

# ラバーハンド錯覚における錯覚生起時間測定手法の提案

## Proposal for Method of Measurement of Occurrence Time of Illusion During Rubber Hand Illusion

○学 辻 琢真 (東大) 正 山川 博司 (東大) 正 山下 淳 (東大)  
高草木 薫 (旭川医科大) 前田 貴記 (慶應大) 加藤 元一郎 (慶應大)  
岡 敬之 (東大) 正 浅間 一 (東大)

Takuma TSUJI, The University of Tokyo, tsuji@robot.t.u-tokyo.ac.jp  
Hiroshi YAMAKAWA, The University of Tokyo  
Atsushi YAMASHITA, The University of Tokyo  
Kaoru TAKAKUSAKI, Asahikawa Medical University  
Takaki MAEDA, Keio University  
Motoichiro KATO, Keio University  
Hiroyuki OKA, The University of Tokyo  
Hajime ASAMA, The University of Tokyo

Recently, the rubber hand illusion attracts much attention in order to examine human brain mechanism of the sense of ownership. However, most previous research have only focused on the conditions for the occurrence of the illusion. In this study, we propose a new method to measure the occurrence time of illusion.

**Key Words:** Rubber hand illusion, Sense of ownership, Two point discrimination threshold

### 1. 緒言

近年、科学技術の発展に伴い、バーチャルリアリティやハプティックデバイスに関する研究・開発が活況を呈している。将来的に、これら複合現実感システムを我々の日常により浸透させるためには、対象との優れたインタフェース設計が重要であり、且つ不可欠である。この課題を解決すべく、昨今では、ヒトの脳機能や身体機能を工学的側面からモデル化する研究が盛んに行われている。特に、自身の身体認識における脳内メカニズムは未開の領域が多く、様々な研究が行われているが、未だメカニズムの解明には至っていない。

自身の身体の認識は、Jeannerod が論文内で用いた身体所有感 (SOO : Sense of ownership) に分類されて知られるが[1]、これは身体に関わる複数の内部情報 (視覚・触覚等の感覚情報) が脳内で同時に結合・処理されることによって生じるとされる[2]。これらのメカニズムを明らかにすべく、近年では、身体所有感が外界の対象へ拡張する現象の顕著な例であるラバーハンド錯覚 (RHI : Rubber hand illusion) に関する研究が増加傾向にある。ラバーハンド錯覚とは、視界から隠された本物の手と、目の前に置かれたラバー (フェイク) ハンドに絵筆等で一定時間 (約 2~20 分程度) 同期した触刺激を与え続けると、ラバーハンド上に触刺激を知覚する錯覚現象である[3]。この錯覚現象は、これまでに様々な追試実験やより詳細な検証が行われており、昨今では RHI の生起条件として、触刺激の同期性、及びラバーハンドと本物の手の形態的な類似性の 2 点が特に重要であることが多数の論文等で示されているが[4]、錯覚の生起までに要する時間を測定する手法に関する報告はまだない。

そこで、本研究においては、触圧覚の識別能を測る尺度として知られる二点弁別課題を用いて、錯覚生起に要する時間を測定する手法について新たに提言する。

### 2. 実験概要

#### 2. 1 提案手法

筆者らは、これまでに筋緊張や皮膚電位反応といった複数の生体計測に基づく RHI 生起の検証を行ってきたが[5]、これらの実験を通して、錯覚が生起している間は、本物の手に与えている刺激とラバーハンドに与えている刺激にずれを与えた場合、その程度が僅かである場合はずれに気づきにくい傾向にあるのではないかと仮説を立てた。

そこで、一般的な RHI の実験で用いられる絵筆でなでるといった刺激を、断面積の小さい棒による圧刺激に変更し、両者に与える刺激を、ラバーハンドに一点の刺激を与えている際に、本物の手には二点の刺激を与えるとといったように故意に変えるものとする。先の仮説が正しいとすれば、錯覚が生起していない時には刺激の違いに気づき、錯覚が生起していれば違いに気付かないといった結果が得られるのではないかと予想される。従って、一定間隔で両者に与える刺激にずれを入れれば、刺激のずれに気付かなくなった時点で錯覚生起までに要する時間を測定できると考えられる。

#### 2. 2 実験の流れ

実験で用いる圧刺激は、位置を変えながら手の甲に与えるものとする。一般的に、二点弁別閾は部位によって大きく異なり、例えば、受容器の密度が高い指先や口唇では 3~5mm 程度の低い閾値であることが知られている。今回の実験では、手の甲に一点、或いは二点の圧刺激を与えるものとし、二点の圧刺激を与える際には刺激間距離を 10mm と定めた。また、圧刺激は実験者が痛みを伴わない程度の適度な力で、直径 1mm の断面積を有する細棒を用いて実験者が与えるものとする。尚、利き手の違いによる RHI の生起に対する影響はないという報告に基づき[6]、本研究の実験では、被験者の利き手によらず、左手による測定に統制した。

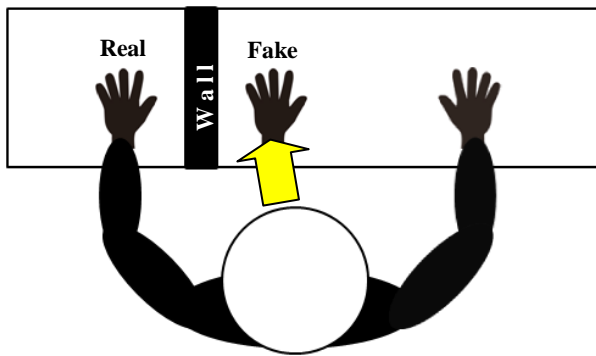


Fig. 1 Overview of the third experiment. Subject's own hand is set at the left side of the wall, and a fake one is set at the right side. A subject can't see an own hand directly and concentrates the vision into the fake hand only.

実験は大きく3部に構成され、1つ目は被験者が目隠しをした状態で、机の上に置かれた被験者の左手の甲に1Hzの一点刺激、或いは二点刺激を与え、被験者は刺激が二点であると感じたら、右手を挙げて実験者に合図をするようにする。これは、手の甲の触刺激に意識を集中させた時に、一点刺激と二点刺激をどの程度正しく弁別できるかを測定するための実験である。尚、実験は3分間で実施され、実験者はランダムに6~12秒に1回程度の割合で合計20回の二点刺激を与え、その他においては一点刺激を与えるものとする。

2つ目は、被験者に間違い探しのタスクを課し、タスクを行っている間に上述した実験を行う。これは、被験者の意識が手の甲の触刺激以外に向いている時に、一点刺激と二点刺激をどの程度正しく弁別できるかを測定するための実験である。尚、被験者に課した間違い探しは、多数の同じ漢字の中から1つだけ違う漢字を探す(例えば、右の中から石)という内容であり、間違いを見つけたら次の問題に進む形式である。

最後に3つ目は、被験者が目の前に置かれたフェイクハンドに視線を集中させた状態で実験を行う。実験環境を俯瞰した様子を図1に示す。衝立の左側に被験者の左手を、右側にフェイクハンドを本物の手と同姿勢で設置し、被験者が本物の手を見ることができない環境を作る。実験者は、上述した実験と同様に、被験者の本物の手とフェイクハンドの双方に同期した一点刺激、或いは二点刺激を与える。但し、フェイクハンドには常に一点刺激を与えるものとする。

### 3. 実験結果と考察

被験者は東京都内の大学、又は大学院に在籍中の健常な学生4名(平均年齢23.5歳、レンジ20-26歳、男性3名、女性1名)で、実験目的に関して事前知識を有さなかった。尚、本実験は東京大学医学部倫理委員会の承認を得ており、被験者全員からインフォームドコンセントを得ている。

実験結果を図2にまとめて示す。目隠しをして手の甲の触刺激に集中した状態で行った実験1では二点刺激を正しく弁別できた割合が90%であったのに対し、間違い探しのタスクを課して行った実験2では正しく弁別できた割合が76%に減

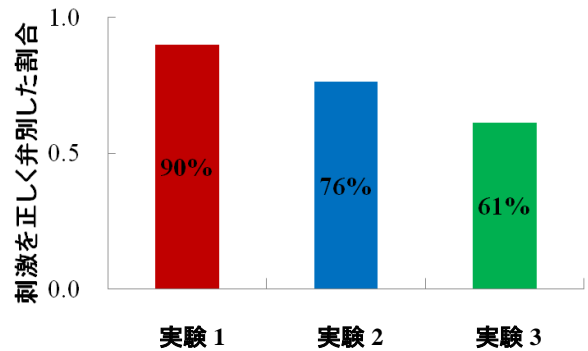


Fig. 2 Result of the experiment. Vertical axis shows the ratio of two-point stimuli which were discriminated from one-point stimuli accurately.

少していることがわかる。これは、被験者の集中がタスクに引き付けられた結果であると考えられる。また、被験者の視線をフェイクハンドに集中させ、手の甲の触刺激以外の対象に意識を向けた実験3では、刺激を正しく弁別できた割合が61%と、実験2よりも更に減少した。従って、RHIの生起に伴って、刺激の弁別が困難になる可能性が示唆された。

一方、実験3において、先に述べた仮説のように、ある時刻を境に刺激を弁別できなくなったといった特徴は見られず、正しく弁別できなかった時刻から錯覚生起の瞬間を特定することは、今回の実験からは困難であった。

## 4. 結言

本研究では、二点弁別課題を用いてRHIにおける錯覚の生起までに要する時間を測定する手法について新たに提案を行った。その結果、RHIの生起時において、刺激を正しく弁別できる割合が有意に低くなる可能性を示した。今後の本研究においては、これらの知見を活かして、RHIにおける錯覚成立時間の測定手法の確立を目指していきたい。

## 謝辞

本研究は、科研費基盤研究(B)24300198の一部として実施されたものである。

## 文献

- (1) Jeannerod, M., "The Mechanism of Self Recognition in Humans", *Behavioural Brain Research*, Vol. 142, (2003), pp. 1-15.
- (2) Gallagher, S., "Philosophical Conceptions of the Self: Implications for Cognitive Science", *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 4, No. 1, (2000), pp. 14-21.
- (3) Botvinick, M. & Cohen, J., "Rubber Hands 'Feel' Touch that Eyes See", *Nature*, Vol. 391, (1998), pp. 756.
- (4) Kammers, M. P. M., de Vignemont, F., Verhagen, L. & Dijkerman, H. C., "The Rubber Hand Illusion in Action", *Neuropsychologia*, Vol. 47, (2009), pp. 204-211.
- (5) 辻 琢真, 山川 博司, 山下 淳, 高草木 薫, 前田 貴記, 加藤 元一郎, 岡 敬之, 浅間 一, "ラバーハンド錯覚における筋電位及び皮膚電位反応の解析", 第18回ロボティクス・シンポジウム講演予稿集, (2013), pp. 56-61.
- (6) Haans, A., IJsselstein, W. A., & de Kort, Y. A. W., "The Effect of Similarities in Skin Texture and Hand Shape on Perceived Ownership of a Fake Lim", *Body Image*, Vol. 5, No. 4, (2008), pp. 389-394.