

対向配置された左右指に対する同期接触の影響 Effects of synchronous touch on bilaterally opposed fingers

高橋 奈里^{1,4}, 佐藤 優太郎², 横坂 拓巳³, 小鷹 研理¹

Nari Takahashi, Yutaro Sato, Takumi Yokosaka, Kenri Kodaka

¹名古屋市立大学大学院, ²金沢工業大学,

³NTT 株式会社コミュニケーション科学基礎研究所, ⁴日本学術振興会

¹Graduate of Nagoya City University, ²Kanazawa Institute of Technology,

³NTT, ⁴JSPS

naritak727@gmail.com

概要

本研究では、一直線上にない左右の指への同期的接触が、身体所有感や位置感覚に与える影響を、主観評価および行動指標の両面から検討した。その結果、左右の指が接合・整列したような感覚が主観的に報告された。また、実際の指位置にも前後方向へのドリフトが確認された。さらに、錯覚の強さと行動指標との相関は認められなかったことから、両者は独立したプロセスである可能性が示唆された。

キーワード：ラバーハンド錯覚、ダブルタッチ錯覚

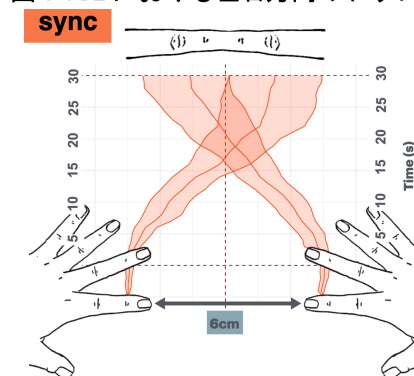
1. 背景

身体所有感 (Gallagher, 2000) や身体イメージは、視覚、触覚、運動感覚といった感覚情報によって柔軟に変化する可塑的なものであることが、これまでの研究から明らかにされている。代表的な例として、実験参加者の手とラバーハンドに対して同期的な触覚刺激を与えることで、ラバーハンドに対する身体所有感が生起する Rubber Hand Illusion (RHI ; Botvinick & Cohen, 1998) がある。なお、同期刺激の提供者は必ずしも実験者の側で完結するものではない。たとえば、Somatic Rubber Hand Illusion (Somatic RHI) では、実験者が参加者の手に触れると同時に、参加者自身がフェイクハンドに触れることで、あたかも自分の指に自分で触れているかのような感覚 (Self Touch Illusion) が生じ、フェイクハンドに対する所有感が誘発される (Ehrsson et al., 2005 ; White et al., 2011 ; Aimola Davies et al., 2013)。

我々は近年、リアルハンドとフェイクハンドの組み合わせを自己の両側の指に適用し、左右の指に対する同期接触によって指が接合したように感じる「自己溶接錯覚」を報告した(高橋他, 2024)。本稿では自己溶接錯覚によって生起する接合感覚を Finger-Bonding Effect(FBE)と呼ぶ。FBE は主観的な接合感覚のみならず、行動指標においても確認されており、左右の指が引き合う方向に実際に移動することが示されている(図1)。

さらに高橋他 (2025) では、FBE の新たなレイア

図1 FBE における左右方向のドリフト



ウトとして、一直線上にない二指に対する同期接触による、前後方向 (手前-奥) の指の位置変化を検討した。その結果、左右の人差し指および薬指に対して同時に接触すると、互いの指が前後方向に引き合うように移動することが確認された。とりわけ、このような指の移動は、同期的な接触のみならず、人差し指への一方向的な非同期接触においても観察された。また、左右の指の位置が揃ったように感じられるアラインメント現象については、これまで行動指標のみで報告されており、主観的指標およびFBE との関連性は明らかにされていない。

本研究では、前後 (手前-奥) 方向における指の移動について、主観および行動指標の双方を用いた実験を行う。Sato et al.(2024) で用いられたように、額に VIVE トラッカーを装着する手法を用い、一直線上にない指に対する同期接触の影響を検証する。

2. 方法

本実験には健康な大学生 17 名 (男性: 4 名 女性: 13 名) が参加した。平均年齢は 20.2 歳であった (SD = 1.03)。

実験者と参加者は机に向かい合う形で座った。机上には、各指の位置を示すシールが貼付されており、参加

図 2 実験計画および実験の流れ

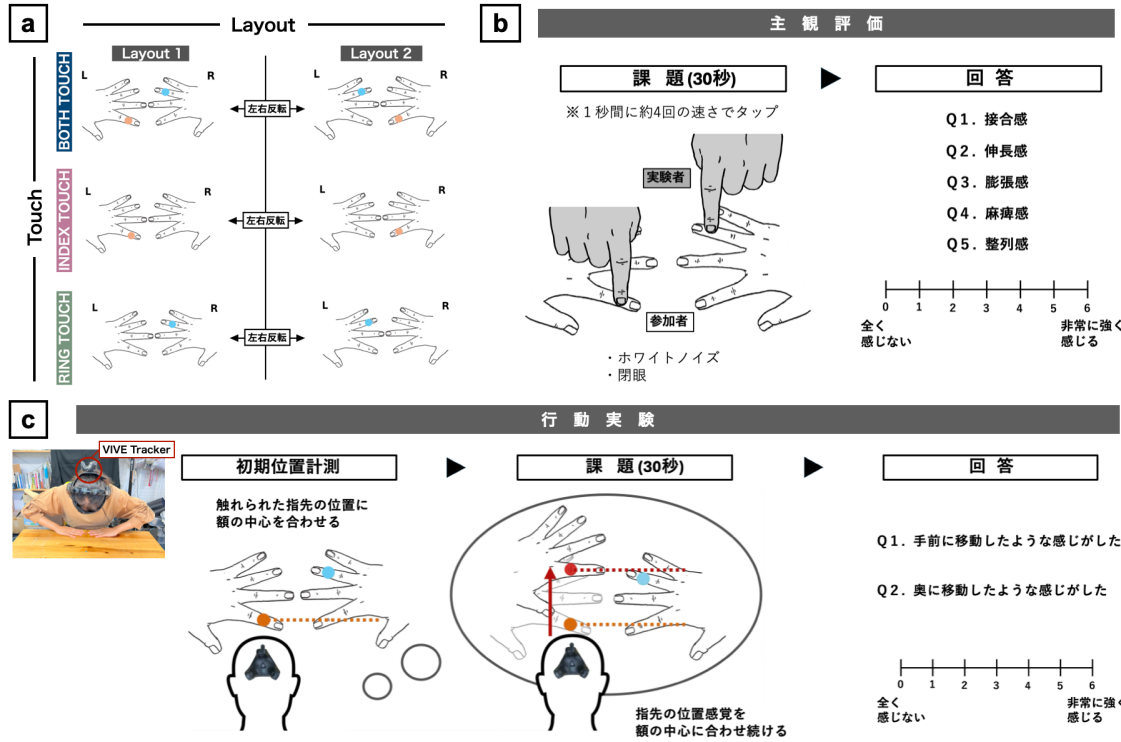


表 1 主観評価アンケート項目

分類	アンケート文
Q1 接合感	左手の指と右手の指が繋がった感じがした
Q2 伸長感	左手または右手の指が伸びたような感じがした
Q3 膨張感	左手または右手の指が太くなったような感じがした
Q4 麻痺感	左手または右手の指が麻痺している感じがした
Q5 整列感	左(右)手の人差し指と右(左)手の薬指が一直線上にあるような感じがした

者の指の位置を合わせた。ただし、人差し指と薬指は、中指を起点に 3cm 離れていた。また、対象となる二指の左右方向における距離は 4cm とした。行動実験を実施するため、ベースステーションを二箇所を設置した。プログラミングソフトは Unity を使用した。

実験要因として、Layout 要因と Touch 要因を設定した(図 2a)。Layout 要因について本研究では、それぞれ Layout1 : 9 名, Layout2 : 8 名に振り分け課題を行なった。ただし、本実験では Layout 要因による影響が見られなかったため、解析では Layout 条件を考慮していない。Touch 要因について、各手の人差し指および薬指に対して同時にタップする条件(Both Touch)、人差し指のみにタップする条件(Index Touch)、薬指のみにタップする条件(Ring Touch)の計 3 条件を設定した。このとき、タップの速さは 1 秒間に約 4 回であった。また、課題時間は 30 秒間であり、主観評価課題および行動実験課題は目を閉じた状態でヘッドフォンを着用し、ホワイトノイズを聞きながら実施した。ただし、手続き上の都合により、1 名はヘッドフォンを着用していない状態

で行動実験を実施した。

参加者はまず、主観評価課題に取り組んだ(図 2b)。30 秒間の課題後、5 つの質問項目について 0 (全く感じない) から 6 (非常に強く感じる) の 7 段階で回答した(表 1)。ただし、Q1, Q2, Q5 が錯覚項目、Q3, Q4 がコントロール項目であった。

参加者はその後、行動実験課題に取り組んだ(図 2c)。後頭部に VIVE トラッカーを装着し、上からヘッドフォンを着用した。全ての条件の開始時に、参加者は触れられたと感じる指先の位置に額の中心を合わせる初期位置計測を行った。その後、初期位置を基準として本計測に移った。本計測では、実験者が、参加者に対して指定された指の位置感覚に集中し、指先の位置を額の中心に合わせ続けるよう教示を行った。その後、注意を向けた指について、手前に移動したような感じがしたか、奥に移動したような感じがしたか、主観評価と同様に 0 ~6 の 7 段階で評価してもらった。主観評価課題、行動実験課題は全ての条件を 2 回繰り返した。

図3 主観評価課題および行動実験課題の結果

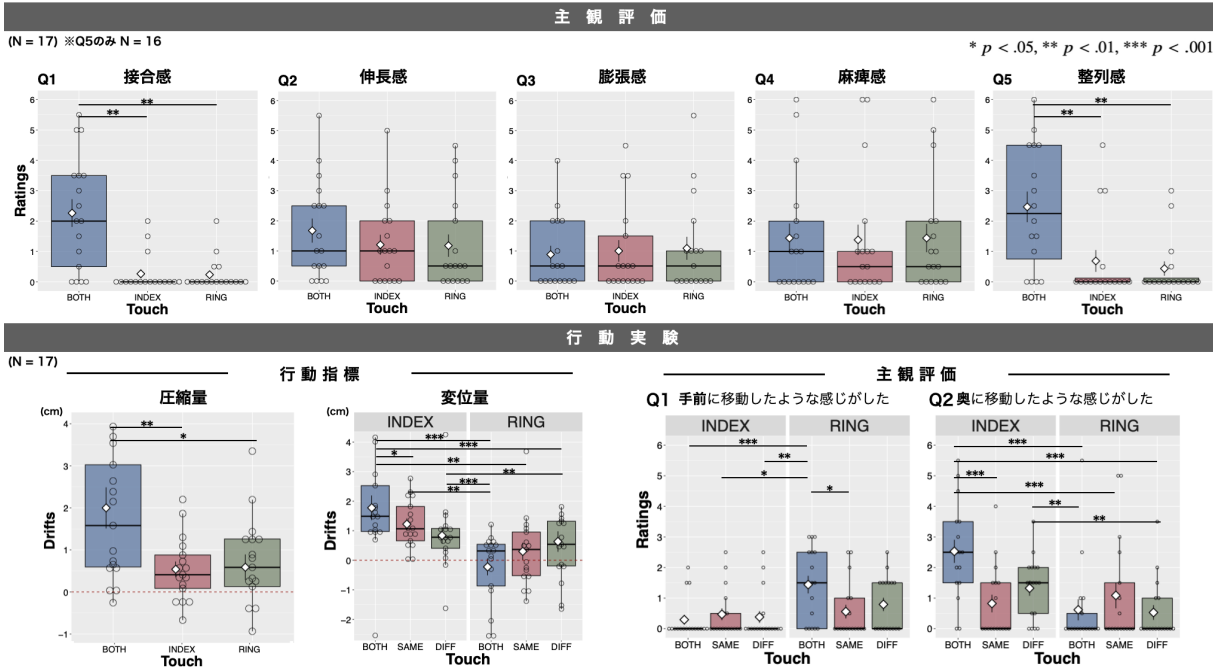
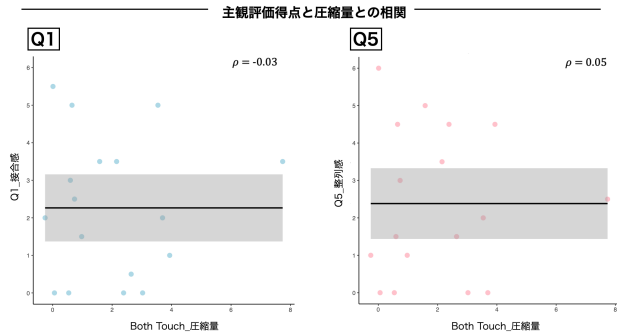


図4 相関分析の結果



3. 結果

主観評価課題および行動実験課題の結果を図3に示す。主観評価課題では、手続き上の都合によりQ5のみ16名が回答した。主観評価課題のスコアについて、正規性が仮定できなかったため、ノンパラメトリックな一要因分散分析としてフリードマン検定を実施した。下位検定にはウィルコクソンの符号順位検定を用いた。分析の結果、Q1、Q5についてTouch要因の主効果が見られた(Q1： $\chi^2(2) = 23.58, p < .001$; Q5： $\chi^2(2) = 21.12, p < .001$)。Holm法による多重比較の結果Q1、Q5いずれにおいても、Both Touch条件がIndex Touch条件およびRing Touch条件よりも有意に得点が高かった(いずれも $p < .01$)。

行動実験では、課題終了直後(30秒後地点)の前後方向における指の先端のドリフト量を解析に使用した。

値は計測2回の平均を使用した。取得した1回目のデータに不備があった1名の参加者については、2回目のデータのみを解析に使用した。本研究では、圧縮量と変位置の2つの指標を算出した。

圧縮量とは、人差し指と薬指が互いに引き合うように動いた度合いを表す指標である。具体的には、人差し指のドリフト量から薬指のドリフト量を減算することで求められる。圧縮量が正の値を取る場合、人差し指の方が薬指よりも多く手前に移動していたことを示しており、結果として両指の距離が縮まった、すなわち、両指が引き合う方向に移動したと解釈できる。一方で、圧縮量が負の値を取る場合には、両指が遠ざかる方向に動いたと捉えることができる。

変位置とは、課題開始時点の指先の位置を基準(0cm)とし、課題終了後に計測された前後方向のドリフト量を示す指標である。

圧縮量について、主観評価課題と同様にノンパラメトリックな一要因分散分析を実施した。結果、Touch要因の主効果について有意傾向が見られた(Touch： $\chi^2(2) = 5.65, p < 0.1$)。Holm法による多重比較により、Both Touch条件がIndex Touch条件およびRing Touch条件よりも有意に圧縮量が大きかった(Both vs Index： $p < .01$; Both vs Ring： $p < .05$)。

変位置について、整列ランク変換を行った後、ノンパラメトリックな二要因分散分析を実施した。結果、Finger要因の主効果およびTouch要因の主効果、Finger要因とTouch要因の交互作用が有意であった(Finger：

$F(1, 80) = 37.29, p < .001, \eta_p^2 = 0.32$, Finger $\times$ Touch : $F(2, 80) = 6.82, p < .01, \eta_p^2 = 0.15$). Holm 法による多重比較の結果, いくつかの条件間で有意差が確認されたが, 特筆すべきは, Both Touch 条件について, Index の変位量が Ring の変位量よりも有意に大きかった点である ($p < .001$). 加えて, Index の変位量について, Both Touch 条件の変位量が Same Touch 条件の変位量よりも有意に大きかった ($p < .05$).

行動実験後の主観評価についても同様に, 整列ランク変換を行った後, ノンパラメトリックな 2 要因分散分析を実施した. その結果, Q1, Q2 ともに Touch 要因および Finger 要因, Touch 要因と Finger 要因の交互作用が有意であった ($Q1 : \text{Touch} : F(2, 80) = 3.63, p < .05, \eta_p^2 = 0.08$; Finger : $F(1, 80) = 23.98, p < .001, \eta_p^2 = 0.23$; Touch $\times$ Finger : $F(2, 80) = 6.49, p < .01, \eta_p^2 = 0.14$, $Q2 : \text{Touch} : F(2, 80) = 6.46, p < .01, \eta_p^2 = 0.14$; Finger : $F(1, 80) = 47.96, p < .001, \eta_p^2 = 0.37$; Touch $\times$ Finger : $F(2, 80) = 13.96, p < .001, \eta_p^2 = 0.26$). とりわけ, Both Touch 条件において手前に移動したような感覚は, Index よりも Ring が有意に高いことが明らかになった ($p < .001$). 反対に, Both Touch 条件における奥に移動したような感覚は, Ring よりも Index が有意に高いことを示した ($p < .001$).

最後に, 圧縮量と主観評価課題(Q1 および Q5)の関連について検証した(図 4). ノンパラメトリックな相関分析として, スピアマンの順位相関を実施した. 結果, 圧縮量および Q1, Q5 との間に有意な相関は見られなかった.

4. 考察

本研究では, 一直線上にない二指(人差し指と薬指)に対する同期接触による効果を, 主観評価指標と行動指標から検証することを目的とした. 結果, 同期接触条件において, 主観的には左右の異なる指が繋がったような感覚や, 一直線上に並んだような感覚が生起することが明らかになった.

また, 行動指標では, 圧縮量について, 同期接触条件が人差し指のみ接触条件および薬指のみ接触条件と比較して有意に大きいことが確認された. 高橋他(2025)では, 同期接触条件と人差し指接触条件の両者においてアラインメントの効果が認められたが, 本研究では, 同期接触条件のみでアラインメントが生起した. 従来の RHI などの身体所有感研究と同様に, 非同期的な接触(人差し指のみの接触あるいは薬指のみの接触)では, 固有感覚のドリフトが生じにくいということが, 本効果

においても示唆された.

加えて, 変位量および行動実験後の主観評価アンケートについて, 圧縮の非対称性(人差し指が奥方向にドリフトすることが主要素である点), および, 同期・非同期に関わらず, 全体的に奥側へと手指の固有位感覚がドリフトする, すなわち奥側優位なアラインメントが生起することが示された. この奥側優位なアラインメントの傾向は, 異なる実験方法を用いた高橋他(2025)の研究結果と一致する. これについては, FBE 特有の姿勢に起因する影響が考えられ, 姿勢の負荷から無意識的に手を外側へ移動させる作用が生起している可能性が推測される.

一方で, 主観評価指標(接合感および整列感)と行動指標との間に有意な相関は確認されなかった. すなわち, 自己溶接錯覚と前後方向における指のアラインメントは, 互いに独立して生起する現象と考えることができる. この点については今後検証すべき課題である.

文献

- Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 14-21.
- Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756-756.
- 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.
- 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.
- White, R. C., Davies, A. M. A., & Davies, M. (2011). Two hands are better than one: a new assessment method and a new interpretation of the non-visual illusion of self-touch. *Consciousness and cognition*, 20(3), 956-964.
- 高橋奈里・佐藤優太郎・横坂拓巳・小鷹研理 (2025). 左右の指への同期接触によるアラインメント効果の検証, 日本認知心理学会第 23 回大会.
- 高橋奈里, 佐藤優太郎, 横坂拓巳, 小鷹研理. 左右の指への同期的接触による自己溶接感覚の生起. 日本認知科学会第 41 回大会.
- Sato, Y., Saito, G., & Kodaka, K. (2024). Illusory deformation of the finger is more extensive in the distal than the lateral direction. *I-Perception*, 15(3).