

単純な動作でユーザに気づきをもたらす、日用品付帯型ロボットの研究

高澤 佳乃^{1,a)} 塚田 浩二¹

概要: 人間は周辺感覚内でモノの動きを知覚すると、その「動き」に反応して自然と動いたモノに視線を向けてしまう。この人間の知覚の特徴から、本研究では日用品に取り付き、取り付いたモノをシンプルな動作でさりげなく動かす日用品付帯型ロボットを提案する。ユーザが所持している日用品にロボットを取り付けることで、日常生活にロボットを導入しやすいと考えた。身近な日用品である「本」を題材として、「本のページをめくる動作」、「本の表紙が揺れる動作」、「本が震える動作」の3種類の動作を行うプロトタイプを実装した。ユーザ評価実験を通して、3種類の動作を比較し、動作に対する注意の向け方や印象の違いを調査する。

1. 背景

人間は日常生活を過ごす中で、作業効率に影響を与えるため、作業中には適度な休憩をとるべきであるが、休憩をとらずに作業に没頭してしまうことがある。アラーム等を用いて休憩を強く促すことはできるが、作業を阻害してしまうため、不快感を与える可能性がある。こうした不快感の少ない情報提示手法としては、Background Media が代表的である。

石井ら [3] は、Background Media の特性について、次のように述べている。生活空間でのインタラクションは、GUI ベースの PC を用いるような Foreground (明示的) なメディアと、周辺視野の光や動き等を利用するような Background (暗黙的) なメディアに分類される。Foreground なメディアは多くの情報を一度に伝達できる反面、ユーザは画面等を注視し続ける必要があるため、日常生活のタスクを妨げる可能性は大きくなる。Background なメディアは、一度に伝達できる情報量は少ないが、日常生活のタスクとの並列性が高いため、ユーザは気軽に情報を受け取ることができる。Background なメディアの中でも、人間の周辺視野においては「動き」の知覚に優れていることが報告されている [2]。例えば、ティッシュ箱から出た1枚のティッシュがひらひらと動くというようなごく小さな動きでも、ユーザの注意を引ける可能性がある。

そこで、本研究では、周辺視野における視覚刺激として、身の回りに実在する日用品をさりげなく、シンプルな動き

で動作させるための日用品付帯型ロボットを提案する (図 1)。モノが「動く」ことでさりげなく人間に注意を誘い、そのモノへの注目を促すことを目的とする。周辺視野にどのような動きが与えることが適切かを調査する。

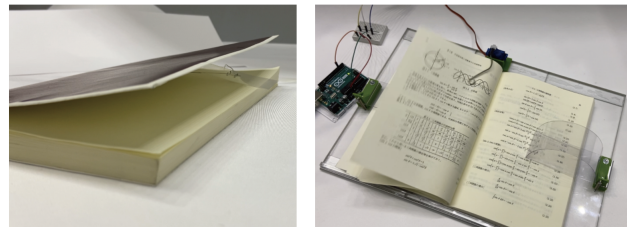


図 1 本を題材とした日用品付帯型ロボットの一例

2. 関連研究

石井 [3] は、サイバースペースのデータを、建築空間内の音、光、影、等の ambient media として、認知の周縁 (バックグラウンド) に位置することで、サイバースペースとのバックグラウンド・インタフェースとなる Tangible bits を提案した。Tangible bits のデザイン例として、コンピュータ内の情報を水面の波紋として表示する WaterLamp[1] や、風車の回転速度を用いて提示する Pinwheels[1] 等を提案している。

道貝ら [8] は、壁面や机上に収納、配置された「磁性をもつ日用品」に対して外部から磁力を加え、日用品を物理的に「動かす」ことで、情報提示を行うシステム「ToolShaker」を開発した。ToolShaker での物理的な動きを用いた情報提示は、LED の点灯やプロジェクタの投影等の光を用い

¹ 公立はこだて未来大学

^{a)} g2123034@fun.ac.jp

た提示と比較して、一定の通知性能と違和感の少なさを両立させることができる可能性がある」と述べている。

辻田ら [10] は、遠く離れた場所にいる人同士の行動や雰囲気さをさりげなく伝えるため、お互いの場所に置かれた電気スタンドやゴミ箱等の日用品の動きを同期させた「SyncDecor」を開発した。

渡邊ら [6] は、ターンテーブルの動かし方と音声を同時に記録し、再配布可能なロボットターンテーブル「SyncPresenter」を開発した。説明したい物をターンテーブルに乗せて、任意に動かしながら行った、その物の説明の音声とターンテーブルの動きを記録し、再生することで、物のそばに人がいなくても魅力的な説明を行うことを可能とした。

商品自体に動きや音声を付与することで、商品をエージェント化する取り組みが、これまでに行われてきた。例えば、商品が呼びかけたり、動くことによって、購買客を商品に引き寄せる新たな販促ソリューション tokinomo[4] が挙げられる。ほかにも、原ら [9] は、商品の動きを伴う音声によって、商品が関連するほかの商品を購買客に推薦するシステムを提案した。

日用品に付帯させるロボットの例として、大野 [7] は、任意の家電に「装着」することで、家電の状態等を動作で表現し、家事を楽しくしてくれる小型ロボット「Kadebo」を開発した。

このように、様々なアンビエント情報提示手法や日用品を用いた情報提示手法が提案されてきたが、同一の日用品に対して、どのような動きを与えることが適切であるかはあまり検証されてこなかった。本研究では、同一の日用品の動かし方を数種類用意し、それらを比較することで、モノが「動く」ことでさりげなく人間に注意を誘い、そのモノへの注目を促すことに適した動きを調査する。

3. 提案

本章では、本研究で提案するシステムのコンセプトと構成について説明する。

3.1 コンセプト

本研究では日用品に取り付き、シンプルかつ、さりげない動作でそのモノの存在を示す日用品付帯型ロボットを提案する。付帯型ロボットが身の回りの日用品に付帯し、日用品をさりげなく動かすことで、ユーザの注意を適度に引き付けることができる。一方で、身の回りにはたくさんの日用品が存在しており、それぞれによって、実現可能な動かし方は様々である。そこで、動きについて「その日用品の使い方に則った自然な動き」と、「様々な日用品に適応可能な汎用的な動き」の2種類の動作に分ける。本研究では、日用品の一つである「本」に着目し、本に付帯するロボットを提案する。人間が扱う本のインタラクションから

「本のページをめくる」動作と「本の表紙が揺れる」動作を選択し、さらに汎用性の高い「本が震える」動作の計3つの動きを実装する。次に、比較実験を通して、各動きに対する印象等を調査し、適切な動きを検証する。

3.1.1 本に着目した理由

本は生活空間にありふれた日用品であり、周辺視野部にさりげなく設置しやすいと考える。さらに、「本を開く／閉じる」、「ページをめくる」といった複数の動作のバリエーションを持ち、比較検証に適する。また、適度なサイズを持つため、デバイスの組み込み等にも適する。こうした観点から、本研究では「本」に着目した日用品付帯型ロボットを提案する。

3.1.2 本の3種類の動作

本節では、本研究で提案する3種類の本の動作について説明する。動作の概要図を、図2に示す。

「本のページをめくる」動作

この動作は、人間の本の扱い方に則った自然な動きである。また、動きが大きく、比較的注意をひきやすいと考えた。

「本の表紙が揺れる」動作

この動作は、人間の本の扱い方に則った自然な動きである。また、動きが小さく、さりげなく注意をひける可能性がある。

「本が震える」動作

この動作は、上記2つの動作とは異なり、本以外に様々な日用品にも適応できる動きであることが特徴である。一方、人間の本の扱い方を踏襲した自然な動きではないため、違和感を与える可能性もあると考え、比較対象として用意した。

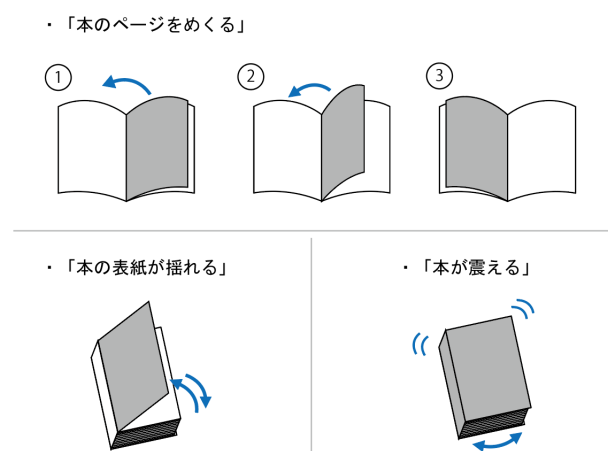


図2 本研究で扱う本の3種類の動作

3.2 システム構成

この節では、ページめくり型、表紙揺らし型、震え型の3つのシステム構成について、それぞれ説明する。

ページめくり型

ページめくり型のシステム構成図を図3に、動作の流れを図4に示す。ページめくり型装置は、「めくられたページを後ろに送る機構」「本のページを押さえる機構」の大きく2つの機構で構成される。さらに、押さえの片側に湾曲したプラスチック板を装着することで、めくられる対象となるページ一枚だけが常に浮き上がっている状態を保っている。この浮き上がった一枚のページに対して、ページ送り機構に取り付けたサーボモータをタイミングよく動作させることで、本のページが1枚ずつめくれる動作を実現する。

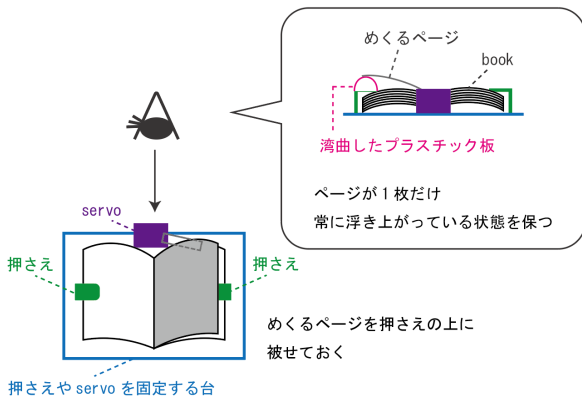


図3 ページめくり型のシステム構成図

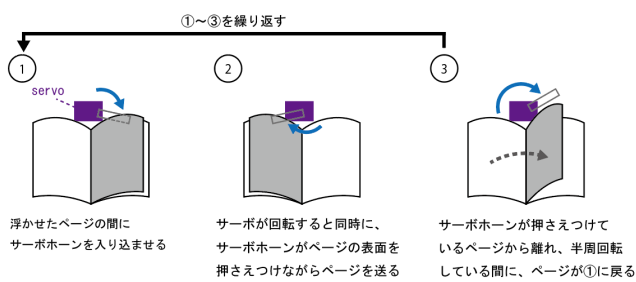


図4 ページめくり型の動作の流れ

表紙揺らし型

表紙揺らし型のシステム構成図を図5に示す。表紙揺らし型装置は、バイオメタル(線状の形状記憶合金)[5]を使用する。バイオメタルは、電流を流すと収縮する、細い繊維状のアクチュエータである。バイオメタルを這わせたプラスチック板を表紙と1ページ目の隙間に葉のように差し込んで設置し、バイオメタルを駆動することでプラスチック板が湾曲して本の表紙を揺らす動作を実現する。

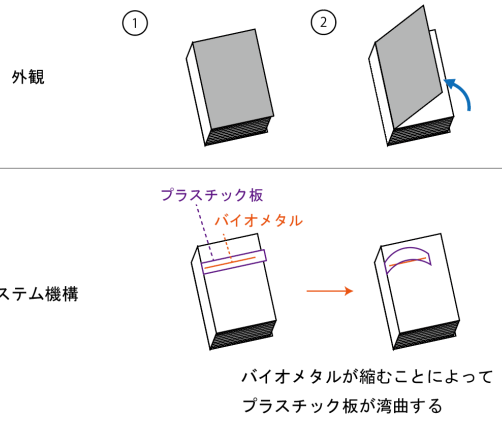


図5 表紙揺らし型のシステム構成図

震え型

震え型のシステム構成図を図6に示す。震え型装置は、回転制御可能なターンテーブルに本を載せて動きを制御することで、本が震える動きを実現する。ターンテーブルと本を固定させるために、ターンテーブルと本の間にCR(クロロプレナム)素材のグリップゴムシートを敷いた。また、ターンテーブル自体が震えの動作によって動いてしまわないように、両面テープ等で固定した。

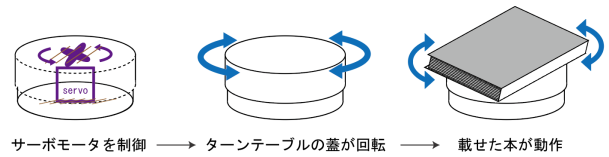


図6 震え型のシステム構成図

4. 実装

本章では、ページめくり型、表紙揺らし型、震え型の3種類のプロトタイプの実装について述べる。

4.1 ページめくり型

ページめくり型システムの外観を図7に、本のページがめくれる様子を図8に示す。ここで使用した本の大きさは15cm×21cm×1cmである。次に、システムの詳細として、ページ送り機構と押さえ機構を紹介する。

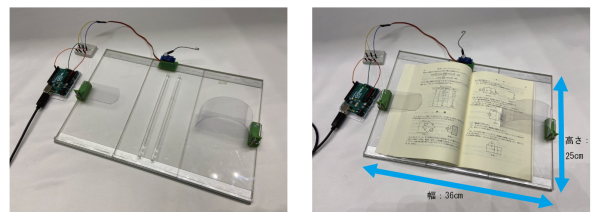
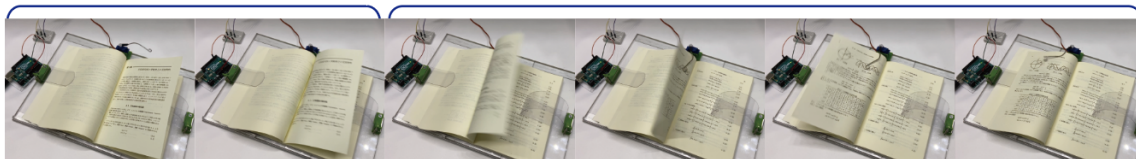


図7 ページめくり型システム(左)、実際に本を設置した状態(右)

サーボ先端の針金がページの間に入り込む

サーボの回転と同時に、ページの表面を押さえつけながらめくる

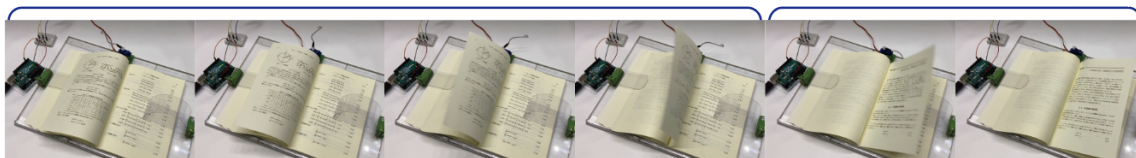


0 秒



針金がページから離れると、ページがめくられる前の位置に戻る

再度、針金がページの間に入り込む



2 秒

図 8 ページめくり型システムの動作例

ページ送り機構

まず動力として、360 度連続回転が可能なサーボモータ (FS90R) を使用した。サーボホーンには、開かれた本の一番上のページと次のページの間に入り込みページをめくるための針金を、収縮チューブで固定した。針金とページが接触してページの紙を傷つけないように、針金の腹部を膨らませるようにして曲げた。サーボモータの回転速度の制御に Arduino Uno を用いた。回転の速度は 0-255 の PWM 値を用いて設定できる。例えば、81 とすると、約 1.5 秒間でサーボモータが 1 回転するため、「ページがめくられ、めくられたページが元の位置に戻ってくる」までの動作の 1 サイクルを約 2 秒単位で実行できる。

ページ押さえ機構

常に本の開かれたページを押さえおくための機構は、平蝶番とばねを 3D プリントした土台にねじ止めして作成した。本システムの左側で本を押さええているプラスチック板の大きさは、4cm × 8.2cm × 0.5cm であり、本のページに接する 2 角を丸く切断した。右側で本を押さええているプラスチック板の大きさは、4cm × 26.5cm × 0.5cm である。プラスチック板を接着している部分から、10.5cm のところで折り曲げられるようになっており、折り曲げた先を板の接着部分へと湾曲させることで、ページを持ち上げておく部分を作り出している。

本を固定するための工夫

本を常にシステムの中央部に設置するため、台となるアクリル板の中央部に 2 本のレールを設置した。また、本が下にずれてくることを防ぐために、台となるアクリル板の最下部に 1 本のバーを設置した。レールとバーにはともに 5mm 幅のアクリル角棒を使用し、2 本のレールは 2cm の間隔を空けた。

4.2 表紙揺らし型

表紙揺らし型システムの外観を図 9 に示す。ここで使用した本の大きさは 15cm × 21cm × 1cm である。

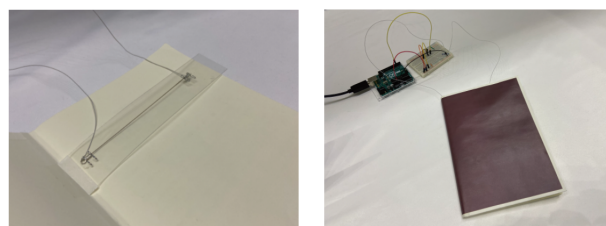


図 9 表紙揺らし型システム (左)、実際に本を設置した状態 (右)

土台に使用したプラスチック板の大きさは、15.5cm × 3cm である。動力としては、バイオメタルを利用する。プラスチック板を大きく曲げる動きが必要であるため、伸長した状態から約 50 % の操作量 (長さの変化) を持つバイオメタルヘリックス (BMX) を使用した [5]。10cm に伸ばしたバイオメタルの両端をメガネ端子でかきしめ、プラスチック板の短い辺の中央から 1cm 内側にメガネ端子の先端が来るようにホットキスで固定する。そして、メガネ端子に銅線を繋ぎ Arduino と接続する。

バイオメタルを装着したプラスチック板は、本の上端から 5cm のところにバイオメタルが来るように設置した。また、バイオメタルが装着されている面を下側にし、本の縦側とプラスチック板が接する部分はマスキングテープで留めた。

バイオメタルの制御には Arduino Uno を使用した。バイオメタルに電流を流す時間はミリ秒単位で設定できる。一例として、流し始めて約 2 秒後に表紙が持ち上がり、表紙が下がり切るまでに約 2 秒の時間を要する動きを実装した。本システムによって表紙が持ち上がる時の本の様子

を図 10 に、バイオメタルの様子を図 11 に示す。

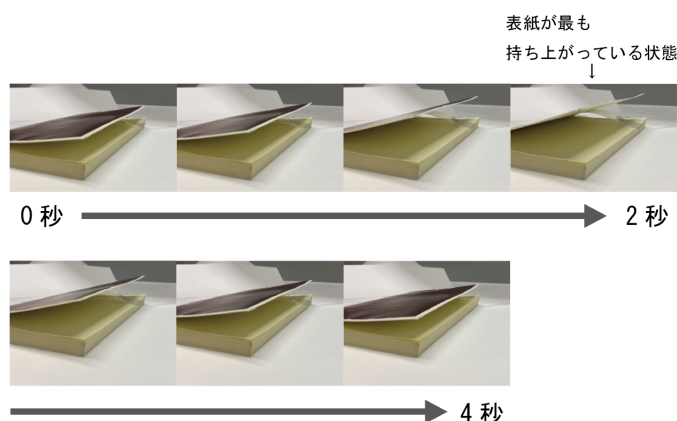


図 10 表紙揺らし型システムの動作例

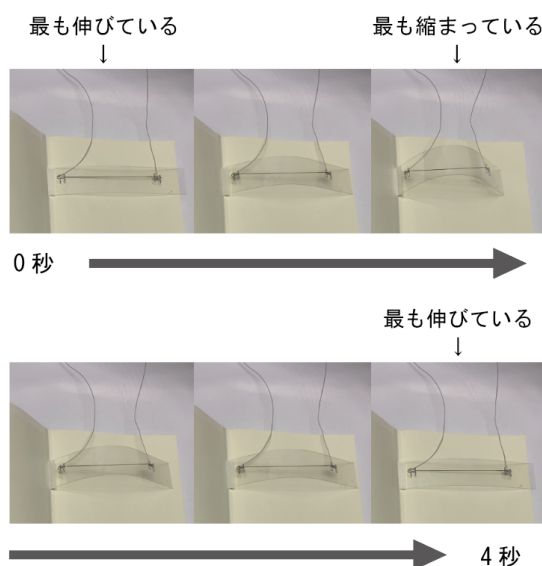


図 11 表紙が揺れるときのバイオメタルの様子

4.3 震え型

本が震える機構の外観を図 12 に示す。ここで使用した本の大きさは 15cm × 21cm × 1cm である。

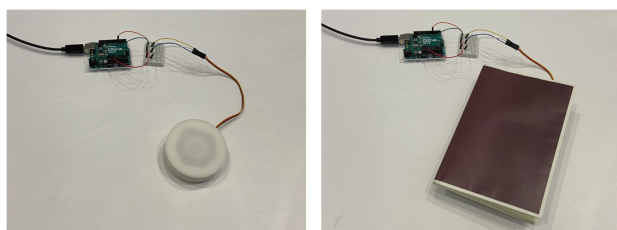


図 12 震え型システム (左)、実際に本を設置した状態 (右)

動力として、サーボモータの SG90 を使用した。本を載せるためのサーボモータが内蔵できるターンテーブルを 3D CAD を用いて設計した (図 13)。ターンテーブルの土

台の外寸は直径 85cm、蓋の外寸は直径 93cm である。本システムによって本が震える様子を図 14 に示す。

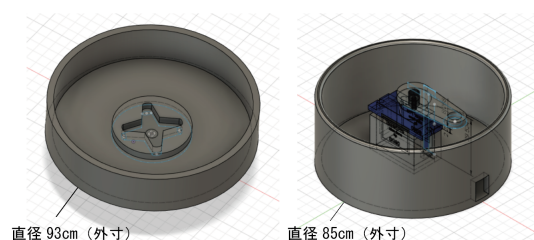


図 13 ターンテーブルの 3D モデル

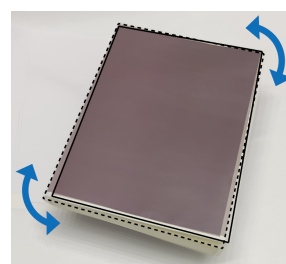


図 14 震え型システムの動作例

サーボモータの制御には Arduino Uno を使用した。さりげない震えを表現するために、サーボモータの振幅を角度指定で制御した。また、回転速度も調整できる。一例として、約 3 秒間かけて 10 度の振幅で 3 往復する動きを実装した。

5. 実験

5.1 目的

本実験では、提案した「本のページをめくる動作」「本の表紙が揺れる動作」「本が震える動作」をシステムを用いて比較し、さりげなく注意を誘うことができる動きの特徴を調査する。

5.2 手法

5.2.1 実験環境

実験参加者には、大学生の男性 6 人、女性 6 人の計 12 人を対象とした。実験時の様子を図 15 に示す。実験環境には、実験参加者用のノート PC とマウス、付帯型ロボットを付帯させた本及び、動作しないダミーとしての日用品 3 つを高さ 70cm の机の上に設置した。ノート PC は実験参加者の正面に、付帯型ロボットを付帯させた本は、実験参加者の左側水平 40 度の方向に設置し、ダミーの日用品はノート PC の周辺に配置した。また、付帯型ロボットを付帯させた本の後方に、この動作する本へ視線を向けているかを計測するため、カメラを用意した。さらに、サーボモータによる動作音等の外部からの聴覚刺激を減らすため、実験協力者にはノイズキャンセリング機能の付いたヘッドホンを装着してもらい、ヘッドホンから BGM を流した。

表 1 本の動作に視線を向けた回数

	ページをめくれる (回)	表紙が揺れる (回)	本が震える (回)
視線を向けなかった	5	8	8
一瞬視線を向けた (1 秒未満)	15	15	14
注視した (1 秒以上)	4	1	2

システムの動作回数は各 24 回.

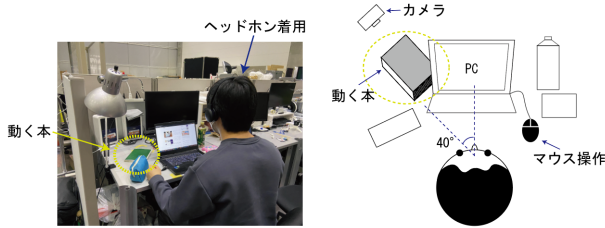


図 15 実験風景 (左), 実験環境 (右)

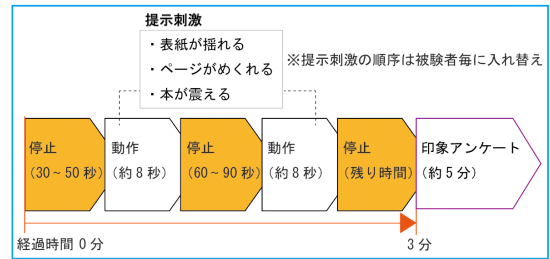


図 16 実験手順

5.2.2 実験手順

実験参加者には、3 分間、机の上に設置されたノート PC 上で、好きなニュース記事を選んで読んでもらった。使用する WEB サイトは朝日新聞デジタルとし、速報・新着ニュース一覧の中から自由に選んでもらうよう指示した。その際、異なるニュース記事間の移動は何度行ってもよいものとした。また、ノート PC の操作は、マウスで行ってもらった。実験参加者には、前述の実験の内容説明を行った後、「視野の中心は基本的に正面のノート PC に向けておくこと」と「視野の端の本は、動く仕掛けが組み込まれていること」を伝えた。その後、実験参加者は次の試行を行った。

被験者がニュース記事を読んでいる 3 分の間に、1 種類の本の動作を 2 回行うことを 1 試行とする。1 回あたりの本の動作時間は約 8 秒とし、初回の動作までの待機時間は 30~50 秒、2 回目の動作までの待機時間は 60~90 秒の範囲でランダムで設定した。本実験は、本の動作において、「本のページをめくる動作」「本の表紙が揺れる動作」「本が震える動作」の 3 条件が設定されており、休憩時間を取りながら、全 3 条件で合計 3 試行行ってもらった。3 条件の順序は実験参加者間でカウンタバランスをとった。各条件の実施に要する時間は約 3 分であり、各条件の試行終了ごとに 5 分ほど休憩時間を設け、その間に実験参加者は直前の条件に対する印象評定を行った。そして、全 3 条件の試行終了後、実験実施者の本に対して抱く印象や、本の動きから想起されたことについて問うアンケートを実施した。すべてを通した実験時間は、約 30 分であった。実験手順の一例を図 16 に示す。

6. 結果と考察

まず、撮影した動画を元に、実験中に被験者が動作する本に視線を向けた回数を表 1 に示す。各 24 回の動作に対して、ページめくり型では 19 回、表紙揺らし型と震え型

では 16 回視線が向けられていた。このように、システムは一定の注意を引くことができ、動作ごとに大きなばらつきは見られなかった。

次に、SD 法による 5 段階尺度で対になる形容語 13 項目について行った印象評定結果の平均値を、グラフとして図 17 にまとめた。

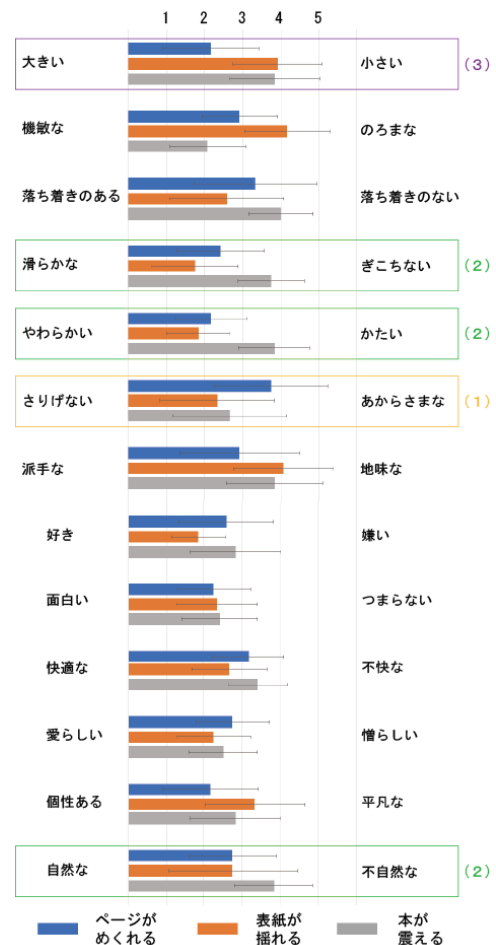


図 17 印象評価の結果 (平均値と標準偏差)

本提案で重視している「さりげなく注意を向ける」という点で、「さりげない・あからさま」の項目に着目すると、表紙が揺れる動作が最もさりげないという結果が得られた(図 17 中 (1)). 具体的には、本が震える動作の方が、ぎこちない/硬い/不自然という傾向がみられた(図 17 中 (2)). さらに、「大きい・小さい」項目に着目すると、ページをめくれる動作が最も大きいと評価され、動作の幅を大きくした設計通りの結果が得られた(図 17 中 (3)).

また、3つの動作それぞれに対して、本の動く様子を見たときに「感じたこと」、「気づいたこと」、「思い出されたこと」について自由に記述してもらった。

「ページをめくれる動作」を見たときには、「風で本がめくれるのを思い出した」といった「風が吹くことの想起(3名)」や、「自分が実際に本のページをめくる時のこと」や「テスト等の勉強中を思い出した」といった「自身の経験に関することの想起(2名)」があった。

「本の表紙が揺れる動作」を見たときには、「風車みたいなかんじだった」といった「風に関することの想起(2名)」や、「本が呼吸している感じがした」といった「呼吸に関することの想起(1名)」があった。そのほかにも、「動きが大きすぎないので、作業している近くにインテリアとして飾りたいと思った」「ジブリみたいな物が動き出す世界に入ったみたいな感じで少し楽しかった」「心情が落ち着いていた」(各1名)といったような記述がみられたことから、動作に対して好印象が抱かれていたことがわかった。また、「自分の積読を処理しなければと思った」という自身の日常的な課題に関する気づきの記述があったことから、日用品自体をさりげなく動かすことでユーザに気づきをもたらす、日常に潜む課題を解決できるきっかけになる可能性が示唆された。

「本が震える動作」を見たときには、「現実ではありえない動き(4名)」という記述がみられたことから、汎用的な動きには、自然な動きと比較して非現実的な印象を与えたことがわかった。また、「違和感が強い」「生物っぽく可愛かった」「面白い」(各1名)といった記述から、人によって違和感だけでなく、好印象も与えたことがわかった。

7. 制約と展望

今回の実験では、動きの種類のみを比較対象としており、同一種類でのパラメータについては十分に検討できていない。今後は、パラメータを細かく調整することで、より適切な動きを調査していきたい。また、提案した動きを用いて、実際に日常生活の場面で使用できるような応用例を探したい。さらに、本研究で明らかになったことを活かして、本以外の日用品における適切な動きにおいても調査していきたい。

8. おわりに

本研究では日用品に取り付き、シンプルでさりげない動作でそのモノの存在を示す日用品付帯型ロボットを提案した。本稿では、日用品の一つである「本」に着目し、「日用品の使い方に則った自然な動き」と「様々な日用品に適応可能な汎用的な動き」といった観点を考慮した上で、「本のページをめくる動作」「本の表紙が揺れる動作」「本が震える動作」の3種類の動作を行うプロトタイプを実装した。さらに、印象評価実験を通して、3つのプロトタイプをユーザに体験してもらい、それぞれの動きの印象や、想起された物事について調査した。その結果、3つの動作はいずれも一定程度ユーザの注意を引くことはできたが、ユーザに与える印象は異なることが分かった。

謝辞 本研究の一部は、JST 未来社会創造事業 JP-MJMI21J6 の支援を受けた。

参考文献

- [1] Andrew Dahley, C. W. and Ishii, H.: Water Lamp and Pinwheels: Ambient Projection of Digital Information into Architectural Space, *CHI 98 conference summary on Human factors in computing systems*, pp. 269–270 (online), DOI: <https://dx.doi.org/10.1145/286498.286750> (1998).
- [2] Hartmann, E., Lachenmayr, B. and Brettel, H.: The peripheral critical flicker frequency, *Vision Research*, Vol. 19, No. 9, pp. 234–241 (online), DOI: 10.1016/0042-6989(79)90227-x (1979).
- [3] Ishii, H. and Ullmer, B.: Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms, *ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems*, pp. 234–241 (online), DOI: <https://doi.org/10.1145/258549.258715> (1979).
- [4] Tokinomo: tokinomo: IN-STORE MARKETING ROBOTS, Tokinomo (online), available from (<https://www.tokinomo.com/product>) (accessed 2023-06-29).
- [5] トキ・コーポレーション株式会社 バイオメタル事業部: バイオメタルとは?, BioMetal (オンライン), 入手先 (<https://www.toki.co.jp/biometal/products/WhatsBM.php>) (参照 2023-06-29).
- [6] 渡邊恵太, 鈴木涼太, 神山洋一, 稲見昌彦, 五十嵐健夫: SyncPresenter: 動きと音声と同期したターンテーブル型プレゼンテーションシステム, *インタラクシオン*, pp. 488–489 (2013).
- [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, *エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2013 論文集*, pp. 287–291 (2013).
- [8] 道貝駿斗, 沖 真帆, 塚田浩二: ToolShaker: 電磁石を用いて日用品自体を駆動する情報提示手法の提案, *情報処理学会論文誌*, Vol. 60, No. 2, pp. 385–396 (2019).
- [9] 原 拓也, 馬場 惇, 岩本拓也: 商品主体推薦: ユーザが選んだ商品による他商品の推薦システム, *人工知能学会全国大会論文集 第 35 回*, pp. 1–4 (2021).
- [10] 辻田 眸, 塚田浩二, 椎尾一郎: 遠距離恋愛者間のコミュニケーションを支援する日用品 “SyncDecor” の提案, *インタラクティブシステムとソフトウェア*, Vol. 26, No. 1, pp. 25–37 (2009).