

自己接触錯覚の原理を用いた指が伸縮する感覚を誘発する装置の考案（第二報）

森 光洋^{†1} 小鷹 研理^{†1}

概要: 近年, 同期的な感覚刺激を呈示することによって, 自己の身体像を変調させる試みが行われているが, それらの錯覚誘導プロセスは基本的に離散的であり, 身体像が拡大したり縮小したりするような動的な過程そのものを明示的に呈示するものではない. 昨年度には, 自己接触錯覚の誘導スキーマに加え, 右手の固有感覚とCGによる指の伸縮イメージを同期することで, 特定の指が連続的に伸縮するような感覚を誘発するシステムを考案した. 我々は, 昨年度に発表した装置に改良を加え, 左手の固有感覚も機械的に動かすことによって, より強い伸縮感覚を誘起させることに成功したので, これを報告する.

Subjective Finger Extension or Retraction Based on Self-touch Illusion's Principle and Visuo-proprioception Correlations (Second Report)

KOYO MORI^{†1} KENRI KODAKA^{†1}

Abstract: Many studies have attempted to distort a body image by simultaneous stimulation with multiple modalities. Conventional process of the illusion induction has been discrete, i.e., the subjects could not be strongly aware of a dynamic process of changing a specific body image. Last year, we developed a novel system to induce a subjective feeling of extending or retracting a finger with visuo-proprioception correlations in addition to self-touch illusion's principle. This paper reports a new approach that enables subjects to feel stronger illusion by moving physical location of left hand as well as right hand automatically.

1. 背景

Botvinick, M.らがその誘発原理を発見した, ラバーハンドイリュージョン (以下 RHI) という錯覚がある[1]. 卓上に置いた錯覚体験者の手が見えないように衝立で隠し, そのすぐそばにゴム製の手を体験者に見えるように設置し, 体験者の手とゴム製の手に同時に刺激を与えると, 体験者はゴム製の手を自分自身の手の様に感じるとともに, 体験者の手の固有感覚 (≒位置感覚) がゴムの手の方へ移動することわかっている (proprioceptive-drift). この RHI から派生したセルフタッチイリュージョン (以下 STI) と呼ばれる錯覚がある[2]. STI の場合, 体験者が目を閉じた状態で, 体験者の物理的に離れた両手の指先に同期した振動刺激を与える事で, 体験者が自分自身の指に触れているように感じる錯覚である. この時, RHI 同様に両手が引き合う様な形でドリフトが生じる. 従来の RHI や STI の研究では, ドリフトの発生時に, 手全体が移動するパターンが想定されていたが, 我々の研究グループが過去に行った STI に関する実験での自由回答で, 指が伸びるようなイメージで STI を感じたとして報告する被験者が一定数見られた[3]. この報告が着想となり, 我々は, STI を応用することで指の伸縮感覚を誘発する研究を現在すすめているところである.

昨年度に開催された本会議では, 同期する振動刺激によって STI を誘発しながら, 右手の固有感覚と CG によって合成された指の伸縮イメージを同期することで, 左手の人

差し指のみの長さに関する感覚を変化させる装置を発表した. 我々は, 様々な試行錯誤を通して, 右手に加えて左手の固有感覚を同期的に変化させる新たな機構を導入することで, より強い伸縮感覚を誘発できることを見出した. 本章で, 改良された装置の詳細を述べたのち, 三章で考察を述べる.

2. システムの設計

本装置では, 伸長する感覚と収縮する感覚の, どちらも誘発可能であるが, 予備実験において, 収縮の感覚の方が強く誘発されることを発見されたため, 本稿では収縮のメカニズムに焦点を当てて説明していく (図1).

装置の第一の仕組みとして, スライドレールの上に固定され, リニアアクチュエータと接続されている上下の高さが異なる両手を置くための可動台を動かし, 両手の物理的位置を機械的に変更する機構を導入する(A1,A3). この可動台は上下の人差し指の指先が, 真上から見てちょうど重なる場所を基点として, それらがオーバーラップするように, 1.5cm の幅で往復運動を行う. したがって, 左右の人差し指の先端が上下に揃った状態 (B1) と, お互いが 3cm 食い込んだ状態 (B2) を定期的に往復する.

第二の仕組みとして, 両手の指先を振動によって刺激する機構を導入する (A2). これは STI を誘発するために必要不可欠な仕組みである. 上側の可動台にはあらかじめ振動子が設置してあり, 装置の体験中には, 体験者には右手

^{†1} 名古屋市立大学大学院芸術工学研究科
Graduate School of Design and Architecture, Nagoya City University

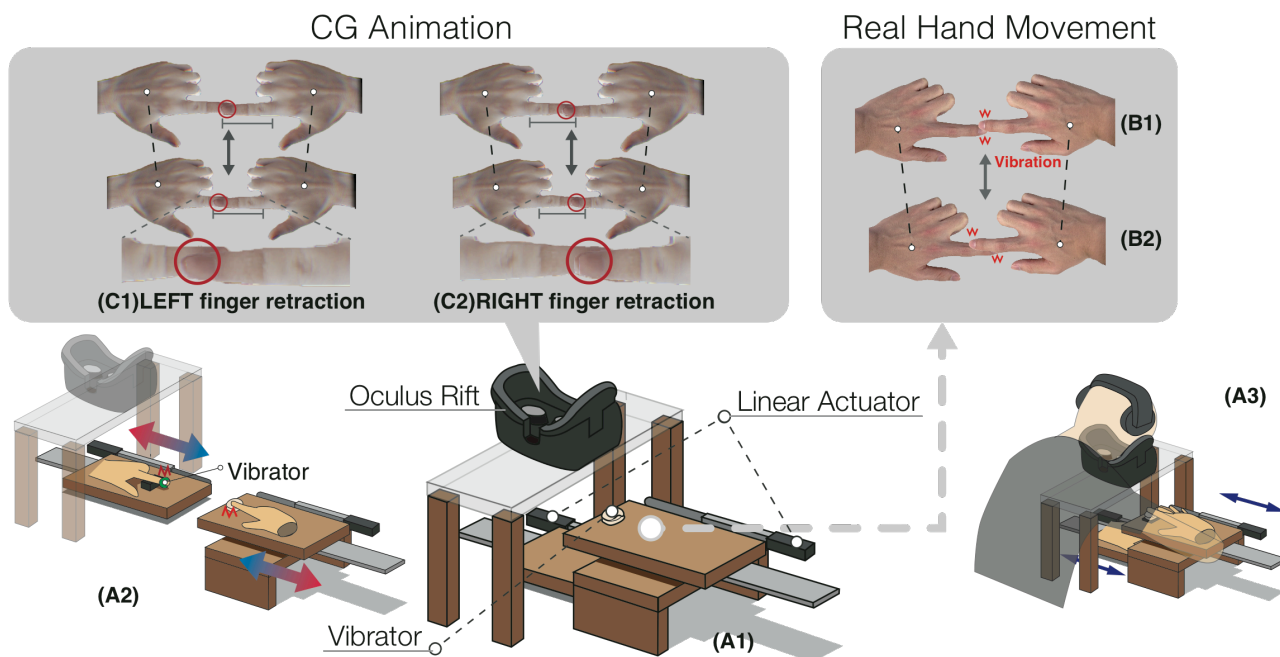


図 1. 装置のシステムと外観図

の人差し指でこの振動子に触れ続けてもらう。下側の可動台では、人差し指に装着する形で振動子を取り付け、左手を置いてもらう。それぞれの振動子が時間的に同期して振動することで、STIを誘発する。

第三の仕組みとして、伸縮させたい指に対して選択的に伸縮感覚を誘起するためのCGアニメーションを呈示する(C1, C2)。CG空間上で、(人差し指を除いた)手全体の動きは、現実空間の両手の物理的な位置に等しく対応する往復運動をする。先に述べた様に、この往復運動の間、左右の人差し指の先端は最大3cmオーバーラップする一方で、HMDを通じて呈示するCG空間上では、STIと整合性を保つように、左右の人差し指の先端が触れ合っているイメージが保持される。ちょうどこのずれを補償するようなかたちで、左右の人差し指のいずれかを最大で3cm、実際の長さよりも収縮させたイメージを呈示する。C1は右手の人差し指の長さは固定に、左手の人差し指のみを選択的に収縮させたとき、C2はその逆に、右手の人差し指のみを選択的に収縮させた場合のCGのイメージである。

3. 考察

今回の装置では左手の物理的位置も移動させるようにしたが、それは体感として左手の可動台を動かす事が、伸縮感覚の誘発に対してより有効に働くことを感じたからである。これには、位置信頼性という身体の部位の位置を同定する能力が重要な要因であると予想している。Whiteによると、位置信頼性が低下することで、ドリフト量が増加するとの報告もある[4]。今回の装置では新たに左手の物理的位置もリニアアクチュエータによって変化させているが、この操作による左手の位置信頼性の低下が、伸縮感覚の誘

発の強さに寄与している可能性がある。位置信頼性が強固なままでの伸縮感覚の誘発は困難であり、左手の可塑性を高めることは指の伸縮感覚の誘発において重要な要因となっていることを我々は予想している。

STIを誘発するための振動刺激は、伸縮感覚の誘発において必要不可欠ではあるものの、逆に伸縮感覚の誘発によってSTIが強化されるという興味深い現象も見られる。本装置では位置信頼性を低下させるために両手を物理的に移動させるが、その運動はSTIの誘発においては不利な条件のはずであり、STIの効果の低下が予想されていた。しかし、我々の最近の実験によると、STIの強度の低下は見られず、同程度のレベルに留まっていたため、伸縮感覚の誘発がSTIを強化していることが予想される[5]。

伸縮感覚を誘発する際の触れる指、触れられる指という接触、被接触の関係に注目する事もまた同様に興味深い。STIの接触、被接触についての先行研究が存在するが、STIを誘発する際には触れられる手に近い場所でセルフタッチのイメージが発生しているという結果が報告されている[3][4]。この研究では触る指、触られる指の配置の非対称性などから、STIの発生位置の非対称性が生まれているのではないとも言われている。触れる指、触れられる指の非対称的な関係性が、伸縮感覚の誘発においても見られる現象なのか、実験によって検証中である。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 15K21281 の助成を受けたものです。記して謝意を表します。

4. 参考文献

- [1] Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands “feel” touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756.
- [2] 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), 10564-73.
- [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] 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), 956-64.
- [5] Mori, K., Ishihara, Y. & Kenri, K.(2015). Inducing sense of finger extension or retraction based on self-touch illusion and proprioception-vision correlation. *Neuroscience2015*, Chicago.