cohen, “Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see,” Nature, vol. 391, no. 6669, p. 756, 1998.