

# VibraPen: 簡易制御可能な高周波振動 フィードバック機能を持つスタイラス

尾高 陽太<sup>1</sup> 福地 健太郎<sup>1,2</sup>

**概要:** 触覚フィードバック機能を搭載したペン入力機器用スタイラス“VibraPen”を開発した。入手の容易な部品で構成され、端末との接続はオーディオインタフェースを用いているため簡便で、モバイル用途に向く。VibraPen を用いることで、スタイラスが触れている仮想物体の材質の違いや、凹凸感、仮想力覚を表現することが可能である。GUI への質感の付与、仮想現実感の提示、操作支援などの応用が期待できる。

## VibraPen: a High Frequency Vibro-tactile Feedback Stylus with Simplified Interface

YOTA ODAKA<sup>1</sup> KENTARO FUKUCHI<sup>1,2</sup>

**Abstract:** We introduce “VibraPen”, a tactile feedback stylus for pen input devices. It employs commodity components and uses audio interface to communicate to a device, thus it is easy to connect to mobile devices. VibraPen enables to generate pseudo material textures, embossing effect, and virtual force sensation. It can be used to apply tactile feedback to graphical user interface, pseudo haptics, and pen-input assist.

### 1. 序論

ペン入力機器において、ユーザはペン（スタイラス）を介して画面上の仮想オブジェクトに触れ、それに対して操作を行うことになる。その際にスタイラスに触覚フィード

バックを加えることで、ユーザにまるでその仮想オブジェクトから直接フィードバックを受けているかのような感覚を与えることができる [1][2]。入出力を同じ身体部位で処理するため効果が高いこと、また一般にペン入力機器ではスタイラスが唯一の入力経路でありそこにフィードバックを集中させることができるために装置が大がかりになりにくいという利点がある。

近年ではタッチパネル搭載のモバイル端末が広く普及しており、こうした機器ではペン入力をあわせて受け付けるものが多い。そのため、モバイル端末向けにフィードバック機構を搭載したスタイラスを提供することで、触覚フィードバック研究の応用範囲を広げることができる。

従来の触覚フィードバック機能つきスタイラスでは、大きな動きを表現するために複雑かつ大がかりな機構を持ち、モバイル用途には向かないものがあった。また、様々な応用を模索する上では複製が容易であることが望ましい。

そこで本研究では、入手が比較的容易な部品を用い、またモバイル端末との接続が簡便で、開発のしやすいフィードバック機構搭載スタイラス“VibraPen”を開発し、広く



図 1 先端部構造が異なる三種類の VibraPen と、iPad に接続した様子。

Fig. 1 Three VibraPens that have different nibs, one is connected to an iPad.

<sup>1</sup> 明治大学  
Meiji University

<sup>2</sup> 科学技術振興機構  
Japan Science and Technology Agency

研究開発に供することで、触覚フィードバック研究のさらなる進展を支援することを目指した。

## 2. 実装

触覚フィードバックの生成には、TactileLabs の “Haptuator Mark II” を使用した。同製品はボイスコイル型のアクチュエータで、音声信号を入力することで制御でき、応答性に優れる。これをスタイラスのグリップ部に取り付け、端末の音声出力端子に接続して使用する(図1)。使用する際は、図2に示すように、スタイラスとアクチュエータを同時に指先でつまむ。本手法は、モータを使用する従来手法と比べると、応答性および高周波のフィードバックを生成できる利点がある。

スタイラスは入力機構によってその先端部の材質や構造が異なる。これまでに、導電性ラバーを使ったもの・プラスチック製の導電ディスクを搭載したもの・プラスチック製の細いペン先を持つもので試行している。先端部はスタイラスとパネルとの接触部位であり、その材質や構造の違いによりユーザーが受ける触感は大きく異なるが、提案手法によるフィードバックも大きく影響を受けることがわかっていてる。

フィードバックの生成は適切な波形を音声として出力することによって行う。正弦波や矩形波などの波形、またその周波数やデューティ比、振幅を変化させることでスタイラスから受ける触感に変化する。

本スタイラスを使用中は端末から音楽や効果音などの音声出力をユーザに与えることができない。しかし多くの端末ではステレオ出力が可能であるため、片方のチャンネルをフィードバック生成に用い、もう片方のチャンネルをイヤフォンに接続することで、モノラル再生であれば音声出力は可能である。またアクチュエータ本体からも可聴音を発することは可能だが、音は強く歪むため用途は限定される。

## 3. 応用

ユーザのスタイラス操作に応じたフィードバックにより様々な感覚を提示することができる。例えばスタイラスが動いている間は白色雑音を出力することで、パネルの摩擦が増加したような感覚を提示することができる。また、スタイラスの移動速度に応じて振幅を変化させると摩擦が増大するように感じられることが観察された。

また、暦本らの研究[3]に倣い、アクチュエータに与える波形のデューティ比を制御することで、仮想的な力覚をスタイラスの軸方向に与えることができる。山岡らはスタイラスの軸に直交する二軸に同種のアクチュエータを用いることで、スタイラスに対してパネル平面に沿った力覚を与え、スタイラスを自走させたりユーザの入力に対する支援を行うことを狙っている[4]。本応用ではさらに軸方向の力覚提示をすることで、ユーザにペンの上げ下げ操作を



図2 iPhoneに接続されたVibraPenを使用している様子。  
Fig. 2 The user holds a VibraPen, connected to an iPhone.

促したり、紙面の凹凸感を提示できる。

## 4. 今後の展望

現在の物理的実装について見直し、アクチュエータを内部に組み込んだスタイラスを設計することを検討している。またアクチュエータにどのような波形を与えることでどのような触覚フィードバックを生成できるか、またその周波数特性、およびスタイラス先端部の材質の影響を詳細に調査することを予定している。また、仮想力覚の特性を調査し、効果的に力覚を与えるアクチュエータの配置を検討する。

また、同種の機構をスタイラスではなくボールペンや鉛筆などの筆記具に応用することを検討している。

## 謝辞

本研究の遂行にあたって実装の詳細な情報を始め様々のご助言をいただいた、慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科の山岡潤一さんに感謝いたします。

## 参考文献

- [1] Withana, A., Kondo, M., Makino, Y., Kakehi, G., Sugimoto, M. and Inami, M.: ImpAct: Immersive Haptic Stylus to Enable Direct Touch and Manipulation for Surface Computing, *Comput. Entertain.*, Vol. 8, No. 2, pp. 9:1–9:16 (online), DOI: 10.1145/1899687.1899691 (2010).
- [2] Nagasaka, S., Uranishi, Y., Yoshimoto, S., Imura, M. and Oshiro, O.: Haptylus: Haptic Stylus for Interaction with Virtual Objects Behind a Touch Screen, *SIGGRAPH Asia 2014 Emerging Technologies*, ACM, pp. 9:1–9:3 (online), DOI: 10.1145/2669047.2669054 (2014).
- [3] 暦本純一: Traxion: 仮想力覚提示デバイス, 第21回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2013) 論文集, pp. 91–96 (2013).
- [4] Yamaoka, J. and Kakehi, Y.: A Pen-based Device for Sketching with Multi-directional Traction Forces, *Adjunct Proceedings of UIST '14*, ACM, pp. 43–44 (online), DOI: 10.1145/2658779.2659105 (2014).