

ソレノイドを利用した動的触覚呈示デバイスによる 音楽演奏インタフェースの提案

金井隆晴[†] 菊川裕也[†] 鈴木龍彦[†] 馬場哲晃[†] 串山久美子[†]

著者らはソレノイド機構によって上下運動をする円柱状の可動ユニットを利用した箱型の動的触覚呈示デバイス「PocoPoco (ポコポコ)」を制作している。PocoPoco は上面に手をかざすことで主に触角のみで情報の入出力ができるデバイスである。このデバイスは様々な用途で汎用的に使用できるインタフェースであるが、本稿では音楽演奏インタフェースとして用いることを提案する。

A Proposal of Musical Interface On a Dynamic Tactile Sensation Device

Takaharu Kanai[†] Yuya Kikukawa[†] Tatsuhiko Suzuki[†]
Tetsuaki Baba[†] Kumiko Kushiya[†]

We developed a box-shaped device “PocoPoco” which controls the movement of columnar units with built-in solenoid actuator, and gives users dynamic tactile sensations using them. PocoPoco is an input/output device which can be used without visual information, because it can indicate all input/output information through the dynamic tactile sensations. This device is a versatile interface which can be used in various situations. In this paper, we propose to use it as a musical interface.

1. はじめに

著者らはこれまで触覚呈示を利用した装置を開発してきた 1)2)3)。その中で、ソレノイド機構を利用した動的な触覚呈示が可能な入出力デバイスを制作している。今回はそこでの知見を利用し、ソレノイド機構を有したユニットをマトリクス上に配し、触覚呈示に重点を置いたインタラクションを行うデバイス「PocoPoco (ポコポコ)」を提案する。PocoPoco は汎用的な用途を想定したデバイスで玩具や様々な入出力インタフェースとしての利用が考えられる。

著者らは過去に、PocoPoco を使用したアプリケーションとして健常者と視聴覚障害者が一緒に遊ぶことが出来るゲーム「Poc0thello(ポコセロ)」の提案を行った 4)。これは本デバイスを共有玩具として用いる提案である。本稿では PocoPoco を音楽演奏用のインタフェースとして使用することを提

案する。またこの用途で用いるアプリケーションを「Poco Sequencer(ポコシークエンサ)」とし、それについても紹介する。このアプリケーションではインタフェースのそのものが動くことにより、音楽演奏に視覚情報、触覚情報を付加することができる。

2. 関連研究

状況に応じて形状が変化するインタフェースという点で G.Michelitsh ら 5) が行った「Haptic Chameleon」や、中谷ら 6) の「Pop Up!」などの研究がある。Haptic Chameleon ではボリューム操作やトラック操作等の入力要望に応じてつまみ式インタフェースの形状が変化する。「Pop Up!」では形状記憶合金を利用した動的な触覚ディスプレイを実現している。マトリクス上に配置された各々の物体の高さが制御できるという点で、本研究において類似しているが、突出の高低差や即時性、入力機構に関する点が異なる。

著者らが以前に制作した「Emerging Keys」では底面に磁石がついたキーが電磁力によって浮き上がり、凸部を表現することができる。つまり凹凸によ

[†] 首都大学東京大学院システムデザイン研究科

って視覚と触覚に情報を伝える出力装置としての機能を持ち、同時に下部にスイッチを備えることにより入力装置としての機能を持つ。またこのデバイスは用途によって、突出するキーが変動し、ユーザに使用しやすいキー配置を提供することが出来た。しかし今回の我々の目的に対しては、Emerging Keys のキーは数が多く(10 行×6 列)、キー同士の間隔は 50mm と広いため、触覚のみで一度に全体の凹凸を認識するのは困難であった。そこでデバイスの制作においては両手をかざすことで感知可能な大きさに設計し、4 行×4 列の円柱状可動ソレノイドユニットを 35mm 間隔に配置することにした。

3. 実装

3.1 PocoPoco のシステム概観

PocoPoco の外観を図 1 に、PocoPoco のシステム構成を図 2 に示す。16 個のソレノイドユニットは各々が独立してマイコンに接続され、可動部の動きが制御される。

また各ソレノイドユニットの下にはタクトイルスイッチがマトリクス状に配置されており、ユーザが可動部を押すとスイッチも押される仕組みになっている。この入力機構によりインタラクティブな動作を可能とした。デバイスの仕様については表 1 に示す。



図 1 PocoPoco の外観

3.2 ソレノイドユニットの制作

PocoPoco のハードを設計する上で、最も重要になるのはソレノイドユニットの部分である。今回提案するインタラクシオンでは、スイッチを押す独自機構や、その動作のデザインが必要となるため、市販のソレノイドでは代用が困難であった。そのため、ソレノイドを自作した。

(1) ソレノイドユニットの構造

ソレノイドユニットは大きく分けて、可動部と土台部から出来ている(図 3)。可動部の底にはリング型ネオジウム磁石が取り付けられており、土台部はエナメル線が巻かれソレノイドの役割を果たしている。ソレノイドに電流が流れることで、ネオジウム磁石が反発力を受け、可動部が浮き上がる。またソレノイドユニットの下にはタクトスイッチが配置されており、ソレノイドユニットを上から押すことで、可動部の底から伸びた棒状のパーツがスイッチを押す構造となっている。

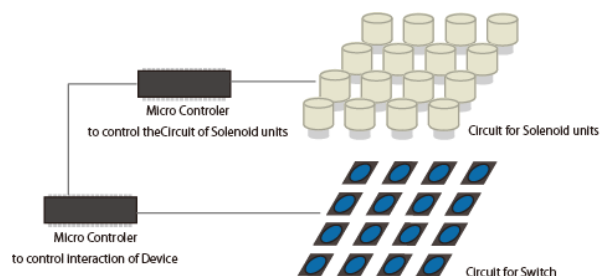


図 2 PocoPoco のシステム構成

(2) 材質の検討

ソレノイドユニットの大部分は ABS 樹脂で形成されている。ただし可動部を収容する筒の部分(図 3 参照)はアルミニウムパイプを使用した。当初は筒の部分も ABS 樹脂で作成したのだが、ABS 樹脂の場合、可動部が上下移動する際にバネ運動してしまった。アルミニウムは常磁性の金属であるため、アルミパイプの中をネオジウム磁石が移動すると、逆向きに電磁力が生

じて、等速運動に近い動きとなる。この逆向きの力によって、樹脂素材を使用した際に見られたバネ運動が見られなくなった。この動きが我々が意図していた動きに近いという理由から、筒の材質をアルミニウムに変更した。

表 1 PocoPoco の仕様

動作電圧	12V
最大電力	60W
筐体寸法	寸法 205x205x100 (WxDxH) mm
総重量	1100g
筐体材質	シナベニヤ
ソレノイドのピッチ	35mm
可動部の上下動の差	10mm
可動部重量	5g
コイル巻き数	500 回
ソレノイドユニット材質	ABS 樹脂, アルミニウム

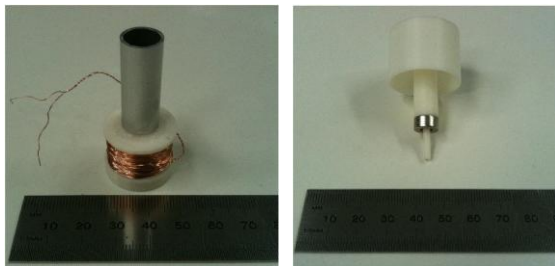


図 3 ソレノイドユニットの外観(左：土台部，右：可動部)

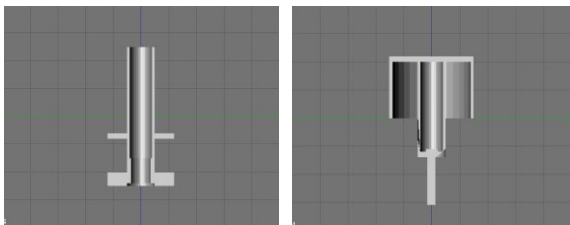


図 4 ソレノイドユニットを構成する部品の断面図(上：土台部，下：可動部)

4. Poco Sequencer (ポコシークエンサ)

ソレノイドユニットの上下運動をコントロール可能な PocoPoco の特色を活かした新たなリズムシークエンサアプリケーション「Poco Sequencer (ポコシークエンサ)」提案する。

4.1 概要

Poco Sequencer は PocoPoco を利用した音楽演奏用アプリケーションである。演奏者はソレノイドユニット(以後、このソレノイドユニットのことを Poco と呼ぶ)のスイッチの on / off を選択することで一定周期の自動演奏を繰り返すリズムシークエンサの演奏音を操作することが出来る。16 個の Poco はそれぞれシークエンサの演奏する一小節の音楽の 16 分音符に対応しており、スイッチが on になっている Poco は所定のリズムで上下運動を行い、同時にそれに対応する音源が再生される。

4.2 システム処理の流れ

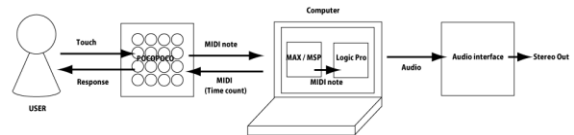


図 5 Poco Sequencer 入出力図

Poco Sequencer はリズムに合わせて Poco を上昇させ同時に MIDI out から MIDI note on のメッセージを伝達する。コンピュータソフトウェア MAX / MSP は各 MIDI インタフェースからのメッセージを受け取り音源再生用の DAW ソフトウェア, Logic pro に送る中継の役割と、複数台の PocoPoco の MIDI in に対して同時に同一の MIDI メッセージを送ることで PocoPoco がリズムを同期させるための役割を担っている。

MAX / MSP から MIDI メッセージを受け取った Logic Pro は各 MIDI チャネル, MIDI ノートに対応した音源を再生する。

4.3 複数台での合奏

前節のシステムにより MIDI を介してコンピュータと複数台の PocoPoco を接続しリズムを同期させた合奏を行うことができる。MIDI チャンネルの割り振りによってデバイスごとに別々の音色を設定することができ、様々な楽器音やサンプリング音源を利用した多様な合奏が可能である。

4.4 同時押しによる MIDI チャンネル切り替え

デバイスの入力は Poco の下に配置された 16 個のスイッチのみである。故に一つずつの Poco の on / off を切り替えるだけでは 16 個の音源を再生する／しないという単純な指示しか出せない。そこで複数個の Poco が同時に押されたことを認識し別の音色に切り替えるプログラムをつくり(MIDI チャンネルを切り替える)、一つのデバイスで実質的に 16 個×16 チャンネルの on / off を使った演奏を可能にした。

4.5 合奏パフォーマンス

著者らは 3 台の PocoPoco を制作し、インターカレッジ・コンピュータ音楽コンサート 2010 (2010 年 12 月, 主催: インターカレッジ・コンピュータ音楽実行委員会) においてこの合奏システムを利用した 3 人の演奏者による合奏パフォーマンスを実施した。

5. 今後の展望

5.1 Poco の上下位置情報, 回転情報の取得

PocoPoco を楽器としてみた場合, 現在の時点では Poco の動きと出力される音の関係は, Poco のストロークが音に同期しているだけである。この点を踏まえて, 上がってくる Poco を掴んで上下に揺る, 回転させるなどの動きを PocoPoco が検知することでより幅広い入出力を行うことを検討している。

5.2 光のインタラクション

モードの切り替えりやデバイスの動きに合わせて, Poco が光によって色情報を提示できる機能を検討している。

参考文献

- [1] Kushiya, K., Inose, M., Yokomatsu, R., Fujita, K., Kitazawa, T., Tamura, M., and Sasada, S. 2006. Thermoesthesia: about collaboration of an artist and a scientist. In *ACM SIGGRAPH 2006 Sketches* (Boston, Massachusetts, July 30 - August 03, 2006). SIGGRAPH '06. ACM, New York, NY, 142.
- [2] Kumiko Kushiya, Shinji Sasada 「Fur-Fly Art Gallery」ACM SIGGRAPH2009,2009-8 Leonardo Journal August 2009
- [3] Baba, T., Ushiyama, T., and Tomimatsu, K. 2008. Emerging keys: interactive electromagnetic levitation keys. In *ACM SIGGRAPH 2008 Posters* (Los Angeles, California, August 11 - 15, 2008). SIGGRAPH '08. ACM, New York, NY, 1-1.
- [4] 金井隆晴, 菊川裕也, 馬場哲晃, 串山久美子. “PocoPoco -ソレノイドを利用した動的触覚提示が可能な「あそび」の提案-”. エンターテインメントコンピューティング 2010, 2010.
- [5] Michelitsch, G., Williams, J., Osen, M., Jimenez, B., and Rapp, S. 2004. Haptic chameleon: a new concept of shape-changing user interface controls with force feedback. In *CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (Vienna, Austria, April 24 - 29, 2004). CHI '04. ACM, New York, NY, 1305-1308.
- [6] Nakatani, M., Kajimoto, H., Sekiguchi, D., Kawakami, N., and Tachi, S. 2004. Pop Up!: a novel technology of shape display of 3D objects. In *ACM SIGGRAPH 2004 Emerging Technologies* (Los Angeles, California, August 08 - 12, 2004). H. Elliott-Famularo, Ed. SIGGRAPH '04. ACM, New York, NY, 21.