

ダブルタッチ錯覚による身体像の接合 - 非遮蔽同期による新たなラバーハンド錯覚パラダイム - Connecting Self to the Other through Double-touch Operation

小鷹 研理[†], 佐藤優太郎[†], 齋藤五大[‡]

Kenri Kodaka, Yutaro Sato, Godai Saito

[†] 名古屋市立大学芸術工学研究科, [‡] 東北大学大学院文学研究科

[†] Nagoya City University, [‡] Tohoku University

kenrikodaka@gmail.com

概要

This paper reports a new self-touch illusion based on a double-touch operation (“double-touch illusion”). In this illusion, both finger touches by a participant (self-to-other and self-to-self) are mutually connected to each other without spoiling the specific body-image related to self-to-other touch, which is essentially different from a kind of illusory transition seen in a classical rubber hand illusion’s paradigm. The experiment showed the double-touch illusion works quite well, whose illusion strength was equivalent to the classical self-touch illusion.

キーワード : self-touch illusion, double-touch illusion, numbness illusion, rubber hand illusion

1. はじめに

他人の手を触ると同時に、近接した位置で、自分の手の表面を実験者に触られることによって、実際には他人の手を触っているにもかかわらず自分の手を触っていると感覚される認知現象が報告されている。この錯覚は、ラバーハンド錯覚のバリエーションの一つであり、自己接触錯覚 (STI: Self-touch Illusion) として知られるものである (図1左) [1][2][3][4]。このSTIと構造的に類似した錯覚として、二者の指の腹が互いにもたれかかった状態で、両者の指の背の部分、自身のもう一方の手の親指と人差し指でつまむようになることによって「麻痺感覚」が得られる錯覚が知られている (NI: Numbness Illusion, 図1右) [5]。

STIもNIも、二者の異なる手に対して同期的に触覚を与える点では共通しているが、STIでは二者間でタッチが交換されるのに対して、NIでは二者の手に対するタッチを被験者が占有的に行う。すなわちNIは、STIにおける唯一の実験者からのタッチ (OS: Other-to-Self) を被験者のタッチ (SS: Self-to-Self) に置き



図1 セルフタッチ錯覚 (左) とナムネス錯覚 (右)

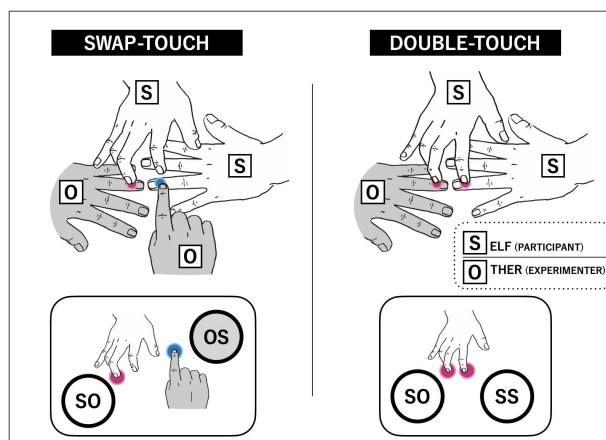


図2 スワップタッチ (左) とダブルタッチ (右) の違い

換えたものと整理できる (図2)。以下では、上記のSTIとNIにおける二者間のタッチの容態 (SO×OS, SO×SS) を、それぞれスワップタッチ/ダブルタッチと表記する。さて、他人の手に対する麻痺感覚が生じるためには、そもそも他人の手が多かれ少なかれ「自分の手」と感じられる必要があるように思われる。実際、ラバーハンド錯覚の実験では、身体所有感の変調の強さが (事後に触れた際の) 麻痺感覚と正の相関を示すことや [6]、麻痺感覚を伴う痛みが身体イメージの歪み

表 1 アンケート項目

分類	質問項目
Ownership (所有感)	illusion 自分の中指で触れている指が自分の指である感じがした。
	control 自分の左手の薬指が感じられなかった。
	control 自分の左手の薬指が複数あるように感じた。
Numbness (麻痺感覚)	illusion 自分の中指で触れている指が麻痺している感じがした。
	control 自分の中指で触れている指が重たい感じがした。
	control 自分の中指で触れている指が熱い感じがした。
Transform (伸長感覚)	illusion 自分の左手の薬指が中指よりも長くなった感じがした。
	control 自分の左手の薬指が小指より短くなった感じがした。
	control 自分の左手の薬指が太くなったように感じた。

と関係しているとする知見等が報告されている [7]. こうした点を踏まえると、ダブルタッチは麻痺感覚のみならず、所有感の変調をも伴うものであると推測される. 他方で、不思議なことに、これまでの NI に関する研究では、所有感の変調について明確に計測されてこなかった. 本研究の第一の目的は、従来のスワップタッチによる STI を（極力他の条件を統制したまま）ダブルタッチに置き換えることによって、身体所有感に関わる指標について、いかなる効果があるかを検証することにある.

2. 実験

大学生または大学院生の 8 人 (N=8, 平均年齢 22.3 歳) を対象に、被験者実験を行った. 利き手は全員右手であった. なお、本実験は、予備的な検討を行うために実施されたものであり、各被験者における過去のダブルタッチ等の錯覚経験について、十分な統制を行っていない.

2.1 実験手順

被験者は着席し、自身の左手を 90 度内側に向け、楽な体勢で手の平を机に添えてもらった. この状態で、図 2 のように、実験者の左手の薬指を、被験者の左手の薬指に対して向き合うように、かつ両者の指先がわずかな隙間で非接触となるように配置した. 実験の各課題では、目を閉じた状態で、それぞれの薬指の第一関節周辺の二点（二点間の距離は 3.5~5cm）を、スワップタッチまたはダブルタッチいずれかの構成（自他要因）で、一定のリズム (BPM120) で 20 秒間タップしてもらった. このとき、同期条件では、スワップタッチ・ダブルタッチのいずれの条件においても、二つのタッチが同時に接地するように行い、非同期条件では、それぞれを交互にタップした（一方のタッチのみに注

目すると BPM は 120 のままである）. これら 2 要因（自他要因と同期要因）を混合した合計 4 種類の課題を一つのブロックとし、2 つのブロックを連続で行った. それぞれの課題の後に、表 1 に示す「所有感」「麻痺感覚」「伸長感覚」の強度に関する合計 9 つのアンケートの項目について、0（全く感じない）から 6（大変強く感じる）の 7 段階で回答させた. ここまでの内容を、以下では実験 1 と呼ぶ.

実験 1 に引き続き、やはり同一の条件によるブロックを一回のみ行う実験 2 を行った. 実験 2 では、事前の教示として、試行中に自分の中指の位置に注目するように被験者に指示するとともに、被験者頭部の中心位置が、被験者の指をタップしている自分の中指が存在すると感じられる位置 (SO タップ) と合致するように、上半身を左右に動かして調整するようお願いした. 20 秒間の各試行が終了した後、「自分の中指の位置が課題開始の時点から右に移動しているように感じた」および「自分の中指の位置が課題開始の時点から左に移動しているように感じた」の二つの項目のみ、0（全く感じない）から 6（大変強く感じる）の 7 段階で回答させた. なお、中指の主観的位置の水平方向のドリフト量は、実験 2 開始時に被験者の頭部に装着した VIVE TRACKER によって計測した.

2.2 結果

2.2.1 実験 1

図 3 に実験 1 の実験結果を示す. 「所有感」「麻痺感覚」「伸長感覚」について、被験者内二要因分散分析を行ったところ、それぞれ同期要因の主効果が確認された（所有感： $F(1,7) = 23.33, p < 0.002$, 麻痺感覚： $F(1,7) = 13.46, p < 0.008$, 伸長感覚： $F(1,7) = 61.64, p < 0.001$). 具体的には、非同期的なタッチと

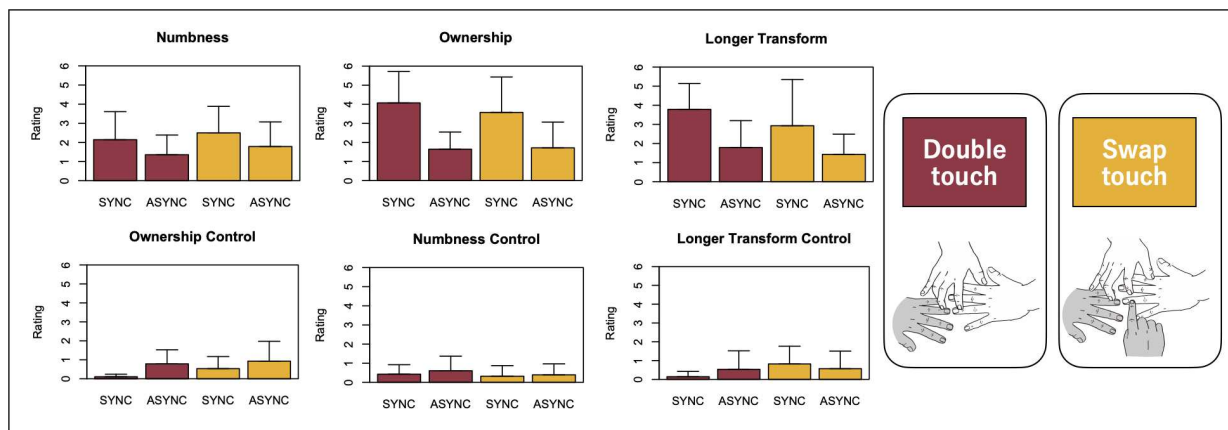


図3 実験1の結果

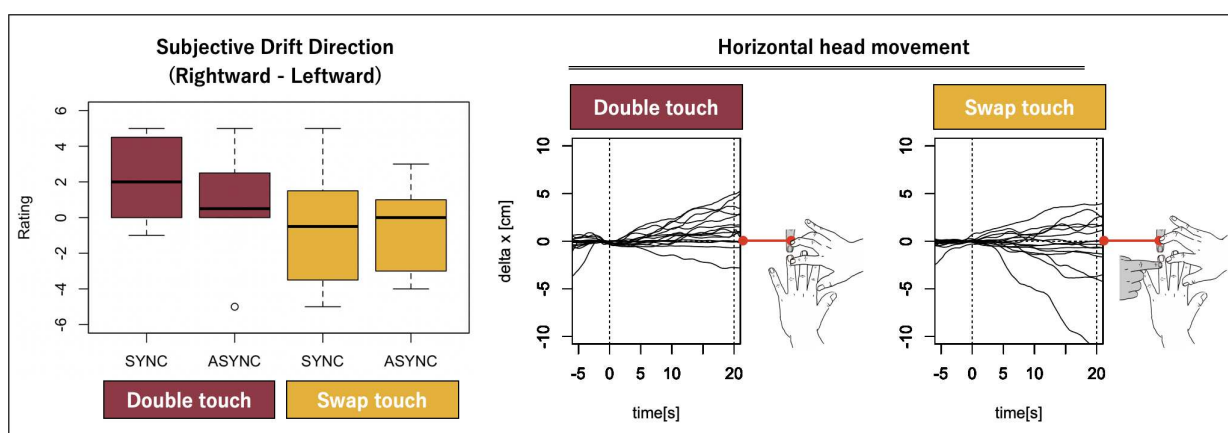


図4 実験2の結果

比較して、同期的なタッチによって錯覚強度が高まることを示された。他方で、自他要因に関する主効果は検出されなかった。すなわち、実験1では、スワップタッチとダブルタッチとの間に、錯覚の強度に関する優劣は全く一切見出されていない。なお、それぞれの錯覚項目について、対照群の設定についてはいずれの要因の主効果も検出されなかった。

2.2.2 実験2

図4に実験2の結果を示す。アンケートによって示された、SOタッチ（被験者の右手中指）位置のドリフト方向性（右方向強度から左方向強度を引いたもの）に対する分散分析を行なったところ、自他要因・同期要因ともに主効果は得られなかった。一方で、交互作用が有意傾向で検出されたため（ $p = 0.064$ ）、事後分析として各課題間で対応のあるt検定を行なったところ、同期条件に限って、ダブルタッチよりもスワップタッチの際に、有意な水準で右手の中指（触る指）が

左側へとドリフトする傾向にあるという結果が得られた（ $t(7) = 2.51, p < 0.05$ ）。

3. 考察

本実験結果は、スワップタッチのみならずダブルタッチによっても、同期的な触覚によって、強力な所有感錯覚が生じることを明確に示すものである。筆者の知る限り、本実験は、(NIを含む)ダブルタッチが麻痺感のみならず所有感の変調を生み出すことを直接に明らかにした最初の実験である。一般に視触覚同期に基づくラバーハンド錯覚においては、位置的に異なる二点の触覚(OO, OS)のうち、自身の手への触覚(OS)は消失し、触覚は一点(OO → OS)で生じているものと解釈される。ラバーハンド錯覚の触覚版とも言われるスワップタッチに基づくSTIもやはり同様の形式をとる(two to one)。他方で、ダブルタッチにおいては、自分自身の手への触覚(SS)は消失せず、結果、二つの触覚点か、そのままのかたちで保存されている(two to two)(図5を参照)。この点で、ダブルタッチ錯覚

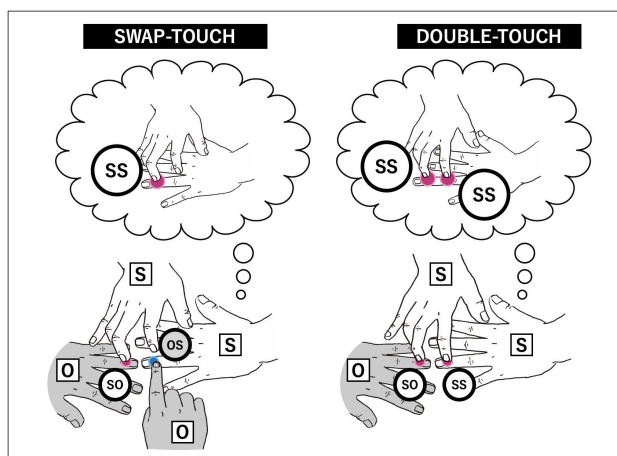


図5 スワップタッチ・ダブルタッチの各錯覚状態におけるタッチイメージの容態変化

は従来の身体所有感錯覚と比較すると極めて特異的な位置付けを持つものである。

表2 錯覚時の触覚イメージの様態

錯覚の 分類	(接触の主体客体)	
	物理状態	錯覚時の主観状態
ラバーハンド錯覚	OO, OS	OS
セルフタッチ錯覚	SO, OS	SS
ダブルタッチ錯覚	SO, OS	SS, SS

図4右は、課題実行中の実験者のヘッドトラッキングによるSOタッチ主観位置の変化(縦軸正方向が右側への移動に相当する)を、8人全員の被験者について重ね書きしたものである。この図を見ると、スワップタッチでは、縦軸負の方向に対応する左側へのドリフト(つまり負の方向)が一定の割合存在する一方で、ダブルタッチではそのような方向のドリフトは例外的であると読み取ることができる。これらの傾向は、同期条件においてのみ検出された、ドリフトの主観評価の差異と整合的である。ここでみられる両錯覚間のドリフト容態の差異は、先ほど指摘した両者の錯覚構造特性に基づく、身体変形の自由度の差異を反映しているものと考えられる。すなわち、スワップタッチにおいては、自分自身の手への触覚刺激は、もう一方の実験者への触覚刺激に完全に乗っ取られてしまうため、錯覚により作られた主観的なSSタッチは、いわば単独の状態と遊離し、左にも右にも自由に動くことができる。他方で、ダブルタッチでは、錯覚によって生まれた中指のSSタッチの左側には、人差し指のSSタッチが消失せずに残っており、これが心理的な障壁となり左に移動することが難しくなる。すなわち、隣接するSS

タッチが Proprioceptive Drift おいて斥力として作用している。これは、ダブルタッチにおいては、錯覚状態に入るためには自分の身体とラバーハンドを連続的に接合する必要性が生じるためであり、すなわち、この「接合」こそが、ダブルタッチの際立った特徴であると考えられる。

従来のラバーハンド錯覚パラダイムが、自分自身の手への触覚刺激を心理的に「遮蔽(マスク)」することにより、ラバーハンドへの触覚刺激に「置換」されるものであるとすると、対してダブルタッチ錯覚は自分自身の手への触覚刺激を心理的に遮蔽せず(「非遮蔽」)、ラバーハンドへの触覚刺激と「接合」される。この「自己の非遮蔽」および「自己と他者の接合」を特徴とする新たな錯覚パラダイムの発見は、従来の錯覚研究の中では構造的に閉ざされていた領域に、新たな光を投げかけるだけのインパクトを秘めている。とりわけ、我々の研究グループは、「接合」の観点から、身体像の可塑性に関わる認知特性を検証するうえで、ダブルタッチ錯覚のパラダイムは非常に有用であると考慮しており[8]、今後さまざまな角度から検討をすすめていく。

文献

- [1] 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), 10564-10573.
- [2] Aimola Davies, A. M., & White, R. C. (2013). A sensation illusion: vision-touch synaesthesia and the rubber hand paradigm. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 49(3), 806-818.
- [3] Kodaka, K., & Ishihara, Y. (2014). Crossed hands strengthen and diversify proprioceptive drift in the self-touch illusion. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 422.
- [4] 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
- [5] Dieguez, S., Mercier, M. R., Newby, N., & Blanke, O. (2009). Feeling numbness for someone else's finger. *Current Biology*.
- [6] Aymerich-Franch, L., Petit, D., Kheddar, A., & Ganesh, G. (2016). Forward modelling the rubber hand: Illusion of ownership modifies motor-sensory predictions by the brain. *Royal Society Open Science*, 3(8).
- [7] Gandevia, S. C., & Phegan, C. M. L. (1999). Perceptual distortions of the human body image produced by local anaesthesia, pain and cutaneous stimulation. *Journal of Physiology*, 514(2), 609-616.
- [8] 佐藤優太郎, 齋藤五大, 小鷹研理, Numbness 錯覚とセルフタッチ錯覚の間に成立するトレードオフ性に関する一考察, 人工知能学会第35回全国大会, 2021.6