ハプティックインタフェースを用いた直線描画の学習に関する研究

Study on Learning of Drawing Lines using Haptic Interface

○松永 和輝 (横浜国立大学) 河村 拓実 (横浜国立大学) 樋渡 勇太郎 (横浜国立大学)
豊田 希 (横浜国立大学) 藪田 哲郎 (横浜国立大学)

Kazuki MATSUNAGA, Yokohama National University, matsunaga@yabsv.jks.ynu.ac.jp
Takumi KAWAMURA, Yokohama National University
Yutaro HIWATASHI, Yokohama National University
Nozomi TOYODA, Yokohama National University
Tetsuro YABUTA, Yokohama National University

For a lot of people, dominant and non-dominant hands may be related to both degree of skill and mastery of movement. Study on difference between dominant and non-dominant hand movement may lead to elucidation of human being's mechanism. For the hand movement, it has been confirmed that the dominant hand is superior in many cases. However, investigation between them has not performed as much for memorial movement by hand. Therefore, we performed experiments of reproducing lines by participants after teaching using Haptic interfaces, and study its difference for the memorial movement by both dominant and non-dominant hand. The results show that the difference are not confirmed for the memorial movement by hand.

Key Words: Haptic Interface, Interactive Force Telecommunication, Force Sense, Drawing Lines, Dominant Hand

1. 緒言

多くの人は、左右の手で運動や技能の習得度が異なる。利き手とそうでない手(以下、非利き手とする)の違いについて調査することは、人間の運動メカニズムの解明につながり、更に上肢を用いた道具の開発やリハビリ等の医療分野への応用も期待できる。利き手と非利き手についてはこれまでも様々な研究が行われてきた。Oldfield は利き手の指標として LQ 値を定義し、日常生活における左右の手の使用に関する 10 項目のアンケートから個人の利き手の度合いを 20 段階で判別する手法を提案した [1]。Bryden らは、サークルの系列を 20 秒間でどれだけ早く塗りつぶせるかを左右の手で比較する、塗りつぶし課題の手法を提案した[2]。また、Henlel らはタブレット PC を用いて、被験者に 30 秒間でできるだけ速くペンで同心円を描かせ、その結果を解析することで、左右の手を比較した [3]。

人間の上肢の運動としては、手先の動きから位置を認識する入力動作と目標位置まで手先を動かす出力動作に分けることができるが、利き手に関する研究の多くは把持やなぞり動作などの出力動作について扱っている。出力動作においては、多くの場合で利き手の優位性が確認されているが、入力動作における利き手と非利き手の違いの調査はあまり行われていないようである。そこで我々は、被験者に対して直線の教示(入力)をした後に再現(出力)させる実験をハプティックインタフェースを用いて行い、利き手と非利き手の違いを入力時と出力時とで調査することを考えた。本研究室のハプティックインタフェースは左右対称の操作性を有しており、左右の手を同様に調査することができる。またハプティックインタフェースを用いることで、教示時と再現時とで操作する手を変えることが可能となり、実験結果を入力と出力に分けて見ることができる。本稿ではこの実験と結果について報告する。

2. 実験装置

本論文では、図 1 に示すハプティックインタフェースを実験装置に用いた[4]。この装置は 3 自由度で鉛直平面内にパラ

レルリンク機構を有しており、先端が把持部となっている。把持部には 3 軸力センサが取り付けられており、与えられた力は専用アンプを介して A/D ボードで取得する。また、ハプティックインタフェースの駆動には DC サーボモータを用いており、コンピュータ内の D/A ボードからサーボドライバを通してモータへの指令を行う。モータの回転角度はモータに取り付けられたエンコーダから CNT ボードを用いて取得する。本研究では 2 台のハプティックインタフェースを並べて設置し、一方を実験者が把持し、もう一方を被験者が把持した。

また制御系には、配分率 w ($0 \leq w \leq 1$) のパラメータによって位置制御と力制御のバランスを変えることが可能なハイブリッド制御を用いた[4]。本システムは遠隔力感覚通信システムとして構築したもので、両方の操作者に均等に位置および力感覚を伝えることができる。本論文では $w = 0.5$ の配分率で実験を進めた。

3. 実験

3.1 実験手順

実験者が目を閉じた被験者に対し直線の教示を行い、後に再現させる実験を実施した。実験は以下の手順で行った。

Fig.1 Experiment device

(1) 2 台のハプティックインタフェースを並べて、椅子に座った実験者と被験者がそれぞれを把持する。

(2) 実験者は紙に書かれた直線を 1 回なぞって教示し、被験者はハプティックインタフェースの動きから直線を覚える。(把持条件=2 条件：利き手、非利き手)

(3) 教示を開始した位置付近に実験者がハプティックインタフェースを移動させた後、被験者のみがハプティックインタフェースを把持し (2) で覚えた直線を描画で再現する (把持条件=2 条件：利き手、非利き手)。

実験者は 20 代の健康な男性、被験者は健康な 20 代の男性 7 名と 30 代の女性 1 名とした。実験は、被験者の記憶時と出力時の把持条件 (利き手、非利き手) の組み合わせの計 4 条件のもとで行った。実験中は被験者は目を閉じていた。なお、被験者には終点の位置ではなく直線の長さを記憶して再現するように指示した。また、教示する直線は長さ 3 種類 (80, 100, 120 mm) と方向 4 種類 (左, 右, 奥行き, 手前) の組み合わせ計 12 種類を用い、各直線を各条件で 1 回ずつ教示した。

3.2 実験結果及び考察

実験結果を容易に比較するために、「被験者が記憶した直線長」に対する「被験者が描画した直線長」の比 (以下、描画率 R とする) を評価指数として用いた。ここで「被験者が記憶した直線長」とは、被験者側のハプティックインタフェースにおける教示の始点から終点までの直線距離である。また「被験者が描画した直線長」とは、被験者側のハプティックインタフェースにおける描画の始点から終点までの直線距離である。

入力時における各被験者の左右の手の比較結果を図 2 に示す。また、出力時における各被験者の左右の手の比較結果を図 3 に示す。なお各被験者の利き手を、 $LQ \geq 70$ を右利き、 $70 > LQ > -70$ を両利き、 $-70 \leq LQ$ を左利きとして判断したところ、被験者 H のみ左利きであり、他はすべて右利きであった。まず出力時において、被験者 C を除く全員が利き手の方が非利き手よりも描画率 R の平均値が大きく、値は 1.0 に近くなった。したがって、出力は利き手の方が精度よく直線を再現することができる、非利き手だと短く描画する傾向があると言える。一方で入力時では、被験者の 3 人は利き手、5 人は非利き手の方が描画率 R の平均値が 1.0 に近くなり、際立った特徴は確認されなかった。したがって、入力において位置を正確に認識できる方の手と、 LQ 値に基づく利き手は必ずしも一致せず、個人により異なると考えられる。

更に、各被験者別に入出力時で操作する手を変えない場合と変えた場合とで描画率 R の平均値を比較した結果を図 4 に示す。出力は位置情報の記憶に基づき行うが、この記憶が入力時に使用した手に強く関連しているとする、入出力時で操作する手を変えない方がより正確に再現できるはずである。しかし、被験者の 5 人が、変えた場合の方が描画率 R の平均値が 1.0 に近くなったことから、入力時に使用する手と出力との関連性は低いと考えられる。

以上より、入力時に使用する手と出力との関連性は低く、 LQ 値に基づく利き手と入力時に位置を正確に認識できる方の手は必ずしも一致しないと考えられる。しかし、本実験は直線を記憶して描画するという単純な作業であるため、入力における利き手と非利き手の違いが実験結果に表れなかった可能性がある。また、 LQ 値に基づく判断によると被験者は右利きが 7 名に対し、左利きは 1 名であった。したがって、今後は被験者数を増やし、更なる検証を行う必要がある。

Fig. 2 Comparison of dominant and non-dominant hand in output operation

Fig. 3 Comparison of dominant and non-dominant hand in input operation

Fig. 4 Comparison of same and different hand in input and output operations

文 献

- [1] Oldfield RC, "The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory." *Neuropsychologia*, 1971, 9, 97-113.
- [2] Tapley, S. M., Bryden, M. P. "A group test for the assessment of performance differences between the hands." *Neuropsychologia*, 1985, 23, 215-222.
- [3] Henkel V, Mergl R, Juckel G, et al. "Assessment of handedness using a digitizing tablet: a new method." *Neuropsychologia*, 2001, 39, 1158-66.
- [4] 若山直哉, 原正之, 反保紀昭, 黄健, 藪田哲郎, "遠隔力感覚, コミュニケーションにおける基礎的なシステム構成法と感覚面からの基本評価," 日本機械学会論文集, C-Vol.75, No.752, pp.236-244, 2009.