

# 観念運動を用いた擬似力覚提示(第3報)

## -1 自由度リニアレールを用いた検証-

○設楽 幸寛 (電気通信大学), 中井 優理子 (電気通信大学), 植松 遥也 (電気通信大学),  
Vibol Yem (電気通信大学), 梶本 裕之 (電気通信大学), 嗟峨 智 (筑波大学)

## Pseudo Haptics Presentation by Using Ideomotor Actions (III)

### -Development of 1-DoF Linear Rail Device-

○Takahiro SHITARA (UEC), Yuriko NAKAI (UEC), Haruya UEMATSU (UEC), Vibol YEM (UEC),  
Hiroyuki KAJIMOTO (UEC), Satoshi SAGA (University of Tsukuba)

Abstract: Ouija board is known as a game associated with involuntarily motion called ideomotor action. Our goal is to clarify the conditions under which Ouija board motion occurs, comparing visual, force, and vibrotactile cues. In this paper, we developed a new 1-DoF Linear Rail Device to study this ideomotor actions with less friction and inertia.

### 1. はじめに

「Ouija board」は文字と数字がマークされた平板及び小さなハート型のプランシエットを使用して複数人で行うゲームである。プレイヤーはプランシエット上で自分の指を置いて質問をし、質問の答えに対応した各種の文字や数字を指すように移動する。これらの遊びは世界中で広く知られており、日本では10円玉を使った「こっくりさん」が有名である (Fig. 1)。このゲームで見られる動きはプレイヤーが無意識のうちに運動を行う心理的現象である「観念運動」の種類の一つだと考えられている[1]。

一般的に、「Ouija board」は複数のプレイヤーが関与し、運動は全てのプレイヤーの「協力」から生じている可能性があるが、誰もが自身に責任があると考えておらず、他者がプランシエットを動かしていると思い込んでいる。したがって、この現象はユーザの動きを誘発する触覚錯覚の一種と考えることができる。



Fig. 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的回旋運動であり、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]。

我々は前報[15]で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た。

- (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

「Ouija board」の場合には、この文脈は他のプレイヤーの存在、または精神的な信念によって明示的に達成される。

我々は前報で、ユーザの指が引っ張られる感覚を生起する指先型触覚デバイスを使用し、視覚や振動の手がかりが観念運動に寄与していることを確認した。しかし、デバイスで生じた摩擦や慣性の問題が他者の存在の明確な認識を妨げた。

本稿では、前報のデバイスより摩擦や慣性を減少させた新しい 1 自由度のデバイスによる視覚、触覚刺激が観念運動に与える影響について検証する。

## 2. デバイス概要

Fig. 2 に作成したデバイスを示す。

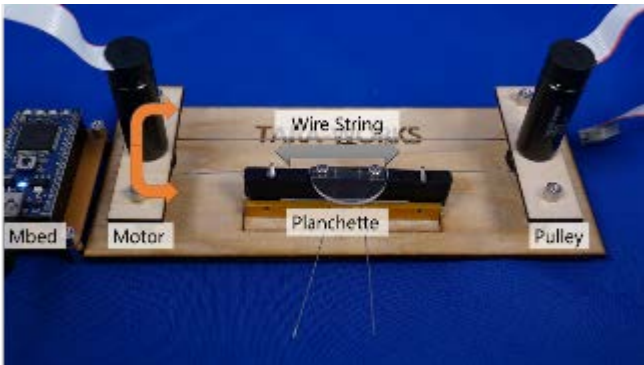


Fig. 2 1 自由度リニアレールデバイス

DC モータ ( MAXON 社, 4.5W , RE16 ) に接続されているワイヤが指置きを牽引する仕組みである。モータはマイクロコントローラ ( MBED NXP LPC1768 , ARM 社 ) によって制御され、牽引及び振動触覚刺激を提示することが可能である。モータのエンコーダは、指の位置を測定するために使用した。エンコーダの分解能はワイヤの巻取り量に換算して 0.03mm であった。リニアレール ( LS877 , THK 社製 , 最大変位 24mm ) は、摩擦を低減し、移動を一自由度に制限するために使用した。ディスプレイは、触覚デバイスの上に配置し指の動きと同期した視覚情報を提示した ( Fig. 3 )。



Fig. 3. システムセットアップ

## 3. ハードウェア特性

デバイスの周波数特性を確認するために、ハードウェア特性を評価した。10, 20, 40, 80, 160, 320, 640 Hz の正弦波を PWM 信号化 ( PWM 周期 20kHz ) してモータに入力した。今回はオープンループ特性を確認するために位置フィードバック等は行っていない。

Fig. 4 は測定された振幅と加速度振幅を示している。加速度振幅は振幅に角速度の 2 乗を掛けて算出した。データから、振動の振幅は 40Hz で約 1mm, 160Hz から 320Hz で約 0.1mm であることが確認でき、これらは人間の手の感覚閾値を超えている [16]。我々の振動提示の目的は、指の動きの微小な手がかりを提示することであることから、本システムが十分な性能を有することが確認できた。

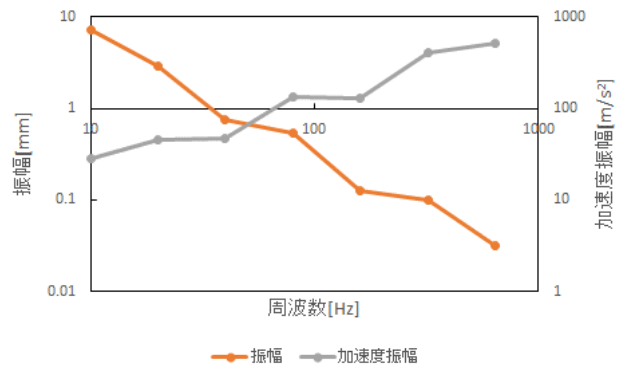


Fig. 4. デバイスの周波数特性

## 4. 実験

### 4.1 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。エンコーダによって各刺激条件における指座標の変位を測定し、比較した。

### 4.2 実験条件

被験者は研究室内の 6 名 ( 男性 6 名, 21~27 歳, 全員右利き ) とした。被験者には右手の人差し指をデバイスの指置きに置くように指示した

本実験では触覚刺激条件として次の 4 つを用い、各刺激は 5 秒間提示した。

1. 振動 左方向
2. 振動 右方向
3. 振動 左右方向
4. 触覚提示なし

条件 1,2 では、物体同士が滑る際のスティックスリップ現象を模擬した振動を与えることにより、指が滑り動いている感覚を生起させることを狙った。この際の振動は (Fig. 5) に示すように短時間の立ち上がりとなだらかな立ち下りの組み合わせとした。これは従来から知られている振動による擬似力覚提示と類似しており、立ち上がりの方向に擬似力覚を生じることが期待される。条件 3 は同様の振動を左右方向に交互に提示した。条件 1 から 3 において振動はランダムな周期 (0.5~1 秒) ごとに提示した。

ただしこの振動提示自体によってデバイスが動くことを防ぐために、エンコーダによる位置制御により、一回の立ち上がりおよび立ち下りの後は、立ち上がり前の位置に戻るようにした。刺激は予備実験より運動を誘発するのに適切な振動として、振幅 1.0mm に設定し、一回の立ち上がりと立ち下りにかかる時間は約 80ms であった。

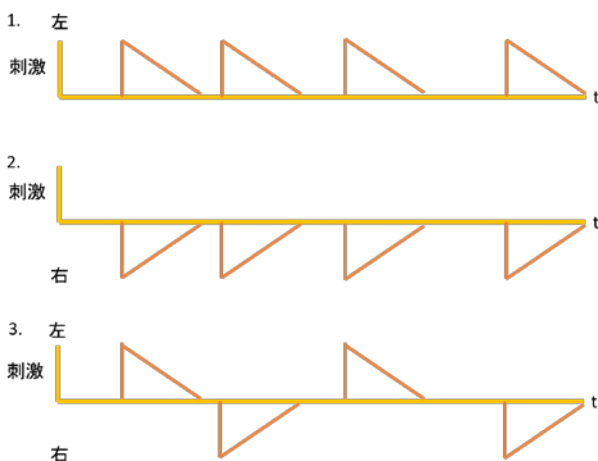


Fig. 5 提示振動の種類

視覚刺激に関しては、我々は触覚デバイス上に LCD ディスプレイを用いた。ディスプレイには、「こっくりさん」の背景画像を表示し、10 円硬貨の画像はプランシエットとして表示した。我々は視覚刺激のための 2 つの条件 (1) 視覚刺激なし、(2) 視覚刺激ありを用意した。条件 (1) では硬貨の画像は、単

にカーソルのように指の動きに追従し、条件 (2) では被験者の指が動いている方向へ硬貨の画像が指の動きに加えてランダムに動く様子を提示した。

これらの 4 つの触覚条件と 2 つの視覚条件の合計 8 条件を実験で用いた。被験者にはディスプレイを見るように指示し、被験者に手の動きが見えないように置台の下に腕を隠し、聴覚はヘッドホンからホワイトノイズを提示した。

### 4.3 実験手続き

Fig. 6 に実験の様子を示す。被験者にはプランシエット上に指を置いて、自由にプランシエットを操作し、硬貨の画像が自分の指に同期して移動する様子を確認するように指示した。

被験者には実験中に指が微小な牽引力で引っ張られることがあるが、抵抗せずに腕を脱力した状態でディスプレイ上の硬貨の画像を見るように指示した。

1 被験者当たり、各条件 4 試行ずつランダムな順序で合計 32 試行を行った。被験者には、各試行の開始前に画面の中央に指を戻すように指示した。

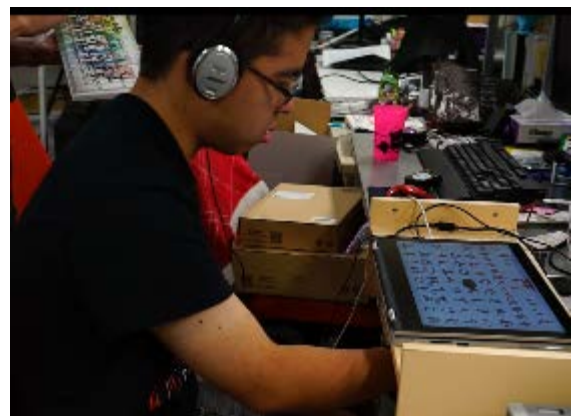


Fig. 6. 実験の様子

### 4.4 実験結果・考察

実験結果を Fig. 7, Fig. 8 に示す。縦軸は Fig. 7 は指の位置の変位量の平均、Fig. 8 は指の位置の変位量の絶対値の平均を示し、横軸は刺激条件、エラーバーは標準偏差を示す。2 (視覚刺激) × 4 (触覚刺激) ANOVA より視覚刺激間では有意差は見られなかった ( $F_1(1, 35) = 2.539, P = 0.12$ )。触覚刺激間では Bonferroni 検定より、触覚刺激なし条件に対して、それぞれの振動条件で有意に変位 ( $p < 0.05$ ) してい



ることが確認できた。

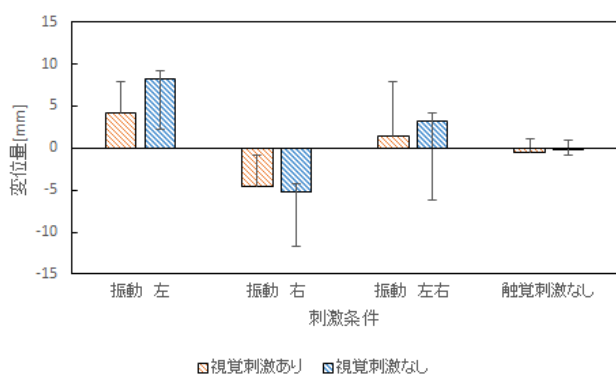


Fig. 7 指の位置の変位量 (左方向为正)

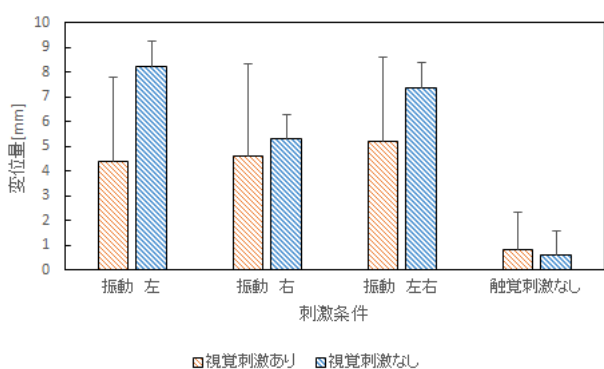


Fig. 8 指の位置の変位量 (絶対値)

触覚刺激間においては、条件 1, 2 では提示方向への変位が見られ、条件 3 では提示方向が無いにも関わらず左方向へ指の位置が変位したことが確認できた。これは、今回刺激として与えた最初の振動が左側だったために最初の振動の印象がずっと残った可能性が考えられる。更にデバイスの摩擦の少なさや微小な振動の手がかりにより、動かされていると解釈したために運動が生じたとも考えられる。

視覚刺激条件では、振動条件において視覚提示ありの条件と比較し、視覚刺激なし条件の方が、変位量が大きいことが確認できた。これは、今回の視覚刺激条件では、自分の指が動いている方向へ硬貨の画像をランダムな周期で動かすといった提示方法から、被験者が指への触覚刺激に対して動いている映像から無意識に抵抗しようと中心に戻る方向へ大きく動いてしまったと考えられる。視覚刺激と触覚刺激が実際に生じる運動に対して逆向きに働くという結果は興味深く、これまでの我々の実験結果とも相反す

るため、今後モデル化も含めより詳細に検討する必要がある。例えば、「視覚+触覚」のタイミングがあつていれば抵抗感には繋がらなかったかもしれない点から、触覚刺激に合わせた視覚刺激を行うべきであったと考えられる。

しかし実験後のアンケートから、視覚刺激があつた方がより大きく自分の指が動いてしまったと感じたとの報告があり、主観的には動いている錯覚は大きかったと考えられる。また視覚刺激の有無に関わらず自分自身が動かしている意思はなかったとのコメントが得られた。このことから本デバイスにおいて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。

## 5. おわりに

本稿では、指置き型のリニアレールデバイスを使用し、前報より緻密な触覚刺激を提示した場合の観念運動への影響を調査した。実験結果より、振動触覚の手がかりが「こっくりさん」で生じる無意識な身体運動を誘発できることが確認できた。

今後は、触覚刺激と同期した視覚刺激を与えた際の変位量への影響の検証及び「こっくりさん」に関連する他の要因(対面下で行った際の動きの同期性、質問を与えた際の精神的な思い込み)に関して調査する。

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費 JP15H05923 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. *Psychological Research*68, 2-3, 176-188 (2004)
- [2] Amemiya, T., Gomi, H.: Distinct pseudo-attraction force sensation by a thumb-sized vibrator that oscillates asymmetrically. *Haptics: Neuroscience, Devices, Modeling, and Applications Lecture Notes in Computer Science* 8619, 88-95 (2014)

- [3] Rekimoto, J.: Traxion: a tactile interaction device with virtual force sensation. *Proceedings of the ACM Symposium of User Interface Software and Technology*, 427–432 (2013)
- [4] Yem, V., Kuzuoka, H., Yamashita, N., Ohta, S., Takeuchi, Y.: Hand-skill learning using outer-covering haptic display. *Proceedings of EuroHaptics , Lecture Notes in Computer Science*, 8618, 201–207 (2014)
- [5] Kuniyasu, Y., Sato, M., Fukushima, S., Kajimoto, H.: Transmission of forearm motion by tangential deformation of the skin. *Proceedings of Augmented Human International Conference* (2012)
- [6] Shull, P., Bark, K., Cutosky, M.: Skin nonlinearities and their effect on user perception for rotational skin stretch. *Proceedings of the IEEE Haptics Symposium*, 77–82 (2010)
- [7] Kojima, Y., Hashimoto, Y., Kajimoto, H.: Pull-Navi. *Proceedings of the ACM SIGGRAPH Emerging Technologies Session* (2009)
- [8] Sato, M., Matsue, R., Hashimoto, Y., Kajimoto, H.: Development of a head rotation interface by using hanger reflex. *Proceedings of the IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, 534–538 (2009)
- [9] Nakamura, T., Nishimura, N., Sato, M., Kajimoto, H.: Development of a wrist-twisting haptic display using the hanger reflex. *Proceedings of 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, *Proceedings of World Haptics Conference* (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. *Journal of Physiology*, 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. *Journal of Physiology*, 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. *Journal of Orthopaedic Research*, 22(4), 862–866 (2004)
- [15] Shitara, T., Nakai, Y., Uematsu, H., Yem, V., Kajimoto, H., and Saga, S.: Reconsideration of Ouija Board Motion in Terms of Haptics Illusions. *Euro Haptics Conference* (2016).
- [16] Brisben, A. J., Hsiao, S. S., Johnson, K. O.: Detection of Vibration Transmitted Through an Object Grasped in the Hand. *Journal of Neurophysiology*, Vol. 81, no. 4, 1548-1558 (1999)