

心拍同期フィードバックによる自己身体のプロジェクション

湯本 淳史[†], 嶋田 総太郎[‡]
Atsushi Yumoto, Sotaro Shimada

[†]明治大学大学院理工学研究科, [‡]明治大学理工学部
[†]Graduate School of Science and Technology, Meiji University
[‡]School of Science and Technology, Meiji University
ce171075@meiji.ac.jp

Abstract

Body-awareness relies on the representation of both interoceptive and exteroceptive inputs coming from our own body. A previous study has shown that the rubber hand illusion (RHI) can be induced by synchronous cardio-visual feedback on the rubber hand using augmented reality technology [1]. Another previous study has shown that the magnitude of visuo-tactile RHI was significantly attenuated in participants with high interoceptive sensitivity [2]. In this study, we examined whether the cardio-visual RHI can be induced in an experimental setting using a real rubber hand, and its relationship with individual interoceptive sensitivity. The participant watched the rubber hand (180 s) which was flashed synchronously or asynchronously with the participant's heartbeat (RHI session). The proprioceptive drift difference (PDD) was defined as the lateral difference in the reached positions before and after the RHI session. We investigated the influence of interoceptive sensitivity by heartbeat detection experiment. Significant PDD was observed in the synchronous condition (greater than zero) ($t(15) = 1.97, p < 0.05$). A positive correlation between the accuracy in the heartbeat detection experiment and the PDD in the asynchronous condition (spearman's rank correlation coefficient $\rho = 0.57, p < 0.05$). These results suggest that participants could feel the sense of ownership through the cardio-visual feedback projected onto the rubber hand.

Keywords – Interoception, Ownership, Rubber Hand Illusion

1. はじめに

内受容感覚とは身体内の臓器や生理状態に対する感覚であり、意思決定などの認知機能にも関わっている[3]。ラバーハンド錯覚 (Rubber Hand Illusion : RHI [4]) は、自分の手とラバーハンド (偽物の手) が同時に刺激されることで、あたかもラバーハンドが自分の手のように感じてくるという、自分の身体以外の物体に対して身体所有感を抱く錯覚である。RHI はラバーハンドが触られているという視覚刺激と、自分の手が触られているという触覚刺激が統合されることにより錯覚が引き起こされることが知られている。先行研究において、触覚刺激を内受容感覚に関連する視覚刺激、たとえば被験者の心拍に同期して光るバーチャルハン

ド (CG) に置き換えても同様の錯覚が起き、内受容感覚精度が高いほど錯覚が引き起こされやすいことが報告されている[1]。一方で、触覚刺激を用いた通常のラバーハンド錯覚においては、内受容感覚精度が低いほど錯覚が引き起こされやすいことが報告されており[2]、内受容感覚と RHI の関係はまだ不明な点が多い。

本研究では、心拍同期視覚フィードバックを実物の (CG ではない) ラバーハンドとともに用いた場合、先行研究と同様に RHI が起こるかを確認するとともに、内受容感覚精度と錯覚の強度の関係を調査した。

2. 実験

2.1. 被験者

16人の右利きの健常者 (20.4 ± 0.1 歳、平均 ± 標準偏差) が参加した。被験者には実験前に実験に関する概要や安全性の説明を行い、研究参加同意書に署名してもらうことで参加意思を確認した。

2.2. 実験装置

被験者の右手の人差し指から脈拍を獲得しその値を Arduino (マイコン) により制御することでラバーハンドの右手の人差し指を心拍に合わせて赤く光らせる装置を作成した (図 2.2)。ラバーハンドを仕切り板で囲むことによりラバーハンドのみを観察できるようにし、ラバーハンドにもダミーの Arduino を設置することで、より被験者の実際の右手の状態に近づけた。

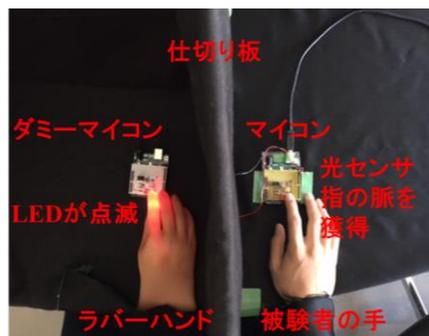


図 2.2. 実験装置

2.3. 実験手順

被験者は自分の右手を隠された状態で光るラバーハンドを3分間観察した。実験で用いる光刺激は3種類ありそれぞれ、同期条件：心拍と同じタイミングで光る、速い非同期条件：心拍の周期を0.8倍したタイミングで光る、遅い非同期条件：心拍の周期を1.2倍したタイミングで光る、とした。

RHIの強度を測る指標として、以下の2つを用いた。

(1) 自己受容感覚ドリフト

客観的指標としてラバーハンド観察前後に自己受容感覚ドリフト測定を行った。被験者の人差し指にチョークの粉を付け、閉眼状態で実験用テーブルの下側から自分の人差し指の腹があると感じる位置に印をつかせた。ラバーハンド観察前後の印の水平方向の移動距離（ドリフト距離）を自己受容感覚ドリフトとした。

(2) RHI 尺度アンケート

主観的指標としてRHIセッション終了後、RHI研究で広く用いられているRHI尺度アンケート[5]を今回の実験に合わせた内容に変更し、日本語に翻訳したものを回答させた。アンケート項目はそれぞれ、身体所有感 (Ownership)、運動主体感 (Agency)、およびそれぞれに対するコントロール項目 (Ownership Control, Agency Control) であった。

さらにRHI実験に続けて内受容感覚テストを行なった。ここでの内受容感覚精度とは自分の心拍をどのくらい意識的に知覚できているのかを表している。被験者は心拍にあわせて光るラバーハンド(心拍に同期・500ms遅延)を10拍分観察し、自分の心拍と同じタイミングで光ったと感じた場合には Yes、遅れて光ったと感じた場合には No と答えるように指示をした。正答率を内受容感覚精度[%]として評価した。

3. 結果

3.1. 自己受容感覚ドリフト

実験の結果、同期、遅い非同期条件において有意なドリフト距離が見られた ($t(15) = 1.97, p < 0.05$, $t(15) = 1.99, p < 0.05$, 図1)。条件間でのドリフト距離の有意

な差は見られなかった ($p > 0.1$)。

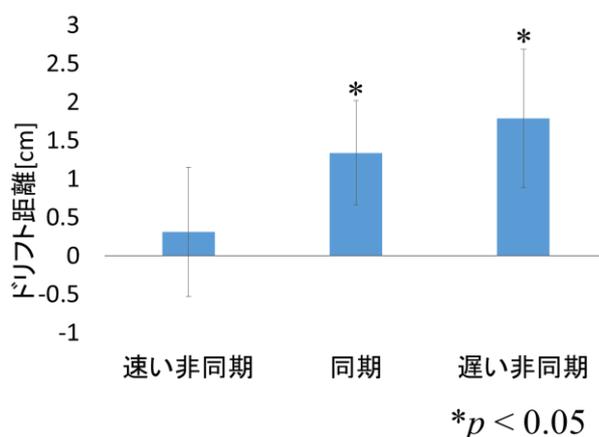


図1 各条件における自己受容感覚ドリフト距離

3.2. RHI 尺度アンケート

Ownershipに関するアンケートにおいてt検定の結果、同期、遅い非同期条件において有意なアンケートスコアが見られ (それぞれ、 $t(15) = 2.87, p < 0.01$, $t(15) = 2.74, p < 0.01$, Fig. 3.2)、速い非同期、同期条件間に有意な差が見られた ($t(15) = 1.76, p < 0.05$, 図2)。

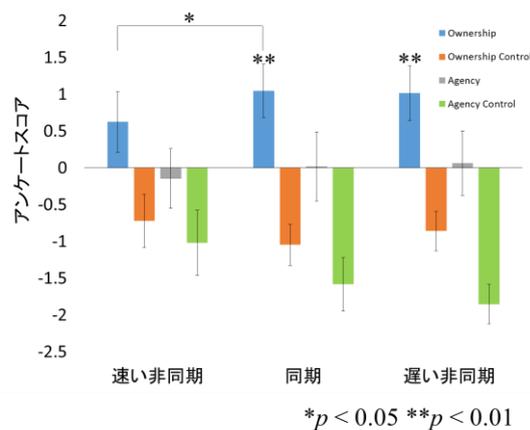


図2 各条件におけるアンケートスコア

3.3. 内受容感覚と自己受容感覚ドリフトの相関

内受容感覚には個人差が存在しその影響を調査するために内受容感覚と自己受容感覚ドリフトの相関を調べたところ、速い非同期条件において有意な正の相関が見られた (スピアマン順位相関係数 $\rho = 0.57, p < 0.05$, 図3)。同期、遅い非同期条件において有意な相関は見られなかった (スピアマン順位相関係数 $\rho = 0.04, p > 0.1$, スピアマン順位相関係数 $\rho = -0.11, p > 0.1$, 図3)。図3の直線は回帰直線を表す。

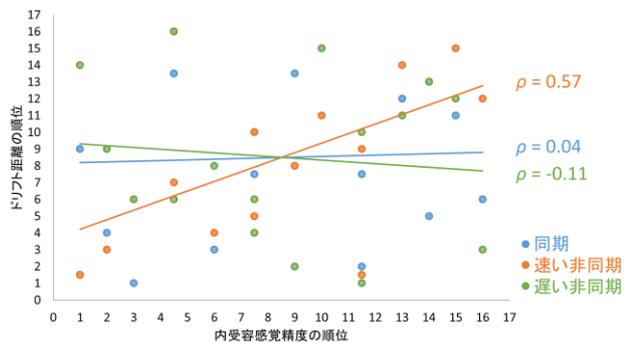


図3 内受容感覚とドリフト距離の相関

4. 考察

同期、遅い非同期条件において有意な自己受容感覚ドリフト距離および Ownership に関する有意なアンケートスコアが見られた結果から、心拍同期視覚フィードバックを用いたRHIは実物のラバーハンドに対しても起こった。つまり、自己の内受容感覚を視覚的に投射した手を認知することで、その手に対して身体所有感を感じたと考えられる。

本研究では、内受容感覚（心拍）のように十全には意識化されない感覚を通じて、クロスモーダルな自己身体のプロジェクションが起こることが示された。今後はこのメカニズムの詳細をさらに探っていきたい。

参考文献

- [1] Suzuki, K., Garfinkel, S. N., Critchley, H. D., Seth, A. K. (2013) Multisensory integration across exteroceptive and interoceptive domains modulates self-experience in the rubber-hand illusion, *Neuropsychologia*, 51, 2909–2917.
- [2] Tsakiris M., Tajadura-Jimenez, A. Costantini M. (2011) Just a heartbeat away from one's body: Interoceptive sensitivity predicts malleability of body-representations. *Proceedings. Biological Sciences*, 278,2470–2476.
- [3] 寺澤悠理・梅田聡(2014). 内受容感覚と感情をつなぐ心理・神経メカニズム. *心理学評論* 57(1), 49-66.
- [4] Botvinick, M., Cohen, J. (1998) Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature* 391, 756-756.
- [5] Kalckert, A., Ehrsson, H. H.(2012) Moving a rubber hand that feels like your own : A dissociation of ownership and agency. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 40.