振動により筆記感覚を再現するペン型インタフェース

大菅 誠弥†1 井村 誠孝†2 伊藤 雄一†3 岸野 文郎†4

概要:近年、スマートフォンやタブレット端末の普及により、スタイラスペンを用いた筆記機会が増加している、ス タイラスペンによる筆記では、一般的な紙とペンによる筆記と異なり、ディスプレイ面の素材とペン先の導電性素材 により決定される単一の筆記感覚しか得ることができない、そのため、ユーザは筆記時に書きづらさや違和感を覚え てしまう、本研究では、スタイラスペンに振動を付与することによって、従来のタッチディスプレイ上の筆記では得 ることができなかった、紙の上と同様な筆記感覚を再現する.

Pen-Shaped Interface with Writing-Like Haptic Feedback by Vibration

SEIYA OHSUGA^{†1} MASATAKA IMURA^{†2} YUICHI ITOH^{†3} FUMIO KISHINO^{†4}

Abstract: In recent years, an opportunity of writing with a stylus has been increasing due to the spread of mobile devices. Writing on a touch screen is different from handwriting on a paper in that users can't sense a single writing feels decided by the material of the display surface and conductivity material of the pen point. Therefore users learn sense of incongruity. In this paper, we realize interaction techniques to give various vibrations to stylus pen during writing on a touch screen.

1. はじめに

近年、タッチパネルを搭載したスマートフォンやタブレ ット端末が普及してきている. 文部科学省の「教育の情報化 ビジョン」によると、2020年度までに1人1台の情報端末 を用いて授業を実施するなどの情報通信技術を活用した教 育に関する指針が公表されている[1]. 今後もタッチディス プレイを搭載した端末の利用が進み, スタイラスペンでの 筆記機会が増加すると考えられる.

我々が慣れ親しんできた紙への筆記では、紙とペン先の 材質は様々であり、筆記時には多様な筆記感覚が生じる. 傾きや筆圧を感知できるスタイラスペンも登場しているが, ペン先はゴムなどの導電性素材に限られてしまう. そのた め、スタイラスペンを用いた筆記においては、ディスプレ イ面のガラスとペン先の導電性素材との接触による単一の 筆記感覚しか得ることができない. また, スタイラスペン では、紙の上での筆記と比較して、書いている感覚が乏し く、違和感を覚えるユーザも多い.

タッチディスプレイ上の筆記における書きづらさや違和 感をなくすため、スタイラスペンを使用した新しいインタ ラクション手法が提案されている. 書き味に着目した研究 として、渡邊らの味ペン[2]がある. タブレット上で視覚的 に筆先を表現することで、筆の筆記感覚を想起させる. タ ッチディスプレイ上での筆記においては感じることができ なかった筆記感覚を再現し,紙上での筆記と同様のフィー ドバックを与えることができる.

本研究では、紙と筆記具による筆記に着目し、紙上で用 いられる様々な筆記具の筆記感覚をスタイラスペンで再現 する. 筆記時には、紙と筆記具の接触部に摩擦が生じる. この摩擦から発生する振動がペンを保持している指先に伝 わることで、様々な筆記感覚の違いが生み出されると考え られる. 紙と筆記具の間に発生する摩擦や指先に伝わる振 動を動的に変化させることで、筆記感覚の再現を目指す.

2. 筆記感を再現するペン型インタフェース

2.1 提案手法

我々が慣れ親しんできた紙上での筆記では,ボールペン, クレパス,鉛筆,万年筆など多様な筆記具が使用されてき た. それらの筆記具のペン先は、様々な素材や形状で構成 されているため、紙との摩擦や指に伝わる振動が異なる. これらの違いが筆記感覚の違いを生み出している要因だと 考えられる. これまでに我々は紙の上での筆記で用いられ

^{†1} 関西学院大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University

^{†2} 関西学院大学理工学部

School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University

⁺³ 大阪大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Science and Techology, Osaka University

^{†4} 関西学院大学感性価値創造研究センター

Research Center for Kansei Value Creation, Kwansei Gakuin University

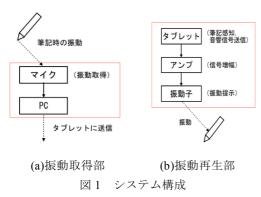


Fig.1 Components of proposed system

る筆記具3種について,筆記時にペンの持ち手部分に伝わる振動を解析した.その結果,筆記具ごとに異なった振動の特徴があることが明らかになった[3].筆記時に指先に伝わる振動を再現することにより,様々な筆記感覚を提示できることが期待される.また,筆記時には振動以外にペン先と筆記面との間に固着や摩擦が生じる.そのため,ペン先の物理特性を動的に変化させることで,振動だけでは得られない筆記感覚も提示できると考えられる.

本研究では、筆記時の振動の再現と、ペン先の粘性を制御することで筆記感覚の変化を実現する手法を提案する. 本稿では、振動による筆記感覚の提示が可能なペン型インタフェースの実装と評価について述べる.

2.2 筆記具に応じた振動の再現

指先で感じる高周波の振動は、方向に大きく依存しない[4]ため、1 軸方向の振動で筆記感覚の再現が可能である. 人間の知覚は、単一の感覚情報から行われるのではなく、複数の感覚情報を統合し、処理することで行われている. そのため、触覚だけではなく、聴覚にも刺激を与えることで触覚の再現性が高まる. したがって、スタイラスペンに筆記時の振動だけでなく、筆記音を同時にユーザにフィードバックすることで、筆記感覚の再現性も高まることが予想される. 提案手法では、マイクで筆記時の振動を音響信号として取得し、ボイスコイルを用いて筆記振動を再生する. 筆記時の振動を取得するシステムを図 1(a)、筆記感覚を再現するシステムを図 1(b)に示す. 筆記時の振動は、筆速や筆圧の影響を受ける. スタイラスペンの筆速と筆圧に応じて振動の振幅や周期を変化させることで、紙上と同様な自然なフィードバックの実現を目指す.

3. 実装システム

3.1 ペン型インタフェース

ペン型インタフェースのシステムの概観を図2に示す. タブレット端末には、静電容量方式のタッチディスプレイを備えたiPadを使用した.

振動取得部では、筆記時の振動を筆記具に装着したマイク(knowles 社、SP0103NC3-3)で取得する。マイクの取り付

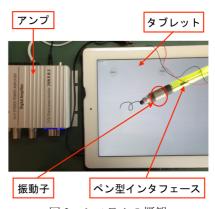


図 2 システムの概観 Fig.2 Overview of system



図 3 実装したペン型インタフェース Fig.3 Appearance of a stylus

け位置は、筆記具のペン先から 2cm 上部である. 取得した音響信号を PC に送信し、筆記時の音響信号以外の影響をなくすため、ノイズを除去する. フリーソフト Audacity を用いて、非筆記時において発生している音響信号をノイズとして除去した. ノイズ除去後、筆記振動の音響信号をタブレット端末に保存する.

振動再生部はタブレット、アンプ、振動子で構成されている。筆記振動の音響信号は、タブレットのイヤホンジャックと繋がれているアンプで増幅された後、振動子へ送信される。振動子はペンの動きを阻害しないよう、ペンに内蔵できる小型のものが望ましい。本システムでは、振動子(アルプス社、フォースリアクタ)をペンの先端から 2cm 上部の位置に内蔵した。サイズは 35.0mm×5.0mm×7.5mm と小型で重量も約 5g とペンに内蔵しても筆記動作を阻害しない。また、iPad のイヤホン端子からの出力では十分な振動を得られないため、20W の出力が可能なアンプ(Lepai 社、LP-2020A+)で音響信号を増幅し、振動子に送信する。

ペン型インタフェースの外観を図3に示す.インタフェース全体の重量は約20gで,長さは約140mmである.ペンのグリップ部分の直径は約10mmで,振動子を内蔵するのに十分な大きさのものを使用した.また,ペン先は一般的にスタイラスペンとして用いられている導電性のあるゴム素材を装着している.本実装で用いたペンの軸は,プラスチック製であり,グリップ部分まで導電しないため,グリップに導電性素材を巻くことで静電容量式のディスプレイに反応するようにしている.

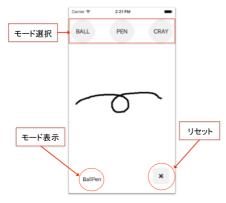


図4 ペイントアプリケーションの外観

Fig.4 Paint application

3.2 アプリケーション

筆記感覚の変化を活用したペイントアプリケーションを 試作した.アプリケーションの開発は iOS SDK を利用し、 Swift で記述した.アプリケーションの外観を図 4 に示す. iPad で筆記を感知すると、あらかじめ取得されている振動の音響信号がアンプで増幅されて振動子で再生される.ディスプレイでタッチを認識し、ペンが動き出すと、音響信号が再生されて振動が指先に伝わる.筆記感覚のモードは「ボールペン」、「鉛筆」、「クレパス」の3種類を選択できるようにしている.また、筆記時の振動を筆圧と筆記速度によって変化させる.筆圧は、ペン先とディスプレイとの接触面積を iOS の API を用いることで擬似的に取得している.

4. システム評価実験

4.1 筆記感覚の知覚実験

取得した振動を実装したペン型インタフェースで再生することによって、筆記感覚を再現できているのか評価した.まず、筆記具(ボールペン、鉛筆、クレパス)を用い、紙の上に直線を筆記してもらい、筆記している感覚を覚えてもらう.次に、実装したペン型インタフェースを用い、タブレット上で直線を筆記してもらう。筆記時にはシステムによって筆記感覚を想起させる音響信号が再生され、ペンに内蔵された振動子から指先に振動が伝わる.その後、紙の上で用いる筆記具の筆記感覚をタブレット上で再現できているのか5段階で評価してもらう。5であれば、再現ができていることを表す。筆記時には、振動子から発生する音の影響を受けないようにヘッドホンでホワイトノイズを聞きながら実験した。実験参加者は21~24歳の6名で、質問項目は以下の3つである。

Q1:ボールペンの筆記感覚を再現できている.

Q2:鉛筆の筆記感覚を再現できている.

Q3: クレパスの筆記感覚を再現できている.

4.2 実験結果と考察

実験結果を図5に示す.Q1のボールペンの筆記感覚の再

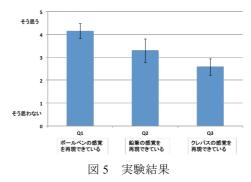


Fig.5 Experimental result

現については平均が4.1と高い評価を得ることができた。 ボールペンのペン先が金属製であるため、他の2種に比べ てグリップ部分を通じて手に振動が伝わりやすく, 振動子 での筆記感覚再現が有効であったと考えられる. 次に Q2 の鉛筆の筆記感覚の再現については平均が3.3であったが、 標準偏差が 1.0 とばらつきが大きく, 5 と答える実験参加 者もいた. 鉛筆の筆記時にはボールペンと比較すると指先 に伝わる振動が小さく,筆記感覚を決める他の要素である 鉛筆のグリップ部分の材質や摩擦感を基準に感覚を判断し ていることが考えられる. Q3 のクレヨンの筆記感覚の再現 に関しては、平均が 2.6 と最も評価が低かった. クレヨン はペン先が太く、紙に固着して動きが止まる性質があるた め,筆記感覚が振動以外の要素に依存していると考えられ る. 実験結果から筆記感覚を決める要素として振動感覚が 強く働いている場合であれば、振動子による筆記感覚の再 現が有効である事が示唆された.

5. おわりに

本稿では、我々が慣れ親しんだ紙とペンとの筆記感覚に着目し、ディスプレイとスタイラスのインタラクションにおいて、筆記感覚を拡張する手法を提案した。筆記感覚を再現するペン型インタフェースを開発し、筆記時に振動を付与できるペイントアプリケーションを実装した。また、振動による筆記感覚の再現性を評価したところ、振動による筆記感覚の再現が筆記具の材質によっては有効であるとわかった。今後は、小型化を進めるとともに、筆記感覚と視覚との相互作用についても調査していく予定である。

参考文献

- 1) 文部科学省: 教育の情報化ビジョン (2011).
- 2) 渡邊恵太, 安村通晃: 味ペン: 仮想筆先による触覚的「書き味」 感覚提示の提案と試作, インタラクション 2007 予稿集, pp. 138-184 (2007).
- 3) 大菅誠弥, 中西祐貴, 岸野文郎, 伊藤雄一: ペン型インタフェースにおける入力特性に関する一検討, 日本バーチャルリアリティ学会第 19 回大会論文集, pp. 292-293 (2014).
- 4) Bell, J. et al.: The Structure and Function of Pacinian Corpuscles: A Review, Progress in Neurobiology, Vol. 42, No. 1, pp. 79-128 (1994).