

# finDrawers: 収納物を検索可能な引き出しの実装

鈴木 颯馬<sup>1</sup> 立花 巧樹<sup>1</sup> 大和 佑輝<sup>2</sup> 呉 健朗<sup>2</sup> 富永 詩音<sup>2</sup> 宮田 章裕<sup>1,a)</sup>

**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。本稿では提案システムの機能性と利便性を検証するために、システムにおけるモノの識別精度の量的評価と、被験者にヒアリングを行いシステムの質的評価を行なった。実験結果より、現時点では物体識別精度に向上の余地があるものの、収納方法がモノの識別精度に与える影響が少ないことが確認できた。また、ヒアリングの結果、提案システムが複数の引き出しからモノを探す場面において有効な手段であることが確認できた。

## 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]。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。本稿では提案システムにおいて、ユーザが引き出しにモノを収納した際、システムが正しく物体を識別できるか量的評価、並びに実際に提案システムを使用してもらった上でユーザからアンケートとインタビューによるヒアリングをして質的評価を行なった。

本稿の貢献は下記のとおりである

- 提案システムにおけるモノの識別精度の量的評価を行ったこと
- ユーザにヒアリングを行い、現在のシステムの質的評価を行ったこと

## 2. 関連研究

### 2.1 モノの管理・検索を行う研究

本節では、モノの管理・検索を行うシステムに関する研究事例について説明する。2.1.1 項では、ユーザが収納物・収納場所の情報を登録する研究事例について、2.1.2 項では、収納物にデバイスを装着する研究事例について説明する。

#### 2.1.1 ユーザが収納物・収納場所の情報を登録するアプローチ

[4] 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鞆”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・天気情報から適切な収納物を推測し、鞆の区画部分を回転することで、鞆の上部の取り出し位置に推測した収納物を移動させる。[5] 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、手動で収納物の名前・写真と収納場所の名前・写真を登録することで、登録順・収納した時間・収納物の名前を検索することが可能である。[6] 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

<sup>1</sup> 日本大学文理学部

<sup>2</sup> 日本大学大学院総合基礎科学研究科

<sup>a)</sup> miyata.akihiro@acm.org

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としている。

### 2.1.2 収納物にデバイスを装着するアプローチ

[7]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。収納場所には振動を生じさせる振動源を、収納物には振動を検知するためのセンサをそれぞれ装着している。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し、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。[8]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。[9]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。センサノードから取得されたデータに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 引き出しを用いた研究

[10]は離れた場所にペアで存在する引き出し内の様子を、カメラとディスプレイを用いて共有することにより、生活の一部を共有できるコミュニケーションツールを提案している。[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う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。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[4][5][6]、収納時にユーザが情報を手動で付与する必要があるため手間がかかる。また、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[7][8][9]、事前に収納物にタグやセンサノードを装着する手間がかかる。収納物の画像と収納時刻を自動的に関連つけて閲覧可能にするアプローチもあるが[11]、収納物の名称などを手掛かりにした検索は難しい。

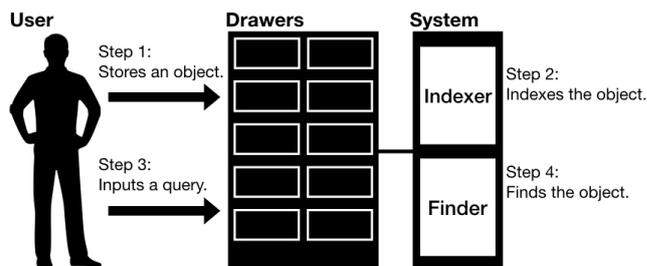


図1 提案するインタラクションモデル

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を研究課題とする。

課題1 ユーザが収納物・収納場所の情報を登録する必要が無い

課題2 個々の収納物にデバイスを装着する必要が無い

## 4. 提案手法

3章の課題を達成するために、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2つの課題を達成できると考えられる。課題1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。課題2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。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

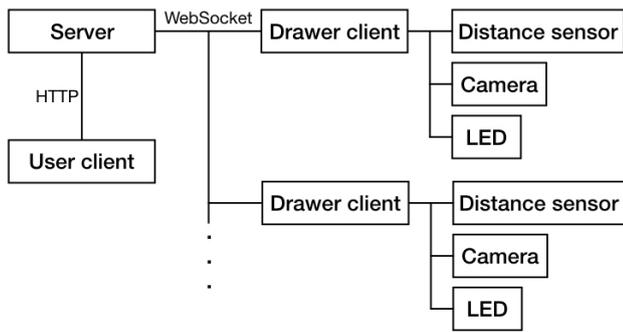


図 2 システム構成図

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、システム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が、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が、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：サーバ端末が、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。

**Step 4.** 新規オブジェクト識別：サーバ端末が、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 ResNet[12] を転移学習したものを用いる。

**Step 5.** 新規オブジェクト登録：サーバ端末が、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、モノの収納場所など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フェースなど（図 3）を用い、ユーザから検索対象の名称・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

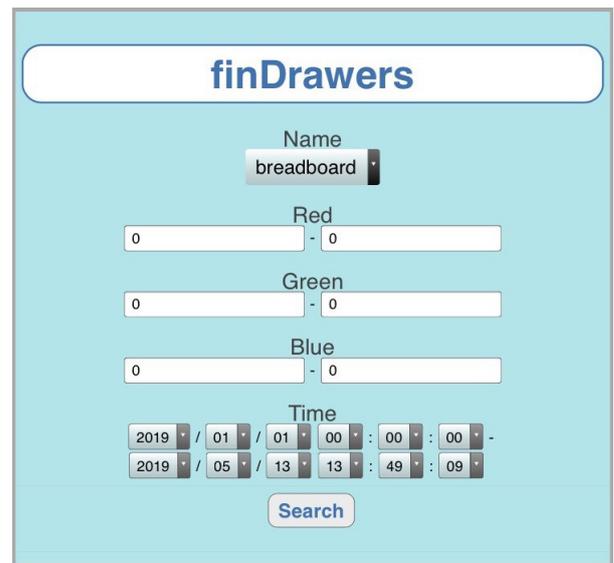


図 3 検索 UI 画面

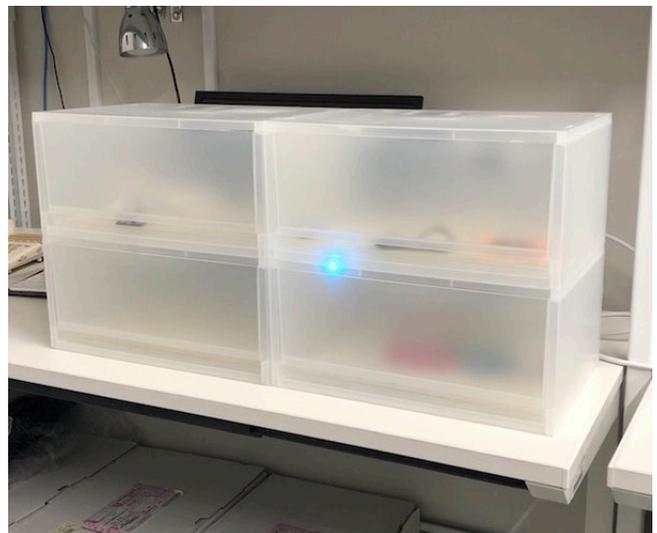


図 4 プロトタイプシステム

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（図 4）。

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

## 6. 検証実験 1

### 6.1 実験目的

本研究は、複数の引き出しが存在する場面において、ユーザが引き出しにモノを収納するだけでシステムが自動的に収納したモノの情報・収納場所をインデクシングし、ユーザのクエリに基づいてモノの収納場所を特定できるシステムを提案するものである。本実験では、プロトタイプシス



図 5 実験 1 風景

テムが正しく動作するかを量的評価するために、ユーザが引き出しにモノを収納する場面における、収納したモノの識別精度を検証することを実験の目的とする。

## 6.2 実験条件

本実験の被験者は 20 代の大学生 7 名 (男性 6 名, 女性 1 名) である。実験には、システムを実装した引き出しを 1 個用いる。実験に用いるモノとして“腕時計”, “カッター”, “ハサミ”, “ブレッドボード”, “ペン”, “ホチキス”の 6 種類を各 1 個用意する。被験者は下記の 2 種の手法で実験を行い、それぞれの手法における画像の識別精度を算出する。

手法 1(以降, P1): モノ同士を重ねて収納しない。

手法 2(以降, P2): モノ同士の一部を必ず重ねて収納する。

## 6.3 実験手順

実験は下記手順に従い行う。

**Step 1:** 被験者は 6.2 節で示した 2 つの手法の一方をランダムに選択する。実験者は選択された手法の内容を被験者に伝える。

**Step 2:** 被験者は選択された手法で、用意した 6 個のモノを 1 つずつ、自由な順番で引き出しに収納する (図 5)。その際、1 つのモノを収納するたびに一度引き出しを閉める。引き出しが閉められるたびに、システムが引き出し内部を上から撮影する。実験者は被験者が収納したモノの順番を記録する。

**Step 3:** Step 1 で選択されていない手法で Step 2 を行う。

**Step 4:** 再度 Step 1 ~ Step 3 を行う。

**Step 5:** 実験者は Step 2 で撮影した画像を用いて、それぞれの手法におけるモデルの精度を算出する。

## 6.4 実験結果・考察

各手法の実験結果における適合率を図 6, 再現率を図 7, F 値を図 8 に示す。全ラベルの F 値の平均は P1 では 0.35,

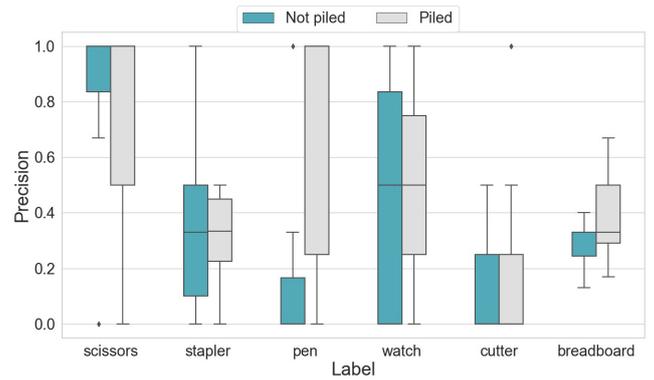


図 6 各手法の識別精度 (Precision)(N = 7)

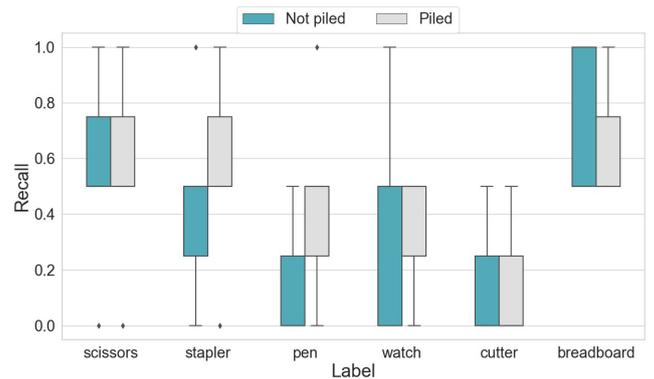


図 7 各手法の識別精度 (Recall)(N = 7)

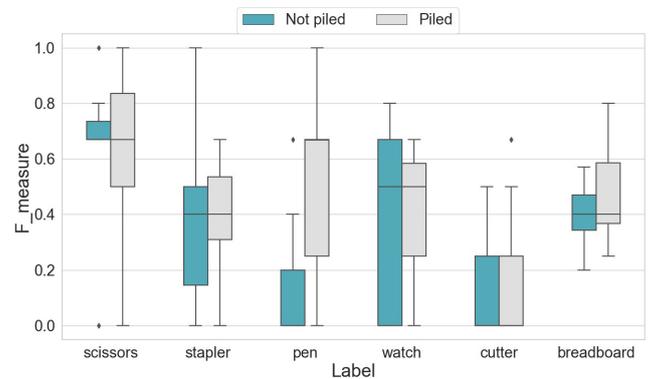


図 8 各手法の識別精度 (F 値)(N = 7)

P2 では 0.4 である。各手法間の識別精度に対し、対応のある t 検定を行ったところ、手法間における各物体の識別精度には有意差は確認できなかった。そのため、収納方法がモノの識別精度に与える影響は比較的少ないと考えられる。今回の実験で、モノの識別精度が高くならなかった理由を考察する。

第一に、背景差分法による新物体検出が正常に行えなかったことが精度を下げた理由だと考えられる。開閉時に収納物が大きく動いてしまったとき、背景差分法では新物体検出が正常に行えないことがある。また、開閉検知におけるセンシングの誤認識によって、撮影タイミングがずれてしまった場合も、背景差分法では新物体検出が正常に行えない。それにより、識別精度が低下してしまったと思わ

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. 引き出しのフィードバック (LED の点灯) は理解しやすいと感じましたか	5段階リッカート尺度
Q3. 検索項目は適切だと感じましたか	5段階リッカート尺度
Q4. 検索結果の画像の一覧表示は見やすいと感じましたか	5段階リッカート尺度
Q5. その他, システムについて感じたこと・思ったことがあれば, ご自由にお書き下さい	自由記述



図 9 実験 2 風景

れる。この問題は、新物体検出の方法を現在用いている背景差分法とは異なる方法を用いることで解決できると思われる。そこで、今後新たな方法の実装を検討していく。

第二に、今回の実験では各被験者の試行回数が少なかったためデータが不十分で正確な精度検証が行えていない可能性がある。そこで、今後追加実験を行い、より正確な識別精度の検証を行う予定である。

## 7. 検証実験 2

### 7.1 実験目的

本実験では、提案手法に対するユーザの受容性を質的評価するために、実際にシステム利用時のシーンを想定した実験を行い、被験者に対してのアンケートとインタビューを行う。

### 7.2 実験条件

本実験の被験者は 20 代の学生 7 名 (男性 6 名, 女性 1 名) である。実験は、収納物を提案システムを用いて検索して、引き出しから収納物を取り出してもらう方法をとる。実験には、システムを実装した引き出しを 4 個とダミーの引き出しを 4 個の合計 8 個用いる。ダミーの引き出しは、多くの引き出しの中から目的のモノを発見するメリットを、強く感じられるようにするために用いる。引き出しは縦 2 個 × 横 4 個で配置する。システムを実装した引き出しを配置する場所はランダムに決定する。実験に用いるモノとして“腕時計”、“カッター”、“ハサミ”、“ブレッドボード”、“ペ

ン”、“ホチキス”の 6 種類を各 3 個、計 18 個用意した。

### 7.3 実験手順

実験は下記手順に従い行う。

**Step 1:** 実験者が被験者にシステムの使用方法を説明する。その後被験者がシステムに慣れるために 5 分ほどシステムの練習時間を設ける。

**Step 2:** 被験者には一旦退席してもらい、実験者は 7.2 節で挙げた 18 個のモノ全てをそれぞれ任意のシステムを実装した引き出しに収納する。このとき、物体識別の結果に関わらず手順を進める。

**Step 3:** 検索対象を収納物のうちから 1 つをランダムに決定する。実験者は被験者に、検索対象の一般名称と色を口頭で伝え、“始め”という合図でシステムを用いて検索を開始する。被験者はシステムを用いて収納場所を特定し、引き出しから検索対象を取り出す (図 9)。このとき、制限時間を合図から 1 分間設ける。

**Step 4:** 検索対象を引き出しから取り出す、もしくは制限時間が超過次第検索を終了する。検索対象が見つからなかった場合は、引き出しに入れたままにしておく。

**Step 5:** Step 3~Step 5 を 5 回繰り返す。このとき、同じモノを検索対象にしないようにする。被験者は 5 回終了後アンケートに 5 段階のリッカート尺度で回答してもらった。検索 UI の評価を問う Q1~Q4, その他の自由記述を行ってもらう Q5 の計 5 個の質問からなる (表 1)。

**Step 6:** 実験者は被験者に対し 5 分程度の半構造化 / 非構造化インタビューを行い、その質疑応答の内容を記録する。インタビューは [13] を参考に進行する。

### 7.4 実験結果・考察

アンケートの結果を図 10 に示す。Q1 の回答結果は、“システムは使いやすいと感じましたか”という質問に対し、“とても感じた”または“感じた”と回答した被験者は 71.4%であった。Q2 の回答結果は、“引き出しのフィードバック (LED の点灯) は理解しやすいと感じましたか”という質問に対し、“とても感じた”または“感じた”と回答した被験者は 71.4%であった。

Q1, Q2 において、どちらも“とても感じた”または“感じた”という回答が 70%を上回った、これは提案システムが複数の引き出しからモノを探す場面において有効な手段

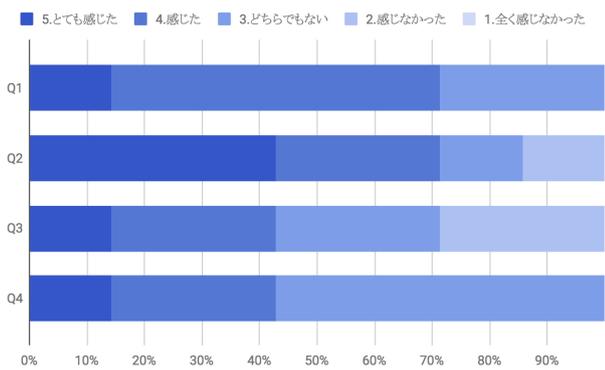


図 10 アンケート結果 (N = 7)

であったと考えられる。

Q3 の回答結果は，“検索項目は適切だと感じましたか”という質問に対し，“とても感じた”または“感じた”と回答した被験者は 42.9%であった。Q4 の回答結果は，“検索結果の画像の一覧表示は見やすいと感じましたか”という質問に対し，“とても感じた”または“感じた”と回答した被験者は 42.9%であった。

Q3, Q4 において、どちらも“とても感じた”または“感じた”という回答が 50%を下回った。関連して、Q5 の自由記述では“RGB の入力に慣れていないと理解できない”という意見を得た。ここから、提案システムの画像識別が失敗した際、被験者が一般名称検索の次に行った色検索の UI が使いづらかったことが理由だと考えられる。

次に、アンケート後に行ったインタビューによるヒアリング結果を下記に示す。

#### 使用してもらった感想

- 1-1) 手で検索したら、収納場所が光って教えてくれて感動した。
- 1-2) 名前だけで検索がうまくいくとスムーズに取り出せて良い。
- 1-3) 共有スペースの引き出しで、他者の引き出しを漁るのは気がひけるのでこのシステムがあると嬉しい。
- 1-4) 家では引き出しの中が整理されているため、使う場面が浮かばない。
- 1-5) 一覧表示の画像が暗くて色が判断しづらい。

#### フィードバックに関する意見

- 2-1) 手元を見て検索しているため、最初は光っていることに気づけなかった。
- 2-2) フィードバックで光る場所が引き出しの上部にあるため、下段の引き出しが光った場合、上段か下段のどちらが光っているかわかりづらかった。
- 2-3) 光ると同時に音を出してくれたらどこらへんの引き出しが光っているかがわかりやすくなると思われる。

#### 検索項目に関する意見

3-1) 色検索の入力インターフェースが使いづらい。

3-2) 全収納物の一覧表示機能があれば、モノが少ない時は良い。

3-3) 音声入力インターフェースがあったら良い。

3-4) どのモノをいつ取り出したかのログが表示されたら良い。

3-5) 名称が思い出せないときに、形で検索できたら便利だと思われる。

3-6) 収納された時間で検索する項目は、時間単位もしくは 10 分単位で十分だと思われる。

色検索に関する意見は、アンケートの Q5 とインタビューによるヒアリングで多数もらったため、優先的に実装の改善を行う予定である。使用してもらった感想の 1-3, 1-4 から、提案システムは個人で使用する引き出しよりも、共有スペースにある引き出しでモノ探しをする場面において有効だと考えられる。

今後は、インタビューによるヒアリング結果における使用してもらった感想の 1-1~1-5 を念頭に置きつつ、フィードバックに関する意見の 2-1~2-3 と、検索項目に関する意見の 3-1~3-6 についても実装と検証を進めていく予定である。

## 8. おわりに

本稿では [3] で提案したプロトタイプシステムの機能性と利便性を検証するために、モノの識別精度の量的評価と、利便性の質的評価を行った。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、その後、インタビューによるヒアリングを行った。実験により、現時点では物体の認識精度に向上の余地があるものの、収納方法がモノの識別精度に与える影響が比較的少ないことが確認できた。また、ユーザの立場から、実際のシーンに沿った貴重な意見ももらった。現在のシステムでは、引き出しの開閉時に中のモノが動くとき、システムが物体識別を失敗してしまうことと、検索の UI がユーザに負担をかけてしまうことがわかった。今後は、現在のシステムと異なる方法を用いた物体識別の実装を検討することと、UI の改善を行う予定である。また、追加実験を行いより正確な識別精度の検証も行う予定である。

#### 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ティブ 2019 論文集, pp.864-866 (2019).
- [4] 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. 情報処理学会インタラクティブ 2018 論文

- 集, pp.569–570 (2018).
- [5] 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).
  - [6] 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).
  - [7] 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).
  - [8] 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).
  - [9] 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).
  - [10] Sio, I., Rowan, J., and Mynatt, E.: Peek-a-drawer: Communication by Furniture. CHI '02 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp.582–583 (2002).
  - [11] Sio, 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] He, K., Zhang, X., Ren, S., and Sun, J.: Deep Residual Learning for Image Recognition. Proc. the 29th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'16), pp.770–778 (2016).
  - [13] やまだようこ: 非構造化インタビューにおける問う技法—質問と語り直しプロセスのマイクロアナリシス. 質的心理学研究, Vol.5, No.5, pp.194–216 (2006).