

finDrawers:
収納物を検索可能な引き出し

令和元年度 卒業論文

日本大学 文理学部 情報科学科 宮田研究室

鈴木 颯馬

概要

収納家具は我々の生活に溢れるモノを片付けるのに有効な道具である。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。

本稿では、この問題を解決するために、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、プロトタイプシステムの構築を行った。このシステムでは、ユーザが引き出しにモノを収納するだけで、引き出しがモノの情報と収納場所の情報を自動でDBに保存してくれるため、ユーザの手間を増やすことなく、モノの管理・検索ができると考えられる。

提案システムの効果を検証するために、提案システムにおけるUIの質的評価と、複数引き出しが存在する場面におけるモノの検索において、提案システムを用いることで手間を軽減でき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を改善することで短縮させることが可能だと考えている。また、アンケートにより、提案システムを用いることで身体的・精神的負担を軽減できることがわかった。

本稿の貢献は次の通りである。

- 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を行ったこと
- 上記のシステムを構築したこと
- 提案システムを用いてシステムのUIを評価する実験を行ったこと
- 提案システムを実際の利用シーンに近づけた実験を行ったこと

目次

第1章	序論	1
1.1	研究の背景	2
1.2	研究の目的	2
1.3	本論文の構成	2
第2章	モノの管理や検索を行う研究事例	3
2.1	システムがモノを管理する研究事例	4
2.2	システムがモノを検索する研究事例	4
2.2.1	モノにデバイスを装着する研究事例	5
2.2.2	モノにデバイスを装着しない研究事例	6
第3章	研究課題	7
3.1	問題の定義	8
3.2	研究課題の設定	8
第4章	収納物を検索可能な引き出しの提案	9
4.1	アプローチ	10
4.2	収納物を検索可能な引き出しの提案	10
第5章	収納物を検索可能な引き出しの実装	12
5.1	システムの全体像	13
5.2	一般名称推定モデル構築	14
5.3	収納時の処理フロー	14
5.4	検索時の処理フロー	15
第6章	評価実験	18
6.1	予備実験	19
6.2	評価実験1	19
6.2.1	実験の目的	19
6.2.2	実験の概要	19
6.2.3	実験の手順	20
6.2.4	実験結果・考察	21
6.3	評価実験2	22

6.3.1	実験の目的	22
6.3.2	実験の概要	23
6.3.3	実験の手順	24
6.3.4	実験結果・考察	25
第7章 結論		28
参考文献		30
研究業績		32

目 次

4.1	提案するインタラクションモデル	10
5.1	システム構成図	13
5.2	引き出し前面から見た配置構成	13
5.3	ネットワーク構造	15
5.4	変化前の写真	16
5.5	変化後の写真	16
5.6	検出したオブジェクト	17
5.7	システムの検索 UI	17
5.8	LED 点灯時の引き出し	17
6.1	実験風景	20
6.2	実験1 アンケート結果	21
6.3	引き出しの配置参考	23
6.4	引き出しの開閉回数	25
6.5	発見までにかかった時間	26
6.6	アンケート結果	27

表 目 次

5.1	使用機材一覧	14
6.1	認識精度 (旧モデル)	19
6.2	認識精度 (新モデル)	19
6.3	実験1 アンケートの質問一覧	20
6.4	実験2 アンケートの質問一覧	24

第1章 序論

1.1 研究の背景

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。

1.2 研究の目的

1.1 で述べた問題を解決するために、これまでモノの管理・検索を行う研究は数多くされてきた。しかし、既存研究では、モノを管理・検索するために、事前に手動でモノの情報を付与したり、デバイスを取り付ける必要があるなどの手間がかかってしまう。そこで本稿では、多くの引き出しからモノを探すシーンにおいて収納場所がわからなくても、手間をかけずにモノを発見できるようにすることを研究目的とする。

1.3 本論文の構成

本論文の構成は次のとおりである。

2章では、モノの管理や検索を行うシステムに関する研究事例について述べる。

3章では、既存研究における、モノの管理・検索を行うシステムの問題を定義し、それをふまえた上で本研究における課題を設定する。

4章では、既存研究において生じていた問題を解決するためのアプローチとして、ユーザが収納したモノの情報・収納場所を自動的に記憶し、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。

5章では、最初にシステムの全体像を説明する。その後、引き出しにモノを収納したときの処理フロー、引き出しからモノを検索するときの処理フローについて具体的に述べる。

6章では、評価実験の目的と実験環境、手順、実験結果と考察を述べる。

最後に7章にて、本論文の結論を述べる。

第2章 モノの管理や検索を行う研究事例

本章では、モノの管理や検索を行うシステムに関する研究事例について述べる。2.1 節では、システムがモノを管理することでユーザが検索する負担を減らしている研究事例について紹介する。2.2 節では、システムがモノを検索することでユーザが検索する負担を減らしている研究事例について紹介する。

2.1 システムがモノを管理する研究事例

システムがモノを管理することでユーザが検索する負担を減らしている研究事例として、[3]、[4]、[5]、[6]が挙げられる。

[3]では、棚に設置されたボックスの使用頻度やボックス同士の使用相関を視覚的に表示することで、ユーザがボックスからモノを検索する際に補助するシステムを提案している。ボックスの前面に動きを検知するセンサとLEDで構成されたラベルを装着している。ボックスと棚の接地面には電気コネクタを備えており、ローカルデータバスを介してラベルはサーバに接続される。これにより、ユーザがボックスに近づく前に引き出しの使用頻度を示したLEDパターンを提示したり、ユーザが任意のボックスを操作した際に、他のボックスがそのボックスとの使用相関を示したLEDパターンを提示することで、ユーザに対して情報提示を行っている。[4]では、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を検索する際に補助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記録して管理することで、検索時には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。[5]では、収納箱が動かされたときの収納箱の様子とその周辺の様子をwebから閲覧可能にすることで、ユーザが収納箱からモノを検索する際に補助するシステムを提案している。棚に置かれた収納箱の中にマーカーを取り付け、棚の上にカメラを装着している。カメラがマーカーを検出した際に、システムが自動的に写真を撮り、箱のIDと結びつけてデータベースにアップロードして管理することで、収納箱の様子とその周辺の様子をユーザがwebから閲覧出来るようにしている。[6]では、食品を識別し、その状態を監視することで、冷蔵庫内の食材管理を補助するスマート冷蔵庫を提案している。カメラ・湿度・温度センサを用いて食品を検出し、機械学習を用いて食品を識別して管理することで、食品のリストやログ、食品のリストを参考にしたレシピなどをwebから閲覧できるようにするシステムである。

2.2 システムがモノを検索する研究事例

システムがモノを検索することでユーザが検索する負担を減らしている研究事例は数多く存在する。2.2.1 項では、モノにデバイスを装着することでモノの検索を可能にする研究事例について紹介する。2.2.2 項では、モノにデバイスを装着しないでモノの検索を可能にする研究事例について紹介する。

2.2.1 モノにデバイスを装着する研究事例

モノにデバイスを装着することでモノの検索を可能にする研究事例として、[7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15]が挙げられる。

[7]では、紙文書・フォルダ・ファイルキャビネットなどに、センサーと通信機能を装着することで、紙文書の検索を可能にするシステムを提案している。紙文書とフォルダにRFIDタグを装着し、対応するリーダーをファイルキャビネットに配置する。RFIDタグを装着した文書がリーダーによって検知されると、その文書が最後に存在した場所としてデータベースに保存される。これによりユーザーが文書を検索すると、目的の場所が最後に存在した場所がデータベースで検索される。[8]では、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を提案している。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]では、紛失する可能性のある物にはあらかじめタグを付けておき、タグの位置を常にシステムで把握することで、ユーザが探し物を検索するとそれがある付近にスポットライトを照射するシステムを提案している。システムは、超音波とActiveRFIDによって物に付けられたタグの位置を常に取得し、確率的に位置を取り扱っている。探し物をするときには、専用のPDAの捜したい物に対応したボタンを押すと、その物がある場所を確率に応じた照射範囲でスポットライトを照射することで、探し物発見の支援を行っている。[10]では、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。[11]では、物理・電子的に管理・検索できるファイルキャビネットシステムを提案している。各フォルダにはLEDとボタンが上部に配置されており、フォルダ前面にはA4サイズのAnoto paperが配置されている。フォルダをキャビネットに配置すると、フォルダが金属レールを介してキャビネットと電氣的に接続されて、キャビネットがフォルダと通信できるネットワークバスが形成される。これにより、単一のフォルダを物理的・電子的の両方での管理・検索を可能にしている。[12]では、振動モータと加速度センサを用いて、モノの収納場所を検索するシステムを提案している。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。[13]では、モノに光学マーカーを装着し、天井に光学マーカーを認識可能なカメラとプロジェクターで構成された操作可能なユニットを設置することで、モノを探すときに光学マーカーと対応したIDを検索すると、そのモノの場所をプロジェクターで強調表示してユーザに探しているモノを提示するシステムを提案している。[14]では、ToF方式のデプスカメラを用いて認識することができる、遠距離からでも位置とIDの検出が可能な小型で低コストなタグを開発している。短い時間幅のパルス光を散発的に照射して

撮影する ToF 方式のデプスカメラで、液晶シャッターと再帰性反射材を用いたタグを撮影することで、タグを点滅する点として観察できる。これを用いて、点滅のパターンにタグの情報を埋め込むことで、遠距離からデプスカメラをかざすだけで特定のモノを探し出すところが可能なタグを提案している。[15]では、RFID タグを添付したモノの絶対位置およびモノの種別の推定手法を提案している。空間内における人の位置情報と人の移動により生じる RFID の電波変動から、モノ同士の空間内における位置や使われ方の類似性を導出する。その情報から RFID タグが添付されたモノの種別を推定するとともに、人の位置情報とモノの使用状況のタイミング同定することで、実環境において RFID タグが添付されたモノの絶対位置の推定を行っている。

2.2.2 モノにデバイスを装着しない研究事例

モノにデバイスを装着しないでモノの検索を可能にする研究事例として、[16], [17], [18], [19] が挙げられる。

[16]では、収納物を検索することが可能な収納物管理システムを提案している。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・収納物の名前で検索することを可能にしている。[17]では、モノを探すことが困難なときに、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を提案している。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としている。[18]では、HMD を用いて、ユーザが検索したモノの「最後に見た画像」と方向・距離を提示することで、屋内におけるモノへのナビゲーションシステムを提案している。緯度・経度・階層・方位を取得するために HMD と Google Nexus S を接続している。HMD はストリーミングデータから、視覚に映ったモノを認識している。これによりモノを検索した際に、そのモノを「最後に見た画像」と方向・距離の提示を可能にしている。[19]では、ユーザの状況に適切な収納物を推測し、提供するシステムを提案している。収納時に 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。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ユーザの状況に適切な収納物を推測する。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て、取り出し可能にしている。

第3章 研究課題

3.1 問題の定義

人間の記憶は時間経過とともに薄れていくため [2], 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ことがある. それにより, 多くの引き出しからモノを発見しなければならないため, モノの検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, 2章で述べたように, システムがモノを管理・検索する研究は数多く行われている.

[3], [4], [5], [6] のような, システムがモノを管理することで, ユーザがモノを検索する負担を減らす研究が存在する. しかし, 管理するモノが増加してくると, システムを用いても特定のモノを手動で検索する必要があるため, 検索には大変な手間がかかってしまう. そこで, 管理するモノが増加しても, ユーザに手間をかけさせないように, システムがモノを検索する研究が存在する.

[7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15] は, モノにタグなどのデバイスを装着することでモノの検索を可能にする研究である. デバイスをモノに装着しておくことで, 特定のモノを検索するときクエリを入力して検索すると, 容易に収納場所を特定することができる. しかし, デバイスをモノに装着していない場合は, システムを用いた検索ができないため, 事前にデバイスをモノに装着しておく必要があるという手間がかかる. [16], [17], [18], [19] は, モノにデバイスを装着しないでモノの検索を可能にする研究である. モノの情報を付与しておくことで, 特定のモノを検索するときクエリを入力して検索すると, 容易に収納場所を特定することができる. しかし, 手動でモノの情報を付与していないと, システムを用いた検索ができないため, 事前にモノの情報を手動で付与する必要があるという手間がかかる. このように, システムがモノを検索する既存研究では, 事前にモノにデバイスを装着しておくか, 事前にモノの情報を手動で付与しておく必要がある.

以上より, 多くの引き出しから特定のモノを検索するシーンにおける問題は次のように定義できる.

問題1: ユーザが手動で特定のモノを検索する必要があること

問題2: 事前にデバイスを装着する必要があること

問題3: 事前に手動で情報を付与する必要があること

3.2 研究課題の設定

3.1節で定義した問題をふまえ, 本研究では, 多くの引き出しから特定のモノを検索するシーンにおいて, 収納場所がわからなくても手間をかけずにモノを発見できるシステムの開発を実現することを研究課題として設定する.

第4章 収納物を検索可能な引き出しの 提案

4.1 アプローチ

3.2節で設定した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、ユーザが任意の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、ユーザはファイルの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。

4.2 収納物を検索可能な引き出しの提案

4.1節で提唱したインタラクションモデルに基づき、(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。これは、ユーザが引き出しにモノを入れると、一般名称推定でモノの名称を特定し、収納されている引き出し・時刻などに関連付けてデータベース化するというものである。このコンセプトを図4.1に示す。

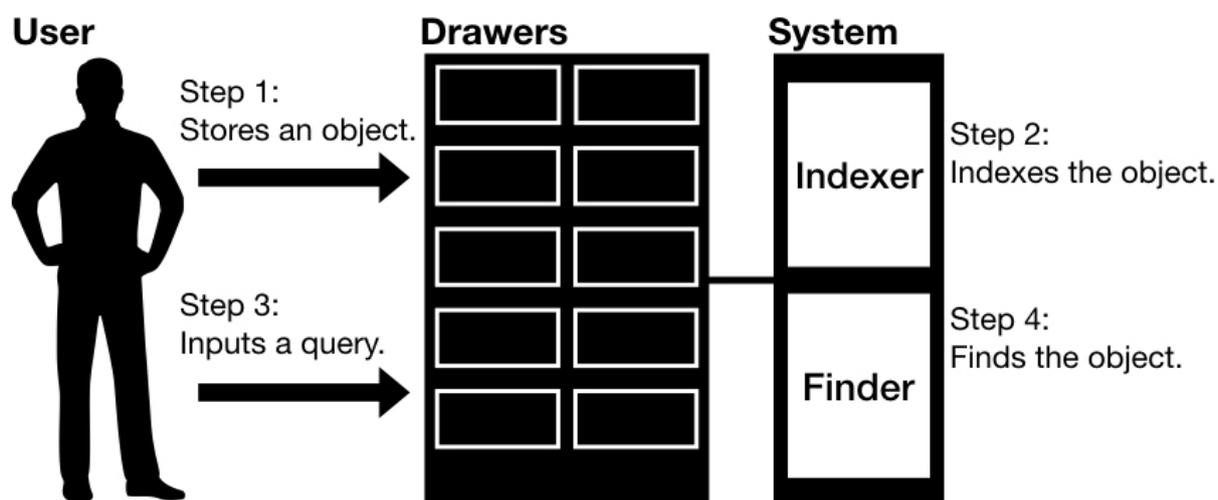


図 4.1: 提案するインタラクションモデル

この提案によって3.1節で述べた3つの問題を解決することができると考えられる。問題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把握できるため、ユーザが手動で特定のモノを捜索する必要がない。問題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、事前に収納物にデバイスを装着する必要がない。問題3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、事前にユーザが手動で収納物に情報を付与する必要がない。

以上より、3つの問題を解決した上で、3.2節で設定した研究課題を達成できると考えられる。

第5章 収納物を検索可能な引き出しの 実装

5.1 システムの全体像

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 5.1 に示す。使用する機材を表 6.3 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。引き出しクライアント端末は、Raspberry Pi を用いる。Raspberry Pi には、距離センサ、カメラ、LED を接続する。この様子を図 5.2 に示す。距離センサは引き出しの開閉を検知するのに用いている。カメラは引き出し内の撮影に用いている。LED はシステムのフィードバックに用いている。

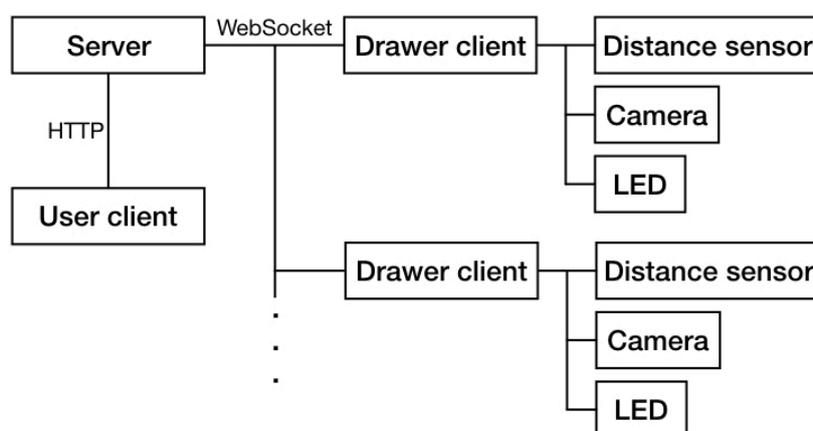


図 5.1: システム構成図

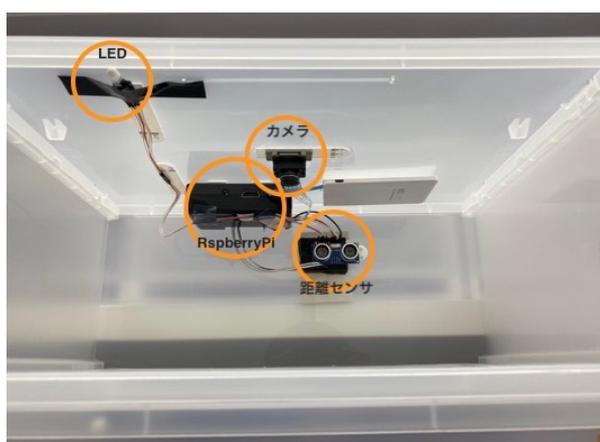


図 5.2: 引き出し前面から見た配置構成

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

表 5.1: 使用機材一覧

ント端末は HTTP による REST 型通信を行う。以上のように、引き出しにモノが入ると、物体認識を用いてそのモノの名称を識別し、DB に保存するというシステムを構築する。

5.2 一般名称推定モデル構築

本節では、提案システムに用いた一般名称推定モデルを説明する。ここで説明するモデルは、本稿の実験終了後に認識精度向上を図って構築した最新版のモデル(以下、新モデルとする)である。新モデルは Deep Learning 手法の1つである VGG16[20] をベースに作成する。新モデルのトレーニングデータ数は各クラス 1000, 合計 5000 件で学習を行う。新モデルは VGG16 の全結合層以降を取り外して、新たに全結合層群を接続する。まず、全結合層より前の層のパラメータを固定した状態で全結合層群を最大 100 エポック訓練する。次に、VGG16 の最後の畳み込み層・プーリング層のグループのパラメータの固定を解除して訓練可能にした状態で、上記の畳み込み層・プーリング層のグループと全結合層群をさらに最大 100 エポック訓練する。ネットワーク構造を図 5.3 に示す。新モデルを用いて 250 件のテストデータに対してテストした際の精度は 100 % である。

5.3 収納時の処理フロー

本節では、提案システムにモノを収納する際の処理フローを説明する。ユーザがある引き出しにモノを収納する際、提案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(図 5.4)と、今回閉められた直後の写真(図 5.5)を比較し、新規に収納されたオブジェクトを検出(図 5.6)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、5.2 節で説明したモデルを用いる。

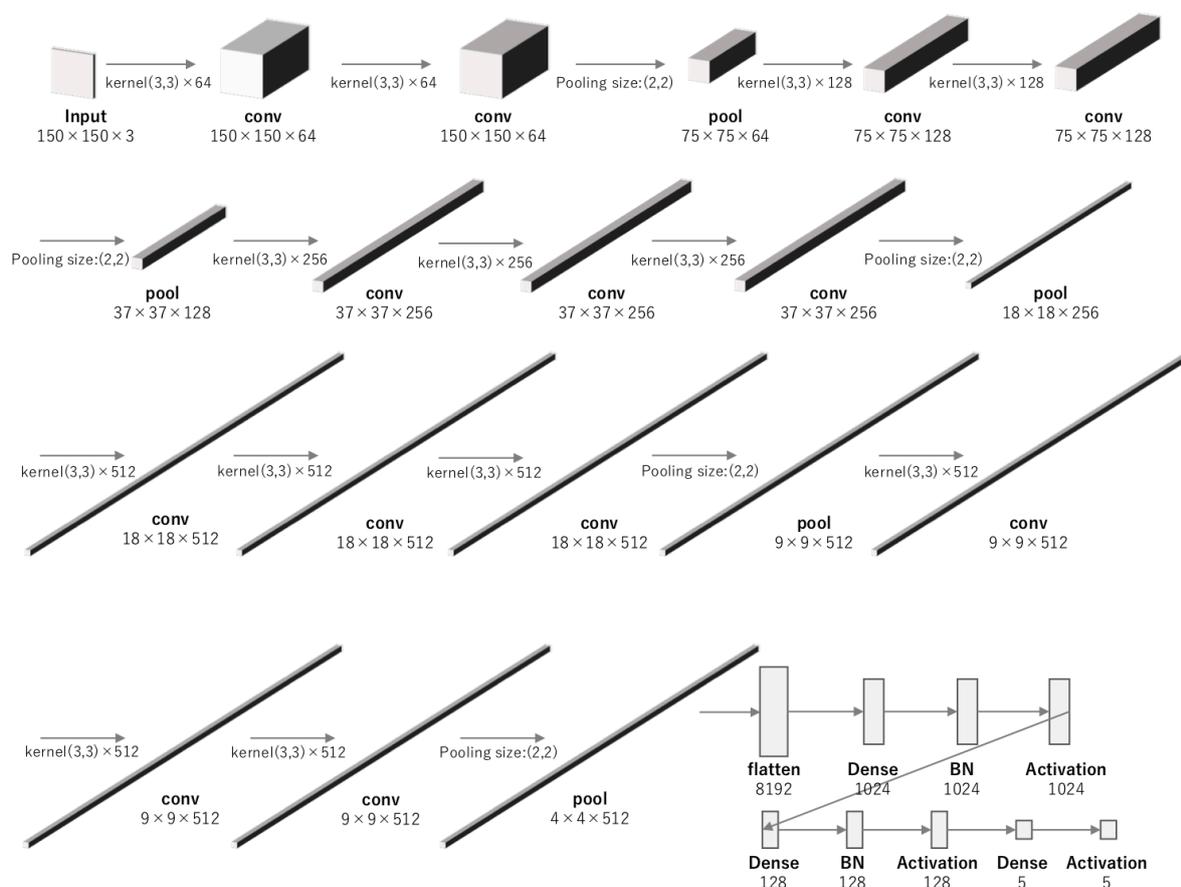


図 5.3: ネットワーク構造

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 DB に登録される。

5.4 検索時の処理フロー

本節では、提案システムからモノを検索する際の処理フローを説明する。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 5.7）を用いて、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。



図 5.4: 変化前の写真

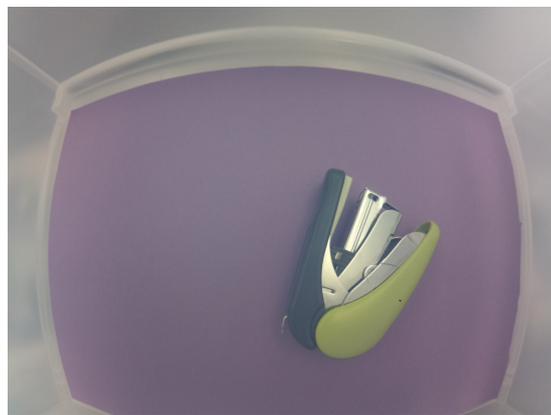


図 5.5: 変化後の写真

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5.8）。

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。



図 5.6: 検出したオブジェクト

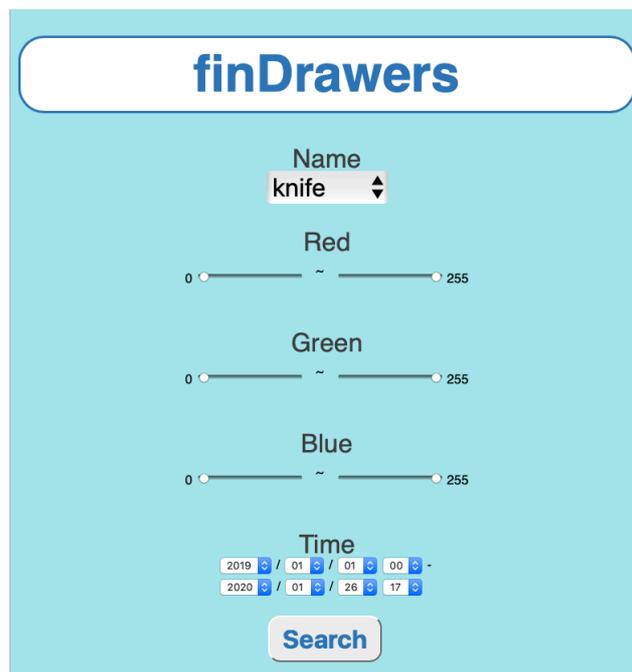


図 5.7: システムの検索 UI

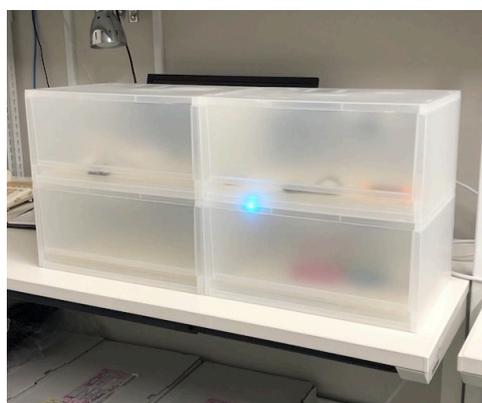


図 5.8: LED 点灯時の引き出し

第6章 評価実験

表 6.1: 認識精度 (旧モデル)

一般名称	Precision	Recall	F 値
scissors (ハサミ)	0.423	1.000	0.594
stapler (ホチキス)	0.725	0.967	0.829
pen (ペン)	1.000	0.100	0.182
knife (カッターナイフ)	0.875	0.467	0.609
sticky (付箋)	1.000	0.667	0.800

表 6.2: 認識精度 (新モデル)

一般名称	Precision	Recall	F 値
scissors (ハサミ)	0.744	0.967	0.841
stapler (ホチキス)	0.833	1.000	0.909
pen (ペン)	0.800	0.267	0.400
knife (カッターナイフ)	0.667	0.467	0.606
sticky (付箋)	1.000	0.967	0.983

6.1 予備実験

本節では、予備実験として、本研究で用いているモデルの引き出し内における認識精度を評価する。また、認識精度を評価するモデルは、6.3項の本実験で用いる旧モデルと、実験後に構築した新モデルの2つのモデルである。評価用のサンプルデータ数は、各モノ30の合計150である。撮影する際、引き出し内にモノは1つだけ入れ、蛍光灯の下で十分な明るさを確保して行う。実験結果のF値を表6.1, 表6.2に示す。全ラベルのF値の平均は、旧モデルは0.60, 新モデルは0.75だった。新モデルに関して、モデル構築時のテストデータによる精度は100%だったため、引き出し内におけるどの要因が精度に影響を与えているか検証する必要があると考えられる。

6.2 評価実験 1

6.2.1 実験の目的

本実験の目的は、提案手法に対するユーザの受容性を質的評価することである。

6.2.2 実験の概要

本実験では、実際にシステム利用時のシーンを想定した実験を行い、被験者に対してアンケートとインタビューを行う。実験の被験者は20代の学生12名(男性9名, 女性3名)

表 6.3: 実験1 アンケートの質問一覧

質問項目	回答方法
Q1. 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
Q2. 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



図 6.1: 実験風景

である。実験は、引き出しに収納されているモノ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。実験の最後にアンケートとインタビューを被験者に対して行う。アンケート項目は検索UIに関する質問Q1, Q2の2つからなり(表6.3), 5段階のリッカート尺度で回答する。インタビューは[21]を参考に進行する。

6.2.3 実験の手順

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6.2.2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6.1)。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回答する。

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。

6.2.4 実験結果・考察

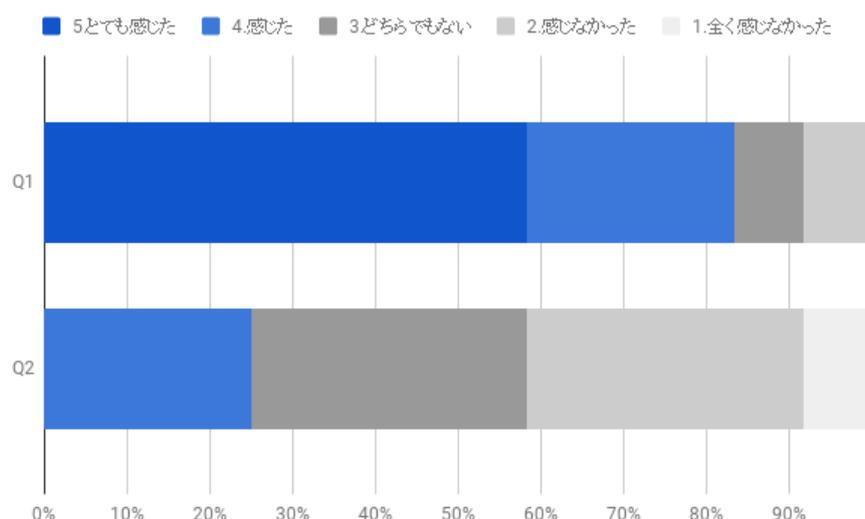


図 6.2: 実験1 アンケート結果

アンケートの結果を図6.2に示す。

Q1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”という回答が50%を上回った、これは光を用いたフィードバックが、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ったと考えられる。

Q2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”という回答が50%を下回った。これは、新物体画像検出する際に、モノを切り取る処理が綺麗にできていないことにより、表示されている画像が見辛いことが原因だと考えられる。

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) 手元で検索したら、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。

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 3-1~3-5 についても実装と検証を進めていく予定である。

6.3 評価実験 2

6.3.1 実験の目的

本実験の目的は、提案システムが、収納場所がわからないモノを搜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ことである。



図 6.3: 引き出しの配置参考

6.3.2 実験の概要

本実験では、モノを搜索する際の手間に関して、搜索にかかった時間や搜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い、その後アンケートを行う。実験の被験者は20代の学生10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6.3)。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日目は収納フェーズ、2日目は収納フェーズと搜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。搜索フェーズでは、被験者は収納フェーズで引き出しに収納したモノを搜索する。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搜索を行う。

- 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

提案手法では、必ず提案システムを用いてモノを搜索してもらうようにする。提案手法において、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

表 6.4: 実験2 アンケートの質問一覧

質問項目	回答方法
Q1. 提案手法において身体的負担が少ないと感じましたか	5段階リッカート尺度
Q2. ベースラインにおいて身体的負担が少ないと感じましたか	5段階リッカート尺度
Q3. 提案手法において精神的負担が少ないと感じましたか	5段階リッカート尺度
Q4. ベースラインにおいて精神的負担が少ないと感じましたか	5段階リッカート尺度
Q5. 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
Q6. 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
Q7. 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

てもらう。ベースラインでは、モノを発見できるまで検索を行う。提案手法の検索端末にはスマートフォンを用いる。実験の最後に、被験者に対してモノを搜索時の負担を問うアンケート(表 6.4)を行う。

6.3.3 実験の手順

6.3.3.1 1日目：収納フェーズ

Step 1. 被験者は引き出しの場所と各モノを関連付けて記載したメモを実験者から受け取る。

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。

6.3.3.2 2日目：収納フェーズ・搜索フェーズ

Step 1. 被験者は引き出しの場所と各モノを関連付けて記載したメモを実験者から受け取る。

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、伏せてある2枚の紙から1枚引き、手法を決定する。

Step 5. 被験者は実験者に搜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搜索するタスクを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をしてもらう。このとき、実験者は”モノの搜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、搜索時間とする)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5段階のリッカート尺度で回答する.

6.3.4 実験結果・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 6.4, 発見までにかかった時間を図 6.5 に示す. 1 日目に収納したモノを搜索することを “Day1”, 2 日目に収納したモノを搜索することを “Day2” 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, Day1 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, Day2 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, Day1 と Day2 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, Day1 と Day2 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搜索で, 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, 収納日が同じ場合・異なる場合に関わらず搜索にかかる時間はいずれの手法間に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搜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, 収納物の搜索にかかる時間を増やすことなく搜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搜索において, 提案システムは手間がかからない手段であると考えられる. 搜索にかかる時間を短縮できなかった理由に関してはのちに考察する.

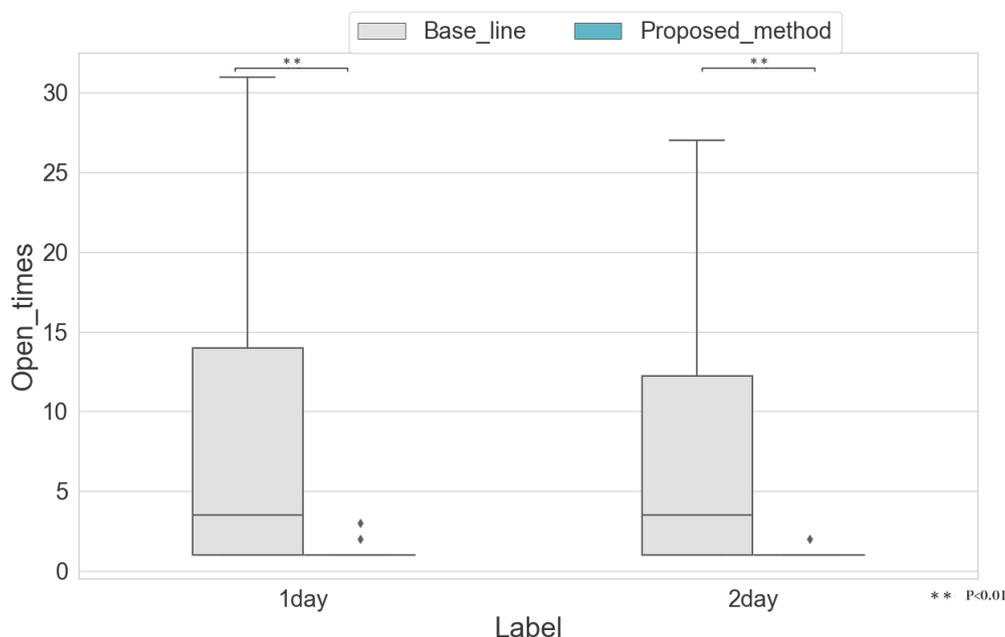


図 6.4: 引き出しの開閉回数

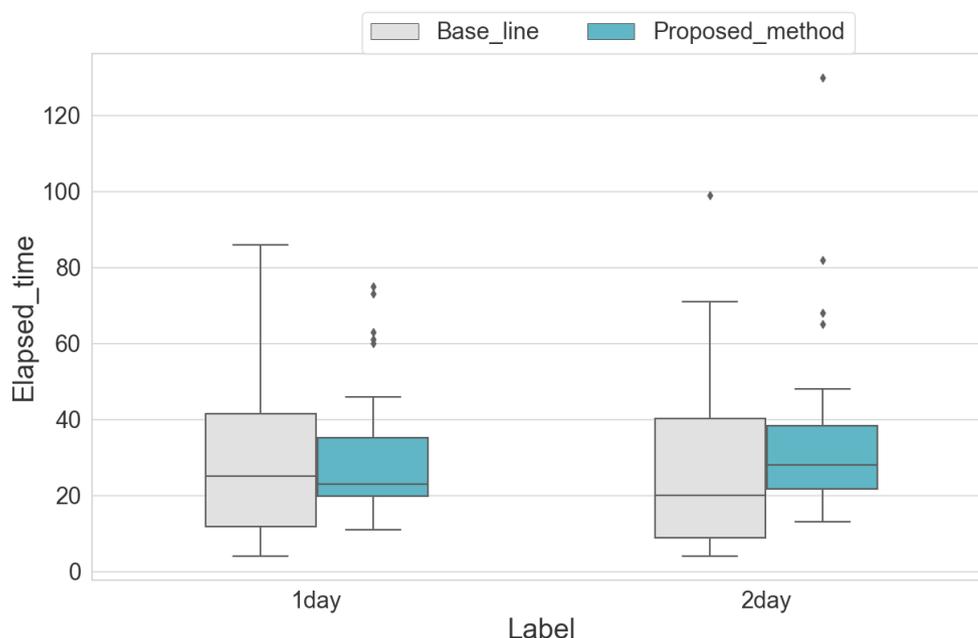


図 6.5: 発見までにかかった時間

アンケート結果を図6.6に示す。まず、アンケートのQ1, Q2, Q3, Q4に関して考察する。アンケートQ1の“提案手法において身体的負担が少ないと感じましたか”とQ2の“ベースラインにおいて身体的負担が少ないと感じましたか”の結果を比較する。それぞれのアンケート結果に対してウィルコクソンの符号付順位和検定を行ったところ、提案手法において“とても感じた”または“感じた”と回答した割合に1%水準の有意差が見られた。アンケートQ3の“提案手法において精神的負担が少ないと感じましたか”とQ4の“ベースラインにおいて精神的負担が少ないと感じましたか”の結果を比較する。それぞれのアンケート結果に対してウィルコクソンの符号付順位和検定を行ったところ、提案システムにおいて“とても感じた”または“感じた”と回答した割合に有意差は見られなかったものの、提案手法の方が多かった。これらの結果より、提案システムを用いることによって、収納場所がわからないモノを搜索する際に身体的・精神的負担を減少させることができると考えられる。次に、アンケートのQ5, Q6, Q7に関して考察する。アンケートQ5の“キーワード検索は使いやすいと感じましたか”において“とても感じた”または“感じた”と回答した被験者は9割を占めていた。これは、キーワード検索はモノを搜索する場面において適切なクエリであると考えられる。アンケートQ6の“色検索は使いやすいと感じましたか”とQ7の“日時検索は使いやすいと感じましたか”において“とても感じた”または“感じた”と回答した被験者は1割であった。Q7の回答の理由として“入力が面倒くさい”, “モノを収納した日を覚えていない”などの意見が得られた。これより、色検索と日時検索はクエリや入力方法を考え直す必要があると考えられる。

アンケート結果において、システムを用いた際に精神的負担を感じたと回答した被験者

が4名がいた。その被験者に対して、精神的負担を感じたと回答した理由を追加で質問した。その回答結果を下記に示す。

- 検索画面に表示される検索対象物の画像が、見切れていたり色が本来とやや違ったりすることがあり見辛かった
- 引き出しが半透明だったため、システムを使わなくても収納場所を特定できることがあった
- 検索UIが使いやすい
- 色検索がRGB入力なため、赤緑青以外の色を入力する際に考える必要だった
- 検索結果の画像群から目的のモノを探すのが手間だった

回答結果を大きくまとめると、操作がし辛いという回答が3件。出力が見辛いという回答が1件。システムが必要なさそうなシーンであったという回答が1件だった。これから、搜索にかかる時間を短縮できなかった理由は、検索UIが使いづらく、検索に時間がかかってしまったことが原因だと考えられる。そこで、今後検索UIを改善することによって、精神的負担の減少・搜索時間の短縮が期待できると考えている。今後カラーパレットやカラーピッカーによる入力や人間の知覚を考慮した色差式 [22] を用いることで、検索UIの改善ができると考えている。

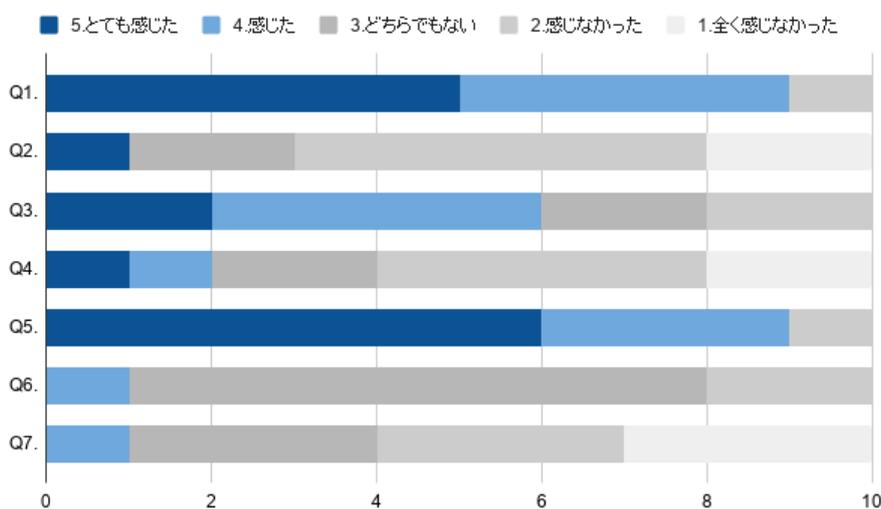


図 6.6: アンケート結果

第7章 結論

本研究では、収納物を検索可能な引き出しにおけるプロトタイプシステムを構築したあと、そのシステムを用いて3つの実験を行った。まず、構築したシステムの評価を行うにあたって、引き出し内における一般物体認識モデルの評価実験を行った。新モデルは旧モデルより比較的精度が向上したものの、今後、引き出し内におけるどの要因が精度に影響を与えているか検証する必要があることがわかった。次に、システムの評価システムの利便性を検証するための実験を行った。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結果、システムの検索UIに関する問題点が明らかになった。最後に、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する実験を行った。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。

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] Paul Yarin and Hiroshi Ishii. Touchcounters:designing interactive electronic labels for physical containers. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 362–369, 5 1999.
- [4] Itiro Sii, James Rawan, and Elizabeth Mynatt. Finding objects in “strata drawer”. *CHI’03 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 982–983, 4 2003.
- [5] Mizuho Komatsuzaki, Koji Tsukada, and Itiro Sii. Drawerfinder:finding items in storage boxes using pictures and visual markers. In *Proceedings of 2011 International Conference on Intelligent User Interfaces*, pp. 363–366, 2 2011.
- [6] Taein Kwon, Eunjeong Park, and Hyukjae Chang. Smart refrigerator for health-care using food image classification. In *Proceedings of the 7th ACM International Conference on Bioinformatics*, pp. 483–484, 10 2016.
- [7] Damian Arregui, Christer Fernstrom, Francois Pacull, Gilbert Rondeau, and Jutta Willamowski. Paper-based communicating objects in the future office. In *In Proc. Smart Object Conference*, 2003.
- [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, 第 68 巻, pp. 299–300, 3 2006.
- [9] 中田豊久, 金井秀明, 國藤進. スポットライトを用いた屋内での探し物発見支援システム. 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 12, pp. 3962–3976, 2007.
- [10] 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.
- [11] Thomas Seifried, Matthew Jarvis, Michael Haller, Masood Masoodian, and Nicolas Villar. Integration of virtual and real document organization. In *Tangible and Embedded Interaction*, pp. 81–88, 2 2008.

-
- [12] 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.
- [13] Andreas Butz, Michael Schneider, and Mira Spassova. Searchlight a lightweight search function for pervasive environments. In *Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 3189–3198, 5 2011.
- [14] 真鍋宏幸, 山田渉, 稲村浩. Tof方式のデプスカメラで読み取る小型で低消費電力なタグ. *情報処理学会論文誌*, Vol. 58, No. 10, pp. 1642–1654, 2017.
- [15] 扇田幹己, 山口弘純, 東野輝夫. 人間行動を活用した rfid によるモノの位置と種別推定. 第 27 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, 11 2019.
- [16] 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*, 第 83 巻, pp. 1–8, 3 2012.
- [17] 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*, 3 2009.
- [18] Markus Funk, Robin Boldt, Bastian Pfleging, Max Pfeiffer, Niels Henze, and Albrecht Schmidt. Representing indoor location of objects on wearable computers with head-mounted displays. In *Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference*, pp. 1–4, 3 2014.
- [19] 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, 3 2018.
- [20] Karen Simonyan and Andrew Zisserman. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. In *arXiv preprint arXiv:1409.1556*, 2014.
- [21] 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*, 2006.
- [22] Gaurav Sharma, Wencheng Wu, and Edul N Dalal. The ciede2000 color- difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. 10 2014.

研究業績

査読付き国内会議

- (1) 鈴木颯馬, 尹泰明, 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検証, 情報処理学会グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2019 論文集, Vol.2019, pp.120-124 (2019 年 11 月).
- (2) 樋口恭佑, 大和佑輝, 呉健朗, 栗田元気, 鈴木颯馬, 宮田章裕: 認知症のある人との会話トレーニングシステムの基礎検討, 情報処理学会グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2018 論文集, Vol.2018, pp.1-4 (2018 年 11 月).

研究会・シンポジウム

- (1) 尹泰明, 富永詩音, 立花巧樹, 鈴木颯馬, 秋山和隆, 宮田章裕: 共有スペースにおいて空間専有感を生むライティング方式の基礎検討, 情報処理学会インタラクシオン 2020 論文集, (2020 年 3 月掲載予定).
- (2) 立花巧樹, 大西俊輝, 鈴木颯馬, 富永詩音, 呉健朗, 宮田章裕: 生活空間における危険予測支援システムの基礎検討, 情報処理学会グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2019 論文集, Vol.2019, pp.99-102 (2019 年 11 月).
- (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 年 7 月).
- (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 年 3 月).

受賞

- (1) マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2019) シンポジウム ヤングリサーチ賞, finDrawers: 収納物を検索可能な引き出しの実装, 受賞者: 鈴木颯馬(2019 年 7 月).
-