

動作意図が身体図式の変容に与える影響の評価

○村松 克俊* 温 文* 濱崎 峻資* 山川 博司* 安琪* 田村 雄介* 山下 淳* 浅間 一*

Department of Precision Engineering, The University of Tokyo

The Influence of Goals on Body Representation

○Katsutoshi MURAMATSU, Wen WEN, Shunsuke HAMASAKI, Hiroshi YAMAKAWA, Qi AN, Yusuke TAMURA, Atsushi YAMASHITA and Hajime ASAMA

Body representation refers to perception and memory in brain about one's body, such as position, posture, and appearance. In the present study, we examined the influence of an instructed goal on modification of body representation. Specifically, we asked participants to move their left hands back and forward, while their left hand was hidden from vision. And a virtual left hand was presented 0.33 m vertically above the real hand. The virtual hand moved synchronously with the real hand. After moving their hands for 3 minutes, participants would feel that the virtual hand seemed like their own hand, and their perceived position of the real left hand would shift closer to the position of the virtual hand. According to the results, we found that when the participants moved their hands upon an instructed goal and received feedback of goal attainment, the perceived position of their real hand shifted closer to the virtual hand than that when they moved their hands without a goal. We found that when there was a specific goal for participant's movement, their body representation was modified more by presented deviant movement.

Key words: body representation, rubber hand illusion, drift task

1. 序論

身体図式とは、脳内にある自身の身体に関するイメージをさし、身体の各部位の位置、姿勢、外見などに関する認識である。身体図式は視覚や触覚などの感覚入力によって常に保持・更新されている。その好例であるラバーハンド錯覚は、誤った視覚情報入力によって身体図式に一時的な変容を生じさせる現象であり、身体図式の変容に関わる要因の解明の手段としてこれまでよく使われてきた。例えば、隠された本物の手と別の位置にある偽の手が本物の手と同期的に運動すると、偽の手が自分の身体の一部であるという錯覚が生じ、自分の手の位置に関する感覚が偽の手の位置にずれる現象がある[1]。先行研究より、ラバーハンド錯覚生起による身体図式の変容には、偽の手の向きや運動の遅延といった誤った感覚入力を混ぜることが重要であると報告されている[2]。

2. 目的

運動をすることによる身体図式の変容に影響を与える感覚レベルの要因は検討されているが、随意運動の背景にあるとされる認知レベルの要因は殆ど検討されていない。そこで、本研究では認知レベルの要因の重要性を示すべく、要因の1つである「動作上の目標が存在し、それを達成する意図」即ち動作意図に注目し、ラバーハンド錯覚生起の枠組みを用いてその影響を検証する。具体的に、本研究では動作意図の影響を「意図の存在」及び下位要素として「意図達成のフィードバックの存在」によるものとし、運動をする際、「動作意図及び達成フィードバックのそれぞれが存在する場合、被験者が自分の手をより偽の手の近くに感じる」という仮説を立てた。また、この問題を明らかにすることで、人間の行動理解や、幻肢痛など身体図式の変容に関わる病気のリハビリテーション手法の改善に重要な知見を提供できる。

3. 実験手法

3.1 実験参加者

実験参加者は健康者 20 名 (20~25 歳, 平均 22.8 歳±2.0 歳, 男



Fig. 1 実験装置概観

性 17 名, 女性 3 名) であった。

3.2 装置

参加者の人差し指先に 3 次元位置入出力デバイス PHANTOM を装着し、手の運動位置を計測し、本物の手の垂直上 0.33m の位置に同期して運動する CG の手を提示した。また手の前後運動の水平面を拘束するため、スライダを用いた。さらに、CG の手にラバーハンド錯覚を生起させるため、被験者は肩から先を隠されていた。

3.3 実験条件

本研究では目標のない条件 (No-goal 条件)、目標を達成する動作意図がある条件 (Goal-without-feedback 条件)、動作意図と意図達成のフィードバックがある条件 (Goal-with-feedback 条件)、及び CG の手がランダムに動く条件 (Random 条件) を設けた。また Random 条件以外の条件において、CG の手は本物の手と同期して運動するため、ラバーハンド錯覚が生じると考えられる。

No-goal 条件では、画面上に表示された線の色が変わった際に、実験参加者は手を前後に 1 周期動かした。Goal-without-feedback 条件では、画面の左側から赤いブロックがランダムな間隔で流れてきて、実験参加者はそのブロックをタッチするように手を前後に動かした。ブロックは CG の手にタッチされても流れ続け、約 2 秒後画面中央で消失した。Goal-with-feedback 条件では、Goal-without-feedback 条件と同様、実験参加者は流れてくるブロックをタッチするように手を前後に動かした。ブロックは CG の手にタッチされたら止まり、約 2 秒後消失した。Random 条件では、CG の手は本物の手の運動に関わらず、ランダムに前後に動いていた。No-goal 条件と Goal-without-feedback 条件の画面例を以下に示す。

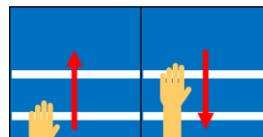


Fig. 2 No-goal 条件, Random 条件の画面

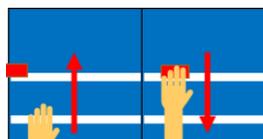


Fig. 3 Goal-without-feedback, Goal-with-feedback 条件の画面

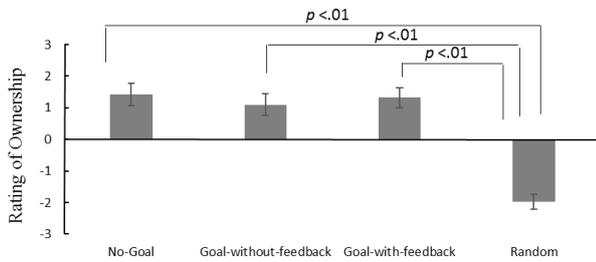


Fig. 4 CGの手に対する所有感の内観報告 (平均+SE)

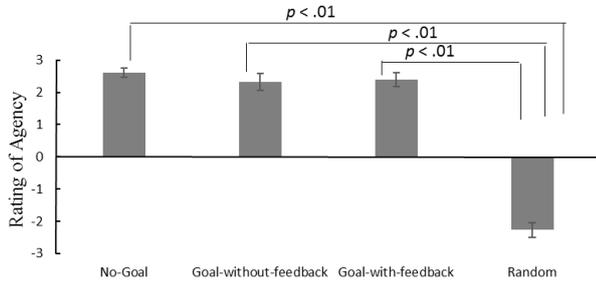


Fig. 5 CGの手の運動に対する制御感覚の内観報告 (平均+SE)

3.4 実験課題

本実験ではまず、身体図式の変容を確認するために従来研究に用いられている内観報告による評価を行った。被験者には「画面上の手が自分の手のように感じた」「画面上の手の動きを思い通りに制御できていると感じた」という2つの項目に対し、-3(まったく同意しない)から+3(とても同意する)の7件法で回答させた。前者はCGの手に対する所有感を、後者はCGの手の運動に対する制御感覚を表す。更に、身体図式の変容の量を測るため、自分の手の位置がCGの手の近くに知覚される度合い(ドリフト量)を測った。被験者には、各試行後、左手があると思う水平位置を右手の中指でルーラに指して回答をさせた。ここでRandom条件のドリフト量はこの課題のベースラインである。また、実験条件ごとにドリフト量が大きい場合、単位時間当たりの変容が大きい、即ち変容が促進されていると考えられる。

3.5 実験手続き

まず、被験者には実験の前に全ての実験条件について練習を行わせた。その後、実験条件ごとに1試行を3分として3試行、計12試行の実験を行わせた。また、各試行の終わりに内観報告と、ドリフト量の回答を行わせた。なお、実験条件を変える際には5分程度の休憩を取り、実験条件の順番は被験者間にカウンターバランスをとった。

4. 結果と分析

4.1 内観報告

各条件における内観報告の平均点数を図4, 5に示す。重複測定の分散分析を行った結果、CGの手が自分の手であるという感覚(所有感)及び思い通りに制御できているという感覚(制御感)の両方において、実験条件の主効果が有意であった(順に、 $F(3, 76) = 26.17, p < .01$; $F(3, 76) = 121.68, p < .01$)。さらに、条件の間の差を比較した結果(Bonferroni adjusted multiple comparisons), Random条件とその他の条件の差はいずれも有意($ps < .01$)であった。したがって、CGの手と本物の手と同期運動した場合、ラバーハンド錯覚が生じ、CGの手に対する所有感と制御感が生じたことが確認できた。

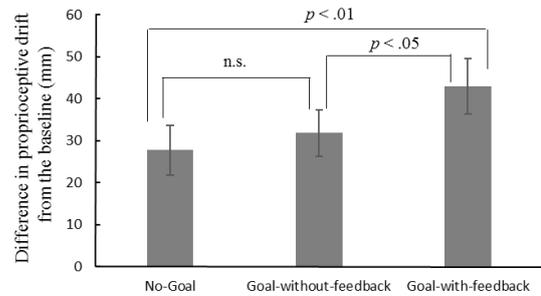


Fig. 6 左手の位置感覚のずれ (平均+SE)

4.2 ドリフト量

各条件とベースラインとのドリフト量との差を図6に示す。重複測定の分散分析を行った結果、実験条件の主効果が有意であった($F(2, 36) = 7.62, p < .01$)。下位検定(Bonferroni adjusted multiple comparisons)を行った結果、No-goalとGoal-without-feedback条件の間の差が有意でなかったが($p = 1.00$)、Goal-without-feedbackとGoal-with-feedback条件の間の差、及びNo-goalとGoal-with-feedback条件の間の差には有意であった(順に、 $p < .05, p < .01$)。したがって、動作意図が与えられない場合と比べて、動作意図のみの教示では身体図式の変容に促進効果が見られず、目標達成に関するフィードバックも同時に与えた場合のみ、身体図式の変容が大きく促進された。

5. 考察

本研究では動作意図が身体図式の変容に与える影響を、ラバーハンド錯覚を用いて検討した。結果から、動作意図の存在は身体図式の変容に顕著に影響しなかったものの、意図達成に関するフィードバックが存在した場合、身体図式が顕著に変容した。

従来研究より、身体図式が誤った感覚入力によって変容されることが知られている。本研究の結果から、動作意図が与えられ、そこから予想される感覚入力と達成に関するフィードバックが一致した場合、感覚入力による身体図式の変容が促進されると予想される。そのため本研究では初めて高次元認知レベルの要因の重要性を示すことができた。また、結果から幻肢痛などの身体図式に起因する症状を緩和するための治療に動作意図、及び意図達成に関するフィードバックを与えた場合、より良い効果が得られることが期待される。一方本研究は課題の難易度や目標設定の主体が議論されておらず、これらが身体図式の変容に関わる可能性がある。

6. 結論

本研究は、動作意図が身体図式の変容に与える影響を検証する事を目的として、運動をさせることでラバーハンド錯覚を生起させる際に動作意図の有無、及び達成フィードバックの有無について評価実験を行った。その結果、動作に目標が存在し、達成フィードバックがある場合、感覚入力による身体図式の変容が促進された。

謝辞

本研究の一部はJSPS 科研費 26120005 の援助を受けた。

参考文献

- [1] A. Kalkert and H. Ehrsson: "Moving a rubber hand that feels like your own: A dissociation of ownership and agency", *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 40, 2012, 1-14
- [2] 本間 元康: "ラバーハンドイリュージョン: その現象と広がり", *Cognitive Studies*, 17, 4, 2010, 761-770