

セルフタッチ錯覚を通じた個人差研究の展望 Prospects of individual differences research focusing on self-touch illusion

小鷹 研理[†], 石原 由貴[†]
Kenri Kodaka, Yuki Ishihara

[†] 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

Susceptibility to the rubber hand illusion has been found to function as a marker of individual differences such as empathy. Though a self-touch illusion has been regarded as a variation of the rubber hand illusion, we have found the susceptibility to the self-touch illusion does not positively correlate with the ownership susceptibility in the rubber hand illusion and the inter personal reflex index. Based on this result, we discuss prospects of individual differences research focusing on the self-touch illusion.

キーワード : self-touch illusion, rubber hand illusion, individual differences, interpersonal reflex

1. はじめに

目を閉じた状態で一方の手でラバーハンドに触れると同時に、もう一方の手の対応部位が触覚刺激を受けることで、自己接触の感覚 (self-touch illusion, 以下 STI) が生起することが知られている [1][2]. STI は、別名 somatic rubber hand illusion と呼ばれることもあるが、よく知られている rubber hand illusion (RHI) と異なり、明示的に視覚が関与せず、「触った感覚」と「触られた感覚」の二つの方向性を持った触覚の同期によって誘発される。したがって、視覚という特定のモダリティーから離れて、感覚一般に関するシステム論的な視野で身体所有感の投射の条件を探るうえで、STI は貴重な知見を提供しうるものである。

STI において体験者が触れるラバーハンド自体はどのような素材のものでも構わないため、RHI と異なり、比較的容易に錯覚誘導の手続きを構成することができる。他方で、様々なバリエーションが提案されている RHI と異なり、STI に関する学術研究は、発表されて 15 年ほどたった現在にあっても驚くほど少ないのが現状である [3][4][5][6][7]. 筆者の研究室は、これまでに手

を交差させた場合の STI のドリフト特性の質的变化を報告した後に [8], 各種の展示やワークショップにおいて、手軽に STI を体験することのできる 3 つの新たな STI 誘導法を提案し、複数の予備的な実験により、錯覚の感度に関して様々なデータを取得してきた。本稿では、これらの誘導法を新たに紹介するとともに、それぞれについて錯覚感度に関して得られている実験データをもとに、今後の錯覚の個人差研究の展望について触れる。

2. self-touch illusion の誘導法の提案

これまでに発表された STI の誘導法の多くは、「錯覚を誘導する実験者」対「錯覚を体験する被験者」の非対称的な構図を前提とするものである。具体的には、目を閉じた被験者にラバーハンドに触ってもらうように誘導すると同時に（直接触れるのが一般的だが、筆先を介して誘導を行う例もある [2][3]）、被験者のもう一方の手の対応部位に何らかのかたちで触覚刺激を与えるという形態をとる。これに対して、筆者の研究室は、展示やレクチャー等で多くの人数が一斉に錯覚を体験する状況を念頭に置き、ラバーハンドを使用せずに、手ぶらの状態で一対一で対面し、双方が同時に錯覚の体験者かつ誘導者となるような誘導法を多く提案してきた。以下では、筆者の研究室がこれまでに考案した STI に関する 3 つの誘導法を紹介する。

2.1 Tong-tong swap (トントンスワップ)

体験者と実験者が机上で対面的に向かい合い、一方の手を机に添える。このとき、それぞれの手は接近させておく。この状態で双方は目を閉じ、相手の机に添えられた方の手の甲を同じタイミングで叩き続ける (図 1)。この際、メトロノームや BGM を提示すると、接触のタイミングを正確に合わせやすくなる。錯覚状態に入ると、まるで自分の手を叩いているように感じ

るようになる。この手法では、二人とも目を閉じることで、参加する二人が同時に体験者となることも可能である。錯覚感度の高い人は、三回程のタップ（トントン）で、錯覚状態に入ることができる。以下では、必要に応じて TTS と略記する。



図1 Tong-tong swap

2.2 Double-scratch (ダブル・スクラッチ)

ダブル・スクラッチの誘導も、二人が対面的に向かい合い、互いに一方の手を差し出し合うレイアウトをとる(図2)。具体的には、まず、一方の手の指をピンと伸ばした状態で、その指先が手の左右とは逆の方向を(つまり内側に)向くようにして、手の平を机に添える。この際、両者の指先の向きが互いにかち合うようにして、それぞれの指先が触れるか触れないかのギリギリのところまで接近させておく。この状態で目を閉じ、机に添えていない方の手の指の腹の部分で、相手の(人差し指から小指までの)4本の指を縦断するようなかたちで、比較的高速に前後に擦ることによって錯覚が誘導される。

TTS と異なり、メトロノームなど時間を合わせる道具は必要ない。錯覚状態に入ると、うどん粉を延し棒で平たく伸ばしていくように、擦られている自身の4本の指が、擦っている方のもう一方の自身の手の方へと、全体として長く引き延ばされていくような感覚が得られる。

2.3 Desk-or-self illusion

Desk-or-self illusion (DSI) は、筆者の研究室が参加した名古屋市科学館の企画展『さわってビックリ！見てフシギ？人間の皮膚』(2017年9月)において初めて発表し、実際に多くの来場者に体験してもらった錯覚である¹。

¹本稿では詳細を省略するが、展示会の場では2週間にわたり、300人以上の幅広い年齢層の体験者に対してDSIの錯覚を評価し



図2 Double-scratch

DSIは、他の二つの誘導法と異なり、実験者对被験者の枠組みを採用している。図3に示すように、目を閉じた被験者は、一方の手を机に添え、もう一方の手の人差し指を差し出した状態とし、実験者が机の上に添えられた親指の甲をなぞるとともに、その近傍で、体験者の人差し指で机をなぞるように誘導する。錯覚を感じている状態となると、体験者は自分の人差し指で、もう一方の手の親指の甲をなぞっているように感じる。

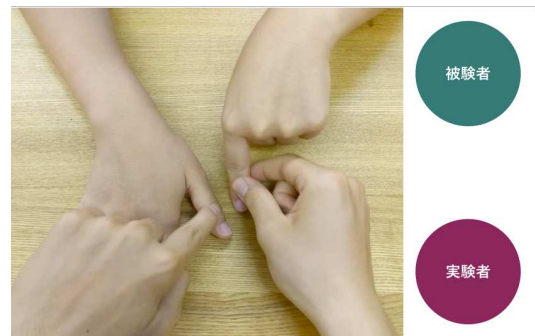


図3 Desk-or-self illusion

3. 予備的な実験

筆者は、これまでに大学の教育の場で、錯覚の問題を当事者の立場で学習してもらうための試みとして、受講者同士が対になって錯覚を交換し合うとともに、錯覚の感度をその場で記録させる内容の授業を行なっている。この種の実験は、十分に統制のとれた再現性の保証された被験者実験とは言えないため、結果の妥当性については一定の留保が必要である。一方で、こうした結果の中から、今後の錯覚研究の展望的な知見の萌芽を見出すことは十分に可能であると思われる。以下に、前章で提案した誘導法によるSTIの感度に加え、古典的なRubber Hand Illusionの感度を調べた、2つの実験の内容と結果について簡単に紹介する。なお、

てもらい、20歳以上のグループは20歳未満のグループと比して、錯覚の感度が有意に減退するという結果を得ている。これらの結果は、従来のRHIにおける加齢の影響に関する知見と同一の方向性を示すものである[9][10]

いずれの実験についても、被験者の90%以上は当時大学3年の学生である。

3.1 実験1

実験1では、Rubber Hand Illusion (RHI) と Tong-tong swap (TTS) それぞれの錯覚誘導手続きを、授業の受講者間 (参加者29人) で、実験者役と被験者役を交互に入れ替えながら、それぞれについて4回、合計8回行った。RHIに関しては、試行ごとに異なる4種類のラバーハンド (図4) を用いた。ここで、机上に被験者の手とラバーハンドを左右に並べ、その間に衝立を挟み込む最も古典的なRHIのレイアウトを採用した。TTSについては、BPM120のリズムのメトロノームの音を与え、そのリズムに合わせてお互いの左手の甲を叩くように指示した。各試行において、それぞれ40秒間の誘導時間を与え、以下の三種類のアンケートに7段階 (-3: 全く感じない, -2: ほとんど感じない, -1: あまり感じない, 0: どちらともいえない, 1: やや感じる, 2: 強く感じる, 3: 大変強く感じる) で回答させた。

Rubber hand illusion

- A1. illusory touch** ラバーハンドの触られている付近に、相手の指の触感を感じた。
- A2. ownership** ラバーハンドが自分の手であるように感じた。
- A3. proprioceptive drift** 自分の手がラバーハンドの方向に動くように感じた。

Tong-tong swap

- B1. illusory self-touch** 自分の右手の人差し指で、自分の左手の甲を触っているように感じた。
- B2. proprioceptive drift** 自分の右手が左手の方向に動いているように感じた。
- B3. proprioceptive drift** 自分の左手が右手の方向に動いているように感じた。



図4 ラバーハンドの種類

さらに、全ての8回の試行が終了した後、対人共感尺度 (Interpersonal Reactivity Index: IRI) のアンケー

ト20項目 [15] に回答してもらった。

実験結果 RHIの感度 (A1, A2) と TTSの感度 (B1) の関係について、ピアソン相関分析によって解析したところ (図5)、有意な相関は検出されなかった ($r = 0.36, p = 0.056$ for A1, $r = 0.21, p = 0.29$ for A2)。

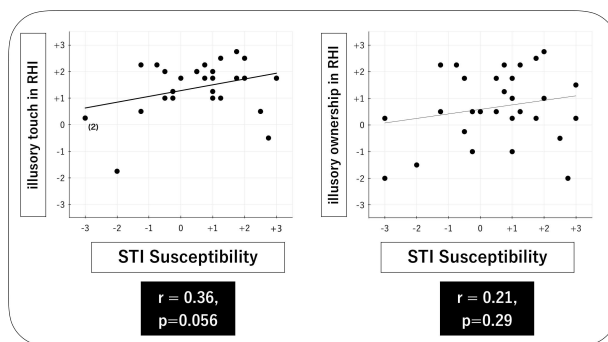


図5 RHIとTTSの相関関係

また、RHIの感度 (A1とA2の平均) と IRI scoreの間には有意な相関が見られた一方で ($r = 0.39, p < 0.037$), STIの感度と IRI scoreの間には有意な相関はみられなかった ($r = 0.14, p = 0.45$)。

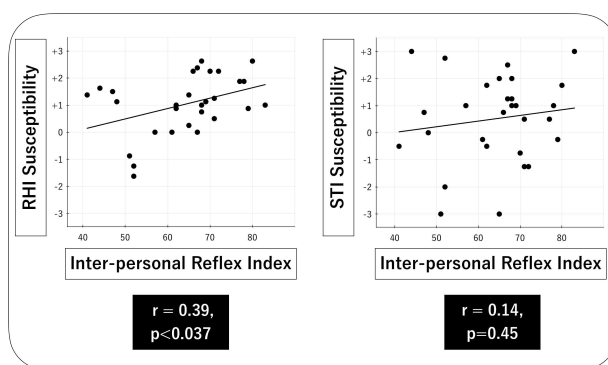


図6 IRIとRHI/STIの相関関係

RHIの錯覚強度が、対人共感尺度 (IRI score) と正の相関を示す点については、既に2011年に、より大きな被験者数の規模 ($N=72$) で報告されており [11], 本実験はこの知見を追認することとなった。

なお、STIとRHIの感度およびIRIとの相関の有無に関する報告は、筆者の知る限り、今回の実験が初めてのものである。本実験で確認したように、STIがRHIと相関しないことが事実であるとすれば、STIをRHIの類型とみなしてきた従来の錯覚研究に大きな疑問を投げかけるものである。

4. 実験 2

実験 2 では、RHI に加えて、STI の 3 つの錯覚誘導法 (TTS, DS, DSI) を、やはり筆者が受け持った授業を受講する生徒間で一斉にペアとなって体験してもらい、錯覚感度を 7 段階で評価してもらった (N=30)。RHI のラバーハンドとしては、シリコンの人形 (図 4 の左から二番目) を、実際の手の真上に設置した木の台に向きを揃えて置く垂直型のレイアウトを採用し、TTS のみ、BPM120 のメトロノームの音を与えた。なお、この実験では、あらかじめ錯覚の生じたときの主観的様態として、RHI については Ownership の変調 (A2) を、STI については illusory self-touch (B1) を解説し、アンケートは、単純に「錯覚を感じたか」について 7 段階で答えるというかたちの簡略化した方式を採用している。

実験結果 各錯覚感度の相関をピアソン相関分析によって解析したところ、実験 1 と同様に、STI の感度 (3 つの誘導法の平均) と RHI の感度に有意な水準の相関は得られなかった ($r = 0.29, p = 0.13$, 図 7)。他方、同じ STI に属する 3 つの誘導法の錯覚感度について、いずれのペアについても、有意な水準で正の相関が検出された (図 8)。

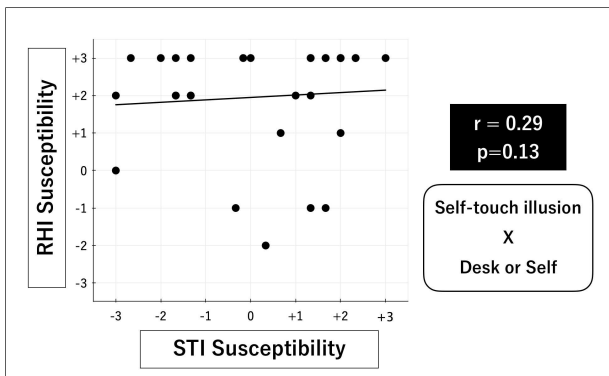


図 7 STI と RHI の相関関係

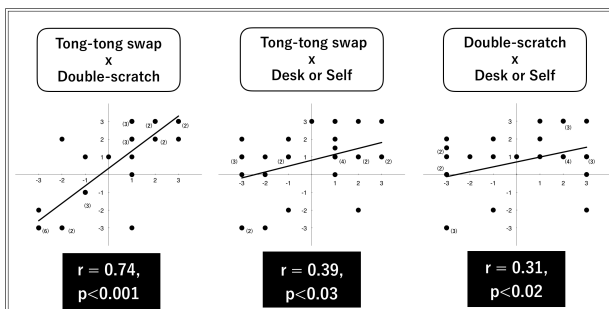


図 8 STI の 3 つの誘導法に対する感度の相関

5. 展望

5.1 STI における感度分布の二極化

実験 2 では、STI の感度分布において、錯覚を感じる群と感じない群とで、大きく二極化している。これは、筆者が授業やレクチャーなどで大勢の受講者に一斉に STI を体験してもらう時に感じる印象に非常に近い。実験 1 の結果を考慮すると、実験環境を整えることで、実験 2 で見られる STI 不感者のうち一定の割合が、「感じる側」へと移動するであろうことは十分に想定される。他方で、RHI に関しては、実験 2 のような、訓練されていない実験者が関与する雑な環境であっても、極端に錯覚強度を低く評価する被験者はほとんどいない。

実験 1 (N=29) と実験 2 (N=30) では、STI に関する B1 (illusory self-touch) の質問に対して、全ての試行 (実験 1 は全 4 回、実験 2 は全 3 回) で「-3」と解答した完全不感の被験者が、それぞれ 2 人だけ確認された一方で、RHI の完全不感者は実験 1・2 を通して皆無である。実は、本実験でみられる完全不感者の割合は、過去の STI 研究の実験結果を眺めてみると、必ずしも多いとは言えない。例えば、本研究と同じ 7 段階の STI の錯覚評価を求める研究のうち、文献 [4] の実験では健常者 12 人中 4 人が (感じる側から、4-2-2-0-0-1-3)、文献 [6] の実験では健常者 13 人中 2 人が (3-6-2-0-0-1-1)、illusory self-touch を「ほとんど感じない」または「全く感じない」と回答している。とりわけ前者は、実験 2 の TTS とダブル・スクラッチのみられるのと同じような、「感じる」被験者群と「感じない」被験者群との、極端な二分化の様相を呈していることがわかる。

RHI の錯覚強度は、共感尺度のみならず、内受容感覚 [12]、被暗示性 [13] などの個人特性と緩やかに相関することが示されている。ここまでの分析を踏まえるならば、STI には、個人間の認知特性の差異をクリアカットに二分する「リトマス紙」としての性質を有している可能性を指摘できる。他方で、実験 1 と実験 2 によれば、STI の感度は、RHI の感度とも対人共感尺度とも相関していない。したがって、STI が特定の認知特性の差異を検出する優れたマーカーであるとして、それが RHI の感度に影響する認知特性と同一のものであるかどうかを見極めるには慎重な議論が必要である。

5.2 RHI と STI の感度分布

STI と RHI の錯覚の感度の組み合わせに関して、以下の4つのグループに大別することができる。

1. 「RHI も STI も感じる」
2. 「RHI も STI も感じない」
3. 「RHI は感じるが STI は感じない」
4. 「STI は感じるが RHI は感じない」

実際、RHI と STI の間でそもそも何らかの相関関係が成立しないのは、これら4つのグループが（多かれ少なかれ）一定数並存しているためである。とりわけ、STI と RHI との間での正の相関の成立を阻んでいるのは、タイプ3とタイプ4の被験者群である。このうち、図7によれば、タイプ4の被験者よりもタイプ3の被験者が圧倒的に多いように思えるが、より統制のとれた手続きで進められた実験1の結果によれば（図5）、実際には、タイプ3もタイプ4も同数程度存在しているように見える²。こうした事実は、STI と RHI の感度特性がかなりの程度独立であることを示唆しており、したがって、STI と RHI が、共通の認知的基盤の派生物であるとする直感に反するように思われる。

5.3 STI における視覚モダリティーの意味

以上の問題をさらに厄介にするものは、全盲者は STI に対して完全不感であるとする、複数の研究によって得られている信頼性の高い知見である [4][6]。実際、Nava らの実験によれば [6]、生まれつきの全盲者の illusion statement に対する評価は、ほぼ全てが最低の rating (-3 : strongly disagree) で埋め尽くされる。一見すると、この種の特性は、全盲者特有の触覚刺激に対する時空間の解像度の高さに起因しているように見えるが、Petkova らが Discussion で指摘しているように、その推論はおそらく誤りである。というのも、多くの錯覚者は、実際のところリズムのズレや触感の違いを物理的なレベルでは十分に認識しつつ、メタ的に知覚モードをスイッチし、感覚間の差異に関する注意をオフとすることで、半ば能動的に錯覚状態に入っていくようなプロセスをとるからである。

Petkova らが指摘するように、全盲者の不感特性に決定的な役割を果たしているのは、おそらく、視覚経験の欠如である。例えば、STI の錯覚状態に入る時に、経験的には、左右の手が触れているような空間的な視覚イメージを持つことが有効であるように思われる。

²この種の傾向（タイプ3とタイプ4の同居）は、筆者らが最近行った、よりコントロールされた実験の結果の中でも踏襲されている。

さらに、STI の錯覚状態に入っている時、錯覚者は、左右の手の位置が空間的に重なっている主観イメージを明瞭な形で保持している。実際、筆者らは、感度の強い STI 錯覚者に対して、錯覚中にこの接触ラインを報告させることで、順手と交差した手では、左右の手のドリフトのパターンが異なることを示している [8]。このように、STI においては、主観的なレベルでは視覚的な様相を多く含んでいるのであり、先に触れた、RHI と STI が共通の認知的基盤を持つとする仮説は、ここで示した観点から、非常に強力な説得力を持つものであるといえる。他方で、繰り返しになるが、本稿が示す予備的な実験結果は、この推論が、単純なたちでは成立しないことを強く示唆するものである。

5.4 STI における ownership

さて、RHI と STI との差異を検討するうえで重要と思われる項目として、ここでは、STI における ownership の様態について取り上げる。「自分で自分の身体を触る」という主観的な触覚体験において、接触対象がモノではなく自分の身体であることを区別できる限りにおいて、STI においても、ownership が介在しているであろうことはまず認めてよいだろう。そのうえで、現象論的な位相に立脚してみると、RHI における ownership と、STI における ownership とではかなりの程度、体験の質が異なるように思われる。簡単に言うと、RHI では、異質なものを自分の身体として受け入れているという違和感が強く付帯する一方で（グラデーション的な遷移）、STI の場合、そのような奇妙な感覚はかなりの程度薄れ、単に触っているものが「自分」か「モノ」かを離散的に往復するような体験となる（離散的な遷移）。

筆者らの考えでは、STI における感度の二極化は、この事情を反映している。実際、実験1において STI と RHI との感度の相関がとりわけ低くなるのは、STI と RHI における ownership (A2) との関係である。この点に関して、タイプ4「STI は感じるが RHI は感じない」の感度傾向を持つ被験者が、illusory touch (A1) と比較して ownership (A2) において、一気に増加する傾向を持つ点については、とりわけ注目すべき点である（図5）。関連して、STI では錯覚のオンセットを主観的に報告することは比較的容易だが、RHI では STI ほど明瞭なたちで、オンセットのタイミングを決められないように思われる（実際、RHI の実験でオンセットの時間を錯覚の強度の指標とするケースは稀である [2]）。

こうした点に注目するならば, ownership を単一的な様態として捉えるようとする従来のパラダイムについては, 何らかの見直しを要するようと思われる。例えば, RHI と STI の ownership の様相の差異は, 筆者には, 少数の特定のモダリティーの組み合わせによって生まれる, それぞれに固有な「minimal ownership」の位相の存在を示唆しているように思われる。この種の推論は, 共感 (empathy) にも, モダリティー固有の共感という様相が想定されることを意味する。以上の観点より, 今後, ownership ベースの個人差研究を一段前に進めていくための最優先課題として, STI が強い相関を示すような個人特性を同定することが急務であると考えられる。

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*, 25(45), 10564-10573.
- [2] 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), 613636.
- [3] White, R. C., Aimola Davies, A. M., & 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), 956964. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2011.03.021>
- [4] Petkova, V. I., Zetterberg, H., & Ehrsson, H. H. (2012). Rubber hands feel touch, but not in blind individuals. *PloS One*, 7(4), e35912.
- [5] Pozeg, P., Rognini, G., Salomon, R., & Blanke, O. (2014). Crossing the hands increases illusory self-touch. *PloS One*, 9(4), e94008.
- [6] Nava, E., Steiger, T., & Rder, B. (2014). Both developmental and adult vision shape body representations. *Scientific Reports*, 4, 6622. <https://doi.org/10.1038/srep06622>
- [7] Hara, M., Pozeg, P., Rognini, G., Higuchi, T., Fukuhara, K., Yamamoto, A., ... Salomon, R. (2015). Voluntary self-touch increases body ownership. *Frontiers in Psychology*, 6, 1509. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01509>
- [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] Cowie, D., Makin, T. R., & Bremner, A. J. (2013). Children's Responses to the Rubber-Hand Illusion Reveal Dissociable Pathways in Body Representation. *Psychological Science*, 24(5), 762769.
- [10] Cowie, D., Sterling, S., & Bremner, A. J. (2016). The development of multisensory body representation and awareness continues to 10 years of age: Evidence from the rubber hand illusion. *Journal of Experimental Child Psychology*, 142, 230238.
- [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] Tsakiris, M., Tajadura-Jimnez, A., & Costantini, M. (2011). Just a heartbeat away from one's body: interoceptive sensitivity predicts malleability of body-representations. *Proceedings. Biological Sciences/The Royal Society*, 278(1717), 2470-2476.
- [13] Marotta, A., Tinazzi, M., Cavedini, C., Zampini, M., & Fiorio, M. (2016). Individual Differences in the Rubber Hand Illusion Are Related to Sensory Suggestibility. *PLOS ONE*, 11(12), e016849
- [14] David, N., Fiori, F., & Aglioti, S. M. (2014). Susceptibility to the rubber hand illusion does not tell the whole body-awareness story. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 14(1), 297306.
- [15] 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