

観念運動を用いた擬似力覚提示（第2報） —指置き型デバイス 2.5次元ディスプレイを用いた検証—

設楽 幸寛^{†1} 中井 優理子^{†1} 植松 遥也^{†1} YEM VIBOL^{†1}
梶本 裕之^{†1} 嵯峨 智^{†2}

概要：催眠術などにおいて、強い先入観を与えることにより主観的には不随意に生起される身体運動を観念運動という。本研究では観念運動の生起条件を解明し、再現・制御することにより、新たな擬似力覚提示手法として応用することを目標としている。これまで我々は視覚刺激と触覚刺激を組み合わせる観念運動を生起する擬似力覚提示マウスを提案してきた。今回は指置き型のデバイスを使用し、前報でのマウス型とは異なる触覚刺激を提示した場合の観念運動への影響を検証した。

Pseudo Haptics Presentation by Using Ideomotor Actions(Ⅱ) —Experiment Using 2.5-Dimensional Tactile Display for Fingertip—

TAKAHIRO SHITARA^{†1} YURIKO NAKAI^{†1} HARUYA UEMATSU^{†1}
YEM VIBOL^{†1} HIROYUKI KAJIMOTO^{†1} SATOSHI SAGA^{†2}

Abstract: Body movements caused involuntarily by providing a strong prejudice is called ideomotor actions. Our goal is to clarify the occurrence conditions of ideomotor actions and use it to be applied as a new pseudo haptic technique. We previously proposed a pseudo haptic mouse device to induce ideomotor actions by combining visual and tactile stimulus. In this study, we use fingertip type tactile display and verify the effects of ideomotor actions.

1. はじめに

催眠術などにおいて、強い先入観を与えることにより主観的には不随意に生起される身体運動は観念運動と呼ばれ、主に心理学や認知科学などの分野で古くから研究が行われている[1]。この現象は、いわゆる「こっくりさん」やウィジャボードでの無意識の身体運動として広く知られているが、詳細な生起条件は未だに解明されていない(図 1)。



図 1 観念運動の例

本研究の目的は、観念運動の生起条件を解明し、再現、制御することによって新たな擬似力覚提示の手法として利用可能とすることである。

身体運動の生起に関しては、Amemiya ら[2]や暦本[3]は偏加速度振動を用いた簡易なデバイスにより牽引力提示を

実現している。また、皮膚牽引によって方向提示をする研究[4][5][6][7] も報告されており、これらの提案は外部から擬似的な力覚を中心とした動作の手がかりを提示し、ユーザがそれに従い能動的に運動するというものであった。

一方で、観念運動ではユーザは能動的に動いている自覚はなく、自らの身体運動を外部から引き起こされていると錯覚した状態で運動している。これに近い状況であると思われるのがハンガー反射ないしそれに類する運動生成である[8][9][10]。代表的なハンガー反射は頭部皮膚の変形によって引き起こされる不随意の回旋運動であり、このとき自らの意思で動かしているという意識はない。本現象は皮膚のせん断変形が有力な原因として考えられ[11]、皮膚のせん断変形が力覚自体に寄与しているという知見も数多く存在する[12][13][14]。しかし同様に皮膚のせん断変形を利用した他の擬似力覚の研究[4][5]に比べても、単なる力覚ではなく、強い「運動そのもの」を生起する。この要因は現在のところ不明であるが、ハンガー反射における頭部回旋のように「他者に動かされる」という文脈上の解釈が成立しやすい状況である事も要因の一つと考えられる。

以上の考察により観念運動を生じさせるための要件として、次の2つが重要であると考えられる。

(1) 擬似力覚を生じさせるための仕組み

(2) 他者によって動かされたと解釈できる文脈

擬似力覚提示の研究では、実際のマウスの動きに対して、カーソルの動きを調整することで擬似的な力を感じさせる

^{†1} 電気通信大学 The University of Electro-communications
^{†2} 筑波大学 University of Tsukuba

錯覚現象 Pseudo-haptics が広く知られている[15]。我々は、この視覚的なマウスカーソルの動きに加え、先行研究で疑似力覚提示の効果が検証されている皮膚せん断変形を、手の甲に提示することによって、他者によって手を添えられて動かされているという解釈の成立しやすいマウス型デバイスを開発した(図 2) [16]。検証の結果運動の生起を確認することが出来たが、いわゆる「こっくりさん」の状況とは異なるため「こっくりさん」の現象を直接的に説明するものではないこと、および実際に外力によって手を牽引する機構がないため、被験者によっては外力が生じ得ないことを察知し、(2) の条件が崩れることが懸念された。

そこで本稿では前報でのマウス型とは別に、「こっくりさん」の状況により近い指置き型のデバイス(図 3)を用いる。Mengchen ら[17]も力覚提示装置「OuijaPlus」をウィジャボード上で制御することにより、「こっくりさん」と類似の状況を作り、ユーザに他者の存在を思い込ませることが可能か調査したが、具体的な観念運動の生起条件に関しては検証されていなかった。今回は「こっくりさん」の状況に近い指置き型の新しいデバイスを用いた際の観念運動の生起条件を調査し、視覚、触覚刺激が観念運動に与える影響について検証する。



図 2 先行研究で提案したマウス型デバイス[16]

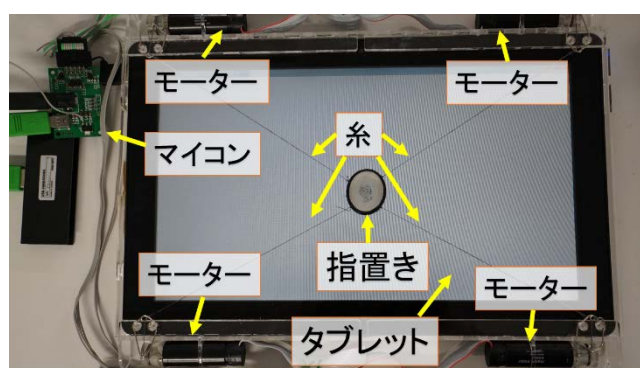


図 3 今回使用した 2.5 次元触覚ディスプレイ。タブレットは画像表示用ではなく、位置計測に用いた。

2. 触覚提示装置

本稿では嵯峨ら[18]により提案された 2.5 次元触覚ディスプレイを用い、検証を行った(図 3)。

本デバイスはタブレット上にある指置きに繋がる糸を 4 つの DC モーター (MAXON 社, 4.5W, RE16) で巻き取ることで、牽引力や振動を提示することが可能である。モーターの制御には佐藤ら[19]による Spidar-mouse 用の USB マイコン基板、ドライバ及び API を利用した。なお今回は 2.5 次元触覚ディスプレイのタブレットは位置計測にのみ用い、視覚提示は後述するように別のタブレットを用いることで実際の指の動きが見えないようにした。

3. 実験

3.1 実験概要

視覚刺激、触覚刺激および、それらの組み合わせによる観念運動の生起の有無を調査するため実験を行った。各刺激条件におけるタブレット上の指座標の変位を測定し、比較した。

3.2 実験条件

実験セットアップを図 4 に示す。被験者は研究室内の 12 名 (男性 9 名, 女性 3 名, 21~29 歳) とした。

本実験では触覚刺激条件として次の 3 つを用い、各刺激は 6 秒間提示した。(提示方向は右方向のみ)

1. 牽引 (外力) のみ
2. 牽引 + 振動 (疑似力覚) → 振動のみ
3. 振動のみ

条件 1, 2 では、被験者に本デバイスが他者により動かされていると思い込ませる目的で牽引 (外力) を提示した。条件 2 では、最初の 2 秒間のみ牽引と振動を提示し、その後、振動刺激のみに切り替えた。この 3 つの条件に視覚刺激の有無を組み合わせた計 6 条件で実験を行った。

牽引条件では指が軽く引っ張られるような刺激 (0.49N) を提示し、振動条件では振幅 0.1m/s^2 、周波数 30Hz の振動を提示した。

視覚刺激に関しては図 4 に示すように、デバイスの直上に載せたディスプレイに同じ背景画像を表示し、さらにディスプレイ上には被験者の指と同期して動くように見せかけた 10 円玉を表示した。実験中 10 円玉はランダムな速度 (0~180 pixel/s) で右方向に動くが、実験前に被験者の指と同期して 10 円玉が動く様子を確認させて被験者に 10 円玉は指と同期して動くと思わせることで、10 円玉が動いた際には被験者が自身の指を動かされていると錯覚し得るように状況設定した。ただし実験中はディスプレイのみを見るように指示し、被験者が 10 円玉と被験者の指の位置の誤差を確認して観念運動に影響が出ることがないようにした。また聴覚はヘッドフォンからホワイトノイズを提示して遮断した。

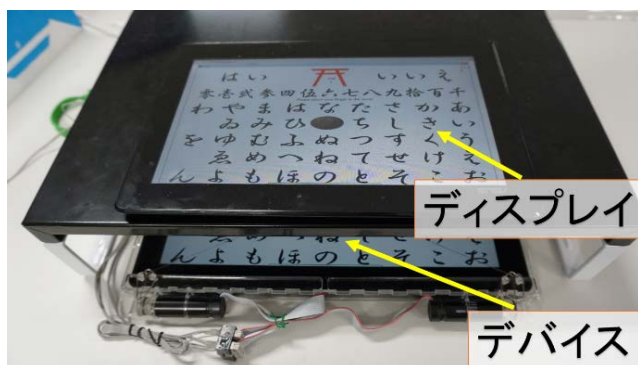


図 4 実験セットアップ

3.3 実験手続き

実験の様子を図 5 に示す。被験者はデバイス上の指置きに人差し指を置き、測定前に指を自由に動かしてディスプレイ上の挙動を確認した。

また被験者には事前に測定中に指置きが微小な牽引力によって引っ張られることを伝え、完全に力を抜いた状態でディスプレイ上の 10 円玉の映像を見るように指示した。

実験は順序効果を考慮して、刺激 6 条件（触覚刺激 3 条件×視覚刺激有無の 2 条件）に対して被験者ごとにランダムな順序で各条件を 5 回ずつ提示し、合計 30 試行の指の変位データを取得した（6 条件×5 回）。被験者には 1 試行が終わるごとに画面の中心に指を戻すように指示した。



図 5 実験の様子

3.4 実験結果・考察

実験結果を図 6、図 7 に示す。条件 2 では刺激提示開始 2 秒後から提示刺激を切り替えるため、全ての条件において刺激開始 2 秒後から 6 秒後までの 4 秒間の指の変位量データを分析に使用した。

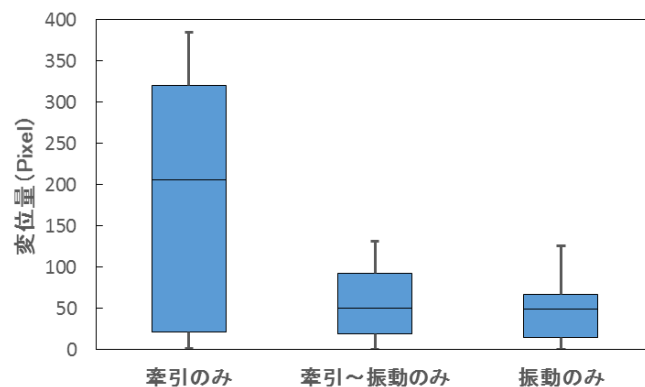


図 6 指の位置の変位量（視覚提示無し）

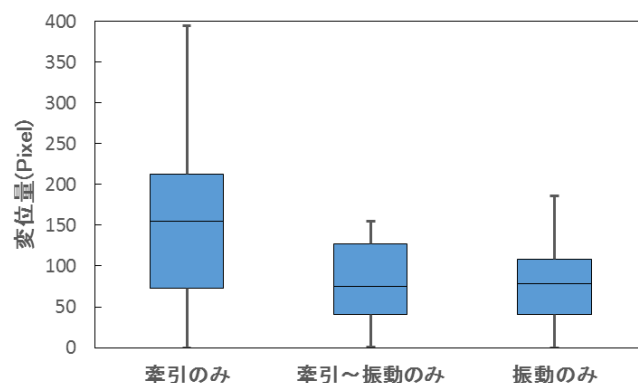


図 7 指の位置の変位量（視覚提示あり）

グラフから条件 1（牽引のみ）では視覚提示の有無に関わらず平均 200Pixel(約 4cm)の変位が生じたことがわかる。ただし条件 1 は実際に牽引しているため、大きく変位するのは自明であると言える。

一方で、擬似力覚提示条件である、条件 2（最初は牽引＋振動、途中から振動のみ）と条件 3（終始振動のみ）に関しては両条件間に大きな変位差は見られず、かつ、両者ともに視覚提示なしの条件と比較し、あり条件において平均 50Pixel(約 1cm) 程度大きく変位していた。この事実から、振動刺激と視覚刺激の組み合わせにより、被験者に自身の指が引っ張られていると錯覚させ無意識に身体運動を誘発すること（観念運動の生起）が出来ることが判明した。なお今回の実験では視覚のみの条件で実験は行っていないが、これは少数の予備実験において視覚のみの条件では全く移動が生じなかったためである。この点については今後検証し、振動提示が必要条件であるかどうか確認する必要がある。

4. おわりに

今回は指置き型のデバイスを使用し、前報でのマウス型とは異なる触覚刺激を提示した場合の観念運動への影響を

検証した。実験結果より振動提示と視覚刺激の組み合わせが観念運動の生起に繋がる可能性が示唆された。

今回は右方向のみでの実験を行ったが、今後は現在のデバイスを改良し、2 自由度の前後左右方向での実験を行っていく。またすでに述べたように視覚のみの条件との比較により振動提示が必要条件であるかどうか確認する。さらに被験者自身の「思い込み」が身体運動に与える影響について、すなわち、「こっくりさん」などにおいて、被験者の同意する答えが表示されている方向に大きく動きやすくなるかなどを調査していきたい。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 15K12079 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Stock, A., Stock, C.: A short history of ideomotor action. In: Psychological Research Volume 68, Issue 2-3, 2004, pp 176-188
- [2] Amemiya, T., Gomi, H.: Distinct pseudo-attraction force sensation by a thumb-sized vibrator that oscillates asymmetrically. In: Haptics: Neuroscience, Devices, Modeling, and Applications Lecture Notes in Computer Science Volume 8619, 2014, pp 88-95.
- [3] Rekimoto, J.: Traxion: a tactile interaction device with virtual force sensation. In: Proc. 26th ACM Symp. User Interface Software and Tech., pp. 427-432. ACM Press (2013).
- [4] Yem, V., Kuzuoka, H., Yamashita, N., Ohta, S., Takeuchi, Y.: Hand-skill learning using outer-covering haptic display. In: Proceedings of EuroHaptics '14, Lecture Notes in Computer Science, pp. 201-207 (2014).
- [5] Kuniyasu, Y., Sato, M., Fukushima, S., Kajimoto, H.: Transmission of forearm motion by tangential deformation of the skin. In: Proceedings of the 3rd Augmented Human International Conference. (2012).
- [6] Shull, P., Bark, K., Cutosky, M.: 2010. Skin nonlinearities and their effect on user perception for rotational skin stretch. In: Proceedings of the 2010 IEEE Haptics Symposium, pp. 77-82 (2010).
- [7] Kojima, Y., Hashimoto, Y., Kajimoto, H.: Pull-Navi. Emerging Technologies Session, ACM SIGGRAPH (2009).
- [8] Sato, M., Matsue, R., Hashimoto, Y., Kajimoto, H.: Development of a head rotation interface by using hanger reflex. In: IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, pp. 534-538 (2009).
- [9] Nakamura, T., Nishimura, N., Sato, M., Kajimoto, H.: Development of a wrist-twisting haptic display using the hanger reflex. In: Proc. 11th Advances in Computer Entertainment Technology Conference (2014).
- [10] Shikata, K., Makino, Y., and Shinoda, H.: Inducing Elbow Joint Flexion by Shear Deformation of Arm Skin, in Proceedings of World Haptics Conference 2015, WIP30 (2015).
- [11] 佐藤未知, 中村拓人, 梶本裕之:ハンガー反射における皮膚せん断変形による触錯覚と運動誘発, 第5回テレイグジスタンス研究会,2014.
- [12] Edin, B.B., Johansson, N.: Skin strain patterns provide kinaesthetic information to the human central nervous system. J. Physiol. 487(1), 243-251 (1995).
- [13] Collins, D.F., Prochazka, A.: Movement illusions evoked by ensemble cutaneous input from the dorsum of the human hand. J. Physiol. 496(3), 857-871 (1996).
- [14] Ebied, A.M., Kemp, G.J., Frostick, S.P.: The role of cutaneous sensation in the motor function of the hand. J. Orthop. Res. 22(4), 862-866 (2004).
- [15] Lécuyer, A.: Simulating haptic feedback using vision: A survey of research and applications of pseudo-haptic feedback. In Presence, 18(1), 39-53, 2009.
- [16] 設楽幸寛, 中井優理子, 植松遥也, Yem Vibol, 梶本裕之: 観念運動を生起する擬似力覚提示マウス, 第20回日本バーチャルリアリティ学会(2015).
- [17] Mengchen, Z., Farheen, T.: OuijaPlus: A Force Feedback Ouija Board. In: Human Interface Technologies(2008).
- [18] 嵯峨智, 出口光一郎. 剪断力を用いた 2.5 次元触覚ディスプレイにおける定量的凹凸感提示手法. 日本バーチャルリアリティ学会第 16 回大論文集, pp. 726-729, 2011.
- [19] 佐藤誠, 一色正晴, 林理平, 赤羽克仁: Open Source Interface, Spidar-mouse について, 2009 年度 HCG シンポジウム (電子情報通信学会), No.HCG2009-C6-2, CD, 2009 12.