

# 「指サックの指錯覚」 - セルフタッチ錯覚の自己誘導における共感の動員 -

## Self-Induction of Self-touch Illusion using a Fingerstall

小鷹 研理<sup>†</sup>

Kenri Kodaka

<sup>†</sup> 名古屋市立大学芸術工学研究科

Graduate School of Design and Architecture, Nagoya City University

kenrikodaka@gmail.com

### 概要

This paper proposes new self-touch illusion using a fingerstall involving a self-induction process by a single participant. The experiment clarified a significant learning-period effect in an active induction process. In addition, a fairly strong positive correlation was found between illusion sensitivity and the interpersonal reflection index during the active illusion task. The author discuss how the result contribute to neuroplasticity's study.

キーワード : **self-touch illusion, self-induction, neuroplasticity, individual differences, interpersonal reflex**

### 1. はじめに

1998年に Rubber hand illusion (RHI) が発表されて以降, 身体所有感の変調に関する研究は, 基礎研究の枠を飛び越え, 医療や Virtual Reality の分野の応用にまで展開されつつある. このような身体所有感に関わる錯覚は, その適用部位やモダリティーの組み合わせの違いによって様々なカテゴリーに区分されるが, それら全体を通じて, 複数感覚間の時空間的同期を基礎として誘導される点で共通している [1]. こうした同期は, 実験室環境においては, 実験者や何らかの情報機器の介在によって設計されるのが一般的であるが, 医療や関連するリハビリの現場を想定すると, 実験者の介在なしに患者 (被験者) が自律的に錯覚の誘導を試行錯誤できることが望ましい. このような誘導を可能とするものとして, ミラーセラピーのような, 運動系と視覚系の統合によるアプローチがよく知られている [2][3][4][5]. 他方で, 触覚の関与する錯覚の場合, 実験者や情報機器の介在なしに錯覚を誘導することは極めて困難とされてきた. 筆者の研究室グループは, RHI の変種とされ, ときに somatic rubber hand illusion とも呼称される自己接触の錯覚 [6][7] (self-touch illusion,

以下 STI) を題材に, 特殊なトレーニングを受けた実験者の介在を必要としない錯覚の誘導法を, 論文やワークショップ等で継続的に発表している [8][9]. これらは, 基本的には, 対面する2人の接触行為を相互に交換することによって成立するものであり, 錯覚の誘導にあたって, 2人の人間の関与を前提とするものであった. これに対して, 筆者は, 最近になって, 指サックをはめてもらうだけで, 被験者が単独の状態で行うことができる, 全く新しいタイプの STI 誘導法を発見した. この誘導法は, 図1に示すように指サックを用いるため, 「指サックの指錯覚」と命名した.



図1 指サックの指錯覚

「指サックの指錯覚」において, 被験者は接触する側の手の人差し指に指サックを装着する (以下では混乱を避けるため, 図1に合わせ, 右手を接触する側の手, 左手を接触される側の手として説明する). この際, 人差し指の先端を, 指サックの最深部まで入れ込まずに, 数センチ程度の隙間をつくっておく. この状態で, 机に添えた左手の人差し指の第一関節付近を, 右手の人差し指を介して指サックでタップする (なお, 左手のどの部位にタップするかは, 本質的な問題ではない). このとき, 実際には指サックの先端のみが軽く左手の表面に触れるようにし, 指サックの中の人差し指には接触のインパクトが直接伝わらないように注意する. この人差し指のタップに時間的に同期するかたちで, 同じく右手の中指の腹を, 机を接地面としてタップする. これらの動作を, 被験者の目を閉じた状態, あるいは接触部への注意を逸らした状態で行う. 以上の

空間レイアウトにおいてあらためて重要な仕掛けは、指サックによるタッピングが、左手に「触られる感覚」を与えるだけで、右手の人差し指そのものには、「触る感覚」をダイレクトに与えていない点にある。要するに、当事者にとって、「触れる感覚」は右手の中指のみに単独に存在し、「触られる感覚」が、左手の特定の部位にやはり単独に存在することになる。この関係の中で、接触の感覚と被接触の感覚が結びつくことで錯覚が成立する。すなわち、錯覚状態にあつては、実際には机の表面に触れている右手の中指が、（実際には指サックから刺激を受けている）左手をタップしているように感覚される。以上が、「指サックの指錯覚」における自己誘導の概要である。

「指サックの指錯覚」の体験者は、個々の錯覚の様態を、自己誘導という自律的な試行錯誤の中で時間をかけて見出そうとする。この点で、本錯覚に関わる研究は、ある限られた時間経過後の錯覚の感度分布のみならず、錯覚を獲得するまでの時間的プロセスを追うこと、そしてその錯覚の様態の差異を検討することこそ重要な意義が見出されるべきである。というのも、この種の時間的プロセスは、ちょうど内因性の身体機能不全のリハビリにおいて、中長期的なスパンでクロスモーダルな神経群のネットワークを再編成・再統合していこうとする学習過程と近いと思われるからである。以上を踏まえて、本研究は、「指サックの指錯覚」に対する感度の時間経過を検証する実験を行なう。この際、対照条件として、指サックを装着せずに直接に利き手の人差し指の先端で自己接触を行う方法を与えた。この錯覚誘導方式を以下では「Barehand-barehand touch」の略として「BB タッチ」と表記する。この表現に相当するものとして、「指サックの指錯覚」については、「Fingerstall-barehand touch」の略として「FB タッチ」との表記を適用し、以下の説明の中で、必要に応じて用語を使い分けていくものとする。

## 2. 実験

### 2.1 実験環境

著者が担当する学部の授業の時間を使って、受講学生 38 人（平均年齢 20.7 歳、男 20 人、女 18 人）を被験者として、一斉に実験を行なった。あらかじめ、受講学生を半数ずつの 2 つのグループに分けることで、後述する条件の順序に関する影響を無作為化している。この実験に先立って、身体の錯覚に関する話題は授業の中で一度も扱っていない。各学生の座席はコロナの感染防止の観点から、あらかじめ一定の距離（約 1m）

が確保されており、実験中は極力私語を慎むように指示した（実際に、38 人が集まる場所ではあるが、極めて静寂な環境もとので実験は勧められた）。また、実験に先立ち、各学生には表面がエンボス加工された天然ゴム素材の指サック（KM-303K、長さ 48mm、直径 20mm）を配布している。なお、実験の時間はおよそ 25 分ほどであった。

### 2.2 実験手順

実験では、まず教室前方の大型スクリーンを通して、メトロノームに合わせて、1 秒間に 2 回のリズムで「BB タッチ」と「FB タッチ」を行う映像を見せ、各自の机でそれぞれ錯覚の誘導方法を学習する時間を数分程度とった。

課題は大きく前半の受動課題（4 回）と後半の能動課題（2 回）に分かれる。前半の受動課題では、教室のスピーカを通して十分な音量でメトロノームの音を呈示し、40 秒間の錯覚誘導の時間を与える。40 秒の時間が過ぎたのち、「自分の右手の中指で、自分の左手の人差し指を触っているように感じた」の設問に対して、-5 から +5 までの 11 段階で評価してもらい、あらかじめ配布している実験シートに記入させた。（-5：全く感じない、-3：ほとんど感じない、-1：あまり感じない、0：どちらでもない、+1：やや感じた、+3：強く感じた、+5：大変強く感じた）。なお、受動課題について、一方のグループは、FB-BF-FB-BF の順に、もう一方のグループは BF-FB-BF-FB の順ですすめた。後半の能動課題は、「FB タッチ」のみの条件で行なった。この課題では、メトロノームの音を与えず、40 秒間の時間枠の中で、自己接触の感覚を最大限に感じられるように、各自で触り方（タップする、擦る、触れたままとするなど）、触る場所（人差し指の第二関節より上部とのみ指定）などを自由に試行錯誤するように指示した。この課題でも同様に、各試行の終了後に自己接触の感覚に関する評価を記入させた。以上の 6 つの課題が終了したのちに、錯覚中に感じたことを、評価シートに自由記述させた。最後に、対人共感尺度（Interpersonal Reactivity Index: IRI）のアンケート 20 項目 [10] に回答してもらった。

### 2.3 結果

図 2 に、自己接触感覚の評価について、被験者内の平均を各条件毎に示す。前半 4 回の受動課題に注目し、二要因分散分析を行ったところ、順序について主効果

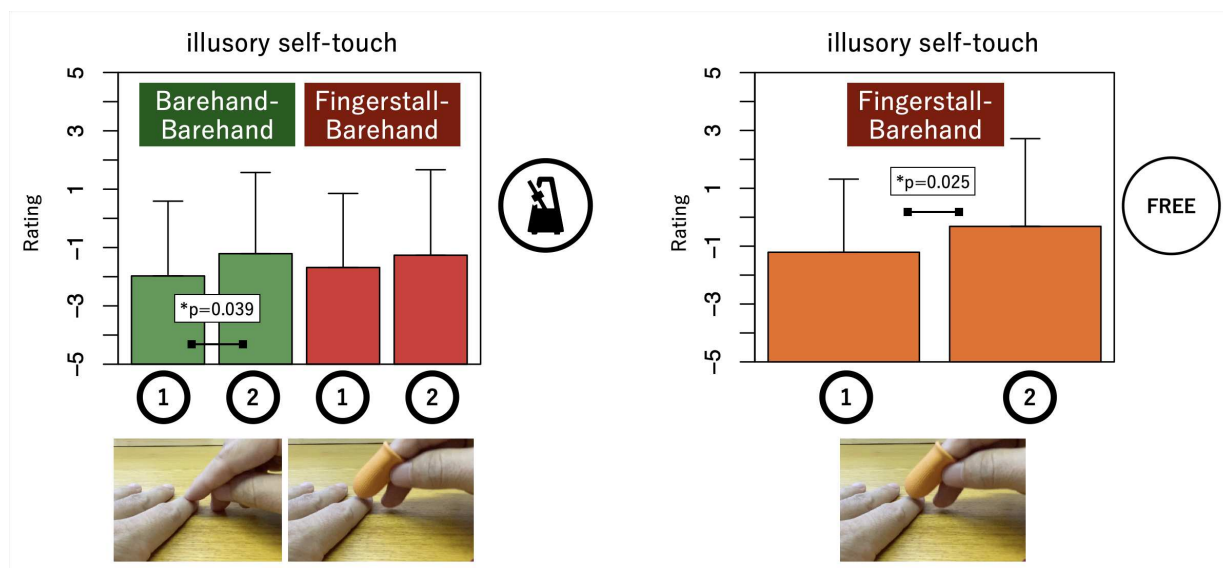


図2 実験結果（左が受動課題，右が能動課題に対応する自己接触錯覚の評価値）

が見られた一方で ( $F(1,37)=5.48, p<0.03$ )，指サックの有無については主効果 ( $F(1,37)=0.07, p=0.80, n.s.$ ) は検出されなかった。さらに対応のある  $t$  検定によって，各誘導手法で，初回と2回目の感度の差異を比較したところ，「BB タッチ」では2回目で感度が有意に上昇している一方で ( $t(37)=2.15, p<0.039$ )，「FB タッチ」では順序間で有意な差がみられなかった ( $t(37)=1.46, p=0.15, n.s.$ )。次に，後半の能動課題の「FB タッチ」に関して，初回と2回目の評価値に対して，対応のある  $t$  検定で比較を行ったところ，初回から2回目（トータルでは5回目から6回目）の試行にかけて，錯覚感度が有意に向上していることがわかった ( $t(36)=2.36, p<0.25$ )。

最後に，対人共感尺度の合計スコアと，「BB タッチ」（受動課題），「FB タッチ」（受動課題），「FB タッチ」（能動課題）それぞれの錯覚感度との相関を，ピアソン相関分析によって解析した（図3）。ここで，各誘導手法の錯覚感度には，2回の評価値の平均値を採用した。解析の結果，「FB タッチ」（能動試行）にのみ有意な水準で正の相関が確認された ( $R=0.61, p<0.001$ )。

## 2.4 考察

まず，受動課題において指サックの有無で錯覚感度に全く差が見られなかった点について考察したい。率直に言って，これは筆者の予想を全く裏切るものであった。当初，課題に先立つ説明段階における不備（特に指サックの遊び部分がしっかりと確保されていたか）を疑ったが，自由記述や学生に対する事後の確認の中

で，特別に大きな問題を確認することはできなかった。もともと指サックの役割として想定していたことは，人差し指の側に生じる「触る感覚」をキャンセルすることであったが，単に遊びの空間を物理的に確保するだけでは，触る感覚が消去されるとは限らない。おそらく，この過程では，主観的な水準で「触っていない空間イメージ」を召喚しようとする類の能動性が要求される。この実験では，事前に「触る感覚を消去する」というコンセプトを被験者には明確には伝えていなかったため，試行の過程でのイメージの働かせ方において，被験者間でばらつきがあったのかもしれない。加えて，被験者が「触る感覚をキャンセルする」という方向性に気づいていない段階では，指サックの異物感が，むしろ錯覚への注意を妨げる因子として働いてしまった可能性がある。今後，指サックの効果をより詳細に検証するためには，実験系の設計において，事前のインストラクションの与え方に一定の工夫が必要であると考えられる。

（これとは逆に）対照群として用意したはずの「BB タッチ」に一定の錯覚の効果が認められたことについてもまた，事前の予想を裏切るものであった。実際に2回目の試行では38人中4人の被験者が，錯覚の感度を+3以上に評価している。加えて，初回から2回目にかけて，錯覚の感度が有意な水準で向上しているという事実は，指サックを用いない状態でもなお，錯覚原理に基づく多感覚統合に関わる神経系の再編成が行われていることを示唆するものである。実際，「BB タッチ」でも注意の向け方や圧力の調整によっては，人差し指の触る感覚を極力キャンセルすることは可能であ

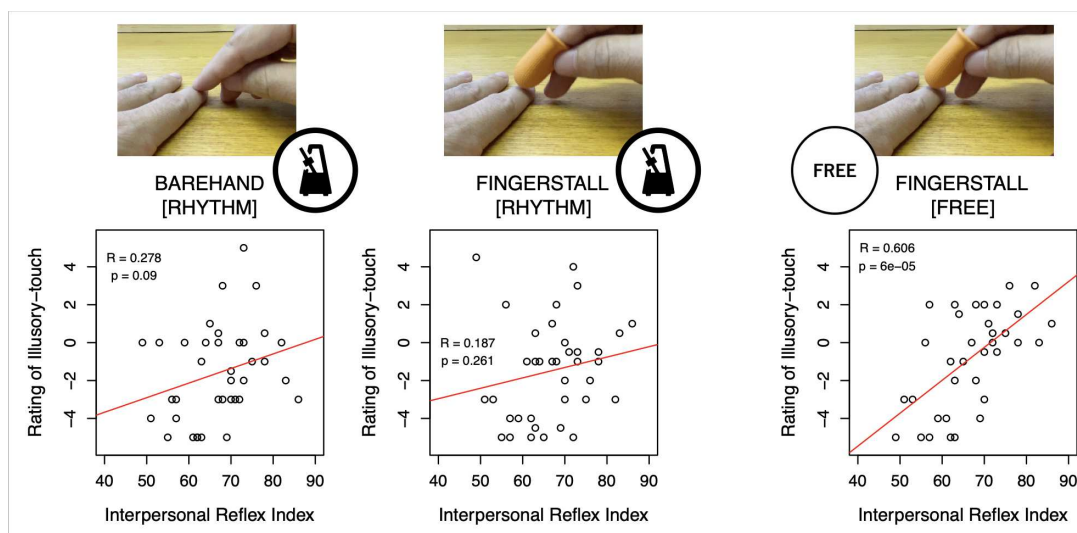


図3 実験結果（対人共感尺度と自己接触錯覚の評価値の相関．[RHYTHM]は受動課題，[FREE]は能動課題に対応する．）

る．また、触る感覚をキャンセルするという方向性をとらない場合でも、人差し指と中指が一体となって一点を触っているというイメージによって自己接触の運動イメージは成立可能である．実際、「BB タッチ」の2回の試行全てで+5の評価を与えた被験者の自由解答からは、「指のありえない変形とかを許容するイメージをもってやると錯覚しやすい」というコメントを得ている．このように一定の被験者は、2点の「触る感覚」と1点の「触られる感覚」を統合するために、身体イメージの変形を有効的に活用しており、このことが「触る感覚」をキャンセルできない「BB タッチ」においてもなお、一定の錯覚効果が生まれていた原因の1つと考えられる．

能動課題における「FB タッチ」では、初回から2回目にかけて、錯覚感度が有意な水準で向上している．とりわけ、錯覚を強く感じている被験者が（+3以上の評価）、初回から2回目で、3人から9人に上昇しているのは注目し得る（受動課題の場合、4人から4人で変化なし）．この試行では、錯覚誘導における接触パターンの自由度が上昇することで、誘導プロセスにおける神経結合の再組織化がより活性化しているものと推察される．こうした結果は、受動課題よりも能動課題で、神経系の可塑性が上昇することを示唆するものである．他方、個々の被験者に着目したとき、受動課題と比して能動課題で必ずしも錯覚感度が高まるものではないことに注意が必要である．実際、受動課題から能動課題への変化で、錯覚感度が+3以上に上昇した被験者が8人いるのに対して、+3以上減退した被験者もまた4人存在する．能動課題よりも受動課題の方が

錯覚を感じやすいという明確なコメントも複数得られている．能動課題では、40秒間の試行時間の中で受動課題と同じように振る舞うことも可能であるため、受動課題での感度が上昇するタイプの被験者が存在することは、一見、直感に反するように思われる．これに関連して、被験者からの直接のヒアリングのなかで、受動課題では、長時間同じリズムでタップを刻んでいく中で、試行の後半のある時点から、突如として明確な錯覚を覚える経過を踏むような錯覚パターンが報告されている．このように徹底的に受動的な振る舞いをすることで錯覚へと至る被験者にとって、能動課題での感度が受動課題以上に高まるという関係は自明ではないことがわかる．

「FB タッチ」における対人共感尺度との相関分析では、受動課題では有意な水準で相関が得られなかった一方で、能動課題では、この種の相関分析では異例に高い水準（ $R=0.61$ ）で正の相関が得られた．この結果は、能動課題においては、錯覚誘導における被験者側の自由度が高まる分、自己接触の運動イメージを立ち上げる（でっちあげる）うえで、共感性に関わる脳内ネットワークの資源が十分に活用されることを示唆している．実は、ラバーハンド錯覚と共感尺度との正の相関は既に報告されている一方で [11]、STI と共感尺度との相関はこれまで全く確認されていなかった [9]．したがって、この実験結果は、筆者の知る限り、STI が共感尺度と正の相関を示すものとしては、最初の報告となる．よく知られているように、STI では明示的には視覚情報を動員しないものの、錯覚誘導の段階で、自己接触を成立させる空間的な視覚イメージを内的に

立ち上げていることが示唆されている（この機構を持たない全盲者は自己接触錯覚に関して完全不感である[12][13]）。以上を踏まえるならば、能動課題においてのみ得られた対人共感尺度との正の相関関係は、STIの能動的な自己誘導においては、この種の「内的な視覚イメージ」が強く賦活していることを示唆するものである。この種の知見は、神経可塑性と個人差の問題を考える上で非常に重要な視点であると考えられる。

## 文献

- [1] Blanke, O. (2012). Multisensory brain mechanisms of bodily self-consciousness. *Nature Reviews. Neuroscience*, 13(8), 556571.
- [2] 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(March), 40.
- [3] Deconinck, F. J. A., Smorenburg, A. R. P., Benham, A., Ledebt, A., Feltham, M. G., & Savelsbergh, G. J. P. (2014). Reflections on Mirror Therapy: A Systematic Review of the Effect of Mirror Visual Feedback on the Brain. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 29(4), 349361.
- [4] Kodaka, K., & Kanazawa, A. (2017). Innocent Body-Shadow Mimics Physical Body. *I-Perception*, 8(3), 204166951770652.
- [5] Ishihara, Y., & Kodaka, K. (2018). Vision-Driven Kinesthetic Illusion in Mirror Visual Feedback. *I-Perception*.
- [6] 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. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 25(45), 1056410573.
- [7] Aimola Davies, A. M., & White, R. C. (2013). A sensational illusion: vision-touch synaesthesia and the rubber hand paradigm. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 49(3), 806818.
- [8] Kodaka, K., & Ishihara, Y. (2014). Crossed hands strengthen and diversify proprioceptive drift in the self-touch illusion. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 422.
- [9] 小鷹研理, 石原由貴, セルフタッチ錯覚を通じた個人差研究の展望, 日本認知科学会大会第 36 回大会, 2019.9
- [10] 野村弘平, 赤井誠生, 森川和則, 日本語版 IRI(対人反応性指標) 作成の試み, 日本心理学会第 79 回大会発表論文集, 2015
- [11] Asai, T., Mao, Z., Sugimori, E., & Tanno, Y. (2011). Rubber hand illusion, empathy, and schizotypal experiences in terms of self-other representations. *Consciousness and Cognition*, 20(4), 1744-1750.
- [12] Petkova, V. I., Zetterberg, H., & Ehrsson, H. H. (2012). Rubber hands feel touch, but not in blind individuals. *PLoS One*, 7(4), e35912.
- [13] Nava, E., Steiger, T., & Roder, B. (2014). Both developmental and adult vision shape body representations. *Scientific Reports*, 4, 6622.