

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 3 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12073

研究課題名(和文) 筆記動作の追体験による文字情報伝達

研究課題名(英文) Transmission of Symbolic Information via Forced Handwriting

研究代表者

長谷川 圭介 (Hasegawa, Keisuke)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・特任助教

研究者番号：20733108

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は「ヒトに触覚だけで文字および文書を読むことを可能にする」ことを、文字を書く際の手指の動作を外力によって提示するという、「文字を書くことで読む」アプローチによって達成することを目指したものである。結果として、据え置き型の装置を使い、90%以上の正解率で毎秒1字のペースでアルファベットの小文字を読むことを事前の長期訓練なしに達成できることを示した。また、実際の場面における応用を意図し、片手で把持して使用するハンドヘルド型の装置を試作し、これで問題なく文字を読めることを確認した従来の点字等の長期訓練を前提としたものとは異なり、本手法はその直感性において優位性があることが確認された。

研究成果の概要(英文)：This study aimed at conveying symbolic information to human via only haptic modalities based on the “write to read” approach where the users’ hand and fingers were guided along the letter trajectories by external force applied by the mechanical device that we fabricated. As a result, users were able to identify the lower-case alphabets presented by a fabricated desktop system at an accuracy rate of more than 90% without any prior long-time trainings. We also implemented its hand-held version supposed to be used in practical situations, which successfully conveyed the letter trajectories to untrained users. We demonstrated that this method is superior to the conventional ones in the context of intuitiveness.

研究分野：触覚科学

キーワード：人間工学

1. 研究開始当初の背景

触力覚研究は近年目覚ましい発展を遂げつつあり、産業的にもその重要性が次第に明らかになりつつあるが、それらはよりリアルなバーチャルリアリティ体験の創出やヒトの触力覚体験における感性の解明など、主に非言語的な領域におけるものであった。一方で、言語的な情報を触力覚と結びつけることは古くからおこなわれており、これらは点字に代表されるように視聴覚の代替として役割を担う。

しかし、一般に文字を触力覚のみで判別することは極めて直観性に乏しく、上述の点字に至っては数年の訓練を経てようやく実用的な程度に習得することができる。このような状況により、視覚障害者の中でも点字を流暢に使いこなすことができるのはごく一部に限られるといわれており、特に中途失明者においてはこれを身に着けることは大変な努力を要すると想像される。

また、触力覚で文字を読むことは晴眼者にとってもこれが実現できれば応用上意義が大きい。例えば、ポケットの中で電子メールを読んだり、銀行の窓口等、セキュリティが求められる場面で他人に知られずに文字情報を伝達したりするなどといった応用が考えられる。

我々はこれに関連して、筆記具を持ったユーザーの手をとった別のユーザーが文字をなぞることにより、前者のユーザーが直観的に文字を認識できることを発見した。これは晴眼者における「文字」と「触力覚」を結びつける経験が「筆記」であり、いわば日常生活を通じて学習済みの身体動作のパターンであることによるものであると考えられる。このように、文字を「書く」ことによって文字を「読ませる」という方略はその応用例がほとんど提案されていないものの、その有効性が期待される。我々は予備実験において、20mm 四方程度の領域における筆記動作が十分に 26 文字のアルファベットの小文字を識別させることを明らかにしていた。

2. 研究の目的

以上を総括し、「筆記動作を外力によってユーザーに迫体験させることにより、長期の訓練なしに触覚で文字を読む」ことを可能にする技術の開発を本研究の目標に据えた（図1）。そのうえで、より具体的な目的を以下の2点に設定した。

(1) 長期の訓練を行わない場合の提案方式における読字パフォーマンスの実験的特定

上述の 20mm 四方程度の領域内での軌跡提示を踏まえ、これに比してなるべく小さい領域内においてなるべく短い時間内で軌跡を提示することが重要である。これについて再現性のある軌跡提示装置を用いて心理物理的に明らかにするのが第一の目的である。

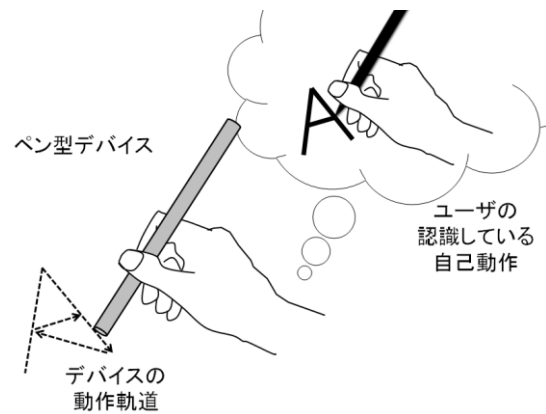


図1：提案手法の概要。

(2) 実用的な場面を想定したポータブルデバイスの開発

実際に提案手法を応用するにあたり、固定の大型デバイスの前でのみ利用が可能であるという状況は用途を限定してしまい好ましくない。したがってハンドヘルド型のポータブルデバイスの開発は応用上不可欠であると考えた。これを可能にするアクチュエーターの選定および開発、試作したプロトタイプにおける読字パフォーマンスの評価が主要な研究開発事項となる。

3. 研究の方法

まず、(1)のパフォーマンス特定については図2に示す2軸アクチュエータ上に搭載した直動ソレノイドによって上下する把持部が文字の軌跡をユーザーに提示する据え置き型の実験装置を製作し、これを用いた（図2）。ソレノイドはペンに相当し、これが上下することで「字画」と「字画間の移動」とをユーザーが区別できる。これは一筆書きで書けない文字の提示において不可欠である。文字の軌跡のデータはあらかじめペンタブレットを用いて手書きしたものを時間的にスムージングしたものを用いた。

ポータブルデバイスの開発は、デバイスの外形をアクリル板の積層において形成し、それと2軸のアクチュエータとを組み合わせることで外形に対し相対的に運動するテーブルを実現する。ユーザーは外形部を把持し、別の指でテーブルに触れ、その相対運動を知覚して提示された文字を読み取る。

4. 研究成果

まず、上述の据え置き型実験装置を用いて提案する方式によるヒトの文字認識のパフォーマンスを評価した。その結果、全く装置に触ったことのない被験者が70%程度の正解率で26文字のアルファベットの小文字を推定することができた。この際の筆記速度は1秒/字であり、運筆領域は平均して14mm 四方に収まっていた。この正答率は提示するアルファベットの形状および運筆が被験者のそれと異なることにより上限があると考えられるため、我々は各被験者に5分のトレーニ

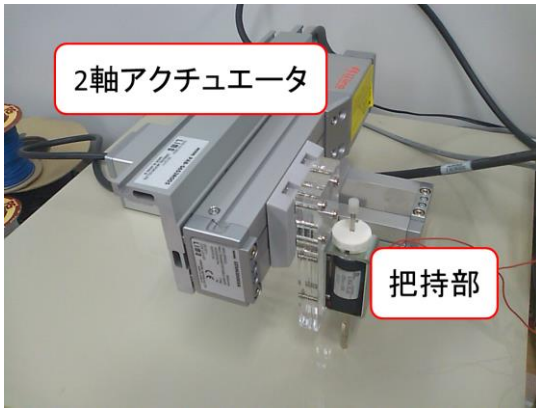


図 2：据え置き型実験装置。

ングを行い、デバイスが用意した文字の運筆を認識させた。その後の実験では正答率が 91%に達した。これは運筆領域を 7mm 四方に狭めても 85%と良好な値を維持した(図 3)。また、提示時間を半分の 500 ミリ秒にしたところ正答率は 70%前後と低下したが、小さな空間領域と刺激提示時間の両方にわたり、読字における直観性を保ったままこの程度まで小さくした例は過去に例がない。この結果は国際会議におけるポスター発表、デモ展示を経て触覚研究における代表的な国際誌 IEEE Transactions on Haptics に採録された。

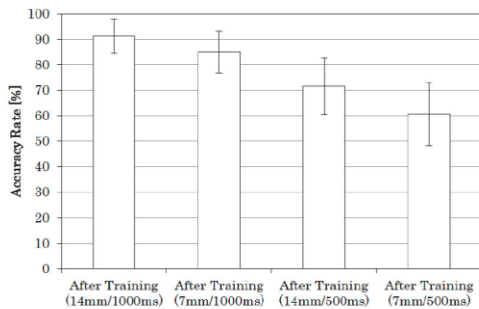


図 3：据え置き型装置における正答率。
(提示範囲／提示時間)

続いて、片手で操作可能なポータブルデバイスの試作を行った。デバイスは図 4 のように片手で把持および操作が可能であり、中央に超音波アクチュエータを用いた 2 軸の小型ステージが搭載されており、ユーザーはこの上に指を載せ、提示される文字の軌跡を読み取る。上述の据え置き型筐体におけるペンの上下運動の提示に対応し、本デバイスはステージの下部に広帯域の振動子を装着し、振動の有無により「字画」と「字画間の移動」の区別をユーザーが行えるようにした。

本デバイスは実用上さまざまな把持姿勢が考えられる。また、据え置き型におけるペンを把持するという制約にとらわれず指をステージに置くという方式を採用した。これはステージ上にペンに相当する治具を搭載したとして、これを 2 本の指でつまみつつ残りの指でデバイスを把持することが実用上

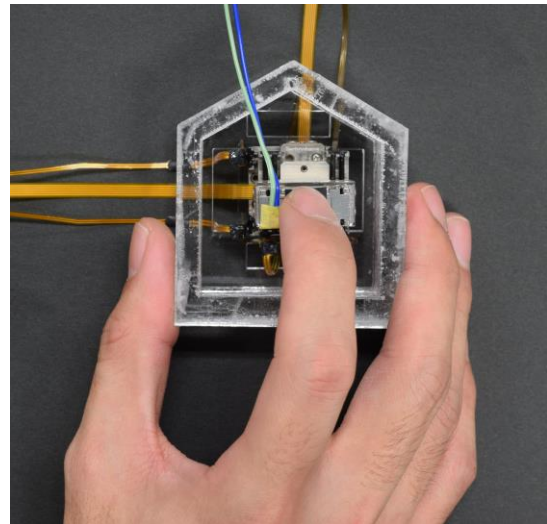


図 4：試作したポータブルデバイス。

困難であることによる。このような把持方式の変化が読字率に及ぼす影響を被験者実験により確認した。その結果、机に固定したデバイスのステージ上につまみを搭載し、これをつまんで文字を読んだ場合と、デバイスを手で把持し、同時にステージ上に指を一本載せて文字を読んだ場合とで、26 文字の小文字アルファベットを対象とした実験について正答率に有意な差がないことが明らかになった(図 5)。この結果はポータブルなデバイスにおいても同様の原理で直観的な文字提示が可能であることを示唆しており、応用上望ましいものである。

一方で、同一の実験により手首の向きによっては提示文字の鏡像をユーザーが誤認識してしまうことがあることも認められ、姿勢の不定性によりパフォーマンスに影響が出ることが確認された。よって、姿勢の不定性に対し適切な軌道を提示する必要があると

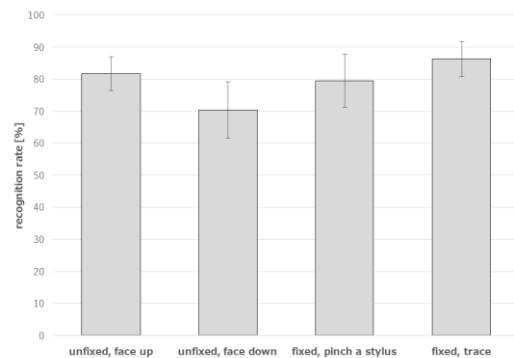


図 5：ポータブルデバイスにおける把持姿勢と正答率の関係。左から、「手の甲上向きで片手把持」「手の甲下向きで片手把持」「机にデバイス固定でつまみをつまんで読字」「机にデバイス固定でテーブルに指を載せて読字」の時の結果。

結論される。また、ポータブルデバイスにおいては、アクチュエータの性能により、直線的な軌道によって構成されるアルファベットを据え置き型の実験装置に比して遅い速度での提示を行うにとどまった。ゆえに、より高速でかつ精緻な文字軌跡の提示を可能にすることがシステムの性能の向上につながるであろう。

また、携帯電話のフリック動作を外力により追体験させることにより文字認識が可能であるかどうかについても基礎的な検討を行った。結果としては、可能ではあるものの直観性という意味では筆記動作に比して難易度が高く、また被験者ごとのパフォーマンスの差も筆記動作に比して大きかったことから直接応用に結び付けるには何らかの工夫が必要であろうという印象であった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

1. Keisuke Hasegawa, Tatsuma Sakurai, Yasutoshi Makino, Hiroyuki Shinoda, “Character Reading via Stylus Reproducing Normal Handwriting Motion”, IEEE Transactions on Haptics, vol.9, no. 1, pp. 13-19, Jan.-March 2016, doi:10.1109/TOH.2016.2517625 (査読有)

[学会発表] (計8件)

1. Kentaro Yoshida, Koji Tanaka, Keisuke Hasegawa, Yasutoshi Makino, and Hiroyuki Shinoda : Character Recognition by Flick Movements Presented on Fingers, Asia Haptics 2016, Kashiwanoha (千葉県柏市), Nov. 29-Dec. 1, 2016. (査読有、デモ発表)
2. 吉田 健太郎, 田中 宏治, 長谷川 圭介, 牧野 泰才, 篠田 裕之, “指のフリック動作提示による文字認識,” 第21回日本バーチャルリアリティ学会大会, 21F-04, つくば国際会議場, つくば, Sep 14-16, 2016. (査読無)
3. Koji Tanaka, Keisuke Hasegawa, Yasutoshi Makino, Hiroyuki Shinoda, “A Pocket-Size Alphabet Display with Letter Trajectories Presented to Fingers,” Proc. EuroHaptics 2016, pp.472-482. London, UK, Jul. 4-7, 2016. (査読有)
4. Koji Tanaka, Keisuke Hasegawa, Yasutoshi Makino, Hiroyuki Shinoda, “A Pocket-Size Alphabet Display with Letter Trajectories Presented to

Fingers,” London, UK, Jul. 4-7, Demo, Proc. EuroHaptics 2016. (査読有、3.に関連するデモ発表)

5. 田中宏治, 長谷川 圭介, 牧野 泰才, 篠田 裕之: 振動と文字軌跡の提示による小型触覚文字ディスプレイ, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016 論文集, No16-2, 1A1-20a7 (1)-(2), パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市西区, June 8-11, 2016. (査読無)
6. 田中 宏治, 長谷川 圭介, 牧野 泰才, 篠田 裕之: 文字軌跡上の追従運動による手指への文書提示, 第20回日本バーチャルリアリティ学会論文集, pp.34-35, 芝浦工業大学, 東京都江東区豊洲, 2015/9/9-11. (査読無)
7. Keisuke Hasegawa, Tatsuma Sakurai, Yasutoshi Makino, Hiroyuki Shinoda: Alphabet Letter Display via Imitated Writing Motion, Proc. 2015 IEEE World Haptics Conference (WHC), WIP-8 (Work-in-Progress Papers), Northwestern University, Evanston, IL, USA, June 22-26, 2015. (査読有)
8. Keisuke Hasegawa, Tatsuma sakurai, Yasutoshi Makino, Hiroyuki Shinoda: Alphabet Letter Display via Imitated Writing Motion, Proc. 2015 IEEE World Haptics Conference (WHC), D-11, Northwestern University, Evanston, IL, USA, June 22-26, 2015. (査読有、7.に関連するデモ発表)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1)研究代表者

長谷川 圭介 (Keisuke Hasegawa)
東京大学・大学院新領域創成科学研究科
特任助教
研究者番号: 20733108