

finDrawers:収納物を検索可能な引き出しの検証

鈴木 颯馬¹ 尹 泰明¹ 立花 巧樹¹ 大和 佑輝² 呉 健朗² 富永 詩音² 宮田 章裕^{1,a)}

概要 :

収納家具は我々の生活に溢れるモノを片付ける手段として有効である。しかしユーザがモノの収納場所を忘れてしまい、必要なときに大事なモノが見つからないという問題がある。この問題を解決するために、我々は、モノの収納場所を記憶して検索可能にする引き出しシステムを提案してきた。本稿では複数引き出しが存在する場面におけるモノの探索において、提案システムが有効な手段であるかどうかを検証を行った。実験結果より、提案システムを用いることで、モノを発見するまでかかる引き出しの開閉回数を大きく減少できることがわかった。モノを発見するまでにかかる時間には有意差がなかったものの、今後UIのさらなる改善を行うことで短縮させることが可能だと考えている。

finDrawers:Evaluation of A System for Searching Objects in Storage

SOMA SUZUKI¹ TEAMYOUNG YUN¹ KOKI TACHIBANA¹ YUKI YAMATO² KENRO GO²
SHION TOMINAGA² AKIHIRO MIYATA^{1,a)}

1. はじめに

多くの行為をサイバースペース上で行うようになった現代においても、我々の肉体が実世界に存在する以上、多くの実世界オブジェクト（モノ）を取り扱う必要がある。このため、電子機器・文具・食材・調理道具・衣服・医薬品など、多くのモノで我々の自宅やオフィスは溢れかえっている。これらのモノを常時生活空間中に出しっぱなしにするわけにはいかないため、人類は収納家具を発明し、活用してきた。この代表例として、引き出し型収納家具が挙げられる。これは、中にモノを収納できる箱型収納家具であり、前後方向にスライドさせることで開け閉めができる。日本においては筆筒という家具として江戸時代中期から用いられている [1]。しかし、人間の記憶は時間経過とともに薄れていくため [2]、我々はどこに何をしまったか忘れてしまうのである。必要なときに大事なモノが見つからず、時間・機会・金銭・信用を損失した経験は多くの人に共通

するところである。そこで我々はこの問題を解決するために、ユーザが収納場所を記憶する必要がない引き出しを提案してきた [3][4]。このシステムは、ユーザの代わりに、引き出しがそれぞれのモノの収納場所を記憶して検索可能にするというシステムである。本稿では複数引き出しが存在する場面におけるモノの探索において、提案システムが有効な手段であるかどうかを検証を行った。

本稿の貢献は、より現実的な場面での実験を行い提案システムの検証をしたことである。

2. モノの管理や検索を行う研究事例

2.1 モノにデバイスを装着する研究事例

[5] は振動モータと加速度センサを用いて、収納場所を特定するシステムである。収納場所には振動源を装着して振動を生成できるようにしている。収納物には振動を検知するためのセンサを装着している。振動源が振動する直前に、無線通信デバイスを用いて収納場所に設定された ID をブロードキャストすることで、センサ側が ID を受け取り、かつ振動を検知した場合に収納場所を特定するという手法を提案している。[6] は貴重品の名前で検索すると、RFIDリーダーで貴重品を検出できるシステムである。収納場所

¹ 日本大学文理学部
College of Humanities and Sciences, Nihon University

² 日本大学大学院総合基礎科学研究科
Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University

a) miyata.akihiro@acm.org

と貴重品に RFID タグをつけ、収納場所・貴重品のタグに設定した固有 ID と貴重品の名前をセットで PC に登録することで、RFID リーダーで対象となる収納場所のタグと貴重品のタグをそれぞれ検出可能としている。[7] はモノにセンサノードを装着してサービスを提供する研究において、モノの名称などの情報を手作業で付与する手間をなくすための研究である。モノに装着されているセンサノードから取得したデータに対して、推定アルゴリズムを適用することで、そのモノのタイプや状況を推定している。

2.2 モノにデバイスを装着しない研究事例

[8] はユーザの状況に適切な収納物を推測し、提供するシステムである。収納時は 3D プリンターで作成した“区分けされた丸型の靴”の区画とそこへの収納物の名前を結びつけて登録しておく。取り出し時は、音声入力したキーワードに合致する、または位置情報や天気情報から適切な収納物を推測して、靴の区画部分を回転することで、靴の上部の取り出し位置に推測した収納物を移動させて、取り出し可能になる。[9] は収納物を検索することが可能な収納物管理システムである。ユーザがカメラで収納物と収納場所を撮影し、撮影した写真に名前を手動で登録することで、登録順・収納した時間・収納物の名前を検索することを可能にしている。[10] はユーザの部屋が乱雑としている・目が疲れているなどモノを探すことが困難な時に、カメラで周辺を写すことで指定されたモノを探すシステムである。ユーザが探す対象となる可能性があるモノを事前に複数の角度から撮影し登録しておくことで、物体にデバイスを取り付けることなく画像処理技術を用いたモノ探しを可能にしている。[11] はオフィスの引き出しにおいて、多くの書類の中から特定の書類の発見を簡単にするシステムを提案している。このシステムでは、引き出しにモノを収納するたびに引き出し内を撮影し、収納物を地層のように保存することで、検索時、収納した時系列で想起しながらどの層に目的の書類があるか発見を可能にしている。

3. 研究課題

引き出しは、複数並べることで限られた床面積を効率的に利用できる便利な収納家具である。一方で、多くの人は、どの引き出しに何を収納したのか忘れてしまい、モノの探索に手間がかかるという経験をしている。この状況に鑑み、現在までに、複数の引き出しが存在する場面における収納物の管理・位置特定を行う研究が数多く行われているが、これらにはいくつかの問題が存在する。個々の収納物にデバイスを装着するアプローチがあるが [5][6][7]、事前に収納物にタグやセンサノードを装着する必要がある。また、ユーザが収納物・収納場所の情報を登録するアプローチがあるが [8][9][10][11]、収納時にユーザが情報を手動で付与する必要がある。これらはモノを収納するときに、ユーザ

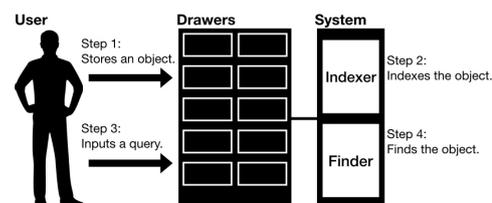


図 1 提案コンセプト

の負担になってしまう恐れがある。

以上のことから我々は複数の引き出しから特定の収納物を探しやすくするシステムを構築する上で下記 3 つの要件を満たす手法の確立を研究課題として設定する。

- 要件 1 収納場所がわからないモノを探索する際に手間がかからない
- 要件 2 ユーザが収納物・収納場所の情報を登録する必要が無い
- 要件 3 個々の収納物にデバイスを装着する必要が無い

4. 提案方式

3 章の要件を満たすために、我々は現在の一般ユーザ向けコンピュータにおけるファイルの収納・検索モデルに着目する。現在、多くの OS ではファイルの自動インデキシング機能が提供されている。例えば macOS では、Spotlight というアプリケーションが常時起動しており、ユーザが任意位置に収納したファイルの情報・収納場所を自動的にインデキシングしている。これにより、ユーザはファイル収納場所が思い出せなくても、ファイルに関する情報（例：名称、作成日時、ファイル中のキーワード）をクエリとしてシステムに入力することで、ファイルを発見することが可能である。

我々は、この発想を実空間におけるモノの収納に適用するインタラクションモデルを提唱する。具体的には、(1) ユーザが収納したモノの情報・収納場所を自動的にインデキシングし、(2) ユーザのクエリに基づいて収納場所を特定できる、収納システムを提案する。このコンセプトを図 1 に示す。これによって 3 章で述べた 3 つの要件を満たすことができると考えられる。要件 1 については、ユーザがクエリを入力するだけでモノが収納されている引き出しを特定できるため、ユーザが収納場所がわからないモノを探索する際に手間がかからない。要件 2 については、ユーザがモノを収納するだけで収納物の特徴を抽出できるため、ユーザが手動で収納物に情報を付与する手間を省くことができる。要件 3 については、引き出しに装着したデバイスで収納物の情報を自動抽出するため、収納物にデバイスを装着する必要がない。

5. 実装

5.1 システム構成

本システムは、サーバ・クライアントモデルを採用する。

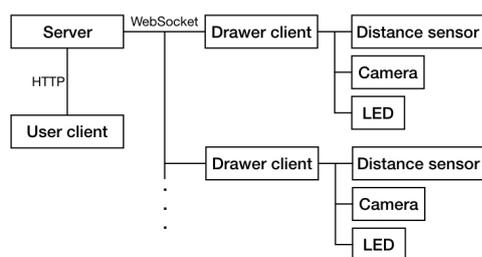


図 2 システム構成

システム構成を図 2 に示す。サーバ端末は、クラウドや、宅内などの引き出し外部に設置する PC を想定する。クライアント端末は、引き出しクライアント端末とユーザクライアント端末の 2 種類がある。引き出し端末は、Raspberry Pi を用いる。Raspberry Pi には、距離センサ、カメラ、LED を接続する。ユーザクライアント端末は、スマートフォンを用いる。サーバ端末と引き出しクライアント端末は WebSocket でリアルタイム双方向通信を行う。サーバ端末とユーザクライアント端末は HTTP による REST 型通信を行う。

5.2 収納時の処理フロー

ユーザがある引き出しにモノを収納する際、我々が提案するシステムでは下記の処理を行う。

Step 1. 引き出しの開閉検知：引き出しクライアント端末は、距離センサを用いて引き出しが開けられ、閉められたことを検知する。

Step 2. 引き出し内部の撮影：引き出しクライアント端末は、カメラを用いて、引き出しの内部を撮影し、サーバ端末に送信する。

Step 3. 新規オブジェクト検出：サーバ端末は、当該引き出しの前回閉められた直後の写真と、今回閉められた直後の写真を比較し、新規に収納されたオブジェクトを検出する。k 平均法を用いて検出したモノの色を抽出する。

Step 4. 新規オブジェクト識別：サーバ端末は、新規オブジェクトの物体識別 (そのモノが何であるかの判定) を行う。物体識別手法には、Deep Learning 手法の 1 つである VGG16[12] を Fine-tuning したものをを用いる。

Step 5. 新規オブジェクト登録：サーバ端末は、新規オブジェクトの物体識別結果や収納時刻などを DB に記録する。

上記の処理により、ユーザが引き出しにモノを収納するだけで、モノの収納場所・一般名称・色・収納時刻がシステムに登録される。

5.3 検索時の処理フロー

ユーザがあるモノがどの引き出しに収納されているか検索する際、システムは下記の処理を行う。

Step 1. 検索クエリの受け付け：ユーザクライアント端末は、テキスト入力インターフェースなどを用いて、ユーザか



図 3 引き出しの配置参考

ら検索対象の名称・色・収納時刻などの検索クエリを取得し、検索クエリをサーバ端末に送信する。

Step 2. 検索の実行：サーバ端末は検索クエリに合致するオブジェクトを DB から検索して、当該オブジェクトが収納されている引き出しを特定する。

Step 3. 検索結果の提示：サーバ端末は当該引き出しに装着されている引き出しクライアント端末に信号を送り、引き出しクライアント端末に装着されている LED を点灯させる。

上記の処理により、ユーザはモノの名前や収納時刻を手がかりにすることで、そのモノが収納されている引き出しを特定できる。

6. 実験

6.1 実験目的

本研究では、複数引き出しが存在する場面において、モノの収納場所を覚える必要をなくすために、モノを収納するだけで検索可能になる引き出しを提案してきた。先行研究における検証の結果、3 章の要件 2,3 については達成できていると示せたが、要件 1 については検証されていない。本稿では要件 1 についての検証をおこなう。提案システムが、収納場所がわからないモノを探索する際に手間がかからない手段であるか明らかにするために、モノを探索する際の手間に関して、探索にかかった時間や探索する際に引き出しを開け閉めした回数などを計測し検証を行う。

6.2 実験条件

本実験の被験者は 20 代の学生 6 名である。実験にはシステムを実装した引き出しを 8 個とダミーの引き出しを 22 個の合計 30 個用いる。30 個の引き出しは部屋の壁 2 面にまたがるように配置する (図 3)。30 は我々の研究室で普段から用いられている引き出しの数である。提案システムとダミーの引き出しの配置は被験者毎にランダムに配置する。今回の実験では、一般的に用いられる文房具として“ハサミ”、“ペン”、“ホチキス”、“カッター”、“付箋”の 5 種類を用意した。提案システムを実装した引き出しの数に合わせて各 8 個ずつモノを用意する。実験は 2 日間行い、1

1日目は収納フェーズ、2日目は収納フェーズと探索フェーズを設ける。日常的な記憶の残り方を再現するために、収納フェーズと検索フェーズの実験日を分ける。収納日の違いによる記憶の残り方の違いを明らかにするために収納フェーズを2日間行う。各収納フェーズでは、被験者は手元のメモに従ってモノを引き出しに収納する。探索フェーズでは、被験者は収納フェーズで収納したモノを引き出しから探索を行う。探索時に提案システムを用いる手法では、必ず提案システムを用いてモノを探索してもらうようにする。提案システムにおいて、1回で発見できなかった場合は、発見できるまでクエリを調整し検索しなおしてもらう。提案システムの検索端末にはスマートフォンを用いる。実験では下記の2つの手法を用いて、引き出しからモノの探索を行う。

- ベースライン：記憶を頼りに複数の引き出しの中から特定のモノを発見する
- 提案手法：提案システムを用いて複数の引き出しの中から特定のモノを発見する

6.3 実験手順

6.3.1 1日目：収納フェーズ

Step 1. 実験者は引き出しの場所と各モノを対応して記載したメモを被験者に渡す。

Step 2. 被験者はメモの指示に従ってモノを引き出しに収納する。

Step 3. 実験者は、検索端末を用いて画像を確認し、画像処理に失敗して画像が欠けていて、検索時に影響のありそうなものがあれば、モノを取り出し再度収納して修正する。

6.3.2 2日目：収納フェーズ・探索フェーズ

Step 1. 実験者は引き出しの場所と各モノを対応して記載したメモを被験者に渡す。

Step 2. 被験者はメモの指示に従ってモノを引き出しに収納する。

Step 3. 実験者は、検索端末を用いて画像を確認し、画像処理に失敗して検索時に影響のありそうなものがあれば、モノを取り出し再度収納して修正する。

Step 4. 被験者は、2枚の紙から1枚を選び使用する手法を決定する。

Step 5. 被験者は実験者に探索するモノの画像を見せてもらい、Step 4で決定した手法で引き出しからモノを探索するタスクを8回行う。被験者はモノを引き出しから発見した場合、モノを手にとって挙手してもらう。このとき、実験者は”モノの探索をスタートしてから引き出しからモノを取り出して挙手するまでの時間”(以降、探索時間とする)と”発見までに引き出しを開閉した回数”(以降、開閉回数とする)を計測する。

Step 6. 被験者はStep 4で選択されなかった手法を用

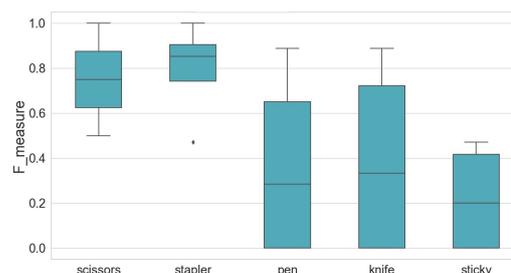


図 4 認識精度 (F 値)

いてもう一度 Step 5 を行う。

Step 7. 被験者は提案手法に関するアンケートに回答する。

6.4 予備実験

予備実験として、本実験の収納フェーズにおける認識精度を算出した。各モノの標本数はハサミ：18、ホチキス：22、ペン：17、カッター：13、付箋：21 である。実験結果の F 値を図 4 に示す。全ラベルの F 値の平均は 0.67 である。各ラベルの精度に注目すると、ハサミとホチキスは約 0.8、ペンとカッターは四部位範囲に散らばりがあり約 0.4、付箋は約 0.2 であった。

6.5 結果・考察

各手法における、収納日ごとの引き出しの開閉回数を図 5、発見までにかかった時間を図 6 に示す。1日目に収納したモノを探索することを“1day”，2日目に収納したモノを探索することを“2day”と表す。それぞれの結果に対応のある t 検定を行ったところ、1day の両手法間における開閉回数は 1%水準の有意差が見られた、また、2day の両手法間における開閉回数は 1%水準の有意差が見られた。ベースライン間における、1day と 2day の開閉回数には有意差が見られなかった。提案手法間における、1day と 2day の開閉回数には有意差が見られなかった。このことから、提案手法を用いることで、複数引き出しが存在する場面における収納物の探索で、引き出しの開閉回数が減少することが明らかになった。また、探索時間はどの手法間にも有意差は見られなかった。このことから、提案手法を用いることで収納物の探索にかかる時間が増加しないことが明らかになった。以上より、提案手法を用いることで、収納物の探索にかかる時間を増やすことなく探索の手間を減少させることができるので、複数引き出しが存在する場面におけるモノの探索において、提案システムが手間がかからない手段であると考えられる。また、今後検索 UI をさらに改善することによって、探索時間の短縮が期待できると考えている。

アンケート結果を図 5 に示す、各アンケート結果に対し

表 1 アンケートの質問一覧

質問項目	回答方法
Q1. システムは使いやすいと感じましたか	5段階リッカート尺度
Q2. キーワード検索は使いやすいと感じましたか	5段階リッカート尺度
Q3. 色検索は使いやすいと感じましたか	5段階リッカート尺度
Q4. 日時検索は使いやすいと感じましたか	5段階リッカート尺度

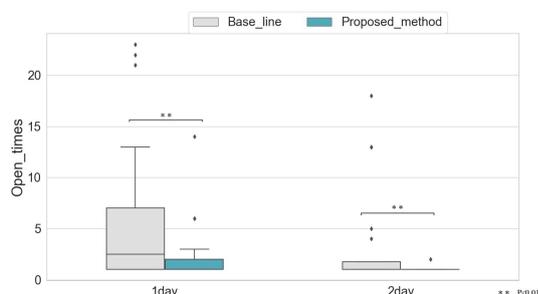


図 5 引き出しの開閉回数

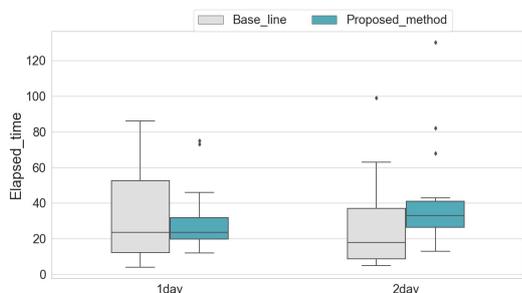


図 6 発見までにかかった時間

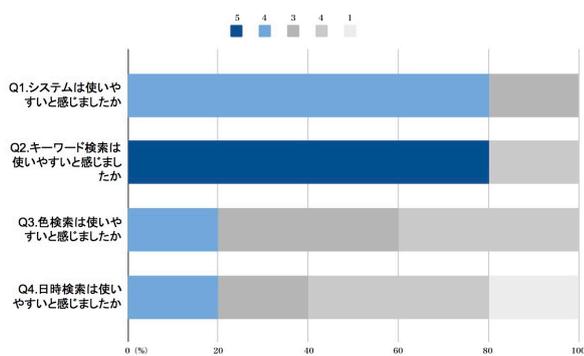


図 7 アンケート結果

て χ^2 検定を行ったところ、どの質問に対しても 4 以上の回答結果に有意差は見られなかった。これは実験の被験者が足りなかったことが原因だと考えられるため、今後再実験を行い、被験者を増やそうと考えている。

7. おわりに

本稿では [3][4] で提案してきたプロトタイプシステムが複数引き出しが存在する場面において、モノを探索する際にかかる手間に関して検証を行った。被験者に実際にシス

テム利用時のシーンを想定した実験を行い、モノを発見するまでにかかった引き出しを開け閉めした回数や時間を計測した。実験結果より、提案システムを用いることで、モノを発見するまでにかかる引き出しの開閉回数を大きく減少できることがわかった。モノを発見するまでにかかった時間には有意差がなかったものの、今後 UI の改善を行うことで短縮させることが可能だと考えている。また、追加実験を行うことで各検索項目の有効性の検証を行う予定である。

参考文献

- [1] 小泉 和子: 室内と家具の歴史. 中公文庫 (2005).
- [2] Hermann Ebbinghaus: Memory: A Contribution to Experimental Psychology (1885).
- [3] 鈴木 颯馬, 立花 巧樹, 大和 佑輝, 呉 健朗, 富永 詩音, 宮田 章裕: finDrawers: 収納物を検索可能な引き出しの基礎検討. 情報処理学会インタラクシオン 2019 論文集, pp.864–866 (2019).
- [4] 鈴木 颯馬, 立花 巧樹, 大和 佑輝, 呉 健朗, 富永 詩音, 宮田 章裕: finDrawers: 収納物を検索可能な引き出しの実装. 情報処理学会シンポジウム論文集, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2019), Vol.2019, pp.1739–1745 (2019).
- [5] 柳沢 豊, 前川 卓也, 岸野 泰恵, 亀井 剛次, 櫻井 保志, 岡留 剛: 低周波振動の伝播を利用した屋内での作業道具の位置検出手法. 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.6, pp.1575–1586 (2009).
- [6] 小田 賀一, 伊藤 雅仁, 松下 温: RFID を用いた貴重品管理、探し物支援. 情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2006, No.1, pp.289–290 (2006).
- [7] 前川 卓也, 柳沢 豊, 岡留 剛: Tag and Think: モノに添付したセンサノードのためのモノ自身の推定. 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.6, pp.1896–1906 (2008).
- [8] 黒木 優人, 渡邊 恵太: CallBag: 探す必要なく最適な荷物を提供する鞆. 情報処理学会インタラクシオン 2018 論文集, pp.569–570 (2018).
- [9] 藤原 潤也, 服部 哲, 速水 治夫: 手軽に所有物と収納場所を管理するための Android アプリ. 情報処理学会研究報告グループウェアとネットワークサービス, Vol.2012-GN-83, No.9, pp.1–8 (2012).
- [10] 佐藤 喬, 多田 好克: 低価格カメラを使った探し物支援システム. 情報処理学会第 71 回全国大会論文集, pp.11–12 (2009).
- [11] Siio, I., Rowan, J., and Mynatt, E.: Finding objects in “strata drawer”. CHI '03 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp.982–983 (2003).
- [12] Simonyan, K., and Zisserman, A.: K. Simonyan and A. Zisserman Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. arXiv preprint arXiv:1409.1556 (2014).