

POP UP SHELF：物理的に本を駆動可能な インタラクティブな本棚の提案

家山剣^{1,a)} 古町昂大¹ 和田颯平¹ 丹野夏海¹ 塚田浩二¹ 安井重哉¹

概要：電子書籍が普及した現在でも、物理的な本は手軽さや質感等の特徴から、多くの人に広く親しまれている。一方、物理的な本は電子書籍等と比較して、検索が困難であったり、インタラクティブ性に劣るといった課題がある。本プロジェクトでは、本を本棚から取り出すという行為に着目し、こうした課題の解決を図る。本提案では、本棚にアクチュエータを内蔵し、ユーザーの関心のある書籍を物理的に駆動して押し出すことで、本を手取る体験を豊かにしたり、検索性を高めるシステム「POP UP SHELF」を提案する。

1. 背景

電子書籍が一般化した現在でも、物理的な本は手軽さや質感等の特徴から、多くの人に広く親しまれている。しかし、物理的な本は電子書籍等と比較して、検索が難しかったり、インタラクティブ性に劣るといった課題が残っている。例えば、スマートフォンで Web や電子書籍を閲覧する場合、タップした周囲を強調表示することで、対象を見やすくしたり、選択しやすくなる視覚効果が提供されている。

本プロジェクトでは、こうした体験を実世界の本棚に適用することで、物理的な本を探したり、取り出したりする行為を拡張することに注目した。本提案では、本棚にアクチュエータを搭載し、ユーザーの関心のある書籍を物理的に駆動して強調するシステム「POP UP SHELF」を提案する。例えば、ユーザーが手を伸ばした動作を検出し、周囲の本を押し出すことで、目的の本を探しやすくしたり、本を手取る体験を豊かにすることができると考える（図 1）。

2. 関連研究

関連研究として、Daniel Leithinger らによる TRANSFORM as Dynamic and Adaptive Furniture がある [1]。これは、机の下部に多数のリニアアクチュエータを敷き詰めて、インタラクティブに机の凹凸を変化させることで、モノを動かす／置きやすくするなど、ユーザーの活動をサポートする手法を提案している。



図 1 「POP UP SHELF」の利用例

また、姉崎らはジェスチャインタフェースのためのデザインガイドラインを提案している [2]。この研究は、Leap Motion を用いたプロトタイプの実装とデザイン／エンジニアリングの側面からの検証を通して、操作対象をポインティングすることでジェスチャ UI の操作性が向上することを報告している。

さらに、正畑らは、図書案内のためのスポットライト型ポインティングシステムを提案している [3]。プロジェクトと Kinect を用いて、スクリーンに対して指差し／回転等のジェスチャを行うことで図書案内を支援する。

本提案では、実際の本棚に収納された本をユーザの動作に合わせて物理的に押し出すことで、本を手取る体験を豊かにしたり、検索性を高めることを目指している。

3. 提案

ここでは、POP UP SHELF の特徴やシステム構成につ

¹ 公立はこだて未来大学

^{a)} b1019022@fun.ac.jp

動作・仕組み

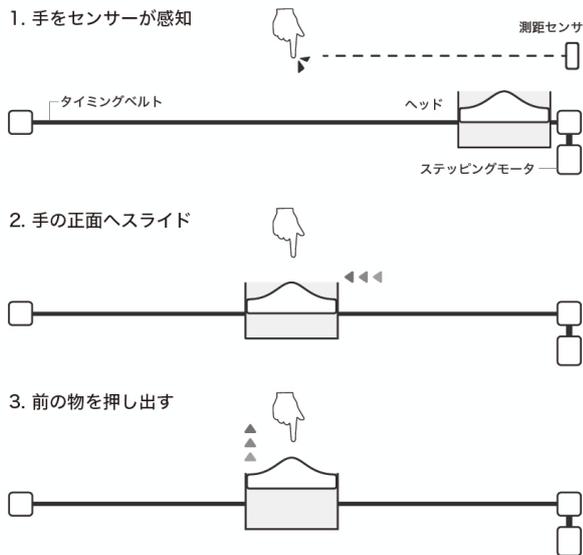


図 2 動作の流れ

いて紹介する。POP UP SHELF は、本棚にセンサとアクチュエータを搭載することで、ユーザーの関心のある書籍を検出し、その周辺の書籍を物理的に駆動して押し出し、強調表現することが特徴である。

本システムは、ユーザの動作を検出する測距センサ、本を押し出すサーボモータを搭載したヘッド部、ヘッド部を左右に移動させるステッピングモータとタイミングベルトを中心として構成される。図 2 に、本システムの動作の流れを示す (図 2)。

- (1) 本棚の側面に設置された測距センサを用いて、ユーザーが手を伸ばした位置を検出する。
- (2) ステッピングモータとタイミングベルトを用いて、ヘッド部を検出位置まで左右に移動させる。
- (3) サーボモータを用いて、検出位置の周辺の本を後ろから押し出すことで強調表示する。
- (4) 手を遠ざけると、サーボモータは元の位置に戻り、飛び出した本は自重で元の位置に戻る。

なお、3 の状態で手を左右に動かした場合、本を押し出す位置をなめらかに移動させることができる。

4. 実装

ここでは、POP UP SHELF に使用した部品や機構について述べる。この本棚は、大きく分けて 4 つの部分から構成される。本棚本体、手の位置を計測するセンサ、ヘッド部を手の位置まで移動させるタイミングベルトとステッピングモータ、そして、本を押し出すためのヘッド部である。これらに使用しているアクチュエーターやセンサの制御は

すべて、Arduino Uno で行っている (図 3)。

4.1 本棚本体

まず最初に、本棚本体について説明する (図 4)。使用した木材は、桐である。桐材は木材の中で最も軽いため、製作を行うにあたって取り扱いが楽になる。また、強い吸湿性を持つことから、本を湿気から防ぐ役割も果たす。さらに、乾燥させた桐材は収縮率が低く、狂いが少ないため本棚の木材として最適である。

本棚本体は、水平面から約 30 度傾けた構造とした。これにより、本が押し出された後、重力によって自然と元の位置に戻るよう設計した。また、本を並べる部分の底面にはポリプロピレン素材のシートを敷くことで、摩擦が小さくなり滑りやすくしつつ、本が傷みにくいように配慮した。

4.2 測距センサ

POP UP SHELF では、Pololu 製の VL53L1X 搭載レーザー測距センサモジュールを採用した。4m までの距離を高速かつ正確に測ることができ、測定結果は I²C インタフェースを介して読み取る。このセンサは、周囲の照明状況や色・形状・テクスチャなど測定対象物の特性に影響を

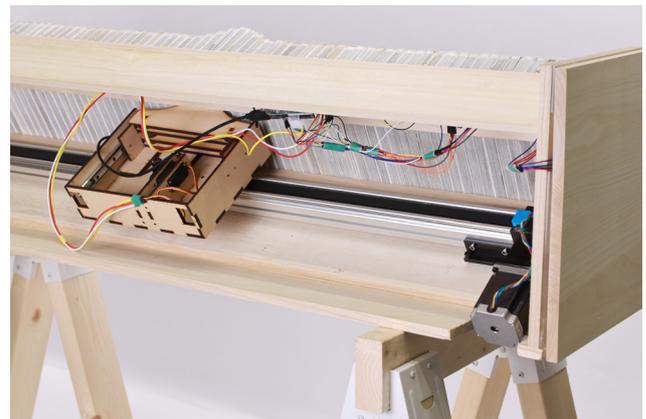


図 3 裏側のアクチュエータの構造。レール上に設置されたヘッド部をステッピングモータとタイミングベルトを使用して左右に移動させる。



図 4 POP UP SHELF の全体像

受けにくい特徴がある。

4.3 ステッピングモータとタイミングベルト

ヘッド部を移動させるための機構として、ステッピングモータとタイミングベルトを組み合わせて利用した。ステッピングモータとしては、2相バイポーラステッピングモータである、RATTMMOTOR製のNema23 23HS8430を利用した。モータドライバとしては、高電圧/大電流に対応した秋月電子通商製のL6470使用ステッピングモータドライバキットを利用した。L6470は、SPI通信でマイコンから制御することができ、ステッピングモータの正転・逆転・加減速・位置制御等を行うことができる(図5)。モータの回転運動を平行移動に変換するための機構として、Heechoo製のベルト駆動リニアガイドを採用した。レールはアルミニウム合金製で、高耐久・防湿・防錆の優れており、水平方向に1200mmのストロークを持つ。レール内部にタイミングベルトを搭載しており、ステッピングモータと組み合わせることで、後述するヘッド部を左右に正確に移動させることが可能である。

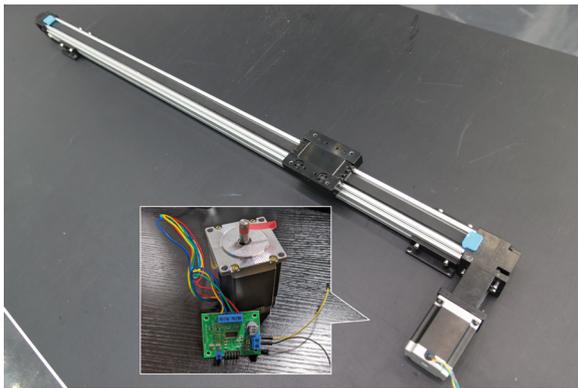


図5 ステッピングモータとタイミングベルトの外観

4.4 ヘッド部

ここでは、ヘッド部の構造について説明する。ヘッド部は、ただらかに加工された木材を、ラックアンドピニオン機構を用いてサーボモータで前後に移動させることができる(図6, 図7)。木材としては、加工のしやすさと耐久性の観点から、MDFを採用し、レーザーカッターで加工した。木材の形状は、複数のプロトタイプを試作し、最も本をうまく押し出せる形状を採用した。

5. まとめと今後の展望

本提案では、本棚にアクチュエータを内蔵し、ユーザーが関心のある書籍を物理的に駆動して押し出すことで、本を手取る体験を豊かにしたり、検索性を高めるシステム「POP UP SHELF」を提案、試作した。

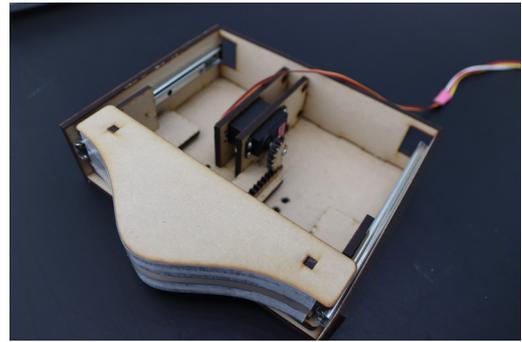


図6 ヘッド部の外観

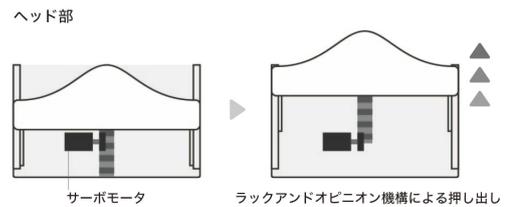


図7 ヘッド部の構造

現状のシステムは、動作音や動作速度にやや課題があるため、今後改善していきたい。また、本だけに限らず、書類ケース/DVDケース等の棚に収納可能なモノの探索にも応用していきたい。さらに、現状では入力として測距センサを利用しているが、今後は音声入力なども併用して、検索キーワードに対応した書籍を直接飛び出させるなど、多様な入力手法にも対応できるようにしていきたい。

参考文献

- [1] L. Vink, V. Kan, K. Nakagaki, D. Leithinger, S. Follmer, P. Schoessler, A. Zoran, and H. Ishii. TRANSFORM as Dynamic and Adaptive Furniture. In Proceedings of CHI' 15, pp. 183. 2015.
- [2] 姉崎祐樹, 辻航平, 湯浅基, 有澤寛則, 浅川玄, ポインティング指向ジェスチャインタフェースによるユーザビリティ向上のためのデザインガイドライン, 人間中心設計, 2014, 10巻, 1号, p. 27-35.
- [3] 正畑智徳, 武田祐樹, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉, 図書案内のためのスポットライト型ポインティングシステム, 情報処理学会インタラクシオン 2021, 2021, p. 447-450.