

日用品を駆動対象とした電磁石ツールキットの提案

道貝 駿斗^{1,a)} 新山 大翔^{1,b)} 沖 真帆^{1,c)} 塚田 浩二^{1,d)}

概要: 近年、電磁石をアクチュエータとして利用したインタラクションに関する研究が盛んに行われている。しかし、これらの研究の多くは、大規模な電磁石制御装置を用いて専用の磁性体を動作対象とするため、様々な場面で柔軟に応用させることは難しい。本研究では、電磁石による制御対象として、金属製の食器や工具などの日用品に着目した。こうした磁性を持つ日用品を電磁石で駆動させることで、日常生活の中での新しい情報提示手法や、エンターテインメントとしての応用に繋がる可能性がある。本研究では、電磁石で日用品を駆動させるための電磁石デバイスツールキットを提案し、そのプロトタイプを作製した。

Electromagnet Toolkit to Activate Daily Commodities

DOGAI HAYATO^{1,a)} NIYAMA HIROTO^{1,b)} OKI MAHO^{1,c)} TSUKADA KOJI^{1,d)}

Abstract: Recently, many interactive systems using electromagnets have been proposed. However, these systems have difficulties to be used in daily environments since most systems require large number of electromagnets and special ferromagnets. We focus on ferromagnetic daily commodities (e.g., tableware and tools) and try to actuate them using electromagnets. In this paper, we propose an electromagnet toolkit to actuate daily commodities and develop a prototype.

1. 背景

近年、電磁石をアクチュエータとして利用したインタラクションに関する研究が盛んに行われている。例えば、テーブルトップ状に電磁石を配置し、引力と斥力を制御することで、テーブル上での「物体の平面移動」や「触覚提示」などを実現した研究などが例として挙げられる [1][2]。

しかし、こうした電磁石をアクチュエータとして利用したインタラクション研究では、大規模な電磁石制御装置を使用することを前提としていることが多いため、それに比例したスペースや電力が必要になる。また、磁力を用いた駆動方式は、磁性を持つ物だけに効果を発揮するため、対象物が限定されてしまう。これらの問題点から、電磁石を用いたインタラクション手法の応用場面は限定されていた。

本研究では、電磁石で駆動する対象物として、「日用品」に着目した。日用品の中には、スプーンやフォークなどの食器類や調理器具、ドライバーやスパナのような工具など、磁性を持つ物が数多く存在する。これらの日用品には、18-0 ステンレスという、サビの防止効果と磁性を併せ持つステンレス素材が使用されていることが多い。また、これらの日用品は、食器掛けや工具掛けなどのような日用品を収納/固定するための「固定具」と併せて使用される場合も多い。そこで、これらの「磁性を持つ日用品」「固定具」「電磁石」を組み合わせることで、電磁石を用いた駆動方式を日常生活に適応できる可能性があると考えた。そこで本研究では、「磁性を持つ日用品」を任意に駆動するための電磁石ツールキットを提案する。

2. 関連研究

本章では、本研究に関連する研究事例について「電磁石を用いたインタラクションの研究事例」「日用品にアクチュエータを組み込んだ研究事例」「デバイスツールキットの研究事例」という領域から紹介する。

¹ 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate, 2-116, Kamedanakano-cho,
Hakodate, Hokkaido, Japan, 002-0803

a) g2116029@fun.ac.jp

b) g2216001@fun.ac.jp

c) okimaho@acm.org

d) tsuka@acm.org

2.1 電磁石を用いたインタラクションの研究事例

電磁石を用いた研究は数多く行われているが、その中でも特に、テーブルトップ上に電磁石を配置/制御することで、新しいインタラクション手法を提案する研究は盛んに行われている。Actuated Workbench[1]は、テーブルの内部に配置した電磁石を制御することで、テーブルトップ上での物体移動を可能にした。ProactiveDesk[2]では、テーブルの内部に配置した電磁石を制御し、一方でユーザの手に金属片を取り付けることで、ユーザの手に対する力覚提示を行った。ZeroN[3]は、テーブルの上部に磁気浮上装置を設置し、テーブル上に上から磁力をかけることによって、三次元空間上での磁性球体の動きの制御が可能になった。また、テーブルトップ上以外の電磁石を用いたインタラクションの研究事例として、FluxPaper[4]がある。FluxPaperは、通常の紙の裏面に磁性パウダーを薄く塗布した新しい紙媒体である。このFluxPaperの応用例として、壁面型の電磁石制御装置を用いることで、ホワイトボード上での「移動」や「貼り付け」の制御が可能である。

これらの研究では、電磁石を用いた新しいインタラクション手法を可能にした一方で、独自に開発した巨大な電磁石制御装置や、それに伴った電力が必要になるため、使用場が限定されてしまう。本研究では、デバイスの筐体設計を比較的シンプルかつモジュール化したため、日常生活の様々な場面での応用が可能になると考えている。

2.2 日用品にアクチュエータを組み込んだ研究事例

Pinwheels[5]は、地下鉄や道路などの混雑状況や、メールや株などのネット上での人々の活動量をトリガーとして、室内に設置された大量の風車を回転させることによって情報提示を行うシステムである。SyncDecor[6]は、遠隔地同士でのコミュニケーション支援を目的に、室内のゴミ箱や照明などの日用品の挙動を、遠隔地にある同様の日用品の挙動と同期させることで情報提示を行うシステムである。Kadebo[7]は、任意の家電に装着することで、家電の動作状況に連動して駆動する小型ロボットであり、家事を楽しく行うことを目的としている。

本研究で提案する電磁石ツールキットでは、日用品自体に手を加えることなく、外部から手軽に動きを与えることで、日用品を利用した情報提示を行うことを目的としている。

2.3 デバイスツールキットの研究事例

Arduino[8]は、AVR マイコン/入出力ポートを備えた基板/統合開発環境から構成されるデバイスツールキットであり、手軽にセンサやアクチュエータを扱うことができる。Phidgets[9]は、USB 経由で様々なセンサやアクチュエータを扱えるデバイスツールキットであり、多様な開発言語でのプログラミングが可能である。Physikit[10]は、

モータ/LED/ファン/ブザーなどのアクチュエータを個別に搭載したキューブ型のデバイスツールキットであり、Wi-Fi 経由での手軽な制御が可能である。Webmo[11]はネットワーク経由での制御が可能な WebAPI を備えたステップモータである。MobiServer[12]は、多様なデバイスやツールキット群を統一して扱うためのミドルウェア群である。

本研究で提案する電磁石ツールキットでは、金属製の日用品を駆動することに特化している点が特徴であり、「金属製の日用品」に合わせて、日用品固定具と電磁石固定具を設計することで、様々な日用品を駆動させることを目的としている。

3. 提案

本研究では、磁性を持つ日用品に合わせた「日用品固定具」と「電磁石固定具」を設計することで、日用品自体に手を加えずに、外部から手軽に動きを与えられる電磁石ツールキットを提案する(図1)。本ツールキットを用いることで、日常生活での新しい情報提示手法の提案や、日常でのエンターテインメント要素の拡張などにつながる可能性があると考えられる。本章では、プロトタイプのコネクト及びシステム構成について述べる。

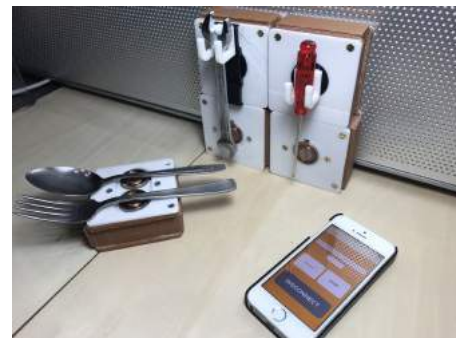


図1 電磁石ツールキットの外観

Fig.1: The appearance of electromagnet toolkit.

3.1 コンセプト

本提案のコンセプトは、以下の3点である。

- (1) 駆動対象として日用品を利用
- (2) 多様な日用品に対応した固定方式の提供
- (3) シンプルで拡張しやすい設計

(1)は、磁性を持つ日用品を対象として、磁力で駆動させることを目的としていることである。前述したように、日用品の中には、食器類や工具類など、磁性を持つものが数多く存在する。これらの日用品の固定具に電磁石を組み込むことによって、磁力によって日用品を電磁石に「吸い付ける」という動きが可能になり、同時に、日用品が電磁石に吸い付けられた際の接触音を鳴らすことも可能になる。これらのような、日用品を電磁石に「吸い付ける」という

駆動方法と、その際に生じる接触音を応用することで、新しい情報提示手法などに活用できると考えている。

(2)は、日用品を固定するパーツと電磁石を固定するパーツそれぞれをモジュール化することで、多様な日用品を対象として、それぞれの固定具の設計を行えるようにすることである。これによって、様々な大きさ/長さ/形状の日用品を、それぞれ専用の固定具で固定することができたり、デバイス自体の日常場面への設置方法や固定方法などを変更することが可能になる。また、電磁石固定具をモジュール化することで、必要に応じて組み込む電磁石の個数や配置を変更することが可能になる。

(3)は、デバイスの外観や形状を可能な限りシンプルにすることで、より日常生活の様々な場面に組み込みやすくすることである。本提案では、電磁石ツールキットを日用品とともに日常生活に組み込むことを目的としているため、壁面や机上などの様々な生活場面に柔軟に組み込むことができるような筐体設計が望ましい。また、筐体だけでなく、電磁石の操作方法も、オン/オフの切り替え周期を変化させる、というシンプルな設定とすることで、複雑さを軽減し、様々な日用品に対応できることを目指している。

3.2 システム構成

本研究で提案する電磁石ツールキットは、電磁石/マイコンを組み込んだ電磁石モジュールと、日用品を固定するための日用品固定モジュールから構成される。また、マイコン及び電磁石の操作はスマートフォン上のホストプログラムから行う。システム全体の構成を図2に示す。

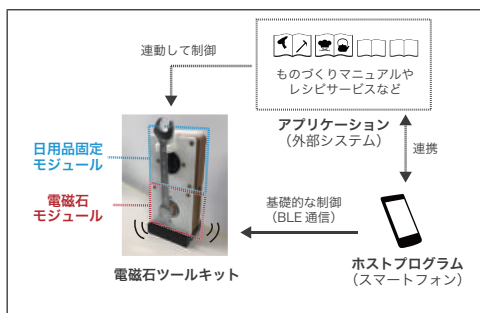


図2 システム構成図

Fig.2: The system architecture.

電磁石モジュールには、電磁石とBLEマイコンを組み込み、スマートフォンとの通信を行う。スマートフォン上のホストプログラムからは、電磁石のオン/オフの切り替え周期の操作などを行い、マイコンを介して電磁石を制御する。また、ホストプログラムは、将来的にレシピ共有Webサービス等の多様なアプリケーションとの連携を予定している。

4. 実装

本章では、作製したプロトタイプの実装について述べる。

今回、工具を対象としたプロトタイプを設計した。以下、「電磁石モジュール」「日用品固定モジュール」「ホストプログラム」それぞれの実装について述べる。

4.1 電磁石モジュール

電磁石モジュールは、電磁石を固定する「電磁石固定部」、マイコン/モータードライバ/電磁石用コネクタなどを組み込んだ基板を搭載する「基板固定部」、及び両者間を取り持ち一つの立方体形式にまとめるための「接続部」の3つのパーツから構成される(図3)。

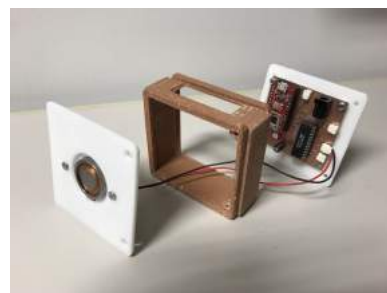


図3 電磁石モジュールの分解図(左から電磁石固定部/接続部/基板固定部)

Fig.3: The configuration of an electromagnet module.

また、これら3つのパーツは、それぞれがモジュール化されているため、デバイス自体の分解/組み立てを容易に行うことができる。電磁石は、TMN-2613S(26×15mm, 60N~175N)を使用し、電磁石固定具に1~2個を固定することができる。基板上には、BLEマイコン/モータードライバ/電磁石用コネクタ/電源用コネクタを搭載した。BLEマイコンにはBlendMicroを使用し、スマートフォンとのBLE通信や、モータードライバを介した最大二つまでの電磁石の制御を行う。モータードライバにはNJM2670D2を使用した。また、接続部の大きさは大きさ約70mm×70mm×25mmの立方体とし、一つの面には、BlendMicro及び電磁石の電源ケーブルを通すための穴を空けて設計した。なお、これらの筐体は3Dプリンタを用いてABS樹脂で出力した。

4.2 日用品固定モジュール

日用品固定モジュールは、実際に日用品を固定する「固定部」と、電磁石モジュールと結合する「接続部」の2つから構成される。固定部は、様々な日用品の大きさや形状に対応させるため、交換が容易に行えるように設計した。現段階では、スパナ/ドライバー/ペンチなどの工具を固定する固定具のプロトタイプを実装済みである(図4)。また、接続部は、電磁石モジュールの接続部と手軽に連結/分解できるように設計した。これらの日用品固定モジュールも、3Dプリンタを用いてABS樹脂で出力した。

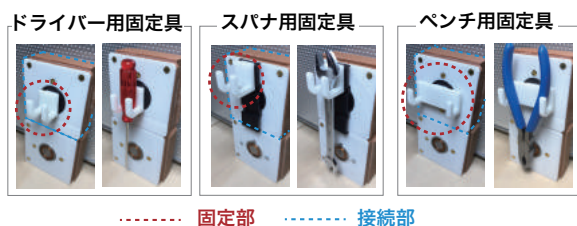


図 4 日用品固定具のプロトタイプ

Fig.4: Example prototypes for various tools.

4.3 ホストプログラム

ホストプログラムはスマートフォン上に実装し、BLE 通信を介して、電磁石モジュールのマイコンとの通信を行う。現段階では、日用品の駆動のスタート/ストップの操作や、電磁石の電源のオン/オフの切り替え周期を設定する機能などを実装した。電磁石のオン/オフの周期を切り替えることによって、工具が電磁石に吸い付けられる周期が変化し、工具の動きや音を鳴らすタイミングを変化させることができる。今後は、応用例で述べるような外部システムと連携して動作できるように拡張を進める。

5. 応用例

本章では、提案した電磁石デバイスツールキットの応用例について述べる。本提案の応用指針として、日常生活における新たな「情報提示手法としての応用」と「エンターテインメントとしての応用」の二つを検討している。

「情報提示手法としての応用」としては、例えば、ものづくりマニュアルや調理レシピなどと連携して、「ユーザが次に使用すべき工具や調理器具」を動かすことによって提示する、という応用方法などが考えられる。また、「エンターテインメントとしての応用」としては、ユーザが行っているものづくりや料理などが完了した時に、周りの工具や調理器具などが一斉に動き出して賑やかな雰囲気を出す、というような応用方法が考えられる。

このように、日用品を外部から駆動させることで、様々な応用可能性が考えられる。

6. まとめと今後の展望

本研究では、磁性を持つ日用品を外部から手軽に駆動させることが可能な電磁石デバイスツールキットを提案した。現在は、日用品の中から、「工具」を対象としたプロトタイプを試作した段階であり、電磁石によって工具を「吸い付ける」ことによって、動かしたり、音を鳴らすことが可能となった段階である。

今後は、作製したプロトタイプをもとに、工具の動かし方の設計/デバイスの複数個での連携/他の日用品を対象とした設計などを行っていく。現在のプロトタイプでは、「工具を電磁石に吸い付けて、音を鳴らす」というシンプルな動きを実装したが、今後はこの動きのタイミングなどを

調整することで、リズムカルな動きなどの実装を検討していく。また、それらの動きを複数個のデバイスで同時に実行し、前述した応用例のように、音による情報提示や賑やかな雰囲気の演出などへの応用を行う。その後、工具以外の日用品を対象としたプロトタイプの作製を行い、それらを応用して、日常生活の中での新たな情報提示手法やエンターテインメントとしての活用方法を模索していく。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 25700019 の支援を受けた。

参考文献

- [1] G. Pangaro, D. Maynes-Aminzade, and H. Ishii. The actuated workbench: Computing-controlled actuation in tabletop tangible interfaces. In *Proceedings of the 15th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '02, pp.181-190.
- [2] H. Noma, Y. Yanagida, and N. Tetsutani. The proactive desk: A new force display system for a digital desk using a 2-dof linear induction motor. In *Proceedings of the IEEE Virtual Reality 2003*, VR '03.
- [3] J. Lee, R. Post, and H. Ishii. ZeroN: Mid-air tangible interaction enabled by computer controlled magnetic levitation. In *Proceedings of the 24th annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '11, pp.327-336.
- [4] M. Ogata, and M. Fukumoto. Fluxpaper: Reinventing paper with dynamic actuation powered by magnetic flux. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '15, pp.29-38.
- [5] H. Ishii, R. Ren, and P. Frei. Pinwheels: Visualizing information flow in an architectural space. In *Proceedings of CHI'01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '01, pp.111
- [6] H. Tsujita, K. Tsukada, and I. Sio. SyncDecor: Communication appliances for virtual cohabitation. In *Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces*, AVI '08, pp.449-453.
- [7] 大野 敬子, 塚田 浩二, 椎尾 一郎. Kadebo: 家事を楽しくする家電装着型ロボット. エンターテインメントコンピューティングシンポジウム, EC '13, pp.287-291.
- [8] Arduino. <https://www.arduino.cc/>, (最終アクセス 2016/12/26) .
- [9] S. Greenberg and C. Fitchett. Phidgets: Easy development of physical interfaces through physical widgets. In *proceedings of the 14th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST'01, pp.209-218.
- [10] S. Houben, C. Golsteijn, S. Gallacher, R. Johnson, S. Bakker, N. Marquardt, L. Capra, and Y. Rogers. Physikit: Data engagement through physical ambient visualizations in the home. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI'16, pp.1608-1619.
- [11] 原 健太, 渡邊 恵太. Webmo: Wifi と WebAPI をパッケージングしたステッピングモーター. 第 23 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 '15, pp.215-216.
- [12] 塚田浩二, 日曜ユビキタスのための手軽なミドルウェア. コンピュータソフトウェア, Vol.27, No.1, pp.3-17, 2010.