

実世界指向インターフェースによる 情報送受信手段の実装と検証

平成29年度 卒業論文

日本大学 文理学部 情報科学科 宮田研究室

呉 健朗

概要

現在我々は、一つの端末で自身のスケジュール管理や、情報の送受信を行うようになった。しかしその一方で、スマートフォンのような電子端末を操作する必要があるが故に生まれる問題が存在する。本研究では、我々の日常生活中で特に頻繁に行っていると思われる、リマインダを設定する際に生じる問題と、情報の受け渡しを行う際に生じる問題に着目し、これらの解決に取り組む。

まず、電子端末を操作してリマインダを設定する際には言語化・入力の手間がかかるという問題が存在する。この問題を解決するために、本研究では、“タスクが存在する”という情報をオブジェクトに直接物理的に登録するモデルを考案した。これにより、ユーザはオブジェクトを視認するたび、それに関するタスクが存在することを把握でき、自分の記憶を辿ってタスク内容を認識できる。このモデルを実現するための具体的な手段として、オブジェクトにクリップを装着することでリマインダを登録する方式を提案する。これは、規定時間を記憶したクリップをオブジェクトに装着するだけで、リマインダを設定できるというコンセプトである。クリップにはフルカラーLEDが付いており、色・点滅によってタスクの存在と期限情報を表現する。プロトタイプシステムを用いた検証実験では、提案システムのインターフェース操作性、日常生活における実用性について、それぞれ一定の有効性が確認できた。

次に、情報の受け渡しを行う際には連絡先の交換が必要であるという問題が存在する。そのため、情報の受け渡し相手が初見の相手である場合や、その場限りの相手である場合であると、連絡先を交換することに抵抗を感じるユーザは多いと思われる。この問題を解決するために、本研究では、紙をちぎって手渡すことで電子情報の受け渡しを可能にするモデルを考案した。これにより、ユーザはどこにでもある紙で連絡先を交換せずに電子情報の受け渡しができるようになる。このモデルを実現するための具体的な手段として、文字が印刷された紙(例:レシート)を利用する。電子情報の受け渡しを行うとき、送信者は紙をちぎり、受信者に手渡す。このときに送信者が持つ紙片を p_s 、受信者が持つ紙片を p_r とする。送信者は p_s をカメラで写すことで、 p_s の破れ目の特徴と電子情報を関連付ける。受信者は p_r をカメラで写すことで、 p_r の破れ目の特徴、すなわち、 p_s の破れ目の特徴に合致する電子情報にアクセスできる。この方式により、ユーザは連絡先を交換することなく電子情報の受け渡しが可能となる。プロトタイプシステムを用いた基礎検証では、73%の精度で対となる紙片同士のマッチングを行うことができることを確認した。

本稿の貢献は次の通りである。

- 日常生活におけるオブジェクトに関するリマインダを実現する際の、ユーザにとって負担が少ないシステムモデルを考案・実装し、有効性の検証を行ったこと。
- 連絡先を渡すのに抵抗を感じられる相手とでも情報の受け渡しが行えるシステムモデルを考案・実装し、基礎的な検証を行ったこと。

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	3
第 2 章 関連研究	4
2.1 実世界指向インターフェースに関する研究事例	5
2.2 リマインダに関する研究事例	6
2.3 情報の受け渡しに関する研究事例	6
第 3 章 研究課題	8
3.1 問題の定義	9
3.2 リマインダ設定時における研究課題の設定	9
3.2.1 研究対象	9
3.2.2 研究課題	9
3.3 情報の受け渡し時における研究課題の設定	10
3.3.1 問題の定義	10
3.3.2 研究課題の設定	11
第 4 章 実世界オブジェクトへの リマインダ登録インターフェースの提案	12
4.1 クリップ型リマインダ登録インターフェースの提案	13
4.2 クリップ型リマインダ登録インターフェースの実装	15
4.2.1 プロトタイプシステムの構成	15
4.2.2 クリップ部	15
4.2.3 クリップ制御部	18
4.3 実験の全体像	20
4.4 実験 1：インターフェースの操作性の検証	20
4.4.1 実験条件	20
4.4.2 実験手順	20
4.4.3 結果・考察	23
4.5 実験 2：日常生活における実用性の検証	25
4.5.1 実験条件	25

4.5.2 実験手順	26
4.5.3 実験 2 の結果・考察	27
第 5 章 紙をちぎって手渡すだけで	
電子情報の受け渡しを行う方式の提案	30
5.1 紙をちぎって手渡すだけで電子情報の受け渡しを行う方式の提案	31
5.2 紙をちぎって手渡すだけで電子情報の受け渡しを行う方式の実装	36
5.2.1 アルゴリズムの前提	36
5.2.2 アルゴリズムの全体像	37
5.2.3 前処理	38
5.2.4 特徴量 1 (三角形の 2 辺の長さの比) 抽出処理	38
5.2.5 特徴量 2 (分断された文字の数) 抽出処理	40
5.2.6 特徴量 3 (分断された文字列の行の数) 抽出処理	40
5.2.7 マッチング処理	40
5.3 紙をちぎって手渡すだけで電子情報の受け渡しを行う方式の検証実験	45
5.3.1 実験の目的	45
5.3.2 実験の環境・手順	46
5.3.3 結果・考察	49
第 6 章 結論	
参考文献	53
研究業績	55

図 目 次

4.1	既存モデルと提案モデルの違い	13
4.2	クリップ装着によるリマインダ登録のコンセプト	14
4.3	プロトタイプシステムの構成	15
4.4	クリップの回路図	16
4.5	実装したクリップの様子	16
4.6	LED による残り時間表示	17
4.7	通電センサによるクリップ使用検知	18
4.8	複数のクリップを使用する際の使用開始時間の差	19
4.9	実験 1 で用いたクリップ	21
4.10	実験 1 における平均作業時間（秒, N=12）	23
4.11	実験 1 Q1 の回答 (N=12)	24
4.12	実験 1 Q2~8 の回答 (N=12)	25
4.13	実験 2 における対象物の設置場所	26
4.14	実験 2 で用いたパターン	27
4.15	想起フェイズ時にリマインダを設定したオブジェクトに気付けた割合（%, N=10）	29
4.16	タスク内容想起率（%, N=10）	29
5.1	l_1 と l_2 の長さの比	32
5.2	分断された文字の数	33
5.3	分断された文字列の行数	34
5.4	紙片上の分断された文字	35
5.5	紙片上の分断された文字列	36
5.6	アルゴリズムの全体像	37
5.7	前処理	38
5.8	Hough 変換後	39
5.9	各頂点と辺の位置	41
5.10	ラベリング処理範囲	42
5.11	ラベリングされる順番	43
5.12	各行における最後の文字	44
5.13	改行の有無	45

5.14 適切な例	46
5.15 不適切な例	46
5.16 hough変換後	47
5.17 範囲外に文字がある	48
5.18 マッチング結果:例1	49
5.19 マッチング結果:例2	49
5.20 f_e の分布	50
5.21 f_c の分布	51
5.22 f_l の分布	52

表 目 次

4.1 実験1の提案方式パターン	21
4.2 実験1の質問一覧	22

第1章 序論

1.1 研究の背景

スマートフォンは、自身のスケジュール管理や、情報の送受信といった様々な機能を一つの端末のみで行うことができるため、我々の生活には欠かせないものとなりつつある。しかしその一方で、スマートフォンのような電子端末を操作する必要があるが故に生まれる問題が存在する。

例えばユーザに，“借りた本を1週間後の返却日までに返す”，“貰い物の和菓子を賞味期限の4日後までに食べる”といった、特定日時までに実行しなければならないタスクが存在するシーンを考える。ユーザはタスクの実行忘れを防ぐために、スマートフォンのリマインダーアプリケーションを利用することが考えられる。しかし、タスクをリマインダに登録するためには，“借りた本を読む”，“貰った和菓子を食べる”のように、タスク内容を言語化し、システムに入力する必要があり、手間がかかるという問題がある。これが“顧客への見積資料を今日中に送付する”といった業務上のタスクなら、タスクの実行忘れを避けるのに見合う手間と言える。一方、本を読む、菓子を食べる、といった日常生活中のタスクに対して、言語化・入力することは、ユーザにとって割に合わない手間がかかると考えられる。

また，“道案内を行なった際に、目的地までの電子地図を送るとき”，“インターンシップに参加した際に撮影した動画を送るとき”といったシーンを考える。電子情報を受け渡す手段として、メール、SNS アプリケーションを利用して受け渡す方式が考えられるが、これらを利用する際に、ユーザは情報の送信相手と連絡先を交換する必要があるという問題がある。送受信者同士が見知った仲であれば、連絡先を交換することに抵抗はない。しかし偶然道案内をしただけの人や、インターンシップで隣席になっただけの人と連絡先を交換することに抵抗を感じる人は多いと考えられる。

本研究では、我々の日常生活中で特に頻繁に行っていると思われる、リマインダを設定する際に生じる問題と、情報の受け渡しを行う際に生じる問題に着目する。

1.2 研究の目的

1.1節で例示したように、電子端末を操作してリマインダを設定する際には言語化・入力の手間が存在し、情報の受け渡しを行う際には連絡先の交換が必要であるという問題が存在した。そこで本稿では、言語化・入力をすることなくリマインダを設定できるシステムと、連絡先を交換することなく情報の受け渡しを行えるシステムの構築、および検証実験からそれぞれのシステムの有効性を確認することを目的とする。

言語化・入力を必要としないリマインダシステムを構築する際には、タスクの期限までにユーザはタスクの内容・期限の想起を複数回行う事が考えられるため、電子端末を携行・装着しなくてもタスク内容・期限を確認できるようにする。さらに、リマインダを設定する対象物ごとに、専用の道具を利用することはユーザにとって負担であると考えられるため、日常生活空間中のオブジェクトに対して汎用的に利用できるようにする。

連絡先の交換を行わずに情報の受け渡しを行えるシステムを構築する際には、情報の受け渡しを行う度に、手間がかかるないようにする。さらに、情報の送受信を行う際、連絡先を交換する必要をなくすためだけに、専用の道具を別に用意することは、ユーザにとって大きな負担となると考えられるため、ユーザが常日頃持ち歩いているものを利用する。

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、実世界指向インターフェースに関する研究事例、リマインダに関する研究事例、情報の受け渡しに関する研究事例についてそれぞれ紹介する。

3章では、電子端末を操作して、リマインダを設定する際や、電子情報の受け渡しをする際に生じる問題点について述べ、それらを踏まえたうえで本研究における課題をそれぞれに設定する。

4章では、電子端末を操作して、リマインダを設定する際に生じる問題を解決するために、提案する手法とその実装方法について述べる。さらに、行ったユーザ実験の目的や手順について述べ、実験結果から得られた知見についても述べる。

5章では、電子端末を操作して、電子情報の受け渡しをする際に生じる問題を解決するために、提案する手法とその実装方法について述べる。さらに、行ったユーザ実験の目的や手順について述べ、実験結果から得られた知見についても述べる。

最後に6章にて、本論文の結論を述べる。

第2章 関連研究

本章では、2.1節では、実世界指向インターフェースに関する研究事例について紹介する。2.2節では、リマインダに関する研究事例について紹介する。2.3節では、情報の受け渡しに関する研究事例について紹介する。

2.1 実世界指向インターフェースに関する研究事例

本節では、実世界のオブジェクトに情報を関連付ける研究事例について述べる。

MIT Media Lab の musicBottles[1] は、栓がされたボトルを複数用いる音楽演奏システムである。各ボトルには楽器・メロディが関連付けられており、開栓したボトルに該当する音が演奏される仕組みになっている。同じく MIT の Illuminating Clay[2] は、砂を敷き詰めたテーブルトップ・スクリーンを用いる景観デザインシステムである。砂で成形した地形モデルに対して、各位置の日照、風の流れなどの情報を関連付けられる。

国内でも実世界指向インターフェースが多数開発されている。InfoBinder[3] は、実際の机や机上の書類などの実物体に対して、関連する情報を投影表示するバーチャルデスクトップシステムである。LED と押しボタンを一体化した小型デバイスを実物体に装着することで、システムは各実物体の識別・位置特定を行っている。Pick-and-Drop[4] は、ペン型デバイスを用いて異なるコンピュータ間で情報の送受信を行うシステムである。ペンでコンピュータ画面上のデータを選択した後、他のコンピュータ画面にペンを接触させるとデータをそこに移動できる。MouseField[5] は、RFID タグを装着した日用品を特定の方法で動かすことで、日用品に関する情報の参照・操作を行うシステムである。例えば、CD を台の上に置くと音楽再生が始まり、CD を回転するとトラック選択ができる。Push-pin[6] は、ピン型の物理タグを用いて機器間で情報を送受信する関係性を変更できるシステムである。例えば、あるスイッチの脇の穴に照明に関連付けられたピンを挿入すると、そのスイッチで照明を ON・OFF できるようになる。

拡張現実感 (AR) を用いて実世界のオブジェクトや位置に情報を関連付ける研究・製品事例も多い。ラジオマーカ [7] は、複数のスピーカの音量を動的に制御することで、実空間中の特定位置に音源を仮想的に関連付けるシステムである。Layer[8] は GPS や画像認識技術を用いて、実世界の店舗や印刷物に情報を関連付ける AR アプリケーションである。ものびこん [9] も画像認識により実世界物体に情報を関連付けることができる。このシステムを用いると実世界オブジェクトにアイデアを関連付けることができ、そのアイデアを他者も閲覧できる。画像認識以外のアプローチをとるシステムとしては、Kappan[10] が挙げられる。この技術では、文字認識結果を独自アルゴリズムで分析することで、書籍内ページの一部をスマートフォンで撮影するだけで撮影位置を特定でき、その位置に情報を関連付けられる。Mediacup[11][12] はユーザコンテキストを推測する試みであり、Smart-Its プロジェクト [13] へと発展した。Smart-Its では、日用品にセンサが装着されており、センサイベントをトリガとするアプリを利用できる。

2.2 リマインダに関する研究事例

本節では、リマインダの研究事例について述べる。一般的にリマインダとは、将来行うタスクを記録・通知するためのシステムのことを指す。将来行うタスクの内容は多岐に渡るが、Time-based task と Event-based task に大別できる [14][15][16]。

Time-based task とは、特定時刻になったら行うタスク、または、特定時刻までに行うタスクである。特定時刻に行うタスクのリマインダについては、該当時刻になったら通知を行う機能が多くのスマートフォンに標準搭載されている。他にも、過去のタスク発生時刻に基づいて適切なタイミングでユーザに通知を行うシステム [17] や、リマインダの作成時刻・タスク内容に基づいて通知時刻を自動設定する研究事例がある [18]。特定時刻までに行うタスクのリマインダについては、タスク完了期日が近づくにつれてユーザにとって不快な通知を行うことにより、早期のタスク完了を促すリマインダシステム [19] が提案されている。また、健康状態記録といった日々行わなければいけないタスクについては、スマートフォンのロック解除時にタスク通知を行うシステム [20] が提案されている。

Event-based task とは、人、場所、状況、物に関するタスクである。例えば、特定の人には会ったときに行うタスク、特定の場所に行ったときに行うタスクなどのことである。人に関するタスクのリマインダとしては、事前に登録した条件に合致する人が近づくと通知してくれるウェアラブルデバイス [21] が提案されている。場所に関するタスクのリマインダについては、GPS を用いて該当位置に到着したことを検知して通知を行う機能が多くのスマートフォンに搭載されている。GPS による測位は屋内では精度が落ちるという問題があるが、Wi-Fi も併用して測位を行うことで、屋内外問わず利用できるリマインダも提案されている [22]。状況に関するタスクのリマインダについては、カメラ・マイクを用いて現在のユーザの状況（例：階段を降りている）を推定し、状況に適した通知を送るウェアラブルデバイス [23] が提案されている。ユーザコンテクストを管理する仕組み [24][25] に基づき、より複雑な状況（例：1人でいるときに保有株が値上がりする）に基づくリマインダを設定するツールも提案されている [26]。物に関するリマインダを取り扱う研究事例は少ないが、入力（例：センサ）と出力（例：スピーカ）を一体化した小型デバイスを家具などに装着し、ユーザが家具を利用する際に情報通知を行う環境を構築可能なシステム [13][27] がこれまでに提案されている。

2.3 情報の受け渡しに関する研究事例

本節では、電子情報をユーザ間で受け渡す手法の研究事例について述べる。相手に電子情報を受け渡す方法は、お互いの連絡先を交換して情報を受け渡す方法と、連絡先を交換せず情報を受け渡す方法に大別することができる。

お互いの連絡先を交換して情報を受け渡す方法の例として、AirMeet[28] は、懇親会の会場内に限定して一時的に連絡先を共有し、コミュニケーションを支援するシステムで、懇親会で配布されるネームプレートの機能を拡張したスマートフォンアプリケーションである。[29] は、イベント開催前、開催中、開催後のそれぞれの場面において SNS で取得す

るプロフィール情報と携帯端末から取得する位置情報を利用して、相手とのコミュニケーションを支援をするシステムである。イベント開催前では、イベント参加予定者リストの閲覧を携帯端末で行うことができ、参加予定者のプロフィールを見ることができる。イベント開催中では、対面した相手とのプロフィール情報の共通点をそれぞれの携帯端末に提示することで、初対面の相手に話しかける支援を行う。イベント開催後では、自身の行動ログとして、位置情報のログを検索・閲覧することや、システムを利用して知り合った人の名前やいつどこで知り合ったかなどのログを見ることができる。

連絡先を交換せず情報を受け渡す方法の例として、Sonoba.org[30]は、その場限定で匿名で情報を共有できるシステムである。時間制限つきのURLをその場にいる人で共有することにより、連絡先を交換せずにその場限りの情報共有を可能としている。SmART Projection[31]では、同じ空間を利用する人々とのモバイル端末内データの円滑な共有を行うためのシステムで、普段から過ごす空間の壁面をデータの共有スペースとし、壁面の任意の位置にモバイル端末内のデータを貼り付けることができる。掲示されたデータは各人が所有するモバイル端末で閲覧・取得できる。Pass-the-m-around[32]は、同一箇所に集まったグループ内の写真共有・閲覧システムである。このシステムでは写真を他のユーザーに向けて“投げる”ジェスチャや、携帯電話自体を傾けることによって回覧することができる。Mobiphos[33]は、デジタルカメラに搭載するアプリケーションである。撮影した写真がグループ内で自動的に共有され、グループでの行動中に各々が撮影した写真がビューファインダーに表示される。これによって、グループのメンバが写真を通じたコミュニケーションをとることができる。Pick-and-Drop[4]は、ペン型デバイスを用いて異なるコンピュータ間で情報の送受信を行うシステムである。ペンでコンピュータ画面上のデータを選択した後、他のコンピュータ画面にペンを接触させるとデータをそこに移動できる。O-Link[34]は、動画ファイルを物理世界オブジェクトの形状に関連付け、専用のデバイスの上にオブジェクトを置くことで動画を再生できるシステムである。例えば、ある子どもが作成した折紙の作品に、作成中の様子を収めた動画を結びつけることにより、遠方にいる祖父母に作品と、作成中の様子を届けられる。

第3章 研究課題

3.1 問題の定義

スマートフォンの普及により、我々は、端末一つで、自身のスケジュール管理を行うことや、写真や動画などの電子情報の送受信を行うようになった。

本研究では、我々の日常生活で特に頻繁に行っていると思われる、リマインダを設定すること、情報の受け渡しを行うことに着目する。

本章では、スマートフォンを用いてリマインダを設定する際に生じる問題、情報の受け渡しを行う際に生じる問題について述べる。

3.2 リマインダ設定時における研究課題の設定

3.2.1 研究対象

我々の日常生活において、ある物（オブジェクト）に対して特定日時までに実行しなければならないというタスクは数多い。例えば、下記のような例が挙げられる。

- 貰い物の和菓子を賞味期限の4日後までに食べる
- 図書館から借りた本を1週間後の返却日までに返す
- 汚れた靴を週末のパーティまでに磨く

本研究では、このような日常生活におけるオブジェクトに関する将来タスクを研究対象とする。

研究対象の位置付けをより明確にするために、これらのタスクが、将来行うタスク（以降、将来タスク）の中でどこに位置付けられるのか整理する。将来タスクは Time-based task と Event-based task に大別できる [14][15][16]。Time-based task を詳細化し、特定時刻までに行う将来タスクを By-time task、特定時刻になったら行う将来タスクを On-time task と呼称したとき、本研究が対象とするのは By-time task である。また、Event-based task を詳細化し、物、人、場所、状況に関する将来タスクをそれぞれ Object-based task, Person-based task, Location-based task, Situation-based task と呼称したとき、本研究が対象とするのは Object-based task である。

上記より、本研究が研究対象とする将来タスクは、日常生活における By-time task かつ Object-based task であると位置付けられる。

3.2.2 研究課題

将来タスクは一般的に、Step 1) 意図の形成、Step 2) 意図の記憶、Step 3) 意図の想起、Step 4) 意図の実行の4ステップからなるとされている [16][35]。将来タスクを記録・通知するためのシステムであるリマインダには、上記の Step 2・3 を支援することが求められ

る。しかし、日常生活における By-time task かつ Object-based task である将来タスクへの適用を考えると、既存技術ではいくつかの問題を解決できていない。

1つ目の問題として、既存技術では Step 2 を行う際に、将来タスクを言語化しなければいけないという点が挙げられる。Step 2 を支援する研究事例もあるが、将来タスクの実行日時の登録の手間を省くものにとどまり [17][18]、タスク内容の言語化を自動化するものは我々の調査においては見つけられない。このようなタスク内容を言語化し、システムに入力する手間は、“顧客への見積資料を今日中に送付する”といった業務上のタスクであれば、タスクの実行忘れを避けるのに見合う手間と言える。一方、本を読む、菓子を食べる、といった日常生活中のタスク内容をいちいち言語化することは、ユーザにとって割に合わない負担だと考えられる。

2つ目の問題として、既存技術では Step 3 を行う際に、電子端末を操作したり、ウェアラブルデバイスを装着したりしなければならないという点が挙げられる [19][20][21][22][23][26]。By-time task においては、タスクの期限までに Step 3 を数回行うことが多いと思われるが、日常生活を対象とする本研究においては、常にスマートフォンを携行している、あるいは、ウェアラブルデバイスを装着している状況を前提とすることは避けたい。

3つ目の問題として、オブジェクトに情報を関連付けようとする場合、既存技術では対象が限られているという点が挙げられる。実世界指向インターフェースの分野では、実世界オブジェクトに情報を関連付ける手法が数多く提案されているが、専用のボトル [1]、テーブルトップ [2][3]、ペン [4]、家電スイッチ [6] への適用を前提としており、日常生活空間で、出入りする種々のオブジェクト（借りた本や貰い物の菓子など）に汎用的に適用することは難しい。マーカや画像認識などを利用して汎用的なオブジェクトに情報を関連付けるインターフェース技術も提案されているが [5][7][8][9][10]、Step 3 を行うためにスマートフォンなどの携行・装着が必要という2つ目の問題が解決できない。Smart-Its[14] を用いれば、実世界の多様なオブジェクトを対象とできるが、専門的なプログラミング知識が必要になるという問題がある。

上述の問題をふまえ、日常生活においてオブジェクトに時刻情報を関連付ける目的において、下記要件を満たす手法の確立を研究課題として設定する。

研究課題

課題 A1: タスクを言語化しなくとも登録できる

課題 A2: 電子端末を携行・装着しなくともタスク内容・期限を確認できる

課題 A3: 日常生活空間中のオブジェクトに対して汎用的に利用できる

3.3 情報の受け渡し時における研究課題の設定

3.3.1 問題の定義

スマートフォンの普及により電子情報の受け渡しは、今や日常的に行われていることがある。例えば下記のような例が挙げられる。

- パーティ会場で撮った画像を共有する
- スマートフォンで撮った動画を共有する
- イベントの開催場所が書かれた電子地図を参加者に送る

このような電子情報を受け渡すために、我々は、メールやSNSアプリケーションを利用している。

しかし、ユーザに負担をかけずに、相手を問わず円滑に情報の受け渡しを行うためには、既存技術ではいくつかの問題を解決できていない。

1つ目の問題として、送信者は受信者の連絡先を知っている必要があるという点が挙げられる。送信者と受信者が見知った仲であれば、連絡先を交換することに抵抗はない。しかし、初見の相手(例:偶然道案内をしただけの人)や、その場限りの相手(例:インターンシップで隣席になっただけの人)と連絡先を交換することに抵抗を感じる人は多いと考えられる。そのため、情報の受け渡しを行うシーンにおいて、メールやSNS、[28]、[29]のような、連絡先の交換を必要とする手段を見知らぬ相手に用いるのは問題があると考えられる。

2つ目の問題として、手間がかかるという点が挙げられる。[30]では連絡先を交換せずに情報を送ることができるが、URLをユーザ自身が設定し、間違いないように共有しなければならない。[31]や[32]は情報の共有を行うには同じ空間にいなければならぬため、新しい情報を受け渡そうとするたびに集まる必要があり、手間がかかる。

3つ目の問題として、大型ディスプレイ[31]、専用のデジタルカメラ[33]、専用のペン[4]、専用のデバイス[34]のような、特別な道具を使用する必要があるという点が挙げられる。情報の送受信を行う際、連絡先を交換する必要をなくすためだけに、専用の道具を別に用意することは、ユーザにとって大きな負担となると考えられる。そのため、本研究においては、ユーザが常日頃持ち歩いていないようなものを利用することは避けたい。

3.3.2 研究課題の設定

3.3.1項の問題をふまえ、ユーザが電子情報を受け渡しを行うシーンにおいて、下記要件を満たす手法の確立を研究課題として設定する。

課題 B1: 連絡先の交換を必要としない

課題 B2: 手間をかけない

課題 B3: 身近な道具を用いる

第4章 実世界オブジェクトへの リマインダ登録インターフェースの 提案

本章では、3.2節で設定した課題を達成するための提案手法とその実装方法について述べる。また、提案手法の有効性を検証するために、プロトタイプシステムを用いた実験についても述べる。

4.1 クリップ型リマインダ登録インタフェースの提案

図4.1上段に示すように、従来モデルでは、ユーザがタスク内容を言語化した上でシステムに登録する必要があり、これがユーザにとって負担であることは3.2節で述べたとおりである（課題A1）。また、ユーザがシステムから通知を受ける際、タスク内容と期限情報を把握するために電子端末（例：スマートフォン、HMD）を携行・装着する必要があった（課題A2）。専用のオブジェクトであれば、電子端末を携行・装着しないユーザに対しても情報通知ができる可能性があるが、この方法は日常生活空間中の様々なオブジェクトに汎用的に適用できない（課題A3）。

そこで、システムがタスク内容を記憶しなくとも、ユーザはオブジェクトとそれに関する“タスクの存在”を視認すれば、自分の記憶の中からタスク内容を思い出せるという仮説を立てた。この仮説に基づく提案モデルを図4.1下段に示す。

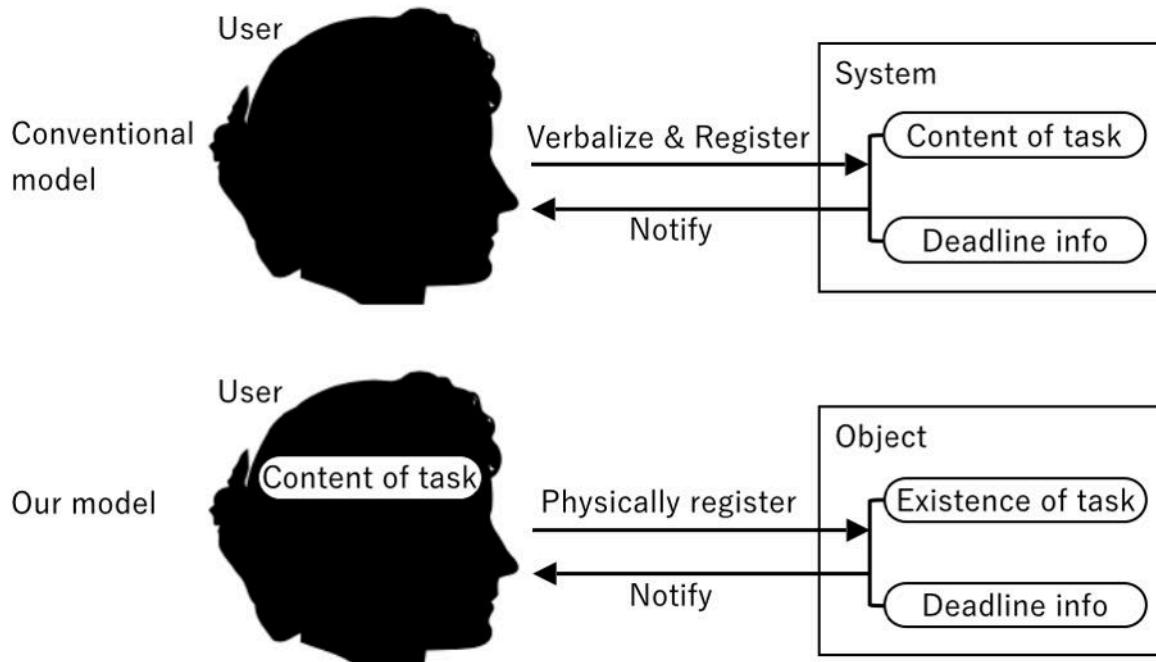


図 4.1: 既存モデルと提案モデルの違い

このモデルでは、ユーザはタスク内容を言語化する必要はなく、“タスクが存在する”という情報と期限情報を、オブジェクトに直接物理的に登録する。すると、ユーザはこれらの情報が登録されたオブジェクトを視認するたび、それに関するタスクが存在することと期限情報を把握でき、自分の記憶を辿ってタスク内容を認識できる。

このモデルを実現するための具体的な手段として、オブジェクトをクリップで挟むだけでリマインダを登録する方式を提案する。これは、図4.2上段のように、規定時間を記憶したクリップでオブジェクトを挟むだけで、By-time taskかつObject-based taskのリマインダを登録できるというコンセプトである。クリップにはLEDが付いており、色・点滅によってタスクの存在、期限までの残り時間を表現する。

また、図4.2下段のように、複数のクリップを付けることで時間の足し算ができる。例えば、オブジェクトに、保有時間がそれぞれ1日と12時間のクリップを付けることで、期日が1日半後のリマインダを設定できる。これは、時間という実体のない情報を、クリップという物体を通じて操作する実世界指向のインターフェースデザインである。

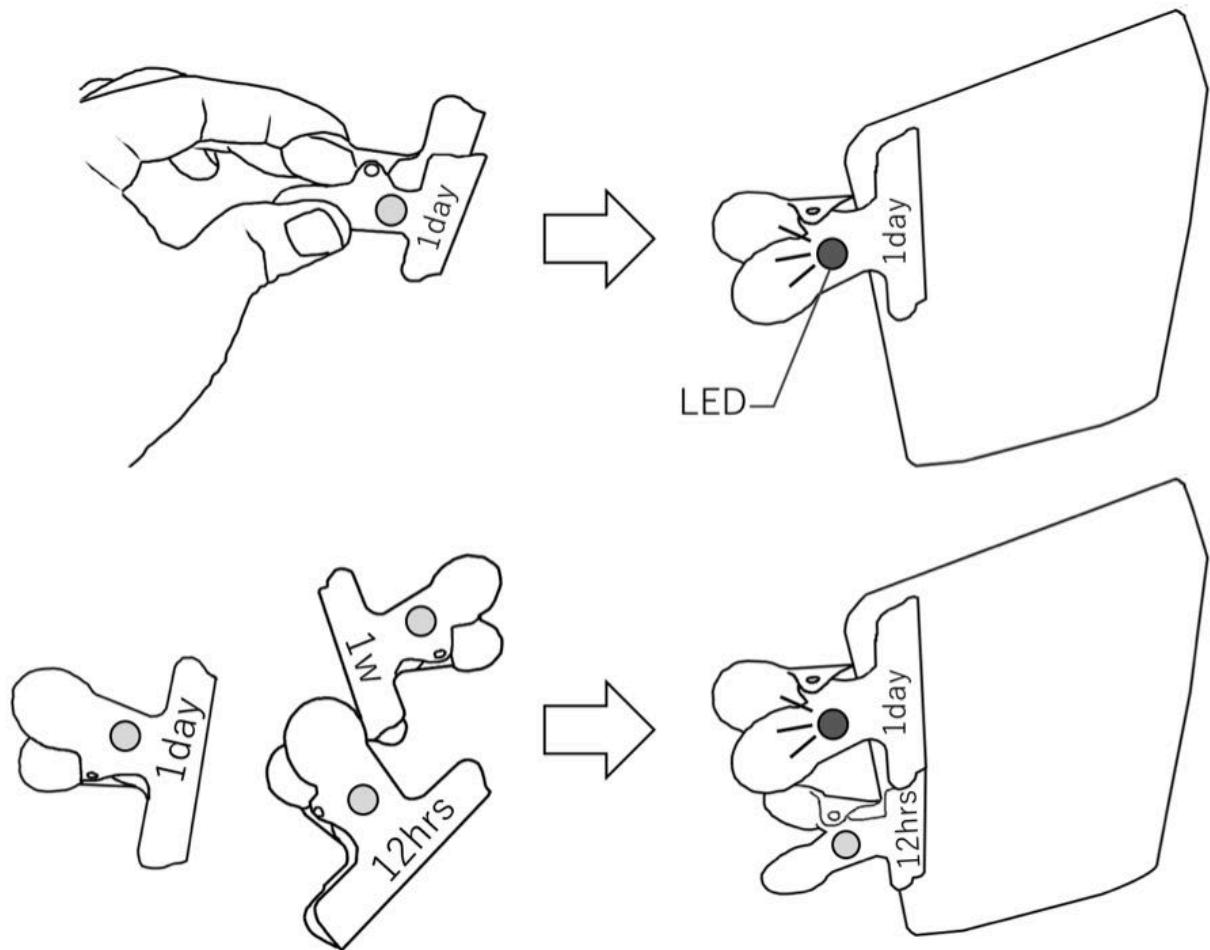


図 4.2: クリップ装着によるリマインダ登録のコンセプト

この方式により、3.3.2項で述べた3つの研究課題が達成できると考えられる。課題A1については、タスクを言語化する必要はなく、オブジェクトをクリップで挟むだけでよい。課題A2については、電子端末を携行・装着する必要はなく、オブジェクトが視界に入るたびにタスクの存在・期限情報が確認できる。そして、ユーザはオブジェクトとそれに関する“タスクの存在”を視認すれば、自分の記憶の中からタスク内容を思い出せるという

仮説が正しければ、ユーザはオブジェクトに関するタスク内容を自分の記憶から想起できる。課題A3については、挟んで装着するだけのクリップ型インターフェースを採用することで、日常生活空間中にある多くのものに適用可能である。

4.2 クリップ型リマインダ登録インターフェースの実装

4.2.1 プロトタイプシステムの構成

図4.3は、実装したプロトタイプシステムの構成である。これらは複数のクリップ部と、1つのクリップ制御部からなっている。各クリップ部とクリップ制御部はWebSocket通信を無線で行っており、リマインダとして使用されているか否かをクリップ制御部へ伝達している。

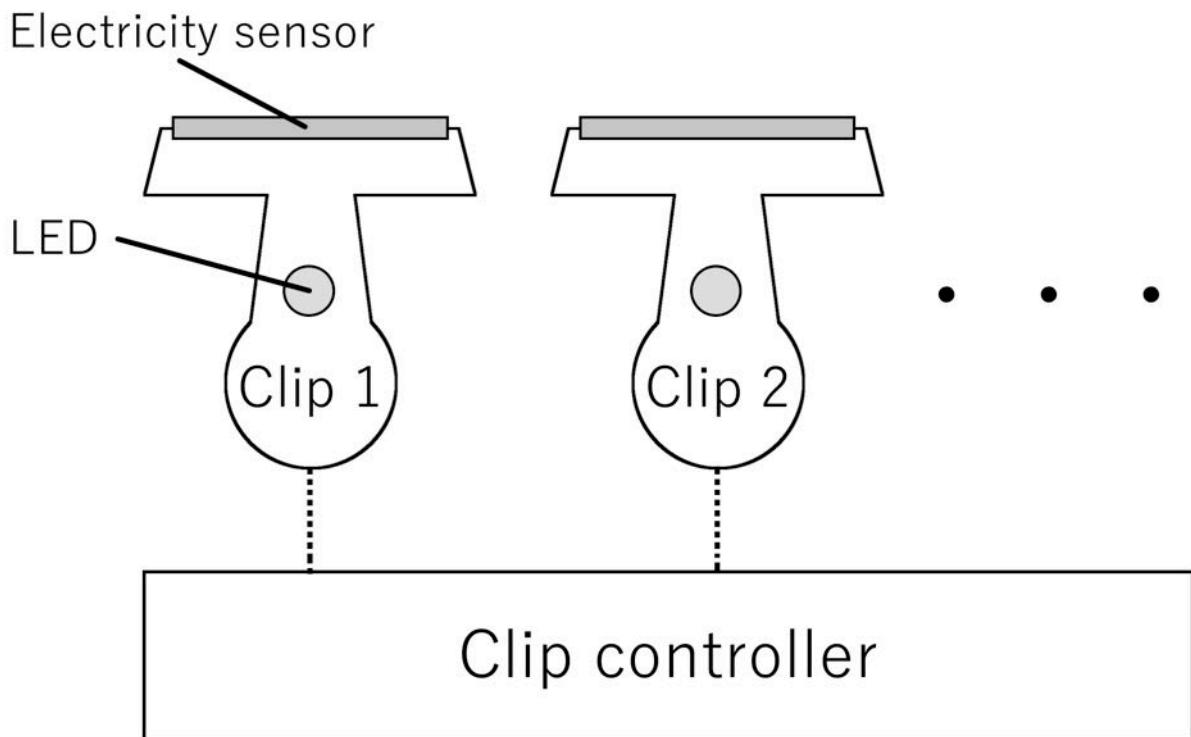


図 4.3: プロトタイプシステムの構成

4.2.2 クリップ部

図4.4にクリップの回路図、図4.5に実装したクリップの様子を示す。

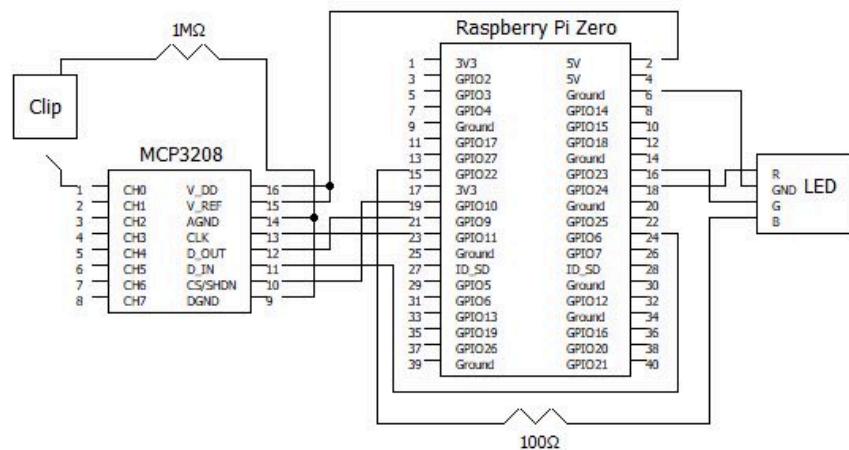


図 4.4: クリップの回路図

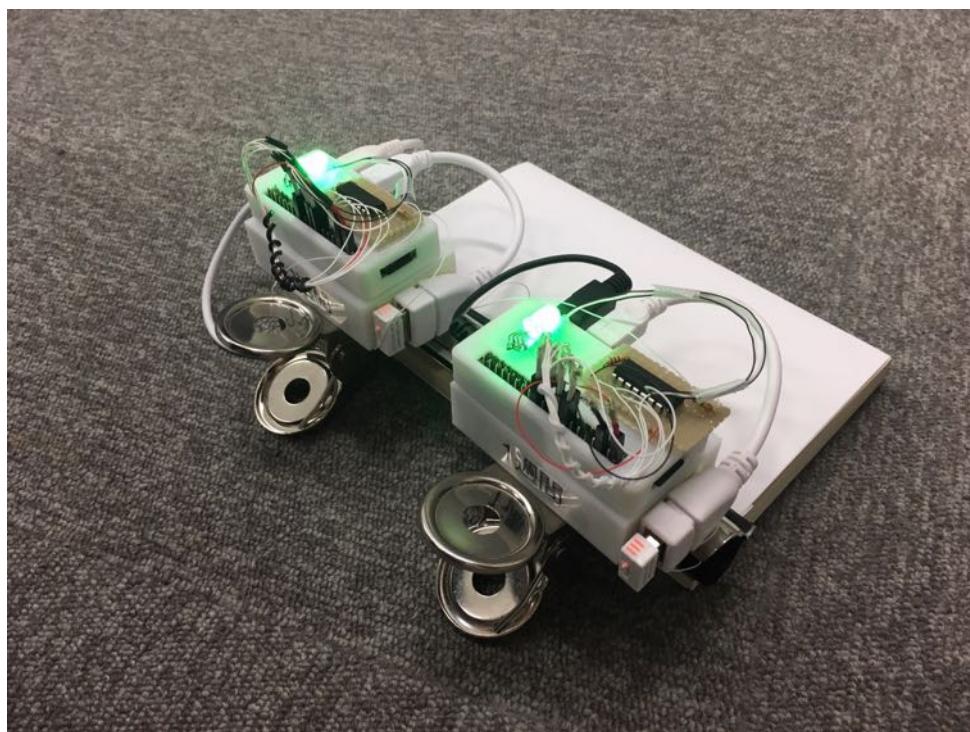


図 4.5: 実装したクリップの様子

各クリップ部には、クリップ制御部と通信を行うための通信部、タスクを完了させるまでの残り期限を表示するためのLED、クリップの使用の有無を判定するための通電センサを装着する。本実装ではユーザが複数のクリップを保有して、それらを使い分けて使用することを想定しているため、一つ一つのクリップが大型であるとユーザが複数のクリップを保有することに負担がかかると考えられる。また、クリップに取り付ける部品が高価であると大量のクリップを生産することが困難になると考えられる。以上のことから、通信を行うための通信部には、小型で安価であるRaspberry Pi Zeroを使用する。

残り期限を表示するためのLED、クリップの使用の有無を判定するための通電センサの詳細については、それぞれ4.2.2.1目、4.2.2.2目で述べる。

4.2.2.1 表示部

クリップに装着されているLEDは、設定した期日までの残り時間に応じて、図4.6のように変化する。各色の中間状態はグラデーションで滑らかに補間される。LEDは、残り時間がある状態では点灯し、無い状態では点滅する。色の移り変わりは、日常生活で見慣れている信号機を参考にして、緑、黄、赤の順で表現する。



図4.6: LEDによる残り時間表示

4.2.2.2 使用検知部

図4.7はクリップがオブジェクトを挟む部分を真横から見た断面図であり、クリップ部に装着されている通電センサの構成を示す。クリップが物を挟む部分の先端には電極が設置されており、この電極間は、クリップに何も挟まれていない状態では通電し、何かが挟まれている状態では通電しない。これにより、クリップが使用中か否かを判定する。その他にもクリップが使用中か否かを判定する手法としてクリップにボタンを取り付けると

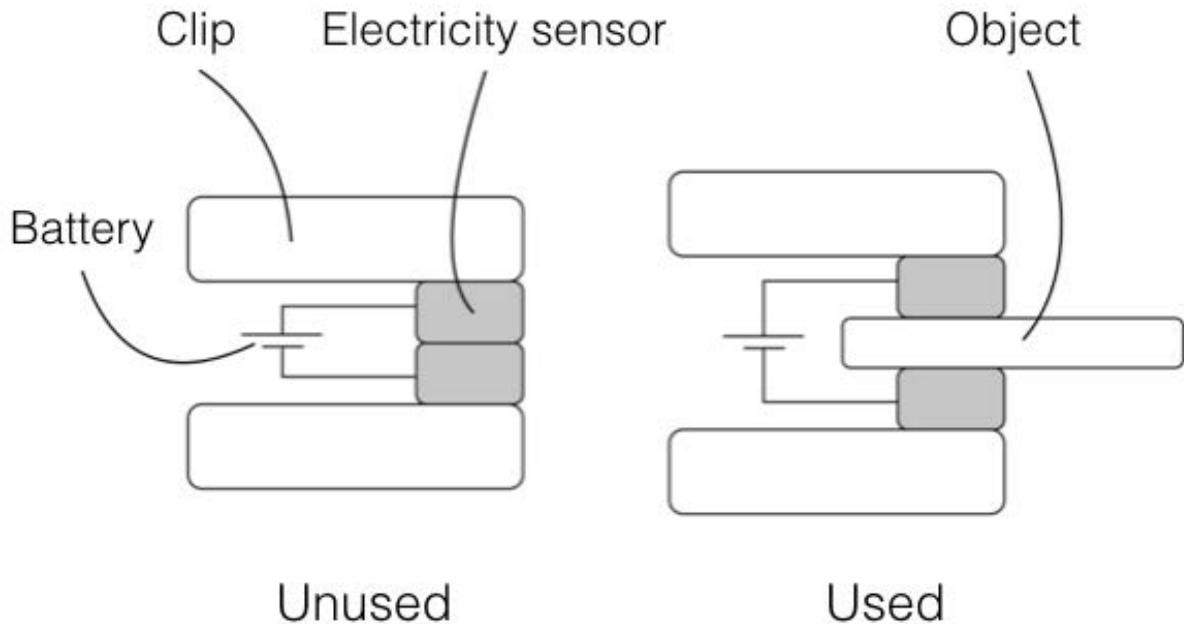


図 4.7: 通電センサによるクリップ使用検知

いった手法が考えられるが、ボタンを押すといった本来のクリップの使用方法と異なる作業を用いる手法を避けた。

4.2.3 クリップ制御部

クリップ制御部には、Raspberry Pi を使用する。実装は Python(バージョン 3.6.1) を用いて行う。クリップ制御部は、各クリップに取り付けられた LED の制御を行う。まず、クリップの使用開始を検知すると、そのクリップの使用開始時刻を記憶する。その後、クリップの使用開始時刻からの経過時間と、クリップの保有時間を元にクリップに取り付けられている LED の点灯色を決定し、使用されているクリップの LED を点灯させる。

複数クリップの保有時間の足し算の概念（図 4.2 下段）も実装する。図 4.8 のように、あるクリップ A が使用開始されたてから、他のクリップ B が使用開始されるまでの時間を T とする。この時 T が一定時間以内であれば、クリップ A・B は同一オブジェクトに対して取り付けられたと判定し、各クリップの保有時間が合算されて 1 つのリマインダとして機能するようとする。また、一定時間外に他のクリップ B が使用開始された場合には、各クリップの保有時間が合算されず、別々のリマインダとして機能するようとする。

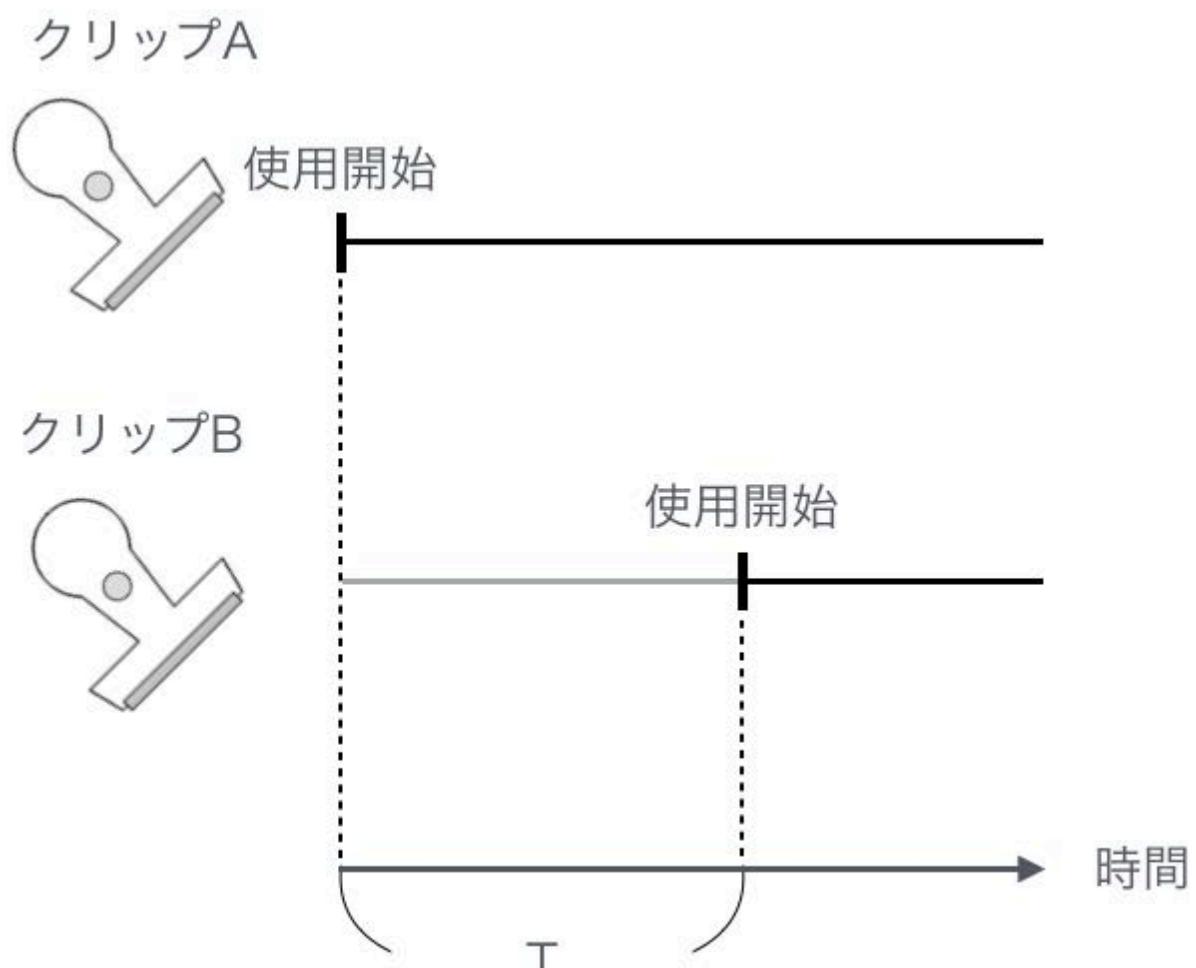


図 4.8: 複数のクリップを使用する際の使用開始時間の差

4.3 実験の全体像

本研究は、日常生活におけるタスクのリマインダに関する新しいインタフェースとモデルを提案するものである。提案方式の有効性を確認するためには、日常生活においてシステムを利用し、検証を行うことが必要である。ただし、日常生活中には様々な外因となる事象が存在する上に、各被験者の日常生活は多様である。そこで本稿では、評価を段階的・厳密に進めるために、システムのインターフェースそのものの操作性の検証(4.4節)と、各被験者に共通する日常生活中における実用性の評価(4.5節)を行う。

4.4 実験1：インターフェースの操作性の検証

提案方式のインターフェースそのものの操作性を確認するために、ユーザがリマインダを設定する際の手間が減ったかどうか、リマインダを設定する方法は理解しやすいかどうかを検証する必要がある。これらの検証を行うために、被験者がリマインダを設定する際に要する作業時間を測定し、その後に操作性に関するアンケートを行う。

4.4.1 実験条件

実験は大学の研究室内で実施した。被験者は大学生12名（男8、女4、全員20代）である。

ベースライン方式は、各自のスマートフォンに標準インストールされているリマインダーアプリケーションを用いた。なお、過去に提案手法・ベースライン手法を利用したことがある者は1人もいなかった。オブジェクトは、本（返却期限1週間後）、牛乳パック（賞味期限2週間後）、袋入りポテトチップス（賞味期限2ヶ月後）の3種類を用意した。

4.4.2 実験手順

被験者がリマインダを設定する際に要する作業時間を測定し、その後に操作性に関するアンケートを行う。

提案方式は、表4.1の3パターンP1, P2, P3を用意した。各パターンとも、4種類の保有時間（1日、3日、1週間、3週間）のクリップが2個ずつ（計8個）あり、保有時間はクリップ上に記載してある（図4.9左）。

P1はクリップの色はすべて同じだが、保有時間によってサイズが異なる。P2はクリップのサイズはすべて同じだが、保有時間によって色が異なる。P3は保有時間によって色もサイズも異なる。

被験者には、提案方式、ベースライン方式ともに操作方法を説明し、上記オブジェクト以外のもので練習をしてもらった。その後、下記の手順で実験を行い、各方式・各オブジェクトについて、Step 2からStep 3までに要する作業時間を測定した。このとき、順

表 4.1: 実験 1 の提案方式パターン

	保有時間			
	1日	3日	1週間	3週間
P1	緑, 20mm	緑, 30mm	緑, 50mm	緑, 65mm
P2	桃, 20mm	赤, 20mm	黄緑, 20mm	緑, 20mm
P3	桃, 20mm	赤, 30mm	銀, 50mm	青, 65mm



図 4.9: 実験 1 で用いたクリップ

序効果を相殺するため、被験者が取り組む方式の順番とオブジェクトの提示順番はランダムとした。また、Step 1 から Step 3 は、実装したプロトタイプシステムの形状が実験に影響を与えないように、被験者が日常的に使用しているクリップを実験に使用した。

Step 1: 提案方式の場合は、実験者がクリップが入った不透明な箱を被験者の前に置く。ベースライン方式の場合は被験者に自分のスマートフォン上でリマインダアプリケーションを起動してもらう。

Step 2: 実験者が無作為な順番でオブジェクトを選択して被験者の目の前に置き、被験者に「この期限は○○週間です」などと口頭で期限を通知する。提案方式の場合は通知直後に実験者がクリップが入った箱を開ける。

Step 3: 提案方式の場合は、被験者は箱から必要なクリップを選択してオブジェクトに装着する。ベースライン方式の場合は、被験者は自分でタスク名を考えた上で、リマインダアプリにタスク名・期限を登録する。

なお、Step 1 にて不透明な箱にクリップを入れた理由は、どの保有時間のクリップがどこにあるか事前に把握できないようにして、目的のクリップを探す時間も作業時間に含めるためである。実験の都度、箱を振ってクリップの位置をシャッフルする工夫も行った。Step 2 にて実験者が「この期限は…」のように、具体的なオブジェクト名を口にしなかったのは、ベースライン方式において被験者が考えるタスク名に影響を与えないためである。

上記の手順を終えた後に、5段階のリッカート尺度（5：とても思う～1：全く思わない）で回答する操作性に関するアンケートを行なった。被験者への質問を表4.2に示す。なお、提案方式について Q6～8 を質問する際には、被験者には有線でつながれたプロトタイプシステム（図4.9右）を体験してもらった後に回答を求めた。

表 4.2: 実験 1 の質問一覧

Q1	ベースライン／提案方式はリマインダ設定がしやすい
Q2	P1 でサイズのみの差はクリップ選択の際に役立つ
Q3	P2 で色のみの差はクリップ選択の際に役立つ
Q4	P3 でサイズ・色の差はクリップ選択の際に役立つ
Q5	提案方式でクリップの時間の足し算の概念は分かりやすい
Q6	提案方式で機械ではないものを操作している感覚になれた
Q7	提案方式で残り時間がある場合の LED 表示は分かりやすい
Q8	提案方式で残り時間がない場合の LED 表示は分かりやすい

4.4.3 結果・考察

4.4.3.1 リマインダ設定時間の検証の結果・考察

図4.10に結果を示す。横軸はオブジェクトごとに集約した各方式、縦軸は全被験者の平均作業時間(秒)を表す。どのオブジェクトについても、提案方式P1~3がベースライン方式より作業時間が短かった。提案方式とベースライン方式の間でt検定を行うと、ポテトチップスの場合のP1とベースライン方式間を除いて、5%水準で有意差が確認できた。ここから、提案方式はベースライン方式よりも作業時間が短く、操作性の観点において優位なアプローチであることが示唆される。

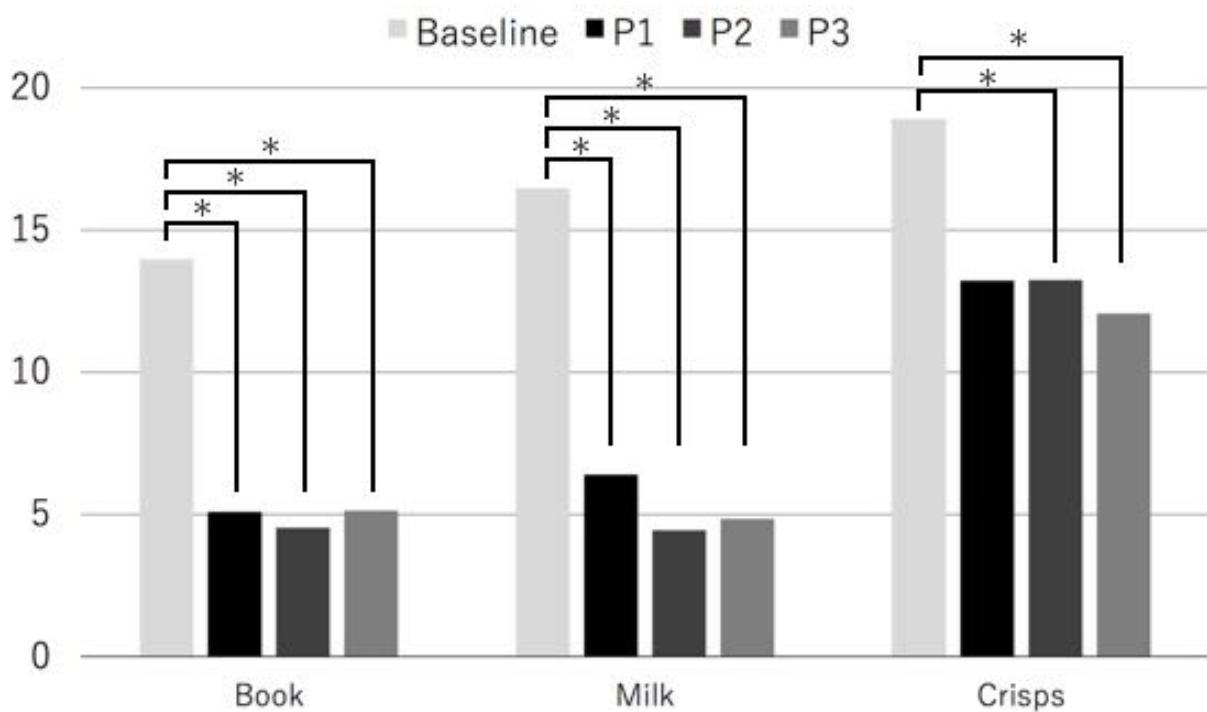


図4.10: 実験1における平均作業時間(秒, N=12)

この結果が得られた理由を2つの観点から考察する。1つ目は、タスク名称の考案・入力にかかる時間である。提案方式ではクリップをオブジェクトに取り付けるだけなので、タスクの名称を考案・入力する必要が無い。一方、ベースライン方式は、タスク名称を考案してアプリにテキスト入力する必要があり、これが作業時間の増大に影響していると思われる。大半の被験者が“本返却”, “ポテチ賞味期限”などの短いタスク名を考案していたが、これでも入力には10秒以上要する被験者が多かった。

2つ目は、期限情報の入力にかかる時間である。提案方式では、箱の中にランダムに置かれたクリップの中から、必要なクリップ(例:期限が6日なら3日クリップ2個)を選ぶだけで良い。一方、ベースライン方式では、アプリケーションのダイヤル型インターフェー

スを操作して期限の日時を設定する必要があった。多くの被験者が、この操作に苦戦しており、一部の被験者には入力ミスによるリトライが生じていた。ただし、提案方式においても、期限が2ヶ月後の場合（ポテトチップス）は多少作業に時間がかかる被験者がいた。用意されたクリップで2ヶ月の期限を設定するためには、1週間と3週間クリップを2個ずつポテトチップスの袋に取り付ける必要があり、この作業に時間がかかっていた様子が観察された。とはいえ、この場合においても、ベースライン方式よりは短い時間で作業を完了していた。

なお、提案方式P1, P2, P3間で作業時間を比較したところ、一部を除いて有意差は確認できなかった。クリップの色・サイズが作業時間に与える影響は、今後も継続して検証していく予定である。

4.4.3.2 操作性に関するアンケートの結果・考察

Q1の回答結果を図4.11に示す。リマインダ設定がしやすいかという問に対し、“とても思う”または“思う”と回答した被験者は、ベースライン方式では31%，提案方式では67%であった。両方式に対するリッカード尺度の回答にWilcoxonの符号順位検定を行うと、5%水準で有意差を確認できた。ここから、提案方式はベースライン方式よりも操作性が高いことが示唆される。

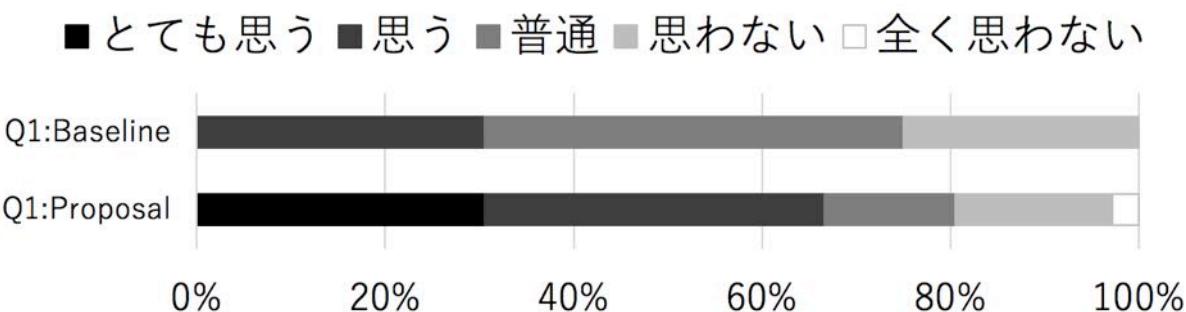


図 4.11: 実験1 Q1 の回答 (N=12)

また、Q2～8の回答結果を図4.12に示す。クリップの色・サイズについて、Q2～4の結果を確認する。“とても思う”と回答した被験者はQ2・3で17%であるのに対し、Q4では42%である。リマインダ設定に要する時間ではP1～3に顕著な差は見られなかつたが、クリップ選択時の操作性の観点ではP3がもっとも高い評価となった。つまり、クリップの保有時間によって色・サイズの両方が異なる方が、ユーザは利用しやすいと感じる傾向が見受けられる。この傾向が普遍的なものかどうか、今後も検証を継続したい。

提案方式の概念について、Q5・6の結果を確認する。Q5を見ると、クリップの時間の足し算の概念については、否定的な回答（“思わない”，“全く思わない”）をした被験者はいなかつたので、多くのユーザに受け入れられやすい概念であることが示唆される。Q6

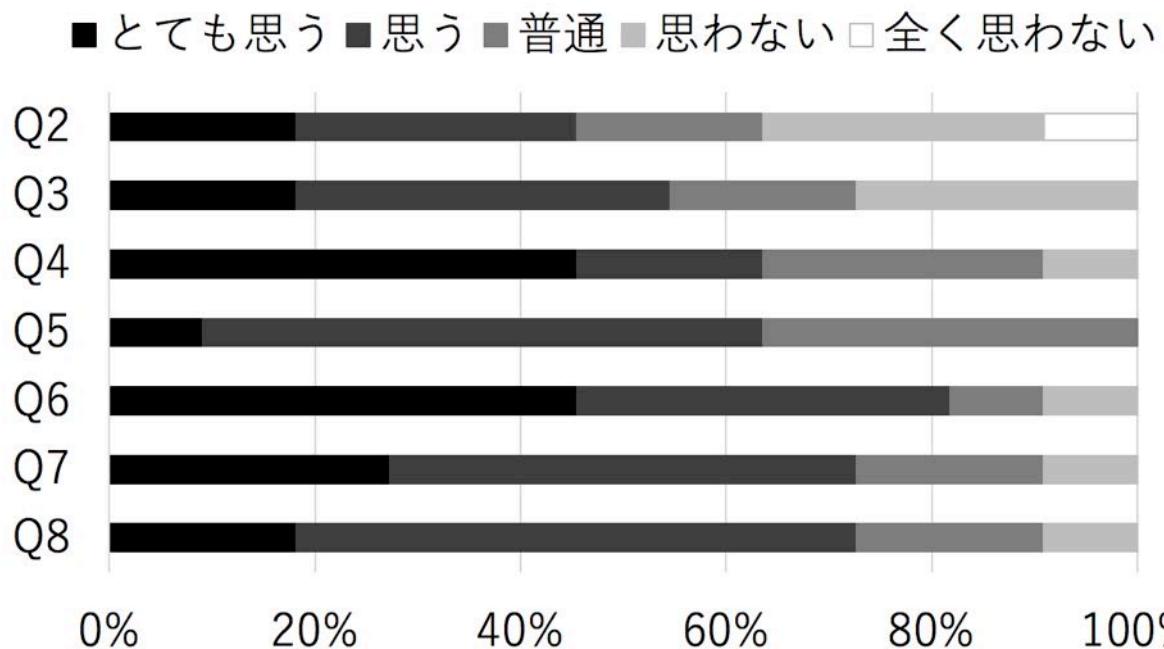


図 4.12: 実験 1 Q2～8 の回答 (N=12)

を見ると、機械ではないものを操作している感覚になれた被験者が大半である。これは、ユーザとシステムのインターフェースを、クリップという身近な日用品にした効果であると思われる。

LED 表示について、Q7・8 の結果を確認する。Q7・8 ともに、大半のユーザが“とても思う”～“普通”と回答しているので、ユーザに受け入れられていると判断できる。

4.5 実験 2：日常生活における実用性の検証

提案方式の実用性を確認するためには、システムがタスク内容を記憶しなくても、ユーザはオブジェクトとそれに関するタスクの存在を視認すれば、自分の記憶の中からタスク内容を思い出せるという仮説が確かかどうか検証する必要がある。これを検証するために本実験では、日常生活中において本システムを利用した場合の、タスク内容の想起率と、タスクを完了させるまでの残り期限の想起率の検証を行う。

4.5.1 実験条件

被験者は大学生 10 名（男 9, 女 1, 全員 20 代）である。実験場所としては、被験者全員が登校日の大半を過ごす日常生活空間である研究室を選定した。オブジェクトは、本 2 種（漫画、小説）、菓子 2 種（ポテトチップス、ゼリー）、書類 2 種（レポート用紙、アンケー

ト用紙) の計 6 種類を用意した。各オブジェクトは研究室内の図 4.13 の位置に設置する。なお、ポテトチップスは半透明なケースに収納し、ゼリーは冷蔵庫の上に設置している。

4.5.2 実験手順

被験者には、提案手法を利用してリマインダを設定する設定フェイズ 1 回と、その後約 1 週間ずつの間隔で、タスクを想起する想起フェイズを 2 回行ってもらった。各想起フェイズにおいては、タスク内容想起率と、残り期限の想起誤差について記録する。タスク内容想起率は、被験者が設定フェイズ時に設定したタスクと、想起フェイズ時に想起したタスクを比較して、正しく想起できているかを実験者 4 名が議論の上で判断し、算出する。残り期限の想起誤差は、各想起フェイズ時の実際の残り期限と、被験者が想起した残り期限を比較し、その誤差を算出する。なお、実際の残り期限・被験者が想起した残り期限とも、日を最小単位として誤差計算を行う。

実験は、図 4.14 のような提案手法 2 パターン P1, P2 と、ベースラインとして LED が取り付けられていないパターン(以降、BS) を用意し、上述の内容をパターン間で比較する。

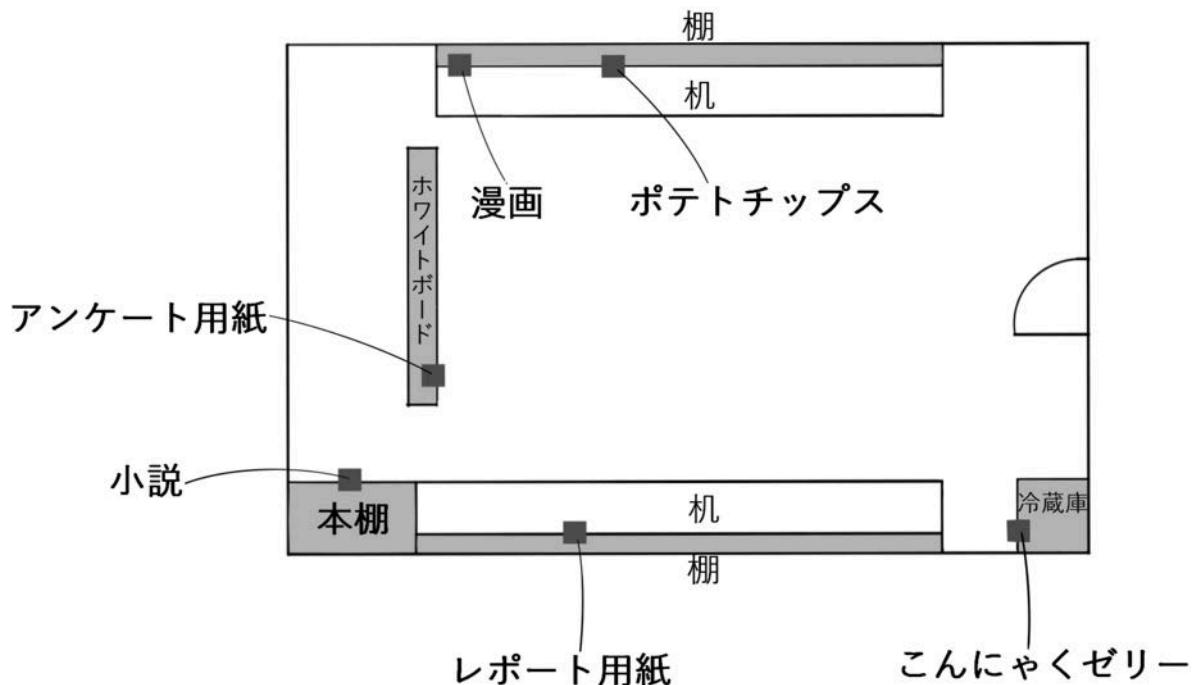


図 4.13: 実験 2 における対象物の設置場所

	P1	P2	BS
LEDの光	時間経過で変化 	変化しない 	点灯しない 

図 4.14: 実験 2 で用いたパターン

4.5.2.1 設定フェイズの手順

被験者にシステムの使用方法を説明した後、各オブジェクト（図 4.13）に関するリマインダを設定してもらう。被験者がオブジェクトにクリップを装着した際、P1・P2 の場合は LED が緑色に光り、BS の場合は光らない。各オブジェクトに関するタスクと期限は被験者が任意に設定する。また、各オブジェクトに関するリマインダを設定するたびに、設定したタスクと期限を実験者に口頭で伝えた。被験者が実験時に使用するパターンは、順序効果を相殺するため、本、菓子、書類に対してそれぞれランダムに P1, P2, BS を 1 度ずつ使用するようにする。

4.5.2.2 想起フェイズの手順

想起フェイズでは、被験者が日常生活中にタスクを想起できるか検証する必要がある。そこで、実験場所（研究室）における彼らの日常行動として、研究室の掃除を選定する。まず、被験者にボイスレコーダを渡し、研究室内を 5 分間かけて掃除を行ってもらう。研究室内は、被験者がタスク設定フェイズを行なった時の状態を再現している。このとき、P1 を利用して設定したリマインダの LED の光は、設定フェイズ時から経過した時間に則した状態に変化している。被験者には掃除の最中、タスク設定フェイズ時にリマインダを設定したオブジェクトに気付くたび、それに関するタスクと残り期限をボイスレコーダに記録させた。残り期限が切れている場合には、“期限が切れている”と記録させ、タスクを設定したオブジェクトに気付かなかった場合は、実験者が未発見と記録した。

4.5.3 実験 2 の結果・考察

本提案は、(1) オブジェクトを視認するたび、それに関するタスクの存在に気付き、(2) 自分の記憶を辿ってタスク内容を認識できるというものである（5.3 節参照）。まず、(1)について、リマインダを設定したオブジェクトに気付けた割合を図 4.15 に示す。横軸は各想起フェイズ、縦軸は気付けた割合（%）を表す。両想起フェイズにおいて、提案手法 P1,

P2はそれぞれBSよりもリマインダを設定したオブジェクトに気付ける割合が高くなつた。よって、LEDのような、オブジェクトの存在に気付きやすくするアプローチは有効であったと考えられる。

次に、(2)について、リマインダを設定したオブジェクトに気付けた場合に、タスク内容を想起できた割合(タスク内容想起率)を図4.16に示す。横軸は各想起フェイズ、縦軸は正しく想起できた度合い(%)を表す。リマインダを設定したオブジェクトに気付ければ、両想起フェイズ、全てのパターンで95%を上回る精度でタスクを想起できていた。よって、ユーザはオブジェクトとそれに関する“タスクの存在”を視認すれば、自分の記憶の中からタスクを思い出せるという仮説は正しいと考えられる。

残り期限の想起誤差については、想起フェイズ1ではP1が13.3%，P2が4.6%，BSが39.7%となり、想起フェイズ2ではP1が5.5%，P2が2.0%，PSが15%となった。色の変化があるにも関わらずP1が最も残り期限を正確に想起しやすい結果にならなかつた理由としては、被験者が実験時以外の時間にLEDの光の状態を確認していなかつたため、時間経過とともに色が変化している様子を感じ取れなかつたためだと考えられる。期限切れに気付けた割合については、想起フェイズ1ではP1が85.7%，P2が58.3%，BSが37.5%となり、想起フェイズ2ではP1が87.7%，P2が76.9%，BSが75%となつた。このような結果が得られた理由としては、P2, P3では期限切れの前後でLEDの点灯パターンが変化しないが、P1では、期限切れ後にLEDが点滅していたためだと考えられる。LEDの点滅は、LEDの点灯と消灯を短い間隔で繰り返し行われる。そのため、実験時の時間のみにしかLEDの状態を確認できない条件であつても、被験者はLEDの光の状態の変化を確認できたと思われる。また、想起フェイズ2において全てのパターンが想起フェイズ1の時と比較して、残り期限の想起、期限切れの想起の双方で精度が向上している。これは被験者が一度自分の設定したタスクと期限を想起したことで、より記憶に期限が定着した可能性がある。そのため、提案手法を日常生活上で使用し、リマインダを設定した対象物を見るたびにタスクと期限を想起するようになれば、さらに精度が向上すると考えられる。

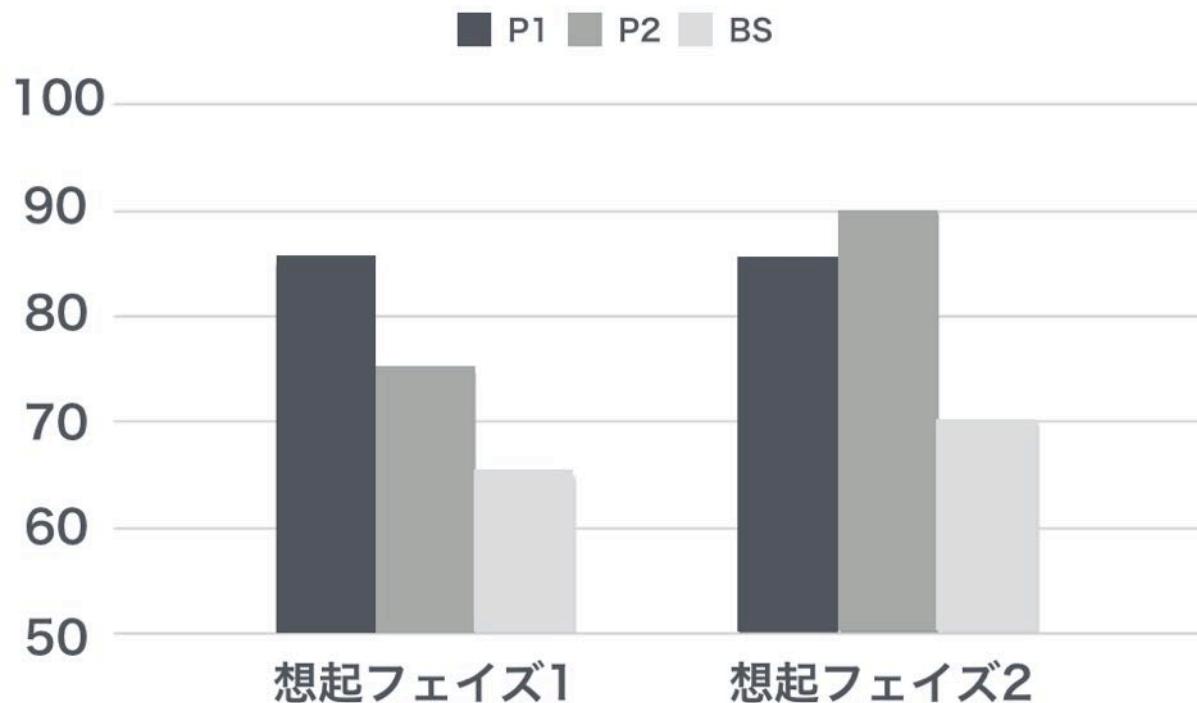


図 4.15: 想起フェイズ時にリマインダを設定したオブジェクトに気付けた割合 (%), N=10)

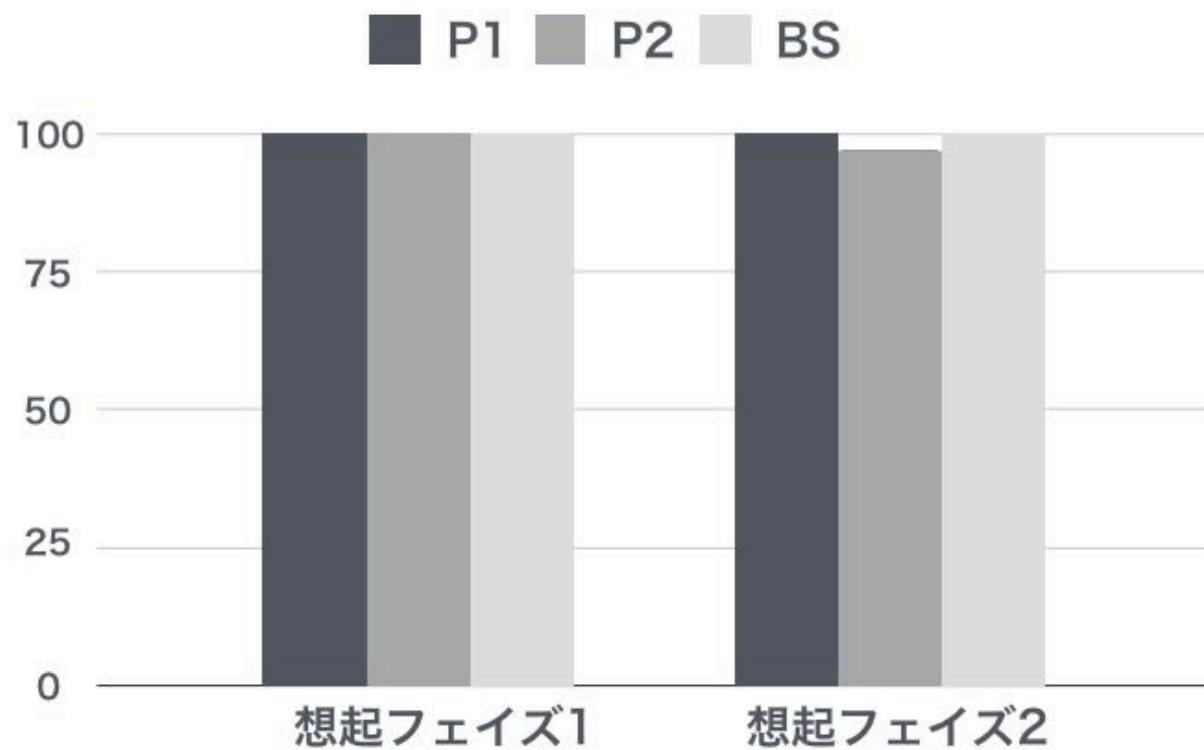


図 4.16: タスク内容想起率 (%), N=10)

第5章　紙をちぎって手渡すだけで 電子情報の受け渡しを行う方式の 提案

本章では、3.3節で設定した課題を達成するための提案手法とその実装方法について述べる。また、提案手法の有効性を検証するために、プロトタイプシステムを用いた実験についても述べる。

5.1 紙をちぎって手渡すだけで電子情報の受け渡しを行う方式の提案

3.3節の研究課題を満たすアプローチとして、本研究では、誰もが日常的に持っていて、簡単に手に入り、手軽な作業でユニークな特徴を生み出すことができるものとして紙に着目し、紙をちぎって手渡すことで電子情報の受け渡しを可能にする方式を提案する。これは、ある紙を2片にちぎり分けた時、各紙片の特徴が合致する性質を利用したアプローチである。

提案方式では、電子情報の受け渡しを行うとき、送信者は紙をちぎり、受信者に手渡す。このときに送信者が持つ紙片を p_s 、受信者が持つ紙片を p_r とする。送信者は p_s をスマートフォンのカメラで写すことで、 p_s の破れ目にある特徴と電子情報を関連付ける。受信者は p_r をスマートフォンのカメラで写すことで、 p_r の破れ目にある特徴、すなわち、 p_s の破れ目にある特徴に合致する電子情報にアクセスできる。各自で所持する紙片を交換することなく、送信者と受信者の役割を入れ替えることも可能である。

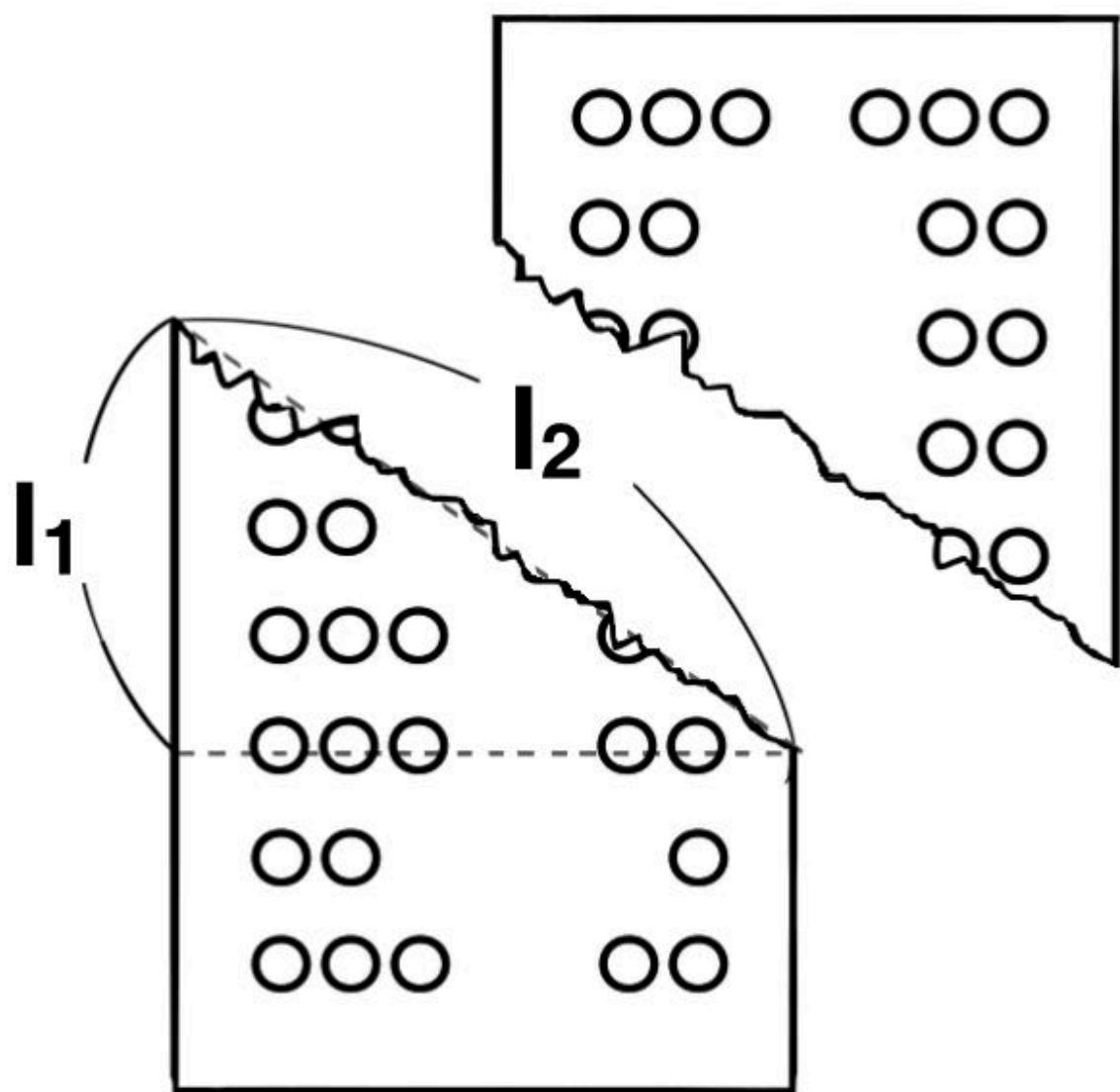
この方式を実現するための具体的な手段として、文字が印刷された紙(例:レシート)を2片にちぎり分けた時の、各紙片の特徴が合致する性質を利用する。紙片同士のマッチングには、下記3つの特徴量を利用する。

特徴量1: 紙の破れ目の三角形の2辺の長さの比(図5.1)

特徴量2: 紙の破れ目にある分断された文字の数(図5.2)

特徴量3: 紙の破れ目にある分断された文字列の行の数(図5.3)

特徴量1は、紙を2片にちぎり分けた時の、破れ目の形状を利用した特徴量である。ただし、破れ目の形状そのものを利用する場合、2片の紙片の破れ目を理想的な撮影条件・角度で撮影する必要があり、これはユーザに大きな負担がかかる。さらに、提案概念はユーザが紙片を撮影するとリアルタイムに結果が得られる利用シーンを想定しているため、細かな破れ目の形状マッチングを行うための計算処理時間も無視できない。そのため今回は、細かな破れ目の形状の分析を必要としない破れ目を斜辺とする三角形の形状が紙片同士で一致することを利用する。この三角形はユーザによって紙のちぎり方が異なるため、形状がユーザ特有のものになると考えられる。また、紙片をカメラに写す時、送信者と受信者で紙片とカメラの距離が異なると考えられるため、三角形の2辺の比を用いる。しかし、特徴量1だけでは、ユーザが紙片を撮影する環境や紙片の折れ曲がり方によっては特徴量を正確に算出できず、正しくマッチングが行えない可能性がある。この問題を解決するために、紙片に書かれた文字も、紙片同士のマッチングを行う際に利用する。具体

図 5.1: l_1 と l_2 の長さの比

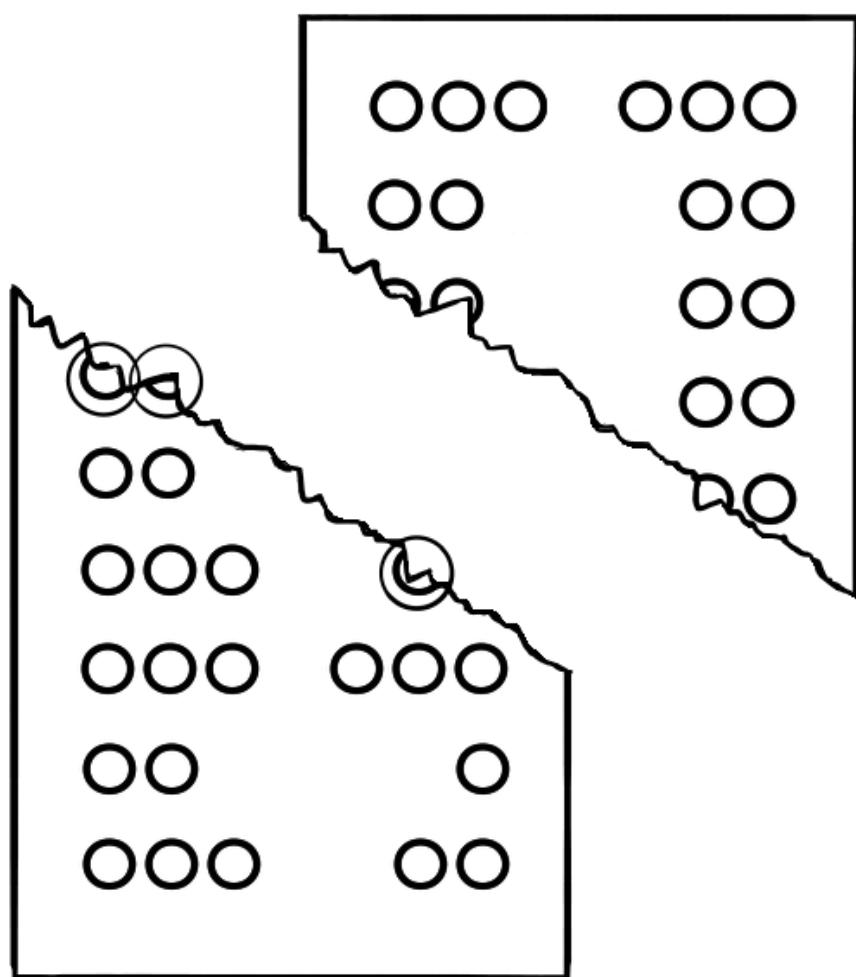


図 5.2: 分断された文字の数

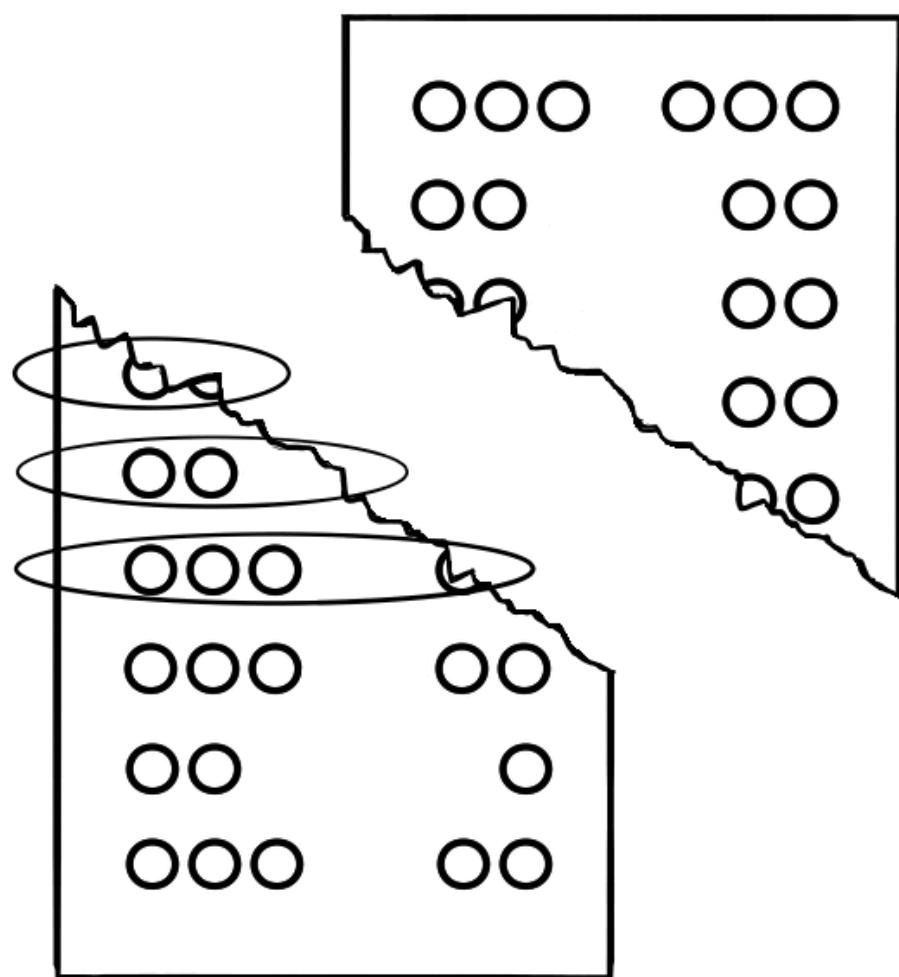


図 5.3: 分断された文字列の行数

的には、ユーザが紙を2片にちぎり分けたとき、破り目に分断された文字の数を特徴量2として利用する。分断された文字は、ちぎり分けた両紙片に存在するため、両紙片の破れ目上の文字の数は一致する(図5.4*)。そして破れ目上の文字の数は、使用する紙の文字数やちぎり方によって固有なものになると考えられるため、マッチングに使用する特徴量として採用する。また、ユーザの紙のちぎり方によっては分断される文字が存在しない場



図5.4: 紙片上の分断された文字

合がある。そのため、特徴量3として紙片に書かれた文字列の行数を利用する。ユーザが紙を2片にちぎり分けたとき、紙片に書かれた文字列の中には、分断される文字列が存在する。この文字列は、両紙片に分かれるように分断されるため、分断される文字列数が類似していると思われる(図5.5)。この文字列数は、ユーザが使用する紙のサイズやユーザの紙のちぎり方によって固有なものになるとと考えられるため、マッチングに使用する特徴量として採用する。

ある紙片 p と多数の紙片群 P の各特徴量に基づく類似度を算出し、紙片群 P の中で最も紙片 p と類似していると判定できる紙片 p' をマッチング結果とする。この方式により、

*店名や電話番号のような、店舗の特定に繋がる情報にはばかしを入れている。他の画像も同様である。

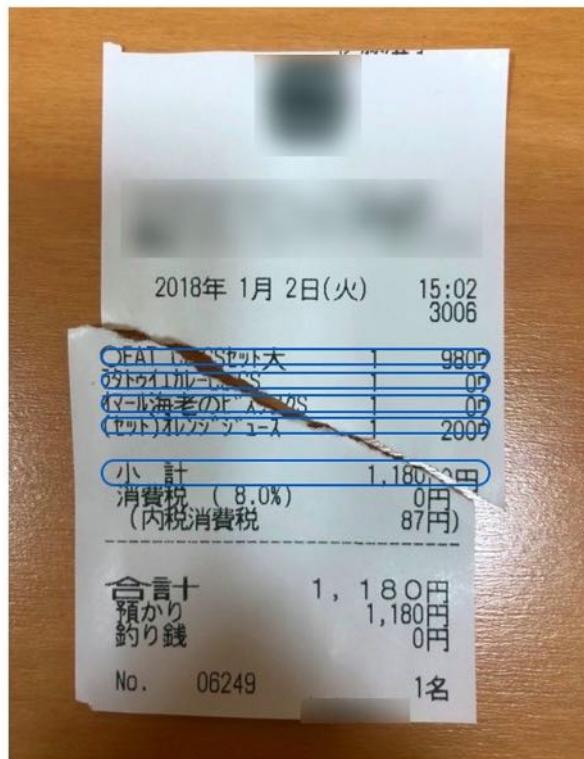


図 5.5: 紙片上の分断された文字列

3.3.2 項で述べた 3 つの課題を達成していると考えられる。課題 B1 については、ユーザは連絡先を交換する必要はなく、紙片を渡すだけよい。課題 B2 については、ユーザは紙をちぎってスマートフォンのカメラで写すだけで良いので手間は少ない。課題 B3 については、ユーザの使用しているものは紙とスマートフォンという身近な道具のみである。

5.2 紙をちぎって手渡すだけで電子情報の受け渡しを行う方式の実装

5.2.1 アルゴリズムの前提

マッチングに使用する紙片をカメラで写す際、下記のような、紙の状態、ちぎり方、背景に関する前提を設ける。

- 紙は劣化していない（紙が破れていったり、紙に書いている文字が掠れていったりしていない）。

- 紙は左上から右下に向かって、台形が2つできるように斜めにちぎる。
- 紙片の背景に紙片と同色のものを入れない。

5.2.2 アルゴリズムの全体像

図5.6に、紙片同士のマッチングを行うための、アルゴリズムの全体像を示す。まず、撮影した紙片に対して前処理を施す。その後、前処理を施した画像から、撮影した紙片の特徴量1, 2, 3の抽出処理を行う。最後に、抽出された値とデータベース上に登録した紙片の各特徴量の値を利用して、マッチング処理を行う。各処理を行うにあたって、本実装ではOpenCVを利用する。実際に行った各処理の詳細については、以降の項でそれぞれ論じる。

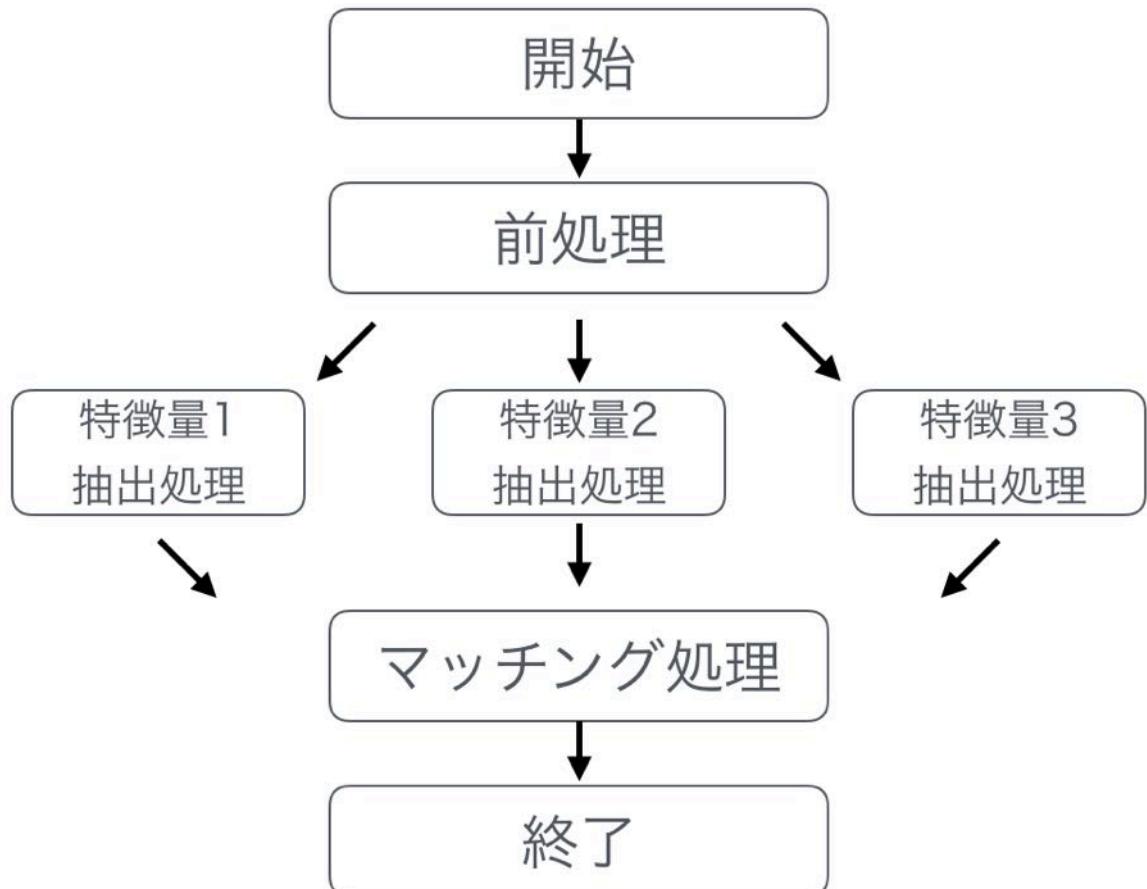


図 5.6: アルゴリズムの全体像

5.2.3 前処理

ユーザが紙片を撮影した際に作成された画像をもとに特徴量を抽出しようとすると、画像に写った紙片以外の背景がノイズになり、正しく特徴量を抽出できない恐れがある。そのため、画像中の紙片と背景の分離を前処理として行う。まず、元画像を HSV(Hue, Saturation, Value Brightness)変換する。その後、HSV変換した画像を二値化(濃淡のある画像を白と黒の2階調に変換する処理)し、マスク処理用の画像を生成する。マスク処理とは、画像や線画などのオブジェクトを任意の形状にくり抜き、その内側のみを表示することである。生成されたマスク処理用の画像の領域を元画像からくり抜いて、紙片と背景を分離する(図5.7)

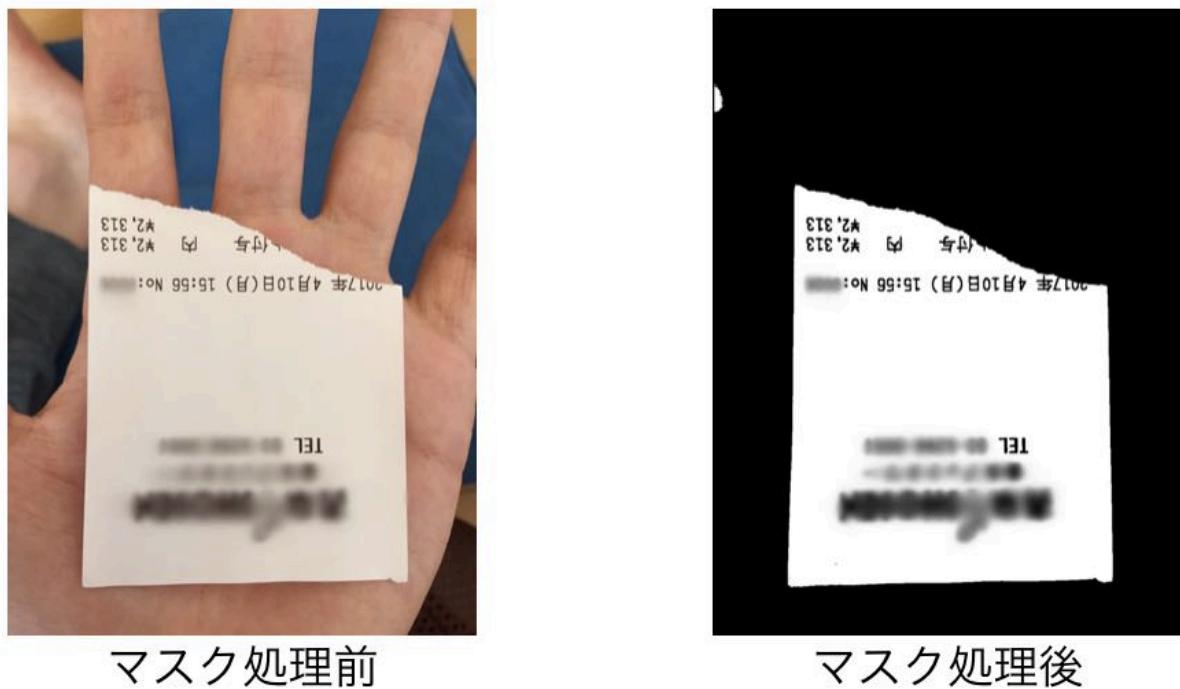


図 5.7: 前処理

5.2.4 特徴量1(三角形の2辺の長さの比)抽出処理

紙片のみを抽出した画像のエッジを検出する。エッジとは、画像中の明るさ(濃淡)や色が急に変化している箇所のことである。画像中の物体の輪郭部分は一般に濃淡の変化が激しいため、これをを利用して輪郭を検出することができる。その後、Hough変換を行う(図5.8)。Hough変換とは、画像から直線を検出する技法で、通常の直交座標上の画像を、極座標の二次元空間に変換し、そこで最も頻度の高い位置を求め、それを逆変換して直線や円を検出する技法である。これによって抽出した紙片の輪郭部分から直線成分を

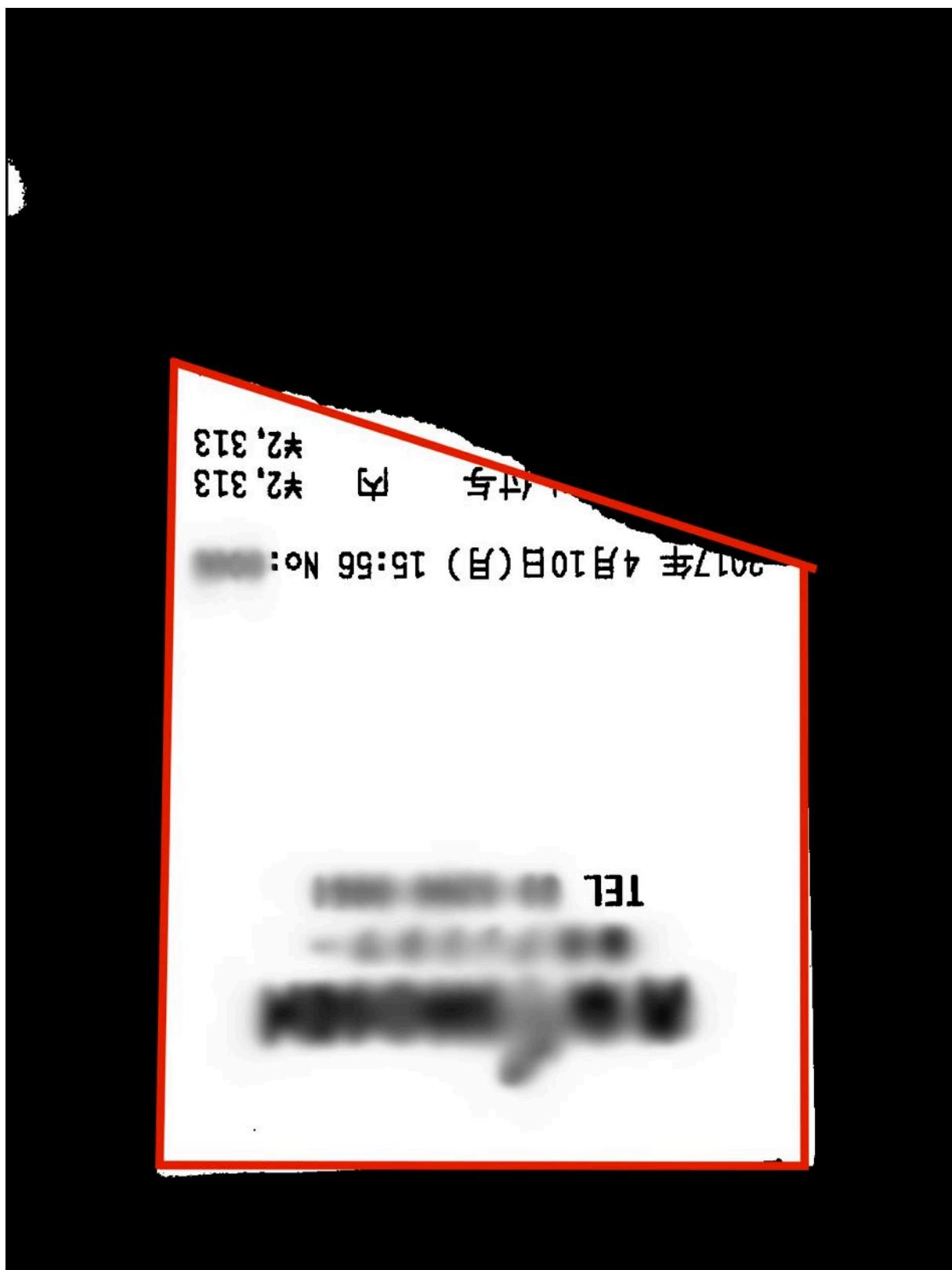


図 5.8: Hough 変換後

検出し、画像における紙片の各頂点(v_1, v_2, v_3, v_4 とする)の座標を検出する。これを利用して $l_1(v_1-v_2$ から v_3-v_4 の長さを差し引いたもの)と、 $l_2(v_1-v_4)$ の長さを算出し(図5.9)， l_1/l_2 を算出する。算出された l_1/l_2 を f_e (Edge feature)とする。

5.2.5 特徴量2(分断された文字の数)抽出処理

紙片に書かれている文字はそれぞれ連結成分となっていることを利用して、紙片のみを抽出した画像にラベリング処理を施す。ラベリング処理とは、画素の連結成分を見つけて、連結成分ごとに一意の番号を付与する処理である。ラベリングは、各連結成分の上端のy座標(下向きが正)の値が小さいものから順にラベリングされる。y座標の値が等しければ、x座標(右向きが正)を比較して値が小さいものから順にラベリングされる。ラベリング処理は、紙片の内側にあり、紙片の三角形の底辺よりも上部にある連結成分のみにラベリング処理を施す(図5.10)。紙片画像にラベリング処理を施すとき、図5.11のような順で各文字にラベリング処理が行われる。ラベリングされた連結成分の重心座標(g)をラベリング順に読み込んでいき、n番目の重心座標 g_n とn+1番目の重心座標 g_{n+1} を比較してx座標とy座標に一定以上の差があれば、 g_n をその行の最後の連結成分の重心座標とする(図5.12)。その後、この重心座標付近の画像ピクセル値を検出する。このとき紙片と文字の色以外の色が一定ピクセル数以上検出されれば文字が分断されていると判定し、分断されていると判定された文字の数を f_c (Character feature)とする。

5.2.6 特徴量3(分断された文字列の行の数)抽出処理

5.2.5項と同様に、紙片のみを抽出した画像にラベリング処理を施す。ラベリングされた連結成分の重心座標(g)をラベリングされた順に読み込んでいき、n番目の重心座標 g_n とn+1番目の重心座標 g_{n+1} を比較して、x座標とy座標に一定以上の差があれば、改行されていると判定する(図5.13)。改行された回数に1を加えた数を、紙片の分断された文字列の行の数とし、これを f_l (Line feature)とする。

5.2.7 マッチング処理

紙片pの各特徴量を f_e, f_c, f_l 、紙片群P中の紙片 $p^{(n)}$ の各特徴量を $f_e^{(n)}, f_c^{(n)}, f_l^{(n)}$ とする。マッチングを行う際、紙片pと紙片群P内の全ての紙片の特徴量類似度計算を行うと、計算処理時間が膨大になりユーザエクスペリエンスを低減させることになりかねない。そこで、相対的に高精度に検出しやすい特徴量2・3を、マッチング候補を絞り込むためのフィルタとして機能させ、絞り込まれた候補についてのみ特徴量1の類似度計算を行うこととする。具体的には、紙片のマッチングを行う際の手順は下記のとおりになる。まず、 f_c と $f_c^{(n)}$ の差と、 f_l と $f_l^{(n)}$ の差を算出し、そのどちらかで一定以上の差がある紙

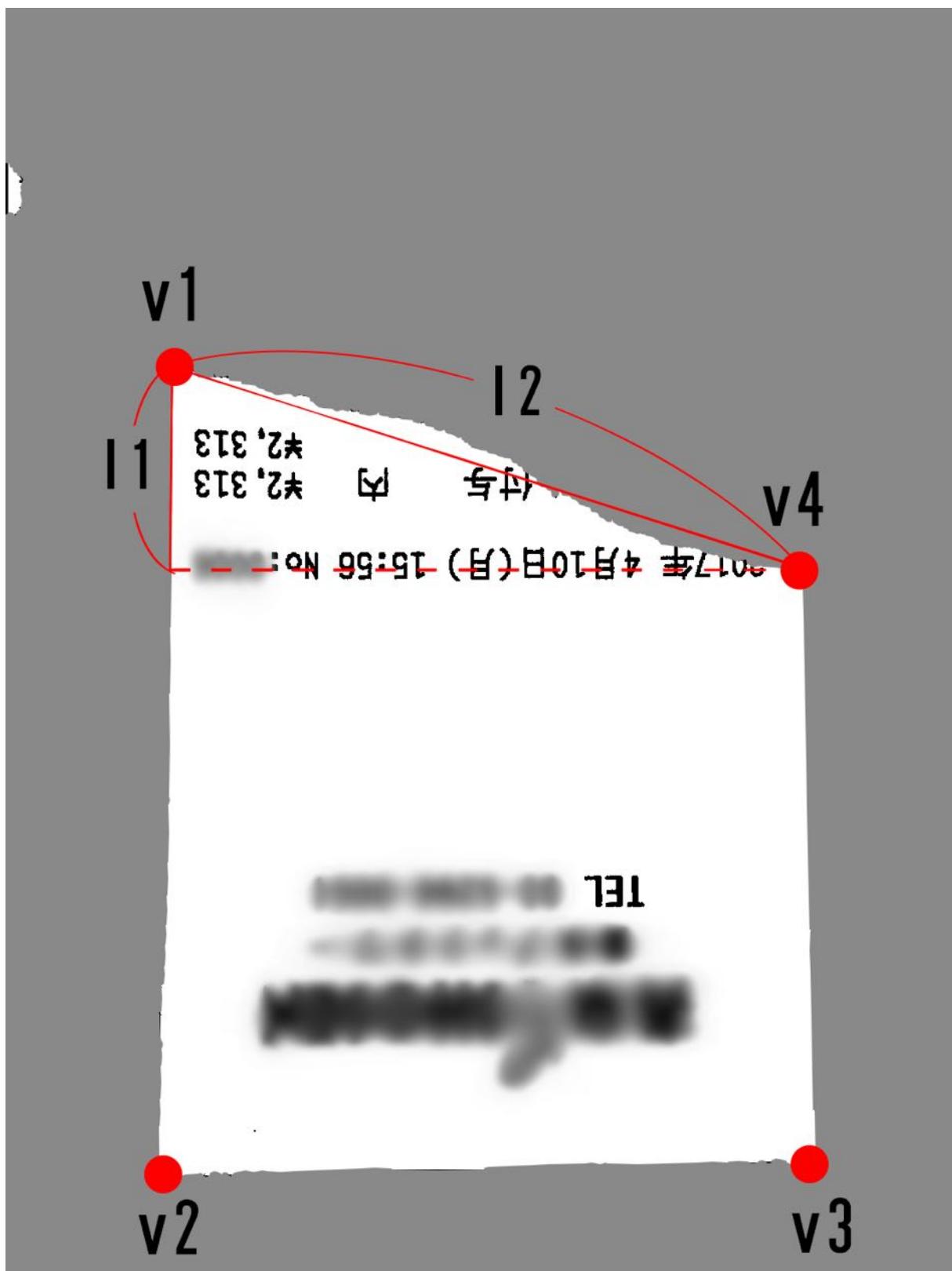


図 5.9: 各頂点と辺の位置

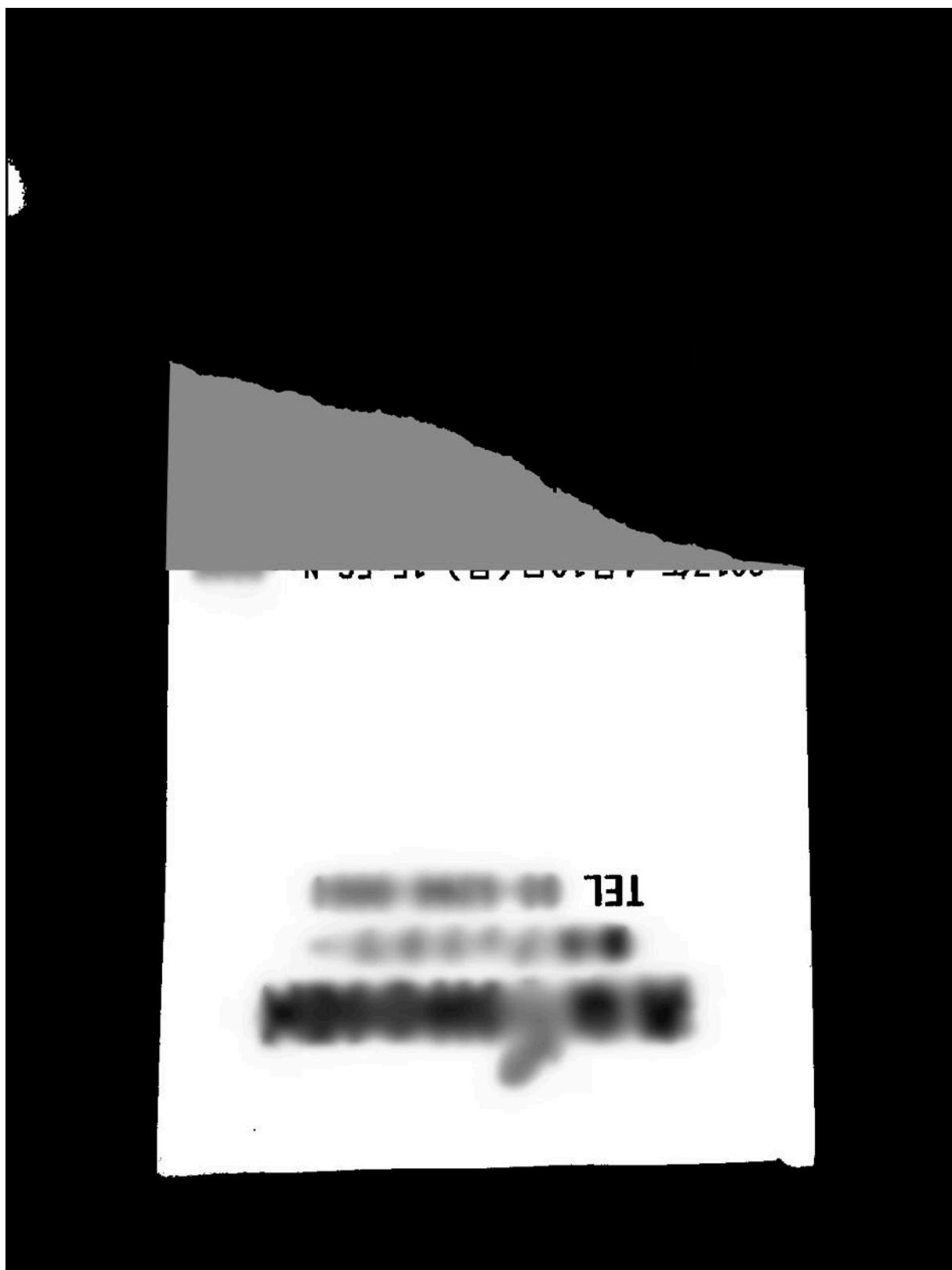


図 5.10: ラベリング処理範囲

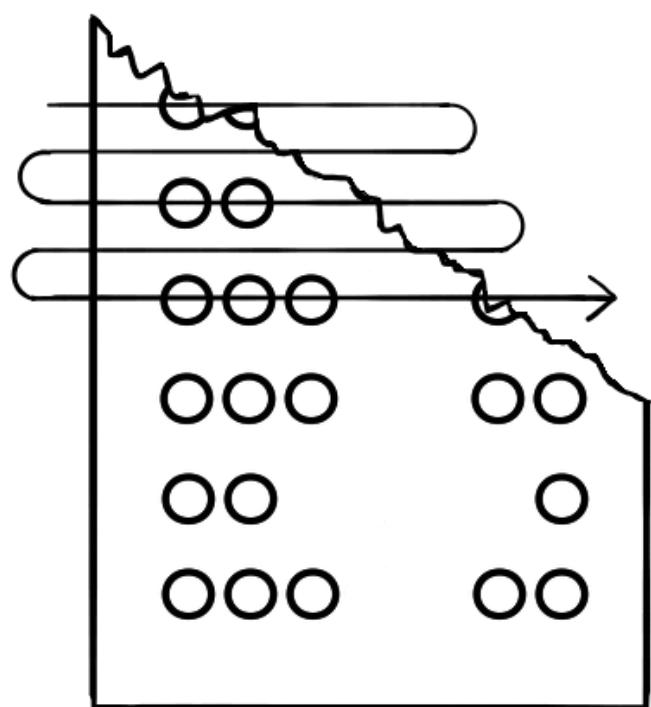


図 5.11: ラベリングされる順番

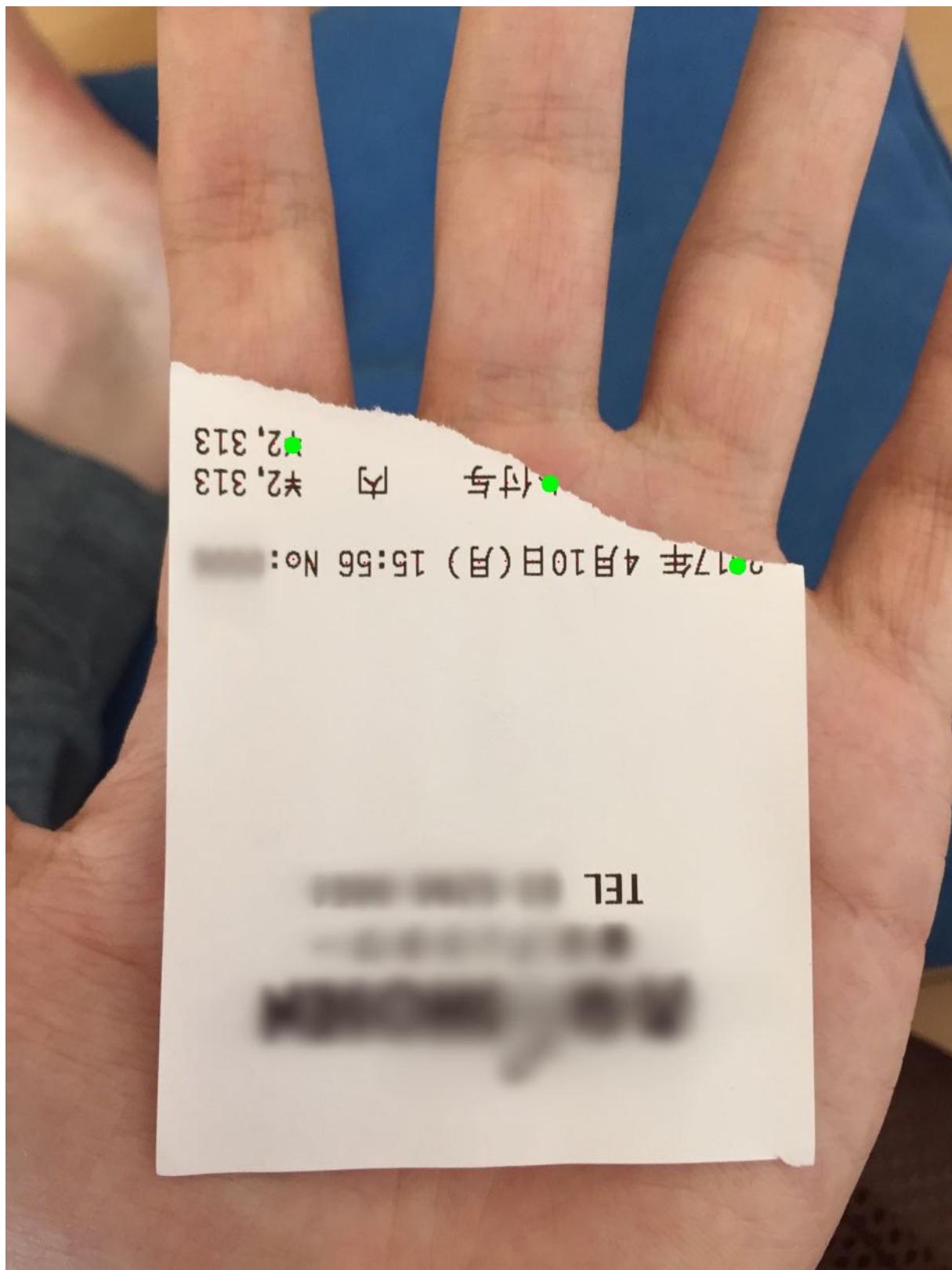


図 5.12: 各行における最後の文字

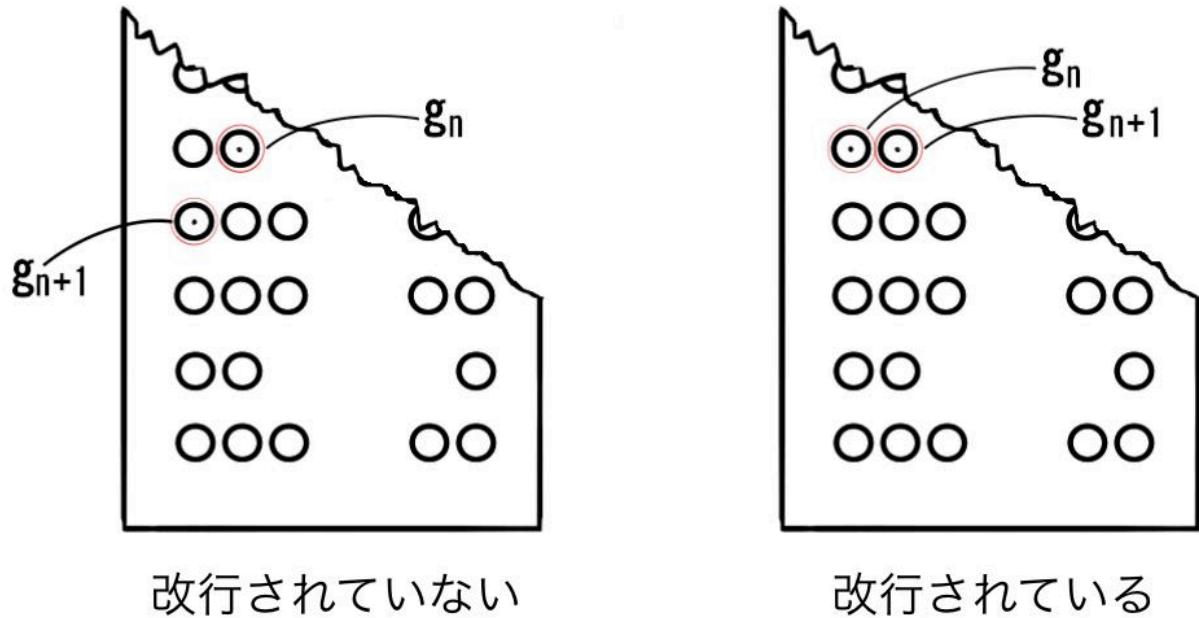


図 5.13: 改行の有無

片 $p^{(n)}$ は、マッチング候補から除く。残ったマッチング候補から f_e と $f_e^{(n)}$ の類似度が最も高い紙片 $p^{(n)}$ をマッチング結果とする。 f_e と $f_e^{(n)}$ の類似度は下記のように算出する。

$$s_e = \frac{1}{1 + |f_e - f_e^{(n)}|}$$

s_e は類似度スコアである。残ったマッチング候補のうち、 s_e が最も高くなる $p^{(n)}$ をマッチング結果とする。

5.3 紙をちぎって手渡すだけで電子情報の受け渡しを行う方式の検証実験

5.3.1 実験の目的

本研究では、典型的な利用シーンを設定し、提案方式の有用性を総合的に検証する必要がある。ただし、これらの検証を進めるためには、まずは外因が少ない条件下において、紙片同士のマッチングが正しく行われる割合（“マッチング成功率”とする）の検証を実施する必要がある。

上記をふまえ、マッチング成功率について基礎的な検証を行うことを、実験の目的として設定する。

5.3.2 実験の環境・手順

本実験の被験者は20代の学生(男性11名、女性2名)、50代の社会人(男性1名、女性1名)の計15名である。各被験者に紙をちぎってもらった。このとき、あらかじめ実験者が「左上から右下に向かって台形が2つできるようにななめにちぎってください」と口頭で説明した後に実演し、適切な例と不適切な例を被験者に見せている(図5.14、5.15)。これ



図 5.14: 適切な例



図 5.15: 不適切な例

は、図5.1に示すように、紙片の上部にできる三角形の辺の比を紙片の特徴量として扱えるようにするためである。

今後、提案方式をアプリケーションとして実現する際は、スマートフォンで自動的に連続して複数回の撮影を行い、それらの複数画像を用いてマッチング処理を行う予定である。この実装方式を想定し、1枚の紙片につき5枚の画像を用意する。撮影環境は屋内で、紙片を手のひらの上に乗せて撮影する(図5.7左)。なお、本実験は、外因が少ない条件下において、提案する3つの特徴量を用いて正しくマッチングが行えるかどうかを検証するものである。よって撮影を行う際、紙片ごとに紙片とカメラの距離、角度に大きく差が出ないようにするために、ちぎった紙片の撮影は実験者が行なった。背景の手のひら以外の部分については、紙片と似たような色(白色)が映らないようにした。また、撮影後にHough変換を行い画像中の紙片の輪郭が検出されているかを確認し、紙片の輪郭を検出できなかった場合再撮影を行っている。ただし、直線が正しく検出された場合(図5.16)でも、ラベリング処理を施す範囲外に文字がある場合(図5.17)は、 f_c , f_l の値に影響が出るため、実験には用いないようにした。以上の条件を満たした30組の紙片(300枚の紙片画像データ)でマッチング成功率の検証を行う。

紙片のマッチングは5.2.7項に従って行う。ただし、今回の実験では1枚の紙片につき5枚の画像を使用するため、5枚のマッチング候補を集計して、最も多くマッチング候補として推定されたものを最終的なマッチング結果とする。例えば、紙片 p_1 の5枚の画像を $p_{1,1}, p_{1,2}, p_{1,3}, p_{1,4}, p_{1,5}$ とし、同様に、紙片 $p_2, p_3 \dots$ の場合も $p_{2,1}, p_{2,2}, p_{2,3}, p_{2,4}, p_{2,5}, p_{3,1}, p_{3,2}, p_{3,3}, p_{3,4}, p_{3,5} \dots$ とする。紙片 p_1 の5枚のマッチング候補が、それぞれ $p_{2,1}, p_{2,5}, p_{2,1}, p_{7,1}, p_{7,4}$ となった場合(図5.18), p_7 よりも p_2 をマッチング候補とするも

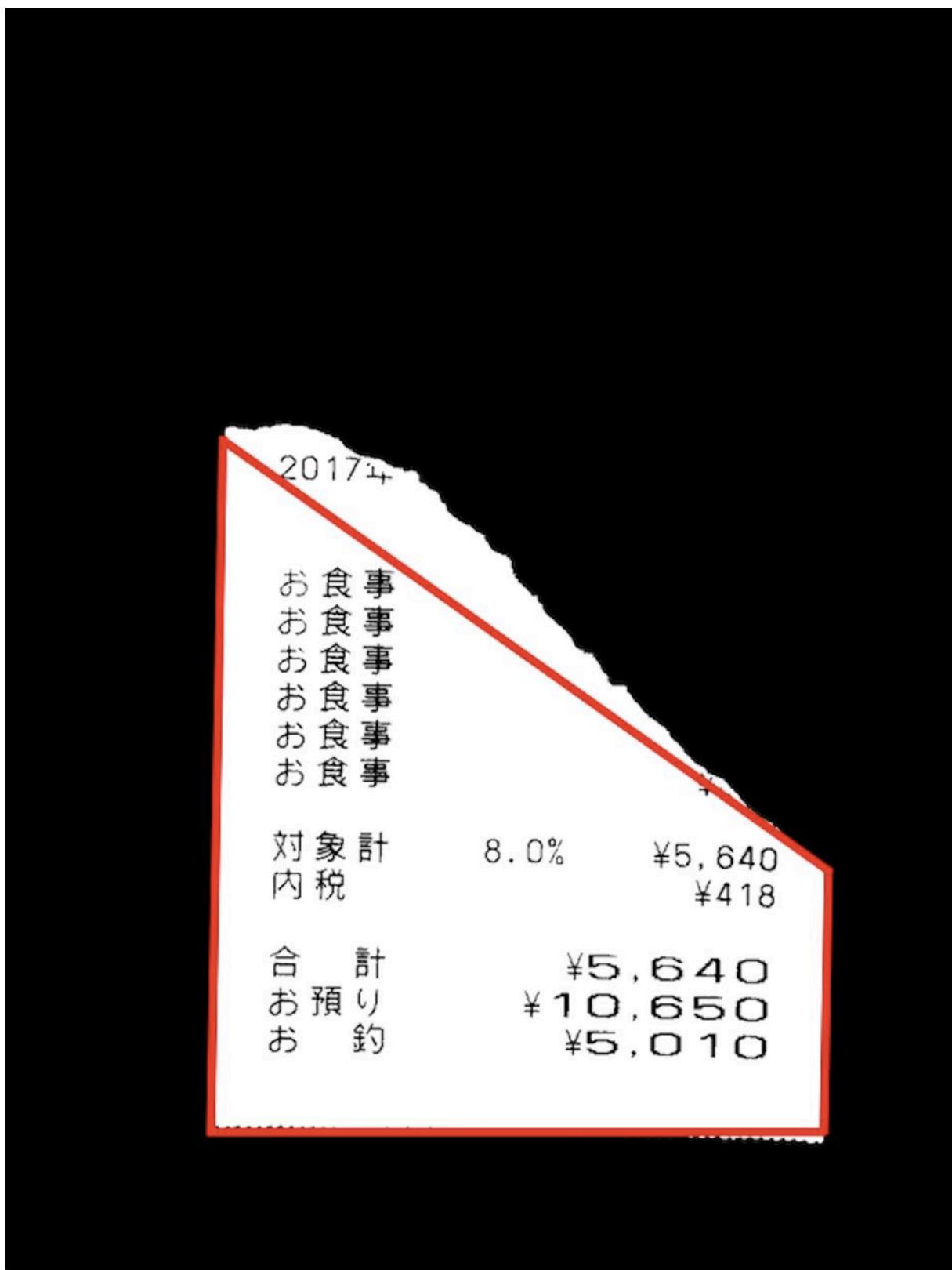


図 5.16: hough 変換後

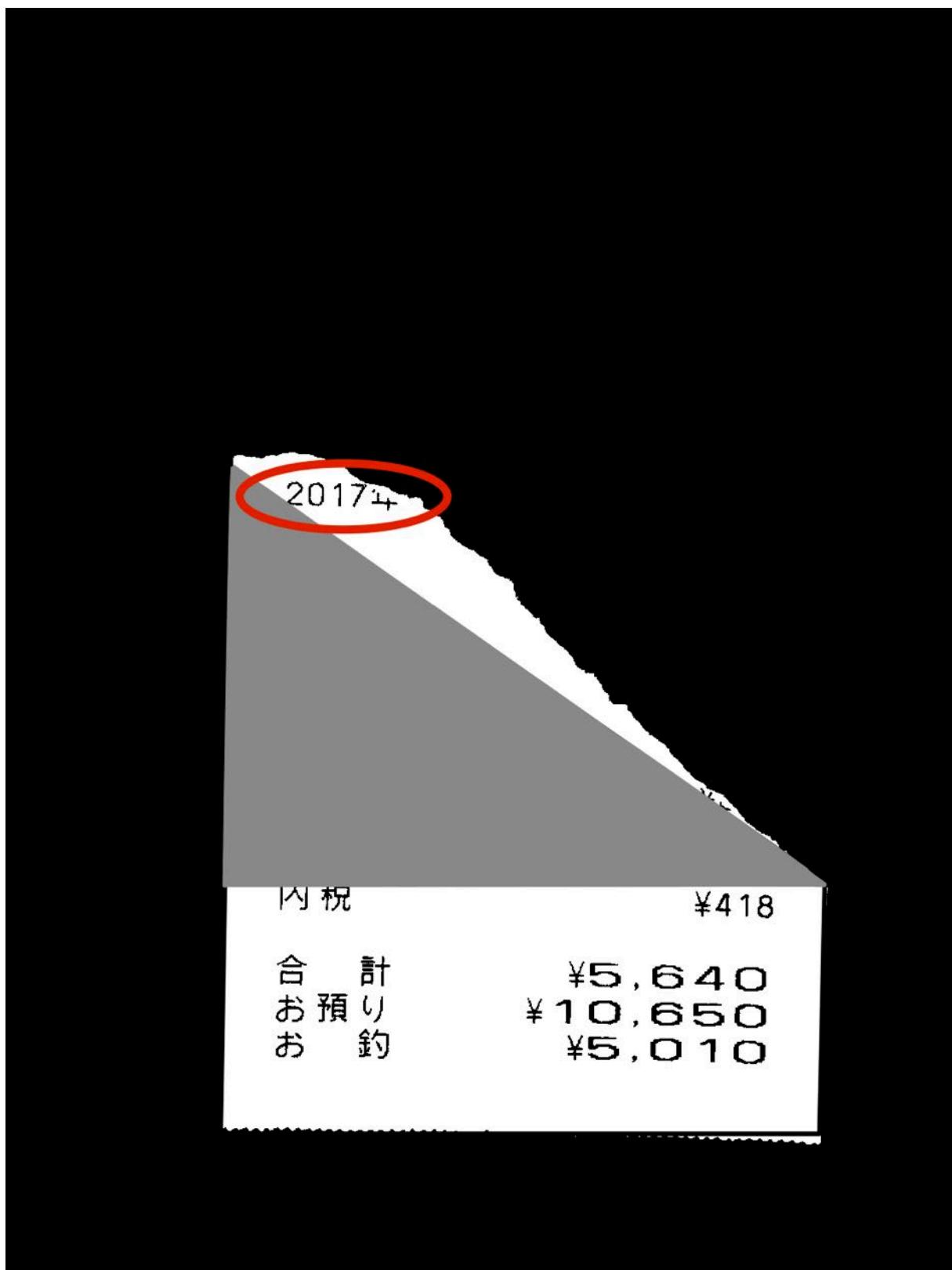


図 5.17: 範囲外に文字がある

のが多いので、 p_2 を最終的なマッチング結果とする。マッチング候補が $p_{2,1}$, $p_{2,5}$, $p_{7,3}$, $p_{7,1}$, $p_{9,4}$ のように、 p_2 をマッチング候補とする画像の枚数と p_7 をマッチング候補とする画像の枚数が同数であった場合(図 5.19)，同一紙片を示す候補ごとに s_e を合計し、その値が大きくなる紙片を最終的なマッチング結果とする。上記の例では、 $p_{2,1}$, $p_{2,5}$ は p_2 をマッチング結果として示している。よって、まず、 $p_{1,1}$ の f_e と $p_{2,1}$ の f_e を元に算出した s_{e1} と、 $p_{1,2}$ の f_e と $p_{2,5}$ の f_e を元に算出した s_{e2} の合計を求める。同様に、 $p_{1,3}$ の f_e と $p_{7,3}$ の f_e を元に算出した s_{e3} と、 $p_{1,4}$ の f_e と $p_{7,1}$ の f_e を元に算出した s_{e4} の合計を求める。これらの合計を比較して大きくなるものを最終的なマッチング結果とする。

対となる 2 枚の紙片を元にそれぞれマッチングを行い、マッチング結果が互いの紙片となった場合マッチング成功とする。30 組の紙片のうち、マッチングが成功した割合をマッチング成功率とする。

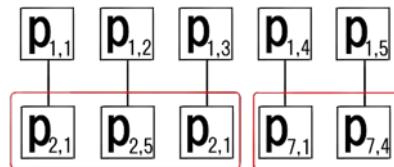


図 5.18: マッチング結果:例 1

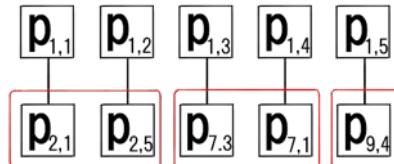


図 5.19: マッチング結果:例 2

5.3.3 結果・考察

実験を行った結果、紙片同士のマッチング成功率は 73.3% となった。この結果が得られた理由を考察する。

実験に使用した紙片の f_e , f_c , f_l の分布を図 5.20, 5.21, 5.22 にそれぞれ示す。横軸がそれぞれ f_e , f_c (個), f_l (個) で、縦軸は紙片の数(枚)である。

各データを詳細に分析すると、多くの紙片は、 f_e が 0.35 から 0.45 で、 f_l が 1 から 2, f_l が 3 から 4 となっており、これらの特徴を持つ紙片を元にマッチングを行う際には、マッチングが失敗する傾向が強かった。これは被験者にレシートをちぎってもらう前に、実験者がレシートのちぎり方を実演してみせたため、それを模倣した被験者同士で、レシートのちぎり方に差異ができにくくなってしまったことがある。実際、今回被験者にちぎってもらったレシートの多くは f_e , f_c , f_l の値が、実演時にちぎったレシートの f_e , f_c , f_l の値に近い値となっていた。そのため、実験者のレシートのちぎりに酷似していない f_e が 0.7 から 0.85, f_c が 7 から 8, f_l が 10 から 12 となった紙片を元にマッチングを行う際には、マッチングが成功する傾向が強かった。

マッチング成功率を挙げる方法がいくつか考えられる。例えば、紙を左上から右下に向かって台形が紙片の双方にできるようにちぎるという制約を、紙片の双方に台形ができるばどのようなちぎり方でも良いように変更することである。これによって各特徴量の値に差が生まれ、マッチング成功率が向上すると推測できる。他には、紙の破れ目の形状をマッチングを行う際に利用する特徴量に利用する方法が考えられる。これによって、より紙片同士の差異を検出することができ、マッチング成功率が向上すると推測できる。ただし、この方法については、5.1 節で述べたように、紙の破れ目の形状の分析を行うには、計算処理時間が膨大になる恐れがあるため、この問題についても解決を行っていく。

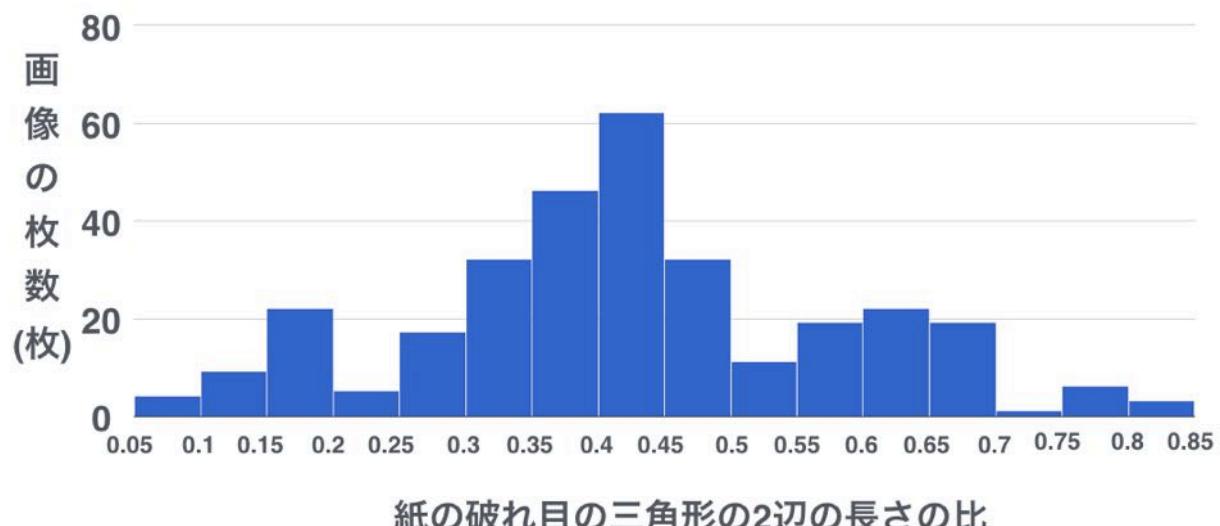
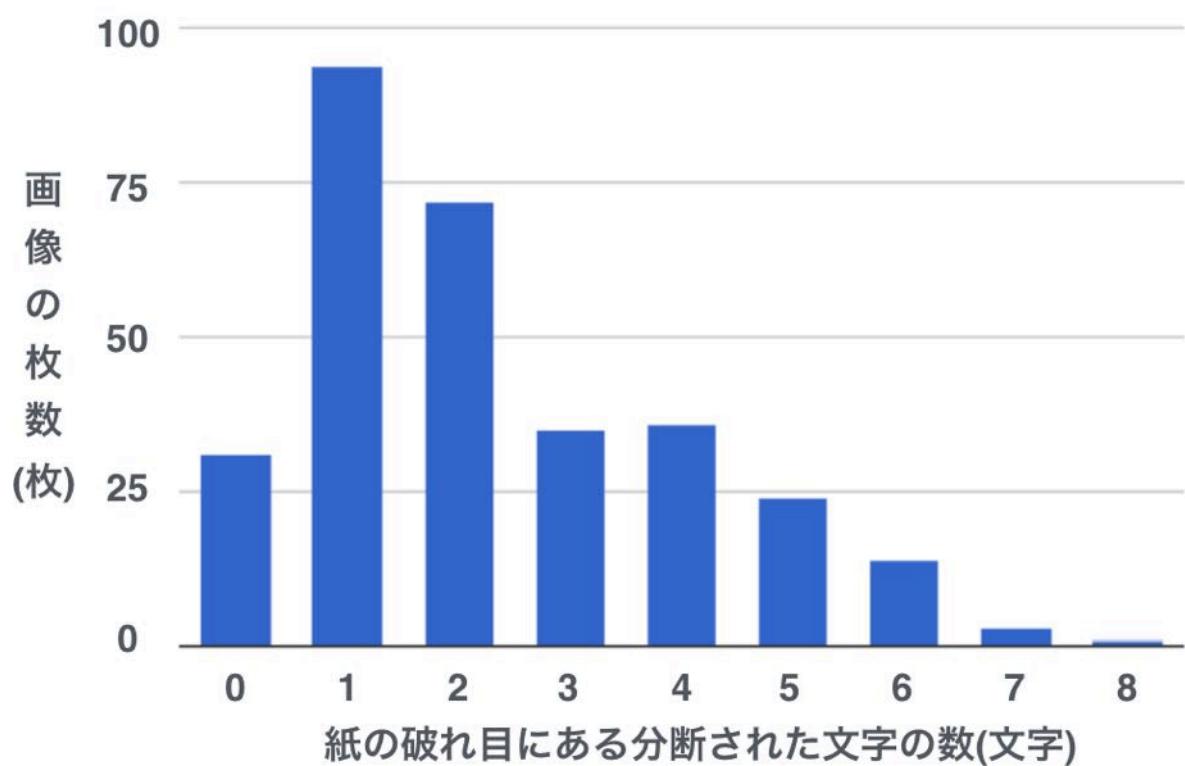
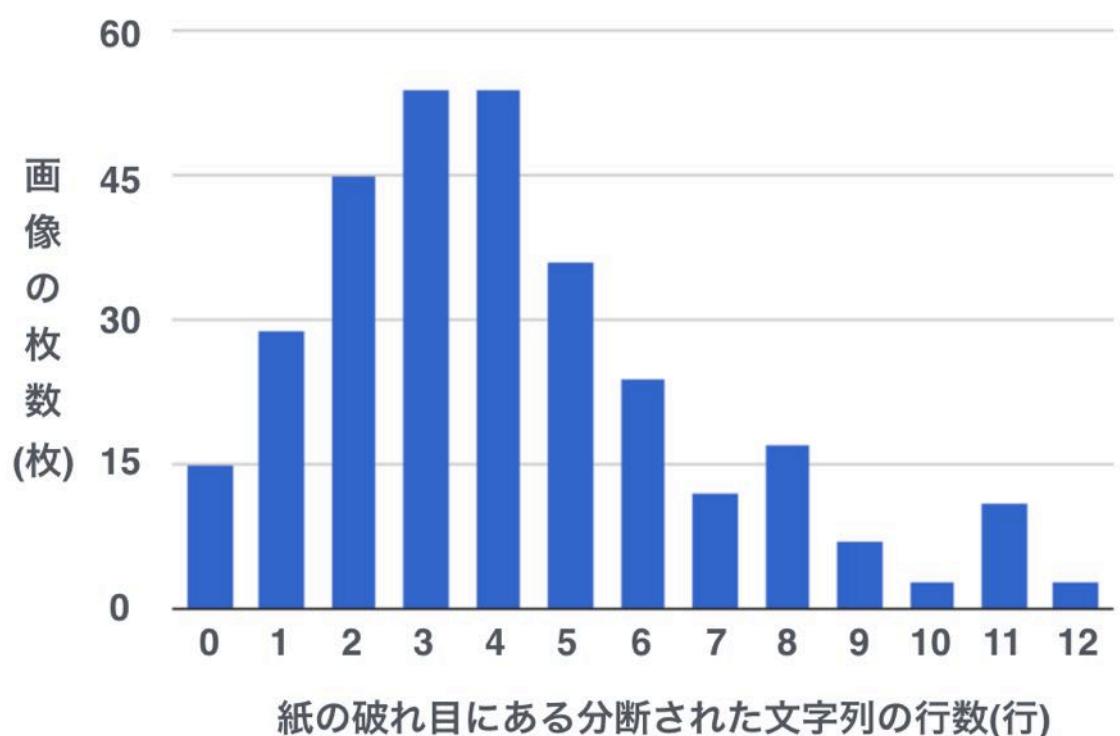


図 5.20: f_e の分布

図 5.21: f_c の分布

図 5.22: f_l の分布

第6章 結論

スマートフォンの普及により、我々は、端末一つで、自身のスケジュール管理や、電子情報の送受信を行うようになった。本研究は、ユーザがリマインダ設定や、電子情報の受け渡しを電子端末を利用して行った時に生じる問題を、日常生活中のオブジェクトに情報を結びつけることによって解決することを狙ったものである。

まず、ユーザがリマインダを設定する際には、言語化・登録の手間がかかるという問題が存在した。この問題を解決するために、オブジェクトに関するリマインダを設定するシーンにおいて、“タスクが存在する”という情報をオブジェクトに直接物理的に登録するモデルを考案した。このモデルを実現するための手段として、オブジェクトにクリップを装着することでリマインダを登録する方式を提案し、クリップとLEDを組み合わせたプロトタイプシステムを構築した。これによって、ユーザはクリップでオブジェクトを挟むだけで、オブジェクトに関するリマインダを設定できるようになる。検証実験では、提案システムのインターフェース操作性、日常生活中における実用性について、それぞれ一定の有効性が確認できた。今後の課題としては、適用対象物の拡大がある。現在のシステムはクリップの使用の有無を通電センサによって行っているため、オブジェクトが導電物である場合は使用開始を検知できない。この問題は、クリップ開閉時の動作部に機械式の開閉センサを装着するなどの方法で解決できると考えている。

次に、ユーザが電子情報の受け渡しを行う際には連絡先の交換が必要であるため、受け渡し相手が見知らぬ相手であると、連絡先を交換することに抵抗を感じる人は多いという問題が存在した。この問題を解決するために、紙をちぎって手渡すことで電子情報を受け渡す方式を提案した。これは、ある紙を2片にちぎり分けたとき、各紙片の破れ目の特徴が合致する性質を利用したアプローチである。これによって、ユーザは連絡先を交換することなく紙をちぎって渡すだけで、電子情報の受け渡しができるようになる。実装したプロトタイプシステムで行った検証実験では、73.3%の精度で紙片同士のマッチングを正しく行うことができた。今後は、まずはマッチング成功率の向上を行っていきたい。また、実際に情報の受け渡しができるようにシステムを構築していく予定である。提案手法における受容性や操作性について、それぞれ検証する実験も実施する予定である。

上記2点の問題の解決に、日常生活中的オブジェクトを利用した理由としては、ユーザがリマインダ設定や、電子情報の受け渡しを行うために、コンピュータを操作する必要性があると、いちいち使用したい機能の使用方法を覚える必要がある場合や、ICT弱者などが正しく扱えない場合があるためである。本研究では、クリップや紙といった日常生活中的オブジェクトを利用したシステムを開発し、コンピュータ操作を意識させないようにした。

参考文献

- [1] Hiroshi Ishii, H. R. Fletcher, J. Lee, S. Choo, J. Berzowska, C. Wisneski, C. Cano, A. Hernandez, and C. Bulthaup. musicbottles. In *SIGGRAPH '99 ACM SIGGRAPH 99 Conference abstracts and applications*, p. 174, 1999.
- [2] Ben Piper, Carlo Ratti, and Hiroshi Ishii. Illuminating clay: a 3-d tangible interface for landscape analysis. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems(CHI 2002)*, pp. 355–362, 2002.
- [3] Siio Itiro. Infobinder: A pointing device for virtual desktop system. In *Proceedings of HCI International '95*, pp. 261–264, 1995.
- [4] Rekimoto Jun. Pick-and-drop: A direct manipulation technique for multiple computer environments. In *Proceedings of the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology(UIST 1997)*, pp. 31–39, 1997.
- [5] Masui Toshiyuki, Tsukada Koji, and Siio Itiro. Mousefield: A simple and versatile input device for ubiquitous computing. In *UbiComp: International Conference on Ubiquitous Computing*, pp. 319–328, 2004.
- [6] 福地健太郎, 杉本麻樹, Charith Fernando, Shengdong Zhao, 稲見昌彦, 五十嵐健夫. Push-pin: ピン型タグを用いたホームオートメーションのためのプログラミングシステム. インタラクション2010論文集, 2010.
- [7] 吉川祐輔, 宮下芳明. ラジオマーカ: 仮想オブジェクト位置に音像を再現する ar マーカ. インタラクション2010, Fresh From the Oven Session, 2010.
- [8] <https://www.layar.com> (last visited: 2017/11/12).
- [9] 吉野孝, 松原嘉那子. 実世界のモノと関連づけたアイデアの共有による発想支援システム「ものぴこん」の開発と評価. マルチメディア、分散協調とモバイルシンポジウム2013論文集, pp. 599–607, 2013.
- [10] Akihiro Miyata and Ko Fujimura. Document area identification for extending books without markers. In *Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2011)*, pp. 3189–3198, 2011.

- [11] Hans-W. Gellersen, Michael Beigl, and Holger Krull. The mediacup:awareness technology embedded in an everyday object. In *Handheld and Ubiquitous Computing, First International Symposium, (HUC 1999)*, pp. 308–310, 1999.
- [12] Hans-W. Gellersen, Michael Beigl, and Holger Krull. Mediacups: Experience with design and use of computer-augmented everyday artefacts. *Computer Networks*, Vol. 35, No. 4, pp. 401–409, 2001.
- [13] M. Beigl and H. Gellersen. Smart-its: An embedded platform for smart objects. In *Smart Objects Conference (SOC 2003)*, pp. 15–17, 2003.
- [14] Ellis Judi. Prospective memory or the realization of delayed intentions: A conceptual framework for research. *Prospective Memory: Theory and Applications*, 1996.
- [15] MARK A. MCDANIEL and GILLES O. EINSTEIN. Strategic and automatic processes in prospective memory retrieval: A multiprocess framework. *Applied Cognitive Psychology*, Vol. 14, No. 7, pp. 127–144, 2000.
- [16] Yao Wang and Manuel A. Pérez-Quiñones. Exploring the role of prospective memory in location-based reminders. In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pp. 1373–1380, 2014.
- [17] 石黒景亮, 神原誠之, 萩田紀博. 食事行動予測に基づく食事情報記録支援と対話ロボットによる説得を利用したセルフモニタリング. 電子情報通信学会技術研究報告(CNR), pp. 55–60, 2014.
- [18] David Graus, Paul N. Bennett, Ryen White, and Eric Horvitz. Analyzing and predicting task reminders. In *Proceedings of the 2016 Conference on User Modeling Adaptation and Personalization(UMAP 2016)*, pp. 7–15, 2016.
- [19] 三島朋之, 高橋健一, 川村尚生, 菅原一孔. 不愉快な通知を利用した入力促進システムの提案. マルチメディア、分散協調とモバイルシンポジウム2013論文集, pp. 1380–1386, 2013.
- [20] Xiaoyi Zhang, Laura R. Pina, and James Fogarty. Examining unlock journaling with diaries and reminders for in situ self-report in health and wellness. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2016)*, pp. 5658–5664, 2016.
- [21] Gerd Kortuem, Zary Segall, and Thaddeus G. Cowan Thompson. Close encounters: Supporting mobile collaboration through interchange of user profiles. In *International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing (HUC 1999)*, pp. 171–185, 1999.

- [22] Chi-Yi Lin and Ming-Tze Hung. A location-based personal task reminder for mobile users. *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 18, No. 2, pp. 303–3–14, 2014.
- [23] Gerd Kortuem, Zary Segall, and Thaddeus G. Cowan Thompson. The memory glasses: Towards a wearable context aware, situation-appropriate reminder system. In *In CHI'00 Workshop on Situated Interaction in Ubiquitous Computing*, 2000.
- [24] Anind K. Dey, Gregory D. Abowd, and Daniel Salber. A context-based infrastructure for smart environments. In *Managing Interactions in Smart Environments*, pp. 114–128, 2000.
- [25] Daniel Salber, Anind K. Dey, and Gregory D. Abowd. The context toolkit: Aiding the development of context-enabled. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 434–441, 1999.
- [26] Anind K. Dey and Gregory D. Abowd. Cybreminder: A context-aware system for supporting reminders. In *International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*, 2000.
- [27] 宮田章裕, 有賀玲子, 望月崇由, 井原雅行, 山田智広. Use it once, then use it as usual: 家具の動作制約を利用したモーションマッチング手法. 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 1, pp. 196–208, 2016.
- [28] 神武里奈, 星野准一. Airmeet : 懇親会の目的に応じた個人情報の一時的共有によるコミュニケーション支援システム. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), pp. 1–8, 2017.
- [29] 閑野伊織, 田中二郎. イベント開催前から開催後まで一連の流れに沿ってコミュニケーションを支援するシステム. マルチメディア、分散協調とモバイルシンポジウム 2013 論文集, pp. 56–63, 2013.
- [30] 山本伶, 増井俊介, 安村通晃. Sonoba.org: その場限定の情報共有システム. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), pp. 1–8, 2013.
- [31] 土佐伸一郎, 田中二郎. Smart projection:モバイル端末内データを共有するための情報掲示システム. マルチメディア、分散協調とモバイルシンポジウム 2011 論文集, 2011.
- [32] Andrs Lucero, Jussi Holopainen, and Tero Jokela. Pass-them-around: collaborative use of mobile phones for photo sharing. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1787–1796, 2011.
- [33] James Clawson, Amy Volda, Nirmal Patel, and Kent Lyons. Mobiphos: a collocated-synchronous mobile photo sharing application. In *Proceedings of the 10th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services*, pp. 187–195, 2008.

- [34] Toshihiro Nakae, Shiro Ozawa, and Naoya Miyashita. O-link: Augmented object system for intergenerational communication. In *SIGGRAPH '10 ACM SIGGRAPH 2010 Posters*, 2010.
- [35] GILLES O. EINSTEIN and MARK A. MCDANIEL. Retrieval processes in prospective memory:theoretical approaches and some new empirical findings. *Prospective Memory: Theory and Applications*, 1996.

研究業績

査読付き国際会議

- (1) Kenro Go, Nagomu Horikoshi, Shion Tominaga, Jinta Nakamura, Akihiro Miyata: Implementation and Evaluation of a Reminder Registration Interface for Daily Life Objects, Proceedings of the 20th International Conference on Human-Computer Interaction (Presentation planned in July 2018).
-

査読付き国内会議

- (1) 吳健朗, 堀越和, 富永詩音, 中村仁汰, 宮田章裕: 実世界オブジェクトへのリマインダ登録インターフェースの実装と評価, 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 2017 (2017年11月), Vol.2017, pp.1-8
- (2) 瀧田航平, 鈴木奨, 吳健朗, 堀越和, 中辻真, 宮田章裕: キャラクタ性を持ったボケで返す対話型エージェントの基礎検討, 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 2017 (2017年11月), Vol.2017, pp.1-6.
-

研究会・シンポジウム

- (1) 吳健朗, 鈴木奨, 瀧田航平, 堀越和, 中辻真, 宮田章裕: ボケで返す対話型エージェントの提案, 情報処理学会インタラクション 2018 (2018年3月発表予定).
- (2) 玉城和也, 吳健朗, 中村仁汰, 富永詩音, 宮田章裕: 紙をちぎることで電子情報を手渡すインタラクション方式の提案, 情報処理学会インタラクション 2018 (2018年3月発表予定).
- (3) 小林舞子, 吳健朗, 荒木伊織, 大和佑輝, 宮田章裕: Tap Messenger: タップのみでコミュニケーションを行うツールの基礎検討, 情報処理学会インタラクション 2018 (2018年3月発表予定).
- (4) 富永詩音, 吳健朗, 多賀諒平, 篠崎涼太, 宮田章裕: Transmimic: 動きを真似て情報を伝達する手法の基礎検討, 情報処理学会インタラクション 2018 (2018年3月発表予定).
- (5) 長岡 大二, 中原 涼太, 小林 舞子, 鈴木 奨, 吳健朗, 宮田章裕: 文脈を考慮してボケるエージェントの基礎検討, 情報処理学会インタラクション 2018 (2018年3月発表予定).

-
- (6) 大和佑輝, 呉健朗, 宇野広伸, 樋口恭佑, 荒木伊織, 宮田章裕: ゲーミフィケーションを用いたバリア情報収集の提案, 情報処理学会第80回全国大会 (2018年3月発表予定).
 - (7) 呉健朗, 鈴木奨, 瀧田航平, 中辻真, 宮田章裕: ボケて返す対話型エージェントの実装, サイバースペースと仮想都市研究会第20回シンポジウム (2017年12月).
 - (8) 大和佑輝, 呉健朗, 宇野広伸, 樋口恭佑, 荒木伊織, 宮田章裕: ゲーミフィケーションを用いたバリア情報収集の基礎検討, 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2017 (2017年11月). Vol.2017, pp.1-2.
 - (9) 呉健朗, 玉城和也, 中村仁汰, 宮田章裕: 紙をちぎることで電子情報を手渡すインタラクション方式の基礎検討, マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2017) シンポジウム (2017年6月).
 - (10) 鈴木奨, 呉健朗, 瀧田航平, 堀越和, 中辻真, 宮田章裕: ボケて返す対話型エージェントの基礎検討, 情報処理学会研究報告(GN) グループウェアとネットワークサービス, Vol.2017-GN-102, No.3, pp.1-6 (2017年5月).
 - (11) 呉健朗, 中村仁汰, 堀越和, 宮田章裕: InfoClip: 実世界オブジェクトへのリマインダ登録インターフェースの基礎検討, 情報処理学会インタラクション2017 (2017年3月).
-

メディア掲載

- (1) AI、笑いを学ぶ, 国際イベントニュース, 第25号16面 (2017年10月10日).
 - (2) 「電話番号教えて」「え、ケンカ番長?」日大生が作った“ボケるAI”, ITmedia, <http://www.itmedia.co.jp/news/articles/1709/21/news093/> (2017年09月21日).
 - (3) 「ボケるAI」初公開。スゴイ技術で、あえて間違える【TGS2017】，日経トレンディネット, <http://trendy.nikkeibp.co.jp/atcl/pickup/15/1003590/092101200/> (2017年9月21日).
-

展示

- (1) ボケるAI, 東京ゲームショウ2017 (2017年9月21~22日).
-

受賞

- (1) マルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOMO2017)シンポジウム 優秀プレゼンテーション賞, 紙をちぎることで電子情報を手渡すインタラクション方式の基礎検討, 受賞者: 呉健朗 (2017年6月).
 - (2) 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2017 ベストペーパー賞, キャラクタ性を持ったボケて返す対話型エージェントの基礎検討, 受賞者: 瀧田航平, 鈴木奨, 呉健朗, 堀越和, 中辻真, 宮田章裕 (2017年11月).
-