

# PartsSweeper: 電子部品や工具をさりげなく整理する インタラクティブ・デスク

折原 征幸<sup>†1</sup> 塚田 浩二<sup>†1</sup>

**概要:** 本研究では、電子工作等の作業机に着目し、さりげなく机上の工具/部品等を移動・整理するシステム「PartsSweeper」を提案する。本システムは、机の裏に設置したXYプロッター、ヘッド部の2種類の磁石と昇降機構、及び作業空間を入力するタブレット端末を中心に構成される。特別なセンシングを行うことなく、工具と電子部品を個別に移動/整理することを目指す。本稿では、PartsSweeperのコンセプト、実装、及び予備検証を中心に述べる。

## 1. はじめに

デスクワークを行う作業机には、文房具や書類、コンピュータ等の様々な日用品が置かれており、煩雑になりがちである。作業中にモノを見失い、探索に無駄な時間を使ってしまった経験がある人も多いであろう。

特に、電子工作を行う作業机では、多数の電子部品や工具が机の上に配置され、それらを組み合わせて利用するため、作業を進める程に散乱しやすい傾向がある。部品や工具を丁寧に配置するようにすればこうした問題は軽減できるが、実際には作業中は回路図/設計図等の理解に気を取られ、作業環境を整理整頓し続けることは難しい(図1)。

そこで本研究では、こうした電子工作等の作業机に着目し、システムがさりげなく机上の工具/部品等を移動・整理するシステム「PartsSweeper」を提案する。

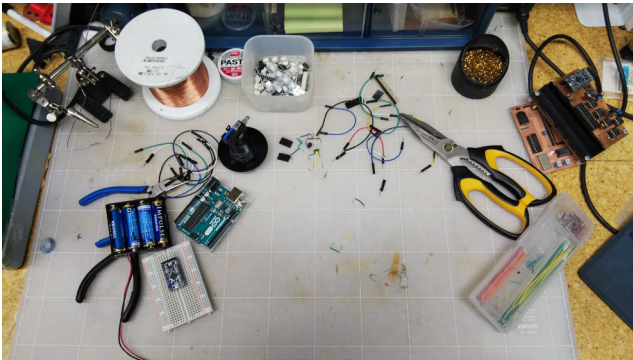


図1 電子工作時の作業机の例

## 2. 関連研究

本研究の関連研究を、「机上の物を物理的に移動させるシステム」、「モノ探しを支援するシステム」の2つの視点から紹介する。

### 2.1 机上の物を物理的に移動させるシステム

Cooky[1]は机上に複数の小型ロボットを配置し、作業を分担して調理を行えるシステムである。調理過程で人とロ

ボットが柔軟に協調作業を行うことを目指している。

dePEND[2]は、ユーザの持つボールペンの動きを机裏面に設置した磁石で制御することで、「こっくりさん」のような新たな体験の創出や、描写スキルの向上を目指すシステムである。

TRANSFORM[3]はインタラクティブな形状が変化する家具である。机上の凹凸を機械的に制御することで、物体の移動を可能としている。

### 2.2 モノ探しを支援するシステム

DrawerFinder[4]は、1つの棚に格納された複数の収納箱を対象としたもの探し支援システムである。収納箱を開け閉めする際の中身と周辺状況を自動で撮影し、Webブラウザ上で手軽に確認することができる。

Limpid Desk[5]は、机上に積み重ねられた書類に関して、下層の書類の映像を机上に設置したカメラで取得し、あたかも上層の書類が透けるかのように処理した映像をプロジェクタ投影するシステムである。ユーザが上層の書類に手で接触したことを検出して投影を開始することで、机上の書類探索作業の能率向上を目指している。

### 2.3 本研究の特徴

本研究では、電子工作を行う作業机に焦点を当てる。机上の工具や電子部品をさりげなく移動/整理をすることで、作業者を支援する。また少数の磁石ヘッドを移動させるシンプルな駆動方式も特徴である。

## 3. PartsSweeper

PartsSweeper は、電子工作等の作業机に着目し、システムがさりげなく机上の工具/部品等を移動・整理するシステムである。

主要なコンセプトは以下の3点である。

1. 工具や電子部品等を移動/整理
2. ユーザの作業への配慮

<sup>†1</sup> 公立はこだて未来大学 システム情報科学部 情報アーキテクチャ学科

### 3. 既存の作業机を拡張

1 点目として、電子工作を行う作業机の上に多数置かれる受動部品（抵抗／コンデンサ等）や工具（ニッパー／ペンチ等）の移動と整理を行う。我々は、こうした部品／工具の多くが強磁性体であり、磁石に反応することに着目した。磁力を調整しながら、磁石を前後左右に移動させることで、部品や工具を任意の場所に移動させることを目指す。

2 点目として、ユーザの作業を邪魔しないように配慮する。例えば、ユーザ毎に使いやすい工具／部品の配置は異なるため、好みの作業空間をレイアウトするための入力インターフェースを用意する。また、ユーザの着座状況を近接センサ等で判定し、離席中等の非作業時に机を整理できるように配慮する。

3 点目として、既存の作業机の拡張を前提として、導入が容易なシンプルなシステム構成を採用する。具体的には、机の裏側に2軸の駆動機構を搭載し、ヘッド部に磁石を搭載する。さらに、磁石と机の距離を任意に制御することで、机の上の工具や部品に対する磁力を調整できる（図2）。

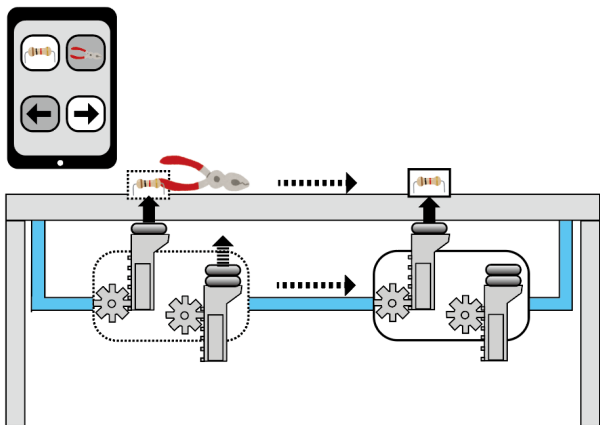


図2 PartsSweeperのコンセプト. タブレット端末からの入力を元に、工作机下部に設置したXYプロッターと2種類の磁石を制御して、パーツや工具を選択的に移動／整理する。

#### 3.1 システム構成

本システムは、机の裏側に設置された磁力制御機構と、作業空間を入力するタブレット端末から構成される（図2）

まず、基本的な駆動機構としては、前述したコンセプトを踏まえて、XYプロッターを採用した。XYプロッターは2台のステッピングモーターとタイミングベルトを用いてヘッド部をコンピュータ制御で2軸方向に動かせる装置であり、一般的にはペン等を上下させる機構（サーボモーター等）をヘッド部に搭載している。

我々は、ペンの代わりに磁石を搭載し、磁石自体を上下させることで、机の上の任意の箇所に磁力を発生／停止させることにした。ここで、磁石を上げたままヘッドを移動

させることで、机の上の工具／電子部品等の強磁性体を引きずって移動させることができ、磁石を下げることで工具／部品を移動させた場所に留まらせることができる（図3右）。なお、磁石を十分机から離さないで磁力の影響が机上に残りうるため、図3左のようにサーボモーターの回転運動を昇降運動に変換する機構を自作することとした。

また、磁力の制御には永久磁石と電磁石を用いる手法があるが、現時点では磁力の強さと磁石のサイズのバランスを考慮して、前述のように永久磁石を昇降させる方式を採用し、永久磁石のサイズ／数／昇降制御等を用いて磁力を調整することとした。ペンチのような工具と抵抗のような電子部品では重量等が大きく異なるため、先に弱い磁力を与えることで抵抗のみを移動させ、次に強い磁力を与えることでペンチを移動させる、といったように、部品と工具を個別に移動／整理できる可能性がある。一方、電磁石には電気的な制御のみで磁力を調整できる利点もあるため、将来的には両者を比較／検証していきたい。

タブレット端末は、工具や電子部品等を整理するための入力インターフェースを提供する。例えば、図4のようにタブレットから「部品空間」「工具空間」等を入力することで、システムの動作を設定することができる。例えば、(1)まず、机の上を弱い磁力で移動し、電子部品を部品空間に移動する、(2)次に、机の上を強い磁力で移動し、工具を工具空間に移動する、といった制御が可能になる。

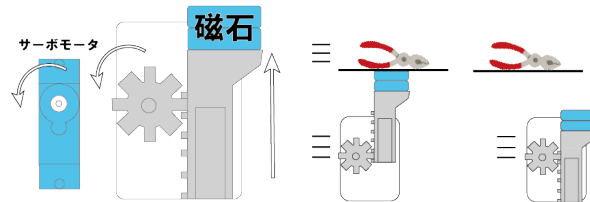


図3 昇降機構の動作（左）と工具等の移動方法（右）

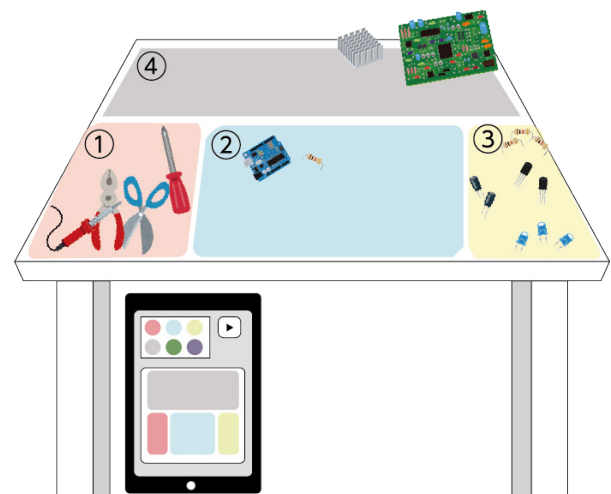


図4 机上空間の設計例. (1) 工具保存空間、(2) 作業空間、(3) 部品保存空間、(4) 非干渉空間。

#### 4. 実装

ここでは、プロトタイプの実装について述べる。MakeBlockのXY-PlotterロボットキットV2.0（以下XYプロッター）を上下逆さに設置し、その上に厚さ5mmの亚克力板を配置して、疑似的に作業机を再現した（図5）。天板の素材／色はある程度自由に選択することができる。XYプロッターの寸法は620mm×620mm×140mm（幅×奥行×高さ）で、ヘッドの可動域は310mm×390mm（X×Y）ほどである。なお、ヘッドの最高動作速度は50mm/s、最小移動精度は0.1mmである。XYプロッターの制御マイコンはArduino互換機であり、容易に制御が可能である。例えば、シリアル通信を用いて手軽にヘッド位置を制御でき、座標入力による絶対制御と移動量による相対制御が可能である。

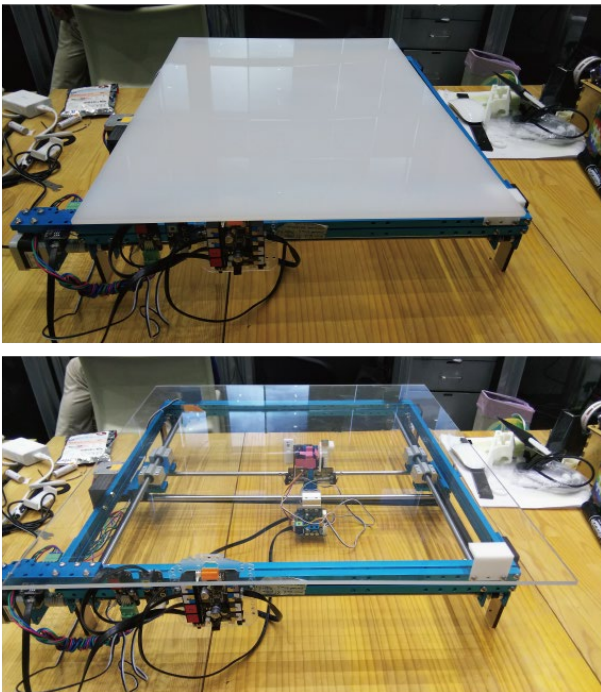


図5 プロトタイプの外観。XYプロッターを上下逆に設置して脚部を取り付け、5mmの亚克力天板を配置した。上側：乳白色天板、下側：クリア天板。

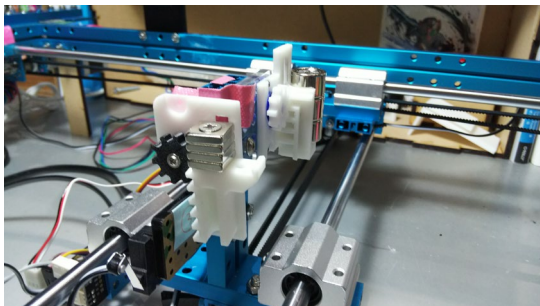


図6 プロトタイプのヘッド部。異なる強さの2つの磁石と昇降機構を備える

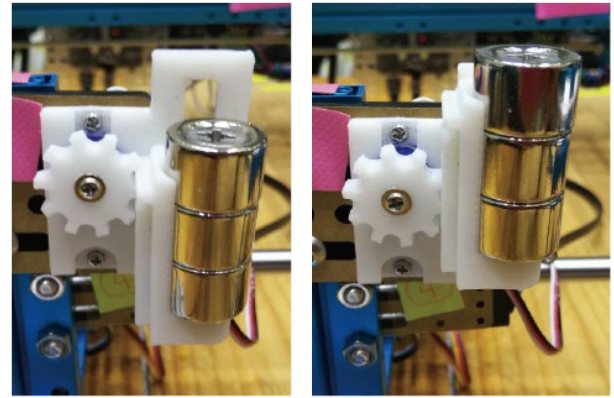


図7 ヘッド部の下降／上昇の様子。サーボモータの回転運動を磁石の昇降運動に変換する。

さらに、XYプロッターのヘッド部分に二つのサーボモータを設置し、それぞれに永久磁石と昇降機構を取り付けた（図6）。サーボモータの回転運動を、ギアで昇降運動に変換し、永久磁石を上下に駆動する（図7）。磁石が上昇状態では机上への磁力の影響が大きくなり、下降状態では小さくなる。また、永久磁石は磁力の強さ／大きさ／形状等が異なるものを複数用意し、机上への磁力を調整できるように配慮した。二つの昇降機構に異なる磁石を固定することで、駆動対象の物（例：部品のみ／工具と部品）をある程度選択できると考える。

動作検証用に、Processingでヘッドの座標や昇降機構を手軽に操作できるソフトウェアを実装した（図8）。画面上部左側の2つのボタンは、2つのサーボモータを駆動し、磁石をそれぞれ上下に移動させる。次に、画面下部のマスをクリックすることで、ヘッドを特定の座標に移動させることができる。さらに、上部右側のボタンをクリックすることで、机全体をなめるように移動しながら磁石を上下させ、事前に設定した特定の場所にモノを移動させることを試みる。

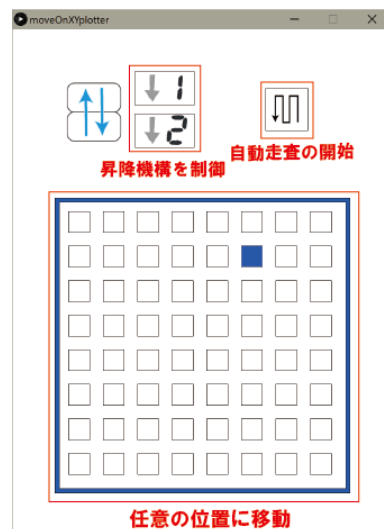


図8 動作検証用のソフトウェアの外観

本システムを用いて、実際にネジとハサミを移動させた利用例を図9、図10、図11に示す。今回は、表面磁束密度234.4mTと461.7mTの磁石の数を調整することで、磁力を調整することにした。ヘッドの手前が234.4mTの磁石4個の例、奥が461.7mTの磁石3個の例である。

ネジは手前と奥のどちらの例でも移動させることができたが、ハサミは奥の例しか移動させることができなかった。このように、磁力を調整することで移動対象を制御できることが確認できた。

今後は、工具／部品や磁石の組み合わせを多数検証することで、適切な磁石の強さや運べる部品の閾値を調査する予定である。

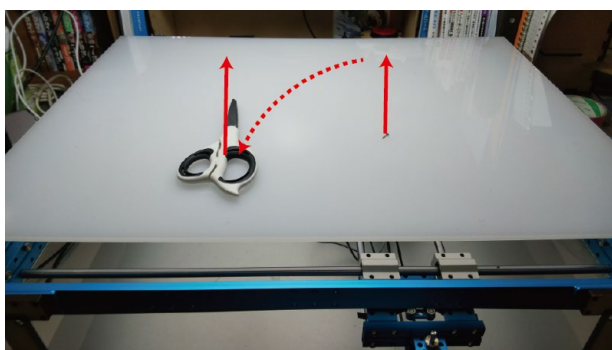


図9 磁石の強さによるハサミとネジの移動の検証。ハサミを中央左、ネジを中央右に配置し、矢印のようにヘッド部を移動させる。



図10 弱い磁石での移動例。ハサミは移動せず、ネジだけが移動された。



図11 強い磁石での移動例。ハサミ／ネジ共に移動された。

## 5. 議論

現在のシステムでは、磁力を用いて工具や部品を選択的に移動／停止できることまでは確認した。一方、特定の場所にモノを移動して整理するためには、移動済みのものと干渉しないような適切な移動パスが必要となるため、今後設計／実装を進めていく。

次に、一度に複数の部品を移動しようとする、前に運んでいた部品が弾かれてしまうケースが確認された。ヘッド部の磁石の形状を大きくするなどして調整していきたい。

また、工作机の上にも磁力によって悪影響を及ぼしうる部品（半導体部品等）も存在するため、ソフトウェア的に進入禁止区域を設定したり、物理的に磁力を遮断するような機構も検討していく。

さらに、現時点では、部品や工具の種類はあえて認識せず、磁石の強さを変えて走査する手法を取っているが、今後はセンサ／マイク等を用いた高精度な部品認識手法についても併せて検討していく。一方、多数の認識技術を利用するとシステムが複雑化して導入が困難になる可能性も高いため、実運用を通して必要十分な手法を模索していく。

## 6. おわりに

本研究では、電子工作等の作業机に着目し、システムがさりげなく机上の工具／部品等を移動・整理するシステム「PartsSweeper」を提案／試作した。机の裏に設置したXYプロッターと、ヘッド部の2種類の磁石と昇降機構、作業空間を入力するタブレット端末を中心に構成される。現時点では、磁力を用いて工具／部品を個別に移動／停止できる点までを確認した。今後は、議論で述べたような課題を解決しつつ、実際の電子工作環境での運用を通して、システムの効果を検証していきたい。

## 参考文献

- [1] Yuta Sugiura, Daisuke Sakamoto, Anusha Indrajith Withana, Masahiko Inami and Takeo Igarashi, Cooking with Robots: Designing a Household System Working in Open Environments, In Proceedings of CHI' 10, pp. 2427-2430, April 10-15, 2010.
- [2] 山岡 潤一, 寛 康明, dePENd:ボールペンの強磁性を利用した手描き制御システム. 情報処理学会論文誌 Vol.55 No.4, 1237-1245. Apr, 2014.
- [3] Luke Vink, Viirj Kan, Ken Nakagaki, Daniel Leithinger, Sean Follmer, Philipp Schoessler, Amit Zoran, Hiroshi Ishii, TRANSFORM as Dynamic and Adaptive Furniture. In Proceedings of CHI' 15. Apr 18-23, 2015.
- [4] Mizuho Komatsuzaki, Mizuho Komatsuzaki, Itiro Siio, DrawerFinder: finding items in storage boxes using pictures and visual markers. In Proceedings of IUI' 11, pp363-366. February 13 - 16, 2011.
- [5] 岩井大輔, 佐藤宏介, Limpid Desk : 投影型複合現実感による机上書類の透過化. 情報処理学会論文誌 48(3), 1294-1306, 2007-03-15.