

観念運動を生起する擬似力覚提示マウス

設楽幸寛¹⁾, 中井優理子¹⁾, 植松遥也¹⁾, Yem Vibol¹⁾, 梶本裕之¹⁾

1) 電気通信大学

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {shitara, yuriko, uematsu, yem, kajimoto}@kaji-lab.jp)

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は観念運動と呼ばれる。本研究は視覚刺激と触覚刺激を組み合わせることで観念運動を生起する擬似力覚提示マウスを提案する。マウスが他者の力で動かされていると思い込ませることで、ユーザの動作を誘発するという原理である。本稿では提案システムにおける観念運動の生起条件を報告する。

キーワード: 観念運動, 擬似力覚, 力覚ディスプレイ

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)。

身体運動の生起に関しては、触覚の研究分野において、他者から誘導される感覚を提示してナビゲーションや教示を行う提案がなされている。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、Yamaoka らは紙面上を磁力で動くペン型デバイスにより力を提示する手法の描画教示への応用を提案している[4]。また、皮膚牽引によって方向を提示する研究が報告されている[5][6][7][8]。これらの提案は外部からユーザに擬似的な力覚を中心とした動作の手がかりを呈示し、ユーザがそれに従い能動的に運動する。

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[9][10][11]。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[12]、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[13][14][15]。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[5][6]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、

- (1) 擬似力覚を生じさせるための仕組み
- (2) 他者による力であると解釈しやすい状況設定の2つが重要であると考えられる。

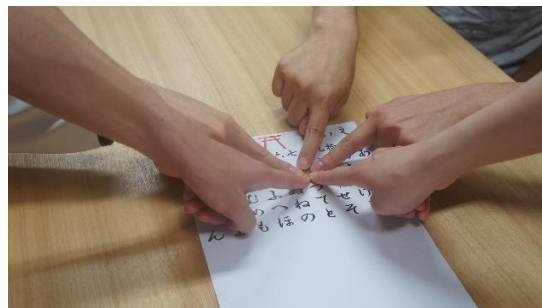


図 1 観念運動の例

本研究ではこの観念運動を生起しやすい状況として、ユーザの手を動かすマウス型デバイスを提案する。

マウスを用いた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錯覚現象 Pseudo-haptics が広く知られている[16]。我々はこのに加えて触覚刺激を組み合わせることを考える。すでに先行研究で効果が検証されている皮膚せん断変形を、手の甲部に対して提示する。これによって(マウスからの手の平に対する触覚提示に比べて)、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状況設定が可能になると思われる。

本稿では提案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、触覚の寄与について検証する。

2. デバイス概要

本デバイスのシステム構成図を図 2 に示す。

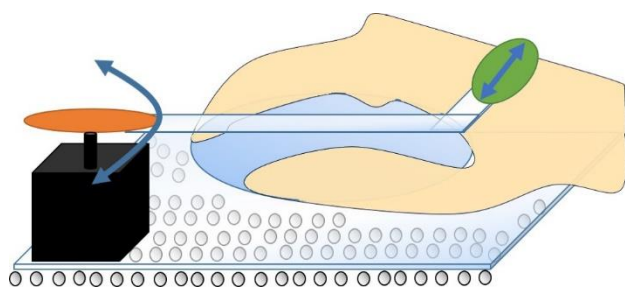


図 2 デバイス概要

マウスを把持したユーザの手の甲の皮膚をアクリル板で押し引きすることにより皮膚変形を起こすデバイスを開発した(図 3)。

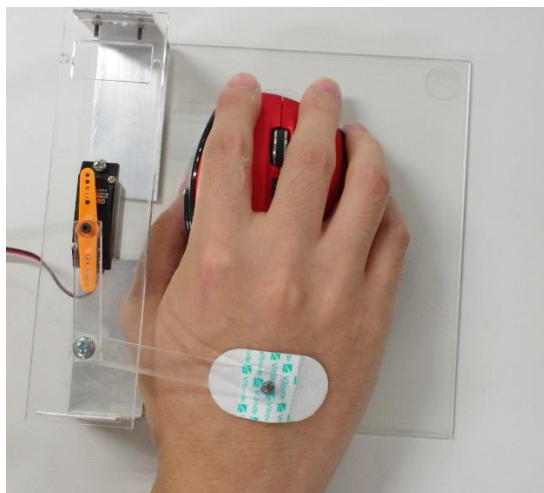


図 3 デバイス外観(上) 装着イメージ(下)

手の甲に貼り付けた粘着ゲルシール(Vitrode F, 日本光電製)によって甲とアクリル板を接続し、サーボモータ(GWServo Micro 2BBMG)によってアクリル板を押し引きすることで横方向の皮膚変形を生じさせた。アクリル板は今回 1 自由度の左右方向の皮膚牽引が可能である。サーボモータによる牽引をユーザの手にとっての内力とするため、マウスとサーボモータを同一アクリル板上に固定した(つまり腕が完全に脱力している場合、サーボモータによって手が動き続けるということは生じない)。また、床

とマウスの摩擦により観念運動の生起が妨げられないように、マウスが固定されたアクリル板の下に直径 1mm のスチールボールを敷き詰め、マウスが固定されたアクリル板が滑らかに移動できるようにした(図 4)。

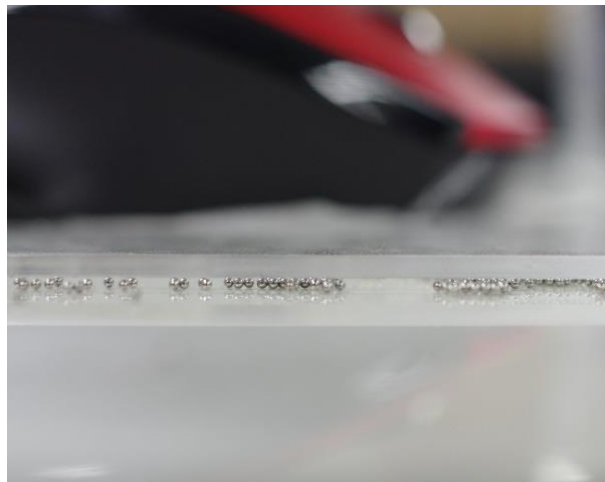


図 4 スチールボールによる摩擦低減

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。刺激の条件ごとにマウスカーソルの座標を測定し、軌跡の変化を比較した。

3.2 実験条件

被験者は研究室内のメンバ 6 名(男性 5 名, 女性 1 名, 21~24 歳, 全員右利き)で、日常的にマウスを扱っている。

実験条件は以下の 3 種類とした。

1. 視覚提示のみ
2. 視覚提示+触覚提示
3. 触覚提示のみ

視覚提示ではカーソルが動く様子を見せた。この時の運動は左右どちらかの方向に一定速度(60 pixel/s)で移動させた。触覚提示では手の甲を左右どちらかの方向に約 1.3mm, 約 1.0 秒掛けて牽引した。

3.3 実験手続き

実験の様子を図 5 に示す。軌跡測定前に、ディスプレイ(1920×1080)上でマウスを自由に動かし、カーソルの挙動を確認するよう指示した。被験者を椅子に座らせ、右手(今回は全員右利きだったため利き手)の甲に擬似力覚提示デバイスを装着し、計測を行った。またデバイスが視界に入らないように衝立を立て、ヘッドホンでホワイトノイズを聞かせて聴覚を遮断した。

被験者には事前に、測定中にマウスが何らかの力によって動かされることを伝え、完全に力を抜いた状態でマウスを把持するよう指示した。その状態で画面上のカーソルを注視させ、視覚・触覚刺激を行った。

順序効果を考慮し、被験者ごとに条件 1~3 をランダムな順番で提示し、その間のカーソルの軌跡を取得した。各

条件に対して、左右方向それぞれ2回ずつ刺激を2秒間提示し、計12試行測定を行った(3条件×2方向×2回)。

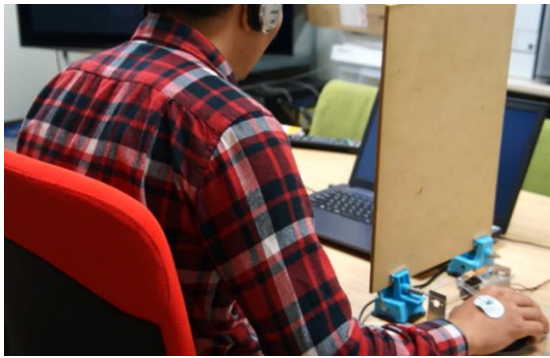


図 5 実験の様子

3.4 実験結果・考察

代表的な一名の被験者のマウスの軌跡の時間ごとの変位を図6に示す。刺激提示開始から終了までの横方向の変位(左方向を負、右方向を正とする)を取得した。この被験者に関しては、左向きに視覚提示と触覚提示をした条件で大きく変化していた。

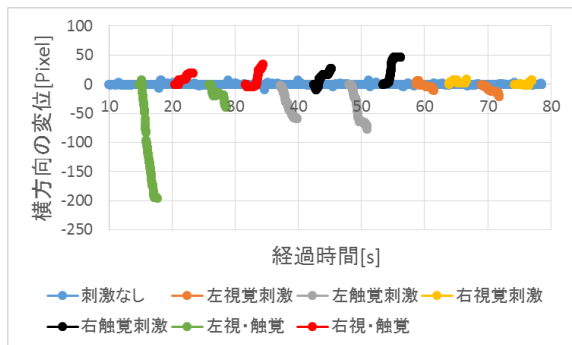


図 6 マウスの軌跡の変位

全被験者のうち1名のみマウスを刺激とは逆方向に動かした被験者がいたためそのデータを除き、残りの被験者の集計結果を図7(左方向)および図8(右方向)に示す。グラフの横軸は各条件を、縦軸は横方向の変位(提示方向への変位を正とする)を表している。

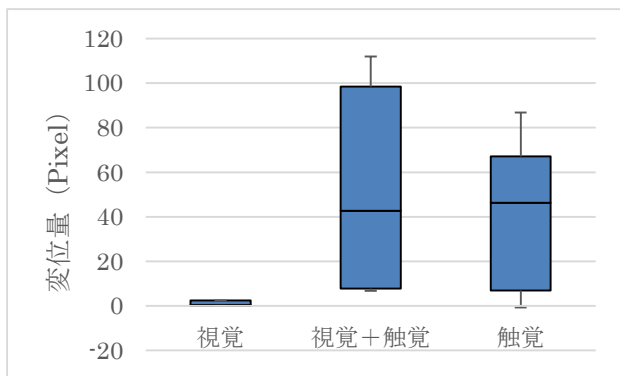


図 7 各条件におけるカーソルの変位(左方向)

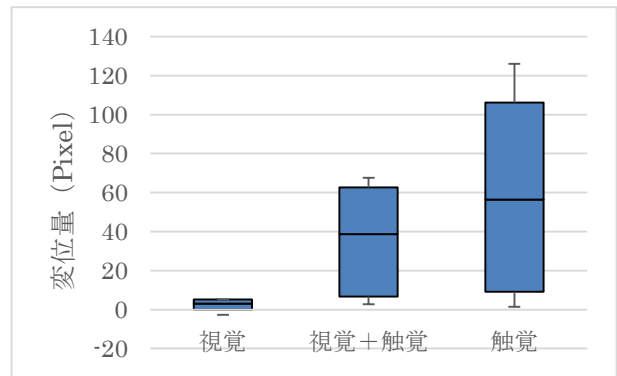


図 8 各条件におけるカーソルの変位(右方向)

グラフより、視覚提示のみの条件と比較し、触覚提示を含む条件において変位が大きくなる傾向が見られた。視覚に触覚を加えた条件と、触覚のみの条件の間には大きな差は見られなかった。本実験ではサンプル数が少ないため現段階では統計的処理は行なっていないが、観念運動の生起に関して今回のセットアップでは触覚による影響が視覚よりも大きい傾向が見られる。

なお今回は実験システムの単純化の関係で変位計測に単純なカーソルの移動量を使用したため、マウス自体の速度の非線形性(速く動かした場合により速くカーソルが移動する)を補償しておらず、その誤差を含んだ結果となっている。今後の実験ではマウスの物理的な移動量を測定する予定である。

また今回の分析データに含めなかったが、触覚提示に対して逆向きに動く被験者が一名のみ存在したことは興味深い。今回はなるべく力を抜くように教示したが、その教示を「動かさないようにする」と解釈したことが逆向きの運動につながったとも考えられる。今後は複数の教示を用意しそれによる影響も調査する予定である。

今回は提示時間は2秒と比較的短かった。また視覚刺激が一定速度であったことが視覚によってマウスの運動を生じなかった原因とも考えられる。刺激提示時間の長さや視覚刺激の速度を変化させることにより、ユーザの動きがどのように変化するかについても調査していきたい。

4. アプリケーション

本デバイスを用いたアプリケーション例をいくつか紹介する。

4.1 疑似力覚提示を用いたナビゲーションシステム

遠隔からコンピュータ操作のオペレーションを行う際、本デバイスの皮膚牽引によって相手のマウスカーソルを誘導することで教示の円滑化を期待できる。例えば、ペイントソフトウェアやオフィスソフトウェアなどの操作方法の教示で利用できると考えられる。また、ソフトウェアのチュートリアルビデオをインタラクティブに利用する研究[17]を応用し、ビデオ中で教示するマウスアクションに対してマウスを指定の位置まで誘導すれば、ユーザに操作方法をより簡易に覚えさせることもできると考えられ

る。上記のような応用例は、ユーザに「力」を感じさせれば良いので、従来からの擬似力覚の応用提案に近い。

4.2 観念運動を利用したアプリケーション

ユーザに自身の手が他動的に動かされているという思い込みを与えることで実現するアプリケーション例としては、「こっくりさん」のような一種のエンタテインメント応用が考えられる（こっくりさんがエンタテインメントであるかどうかはここでは措く）。上の応用と比較して「力」を感じさせるだけでなく「動き」も生じさせるという特性から考えられる応用としてはリハビリテーションが有力である。

5. おわりに

本稿では観念運動を誘発する擬似力覚提示デバイスを開発した。また、開発したデバイスを用いて実験を行い、視覚刺激と触覚刺激における観念運動の生起条件を調査した。

今後は現在の実験をより精緻化するとともに、被験者自身の「思い込み」の与える影響、すなわちマウスが（外部からの牽引などにより）他動的に動くことが可能であると思える状況での観念運動の生起条件の変化を調査する。今回の実験の被験者はすべて研究室内のメンバーであり、システム構成自体は知っていた（つまり外力による牽引は存在しないことを知っていた）ためである。さらに本稿で開発したデバイスを用いたアプリケーションの開発を行っていく

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 ideo-motor 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] Yamaoka, J., Kakehi Y.: dePENd: Augmented Sketching System Using Ferromagnetism of a Ballpoint Pen. In: User Interface Software and Technology Symposium(UIST) 2013.
- [5] 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).
- [6] 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).
- [7] 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).
- [8] Kojima, Y., Hashimoto, Y., Kajimoto, H.: Pull-Navi. Emerging Technologies Session, ACM SIGGRAPH (2009).
- [9] 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).
- [10] 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).
- [11] Shikata, K., Makino, Y., Shinoda H.: Inducing Elbow Joint Flexion by Shear Deformation of Arm Skin, in Proceedings of World Haptics Conference 2015, WIP30 (2015).
- [12] 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 テレグジスタンス研究会, 2014.
- [13] Edin, B.B., Johansson, N.: Skin strain patterns provide kinaesthetic information to the human central nervous system. J. Physiol. 487(1), 243-251 (1995).
- [14] 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).
- [15] 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).
- [16] Lécuyer, A.: Simulating haptic feedback using vision: A survey of research and applications of pseudo-haptic feedback. In Presence, 18(1), 39-53, 2009.
- [17] Nguyen, C., Liu, F.: Making Software Tutorial Video Responsive. In: Conference on Human Factors in Computing Systems(CHI) 2015.