



触覚遅延フィードバックによるセルフタッチ錯覚

Self-touch illusion under delayed tactile feedback

齋藤五大¹⁾, 樋田浩一²⁾

Godai SAITO and Koichi TOIDA

1) 東北大学 大学院文学研究科 (〒980-8576 宮城県仙台市青葉区川内 27-1, godai.saito.a7@tohoku.ac.jp)

2) 東京大学 大学院総合文化研究科 (〒153-8902 東京都目黒区駒場 3-8-1, toida@g.ecc.u-tokyo.ac.jp)

概要: セルフタッチ錯覚は閉眼の参加者が一方の手で偽の手に触れると同時にもう一方の手を他者に触れられると、自分で自分の手に触れたと感じる錯覚である。本研究の目的は、接触センサーと振動モーターを用いてセルフタッチ錯覚が生起するまで時間窓を調べることであった。実験の結果は、センサーの押下からモーターの振動までの遅延時間が 128 ミリ秒から 378 ミリ秒の間でその錯覚の強度が減衰し得ることを示した。

キーワード: セルフタッチ錯覚, 身体所有感, 触覚遅延フィードバック

1. はじめに

身体を自分自身のものだと感じる感覚は、身体所有感と呼ばれ、複数感覚にまたがる情報処理に依存して生じると考えられている[1]。その身体所有感を実験的に検討する手法のひとつとしてセルフタッチ錯覚がある[2]。視覚を伴わないラバーハンド錯覚の一種であるセルフタッチ錯覚では、閉眼の実験参加者は一方の手でゴムの手に触れると同時に他者にもう一方の手を触れられる。すると参加者はあたかも自分で自分の手に触れたと感じ、自身の触れられている手の位置知覚はゴムの手の方向に移動する(自己受容感覚ドリフト)。この錯覚は触れる手と触れられる手の触覚および自己受容感覚情報が時空間的に整合すると生じることが知られている[2, 3]。このような錯覚の特性はセルフタッチ錯覚だけでなくラバーハンド錯覚やそのほか数多くの多感覚的な相互作用現象にも共通する。

運動とそれに伴う触覚フィードバック間の時空間的な同期はセルフタッチ錯覚の誘発に重要な要因であるが、従来の研究では、両手間の距離の検討のみに留まり[3]、触れる手と触れられる手の時間についてはこれまで詳しく検討されていない。そこで本研究では、接触センサーと振動モーターでセルフタッチ錯覚を生起させた実験[4]と同様の実験機構を再現することで、両手の時間的な同期と非同期を指や筆で制御した実験[2, 3]よりも比較的正確に右手で触れてから左手が触れられるまでの時間を操作する。本研究の目的は、その機構で触覚フィードバックの遅延時間を操作し、自分で自分の手に触れたと感じる感覚間相互作用による身体的自己の時間窓を明らかにすることである。

2. 方法

2.1 参加者

10 名の健康な大学生・大学院生(男性 6 名, 女性 4 名, 平均年齢 21.7 歳, 全員右利き)がそれぞれ個別に本実験に参加した。

2.2 実験装置

本実験では、先行研究[4]に基づき、ガーゼの詰められた指サック上面に振動モーターと接触センサーが貼付された(図 1)。このセンサーを右手人さし指で押下すると、センサー下のモーターともう左手人さし指の爪の上に貼付されたモーターが同時に振動した。押下から振動までには 28 ms の時間を要した。



図 1. 本実験で使用された実験装置。参加者が右手人さし指で指サックを押下すると、両手人さし指のモーターが振動する。

2.3 実験計画

本実験は、センサーの押下からモーターの振動までの時

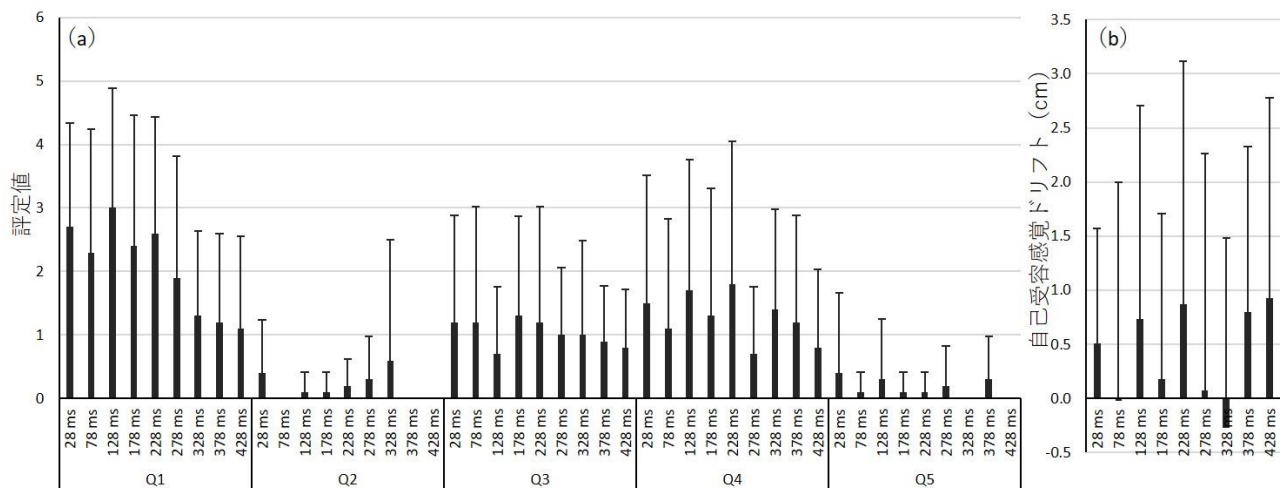


図2. 本実験の結果。質問項目の平均評定値 (a) と自己受容感覚ドリフト (b)。エラーバーは標準偏差を示す。

間隔が 28, 78, 128, 178, 228, 278, 328, 378, 428 ms の 1 要因 9 水準の参加者内計画であった。

2.4 手続

参加者はアイマスクを着用して実験を受けた。はじめに、参加者は左手人さし指の位置を定規に沿って指さすように右手人さし指を定規上に誘導された。次に、メトロノーム音に従い 60 秒のあいだ 1 秒に 1 回の間隔で机上のセンサーを右手人さし指で押すと、設定された時間間隔後に右手人さし指で押下したセンサー下のモーターと左手人さし指の爪の上にサージカルテープで固定されたモーターが同時に振動した。このとき右手人さし指の位置は参加者の正中線上にあり、両手人さし指間の距離は 10 cm であった。その後、参加者は再度左手人さし指の位置を右手人さし指で指さした。最後に参加者は実験中の感覚体験に関する合計 5 つの質問項目にそれぞれ 0 (全くそう思わない) から 6 (非常に強く思う) までの尺度に回答するように求められた。参加者は触覚遅延フィードバック全 9 条件を無作為な順序で受けた。

本実験の質問項目は Ehrsson らの研究[2]で用いられた項目が適用された。

Q1 「自分の右手人さし指で自分の左手人さし指に触れているように感じた」

Q2 「複数の左手があるように感じた」

Q3 「左手が通常よりも大きく感じた」

Q4 「自分の左手が動いたように感じた」

Q5 「自分の左手を感じられなかった」

これらの質問項目は Q1 が錯覚に関するもので、残りの Q2 から Q5 が統制にかかわるものであった。

3. 結果

3.1 質問項目

Q1 から Q5 の平均評定値を条件ごとに算出した (図 2 a)。質問項目ごとに 1 要因の参加者内分散分析を実施した。Q1 では主効果が認められ ($p < .05$)、主な多重比較の結果は 128 ms 遅延条件と 378 ms 遅延条件の間で有意差を示した。Q2 から Q5 ではいずれの項目でも主効果は認められ

なかった (all $p > .30$)。

3.2 自己受容感覚ドリフト

条件前後における指さされた左手人さし指の位置の移動量を自己受容感覚ドリフトとし、その平均値を条件ごとに算出した (図 2 b)。1 要因の参加者内分散分析を実施した結果、その主効果は認められなかった ($p = .59$)。

4. むすび

本実験では、接触センサーを押下してから振動モーターによる触覚フィードバックが得られるまでの時間間隔を操作することによって、セルフタッチ錯覚が生じるまでの時間窓を検討した。実験の結果、私たちは指の押下運動とモーターの触覚フィードバックがセルフタッチ錯覚を誘発可能であることを確認した。これは Kodaka & Ishihara の結果[4]を再現する。本実験では、センサー押下から触覚フィードバックまでの時間間隔が伸長するに従って、セルフタッチ錯覚の強度が減衰する傾向を見出した。特に 128 ms 遅延条件と 378 ms 遅延条件の間で錯覚強度の差異が観察された。したがって、この結果は、少なくとも 378 ms ほどの触覚フィードバックの遅延時間がセルフタッチ錯覚を明確に生じさせ得る時間窓の範囲であることを示唆する。ラバーハンド錯覚の場合では、視覚フィードバックの遅延が 300 ms あるとラバーハンド錯覚が減衰することが報告されている[5]。それぞれの錯覚の時間的な持続範囲がフィードバックされる感覚の特性に応じて異なる点についてはさらなる検討を要するものの、本実験の結果は、先行研究の知見[5]と矛盾しないと考えられる。

本実験では触覚フィードバックの遅延時間の増大に従いセルフタッチ錯覚が減衰した一方で、自己受容感覚ドリフトは遅延条件間で差異がないことを示した。自己受容感覚ドリフトは身体所有感を計測するために頻繁に用いられる指標であるにもかかわらず、ドリフトは身体所有感とは異なる側面を示すことが指摘されている[6]。

今後、本実験およびの先行の実験で示された手法[4]は、身体錯覚を通して自己身体表象や感覚間相互作用の様相を調べて理解する上でさらに有用なツールとして利用さ

れることが期待される。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 20K14250 の助成を受けた。

参考文献

- [1] Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756.
- [2] Ehrsson, H. H., Holmes, N. P., & Passingham, R. E. (2005). Touching a rubber hand: feeling of body ownership is associated with activity in multisensory brain areas. *Journal of Neuroscience*, 25(45), 10564-10573.
- [3] Aimola Davies, A. M., White, R. C., & Davies, M. (2013). Spatial limits on the nonvisual self-touch illusion and the visual rubber hand illusion: subjective experience of the illusion and proprioceptive drift. *Consciousness and Cognition*, 22(2), 613-636.
- [4] Kodaka, K., & Ishihara, Y. (2014). Crossed hands strengthen and diversify proprioceptive drift in the self-touch illusion. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 422.
- [5] Shimada S, Fukuda K, Hiraki K (2009) Rubber Hand Illusion under Delayed Visual Feedback. *PLoS ONE*, 4(7), e6185.
- [6] Rohde M, Di Luca M, Ernst MO (2011) The Rubber Hand Illusion: Feeling of Ownership and Proprioceptive Drift Do Not Go Hand in Hand. *PLoS ONE*, 6(6), e21659.