

紙紙をちぎることで電子情報を手渡す アプリケーションの試作

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

玉城 和也

概要

スマートフォンをはじめとする電子端末の普及により画像や動画などの電子情報の受け渡しは、今や日常的に行われていることである。メールやSNSアプリケーションを利用して電子情報を受け渡すためには、送信者は受信者の連絡先を知っている必要があるが、受け渡し相手が初見の相手や、その場限りの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思われる。この問題を解決するために、本研究は、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。本研究では、クライアントをwebアプリケーションとするサーバ・クライアント型システムの提案をすることで専用のアプリケーションを利用することなく実装を行う。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た。また、情報を渡す手段としての一定の受容性も確認できた。

本稿の貢献は下記のとおりである。

- 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したこと。
- 上記モデルの実現例として、紙をちぎって手渡すことで電子情報を受け渡す方式を構築し、基礎的な検証を実施したこと。

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 情報の受け渡しに関する研究事例	3
2.1 連絡先を交換して情報を受け渡す関連研究	4
2.2 連絡先を交換せず情報を受け渡す関連研究	4
第 3 章 研究課題	6
3.1 問題の定義	7
3.2 研究課題の設定	7
第 4 章 提案方式	9
4.1 アプローチ	10
4.2 紙をちぎることで電子情報を手渡す方式の提案	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実装	16
5.1 クライアント	17
5.2 サーバ	17
5.2.1 マッチングアルゴリズムの全体像	17
5.2.2 前処理	17
5.2.3 特徴量1（三角形の2辺の長さの比）抽出処理	19
5.2.4 特徴量2（分断された文字の数）抽出処理	19
5.2.5 特徴量3（分断された文字列の行の数）抽出処理	21
5.2.6 マッチング処理	21
第 6 章 評価実験	25
6.1 実験の目的	26
6.2 評価実験1	26
6.2.1 実験の環境・手順	26
6.2.2 実験結果・考察	27
6.3 評価実験2	30

6.3.1 実験の概要・設定	30
6.3.2 実験の手順	33
6.3.3 実験結果・考察	33
第7章 結論	38
参考文献	40
研究業績	42

図 目 次

4.1	l_1 と l_2 の長さの比	11
4.2	分断された文字の数	12
4.3	分断された文字列の行数	13
4.4	紙片上の分断された文字	14
4.5	紙片上の分断された文字列	15
5.1	アルゴリズムの全体像	18
5.2	前処理	19
5.3	各頂点と辺の位置	20
5.4	ラベリング処理範囲	22
5.5	ラベリングされる順番	23
5.6	改行の有無	24
6.1	適切な例	26
6.2	不適切な例	26
6.3	hough 変換後	28
6.4	範囲外に文字がある	29
6.5	マッチング結果:例 1	30
6.6	マッチング結果:例 2	30
6.7	f_e の分布	31
6.8	f_c の分布	31
6.9	f_l の分布	32
6.10	Q1.1 の回答 (N=4, 1人2回ずつ回答)	35
6.11	Q1.2 の回答 (N=4, 1人2回ずつ回答)	35
6.12	Q2.1 の回答 (N=4, 1人2回ずつ回答)	36
6.13	Q2.2 の回答 (N=4, 1人2回ずつ回答)	36
6.14	Q3 の回答 (N=4, 1人2回ずつ回答)	37
6.15	Q4 の回答 (N=4, 1人2回ずつ回答)	37

表 目 次

6.1 アンケートの質問一覧	34
----------------	----

第1章 序論

1.1 研究の背景

スマートフォンをはじめとする電子端末の普及により、画像や動画といった電子情報の受け渡しは、今や日常的に行われていることである。しかし、電子情報が行われている一方で、“道案内を行った際に、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の例として、メール、SNSアプリケーションを利用して受け渡す方式が挙げられるが、これらを利用する際にはユーザは相手に連絡先を渡す必要がある。被験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、日常生活において頻繁に行われていると思われる、電子情報の受け渡しの際に生じる問題に着目する。

1.2 研究の目的

電子情報の受け渡しを行う際には、1.1節で例示したように、連絡先の交換が必要であるという問題が存在する。そこで本稿では、連絡先を交換することなく情報の受け渡しを行うシステムの構築と、それを用いた検証実験を行うことにより、システムの有効性を検証することを目的とする。さらに、日常的に行われている情報の受け渡しに、特別な道具を使うのは問題があると考えられるため、専用のアプリケーションを使わないシステムの構築を目的とする。

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、電子情報の受け渡しに関する研究事例について紹介する。

3章では、電子情報の受け渡しをする際に生じる問題について述べ、それを踏まえたうえで本研究における課題を設定する。

4章では、電子情報の受け渡しの際に生じる問題を解決するために、紙をちぎることで電子情報を手渡す方式を提案する

5章では、4章の問題を解決する提案方式の、実装方法について述べる。

6章では、実装したプロトタイプシステムを使った制度検証と、ユーザ受容性についての検証実験を行う。

最後に7章にて、本論文の結論を述べる。

第2章 情報の受け渡しに関する研究事例

本章では、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。2.1節では、連絡先を交換して情報を受け渡す関連研究について紹介する。2.2節では、連絡先を交換せず情報を受け渡す関連研究について紹介する。

2.1 連絡先を交換して情報を受け渡す関連研究

連絡先を交換して情報を受け渡す関連研究は場所を限定して情報を受け渡す研究と、場所を限定せず情報を受け渡す研究に分けられる。

場所を限定して情報を受け渡す研究として AirMeet[1] が挙げられる。これは、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。

場所を限定せず情報を受け渡す研究として [2][3] が挙げられる。[2] 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。PhotoChat[3] は、写真を撮影することと、メモを書くということを組み合わせることで、体験共有コミュニケーションを支援するシステムである。撮影したある写真にユーザが書き込みを行うと、複数ユーザ間でもその書き込みが反映される。このように、実時間で他のユーザと写真撮影やメモ書きといった日常的な行為を共有することで、新しいコミュニケーションパターンを実現している。

2.2 連絡先を交換せず情報を受け渡す関連研究

連絡先を交換して情報を受け渡す関連研究は多対多の情報端末間で情報を受け渡す研究と、1対1の情報端末間で情報を受け渡す研究に分けられる。

多対多の情報端末間で情報を受け渡す研究として [4][5][6][7][8] が挙げられる。Sonoba.org[4] 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[5] 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。ものぴこん[6] は画像認識により実世界オブジェクトに情報を関連付けることができる。このシステムで実世界オブ

ジェクトに関連付けたアイデアは、他者も閲覧できるようになる。Mobiphos[7]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てコミュニケーションをとることができる。Pass-the-m-around[8]は、同一箇所に集まつ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。

1対1の情報端末間で情報を受け渡す研究として[9][10][11][12][13][14][15]が挙げられる。Vinteraction[9]は、情報端末を複数所持するユーザが状況に合わせて情報端末を使い分ける際、端末間の直接的な情報転送を行うシステムである。送信側端末の上に受信側の端末をおき、送信側は情報を振動としてエンコードしてバイブルータで受信側に情報を送る。受信側の端末は送られてきた信号を加速度センサで検知しデコードすることで情報受信を行う。H2BCom[10]は、視覚に依存せず手の触覚のみを用いて近距離の情報端末間で情報を伝えるシステムである。送信側はシングルタップ、ロングタップをモールス符号における短点、長点に変換し、受信側は受け取ったモールス符号をバイブルーションで伝えることで情報の伝達を行なっている。記憶の石[11]は、情報端末間で直感的な動作を使い情報の受け渡しを行うシステムである。送信側のスマートフォンやタブレットPCで開いているwebサイトを指で摘まみ上げる動作を行い、受信側のスマートフォン・タブレットPCにつまんだモノを置く動作を行うことで受信側も同じwebサイトを開くことができる。Pick-and-Drop[12]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受け渡し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[13]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。[14]は、会議室に設置されたRFIDリーダーを用いた大画面ディスプレイである。参加者の名札についているRFIDタグによって、参加者のプロフィールに沿った情報をディスプレイに表示することができる。tranSticks[15]は、ネットワーク接続で1対1のペアリングを行うシステムである。1対のメモリーカード型デバイスをPCに挿入することにより、挿入したPC同士のペアリングを行う。

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。

- 旅行中に撮った画像・動画を送る
- パーティ会場で撮った画像・動画を送る
- インターンに参加した時に撮影した集合写真を送る

上記で挙げた例のような電子情報を受け渡すためには、メールやSNSアプリケーションの利用が行われている。また、電子情報を受け渡す手法は数多く研究もされている。しかし、連絡先を交換せず情報の受け渡しを行うには、既存研究では、いくつかの問題が存在する。

[1][2][3]では、送信者と受信者は互い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。イベント参加者の交流を目的とした[1][2]や、知り合い同士のコミュニケーションを目的とした[3]では連絡先を交換する必要がある。これは、連絡先の交換をすることに抵抗があるユーザにとっては適切ではないという問題がある。被験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、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。

[4][5][8][10]では、情報の受け渡しに手間がかかるという点が挙げられる。[4]は連絡先を交換せず情報を送ることができるが、URLをユーザ自身が設定し、間違いのないように共有しなければならない。[5][8]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る。[10]は、情報の送信者・受信者ともに、モールス符号を新たに学習する必要がある。電子情報の受け渡しは日常的に行われるを考えられたため、場所が限定されることや、新たにシステムの使用方法を学習することは、ユーザにとっては手間となり、負担がかかると考えられる。

[7][12][13][14][15]では、多くのユーザが日常的に所持していない特別な道具を必要とする。という点が挙げられる。[7][14]はそれぞれ、デジタルカメラ、大型のディスプレイを必要とし、[12][13][15]は、専用のデバイスを必要とする。こちらも、本研究においては、ユーザが日常的に持ち歩いていないような道具を利用するることは避けたい。

3.2 研究課題の設定

3.1節の問題をふまえ、ユーザが電子情報の受け渡しを行うシーンにおいて、3つの研究課題を設定する。

まず、電子情報を受け渡すためには連絡先の交換が必要があるという問題を解決するために、連絡先を交換せずに情報の受け渡しを行うシステムを構築する必要があると考えられる。

次に、情報を受け渡す際に手間がかかるという問題を解決するために、学習コストのかかる入力方法を使わずに、自由な場所で使用することができるシステムを構築する必要があると考えられる。最後に、特別な道具を必要とする問題を解決するために、専用のアプリケーションを使用せずにシステムを構築する必要があると考えられる。

課題1：連絡先の交換をせずに情報の受け渡しを行うシステムの構築

課題2：手間がかからないシステムの構築

課題3：専用のアプリケーションを使わないシステムの構築

第4章 提案方式

4.1 アプローチ

3.2節の研究課題を満たすアプローチとして、本研究では、多くの人が日常的に持っていて、簡単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。

4.2 紙をちぎることで電子情報を手渡す方式の提案

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。

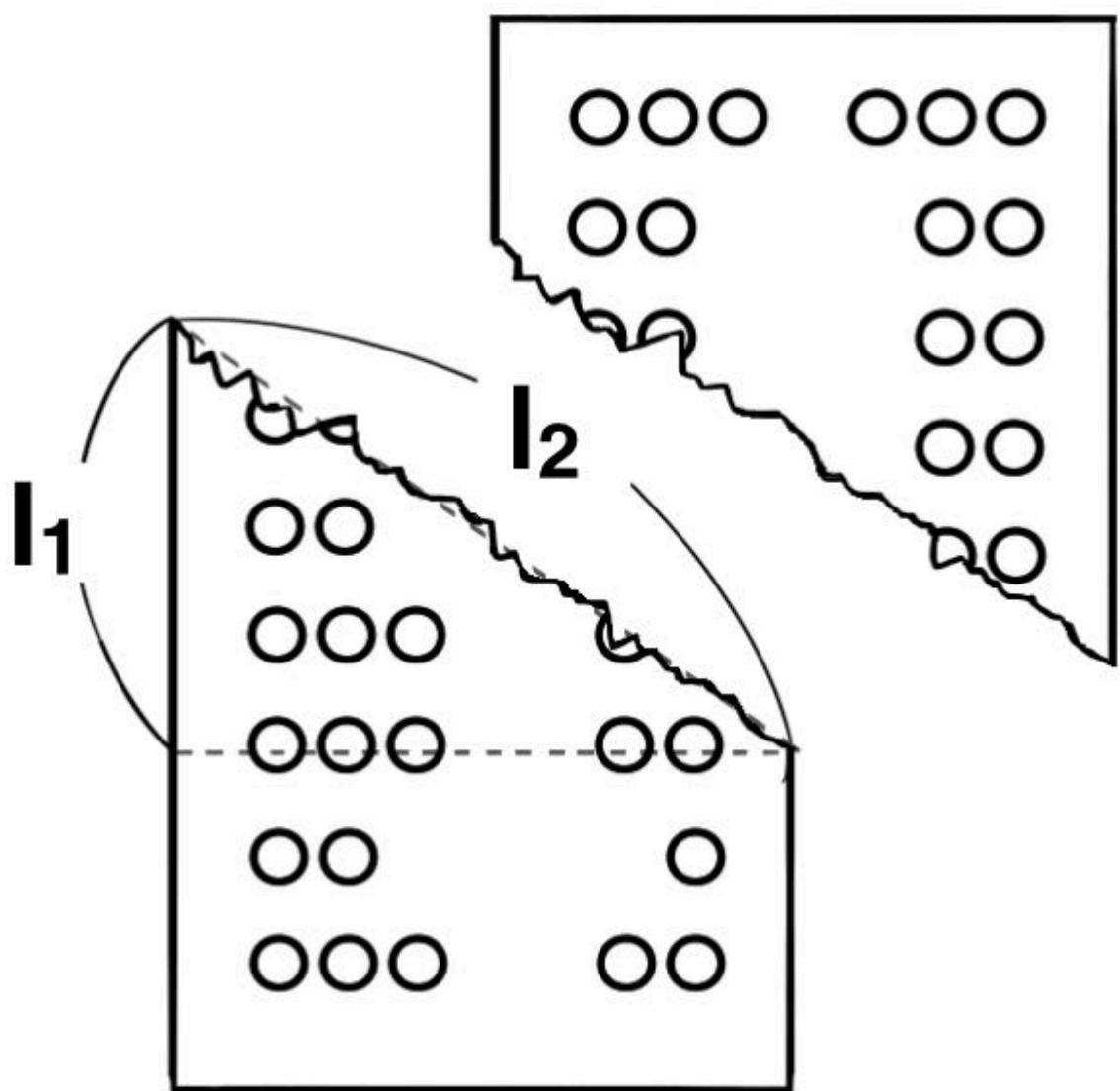
特徴量1：紙の破れ目の三角形の2辺の長さの比（図4.1）

特徴量2：紙の破れ目にある分断された文字の数（図4.2）

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4.3）

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4.4 *）。そして破れ目上の文字の数は、使用する紙の文字

*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 4.1: l_1 と l_2 の長さの比

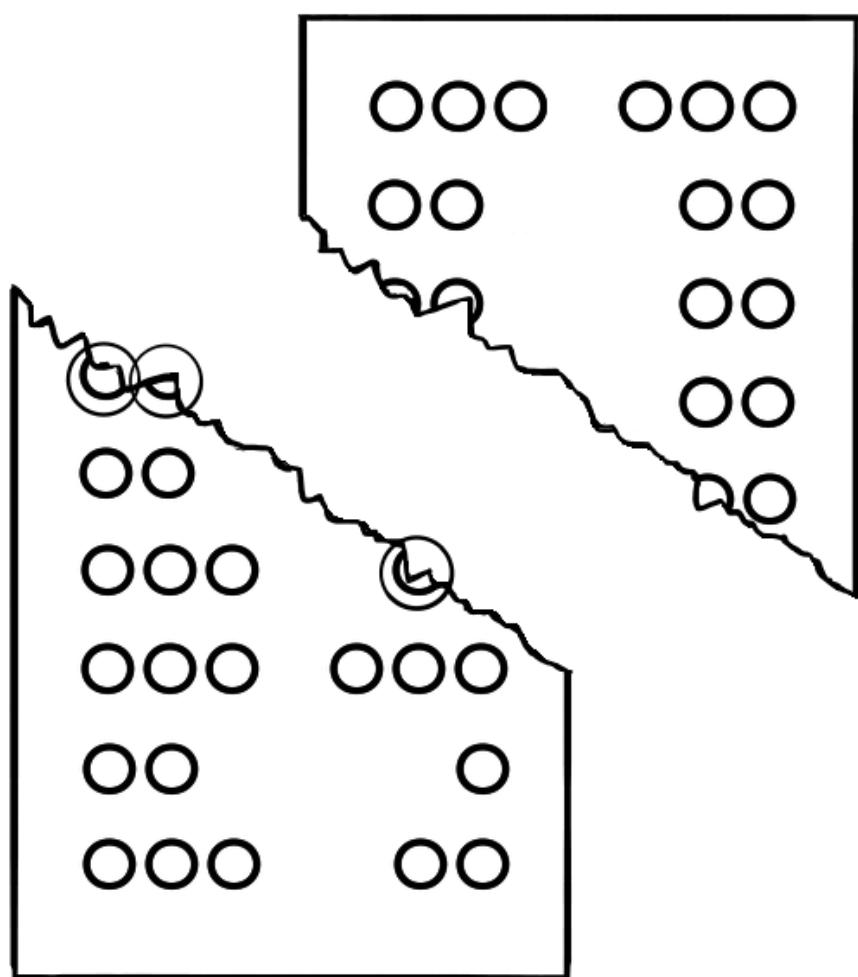


図 4.2: 分断された文字の数

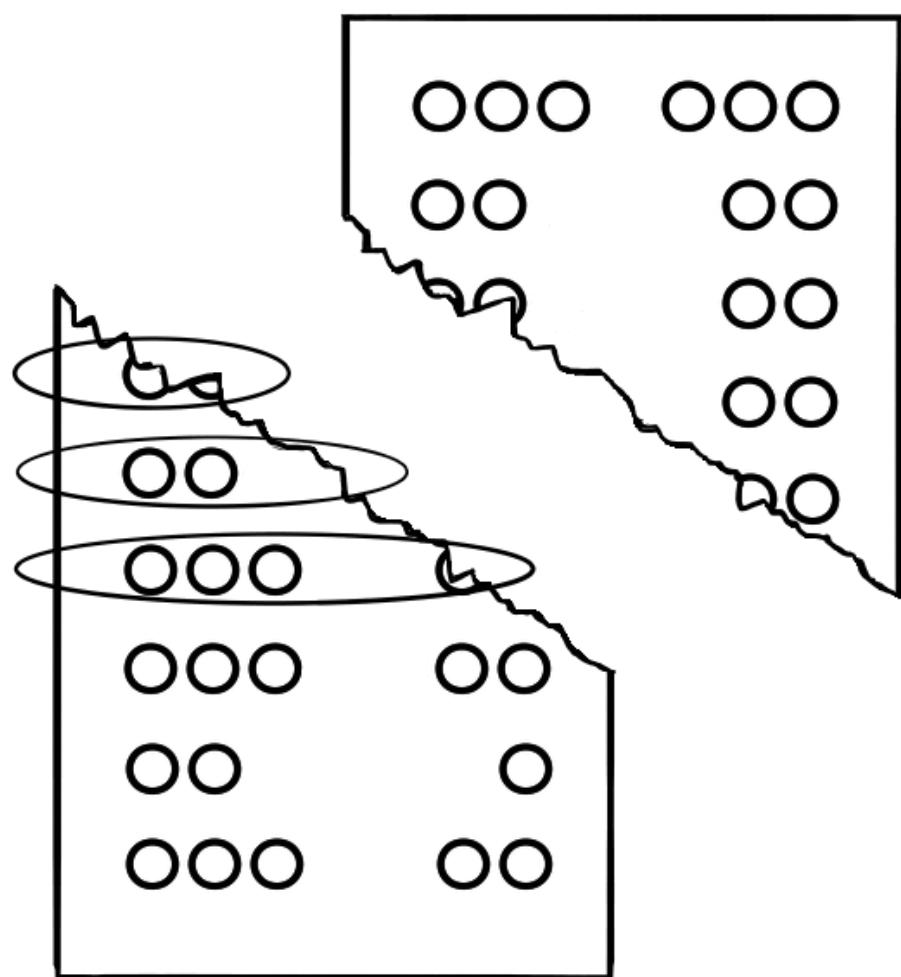


図 4.3: 分断された文字列の行数

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

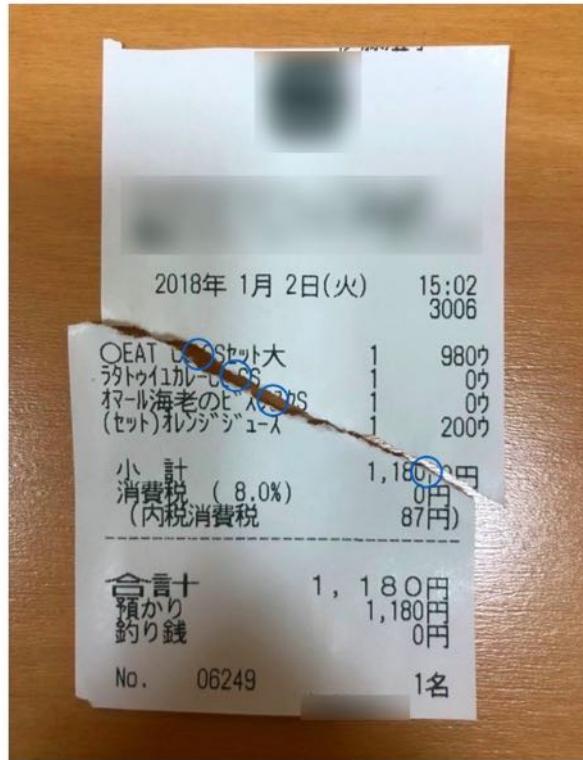


図 4.4: 紙片上の分断された文字

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 4.5）。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。

本提案では、3.2 節で述べた理由から、専用のアプリケーションを使用することは避けたい。そこで、本研究ではクライアントを Web アプリケーションとするサーバ・クライアント型システムの提案をする。これにより、ユーザはブラウザからアプリケーションを利用できるので、事前にアプリケーションをインストールする手間がなくなる。

この方式により、3.2 節で述べた 3 つの課題を達成していると考えられる。課題 1 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 2 については、

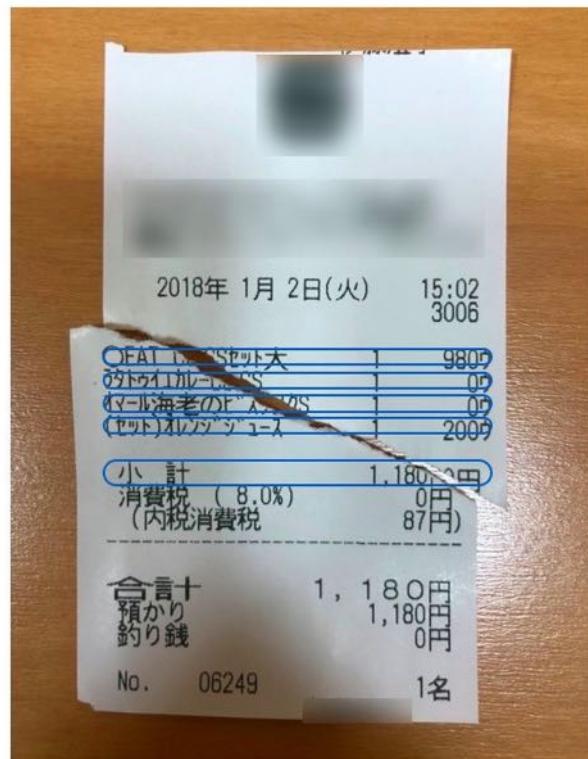


図 4.5: 紙片上の分断された文字列

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3については、ユーザはwebアプリケーションを使用するので、専用のアプリケーションをインストールする必要はない。

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実装

5.1 クライアント

今回実装するシステムは、ユーザが電子情報を受け渡す際に、日常的に利用していると考えられるスマートフォンを利用する。スマートフォンでは、ちぎった紙片同士のマッチングに使用する紙片の撮影を行い、受信者は撮影した画像、送信者はそれに加え受信者へ送信する画像をサーバへ送る。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 サーバ

サーバへ送られた紙片画像は、後述する方法を使用して特微量抽出を行い、データベースに格納する。受信者側が撮影した紙片画像も同様に特微量を抽出し、格納されたデータと照合する。照合結果として検出された紙片画像に結びついている画像を受信側のスマートフォンへ送り、スマートフォンでその画像を表示する。

5.2.1 マッチングアルゴリズムの全体像

図5.1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、撮影した紙片の特微量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微量の値を利用して、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、以降の節でそれぞれ論じる。

5.2.2 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微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、正しく特微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

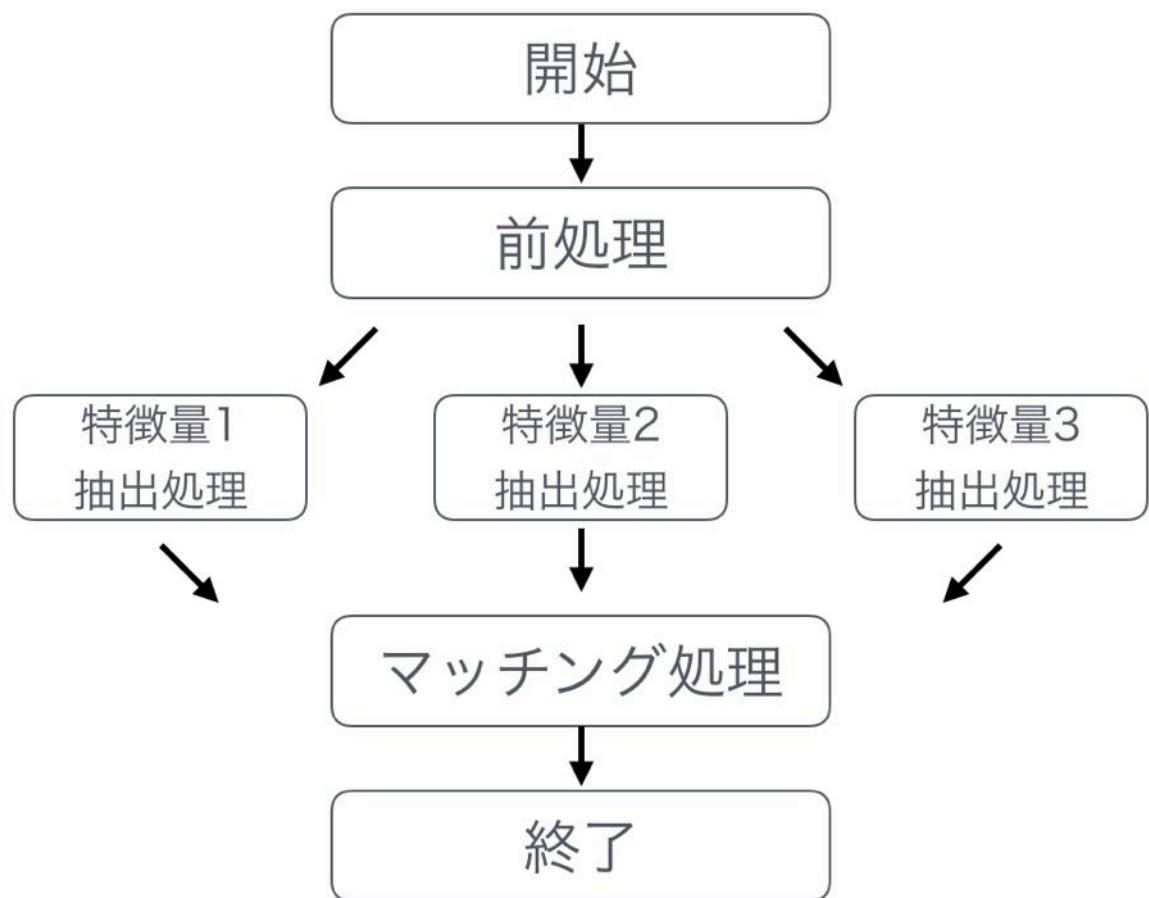


図 5.1: アルゴリズムの全体像

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5.2)

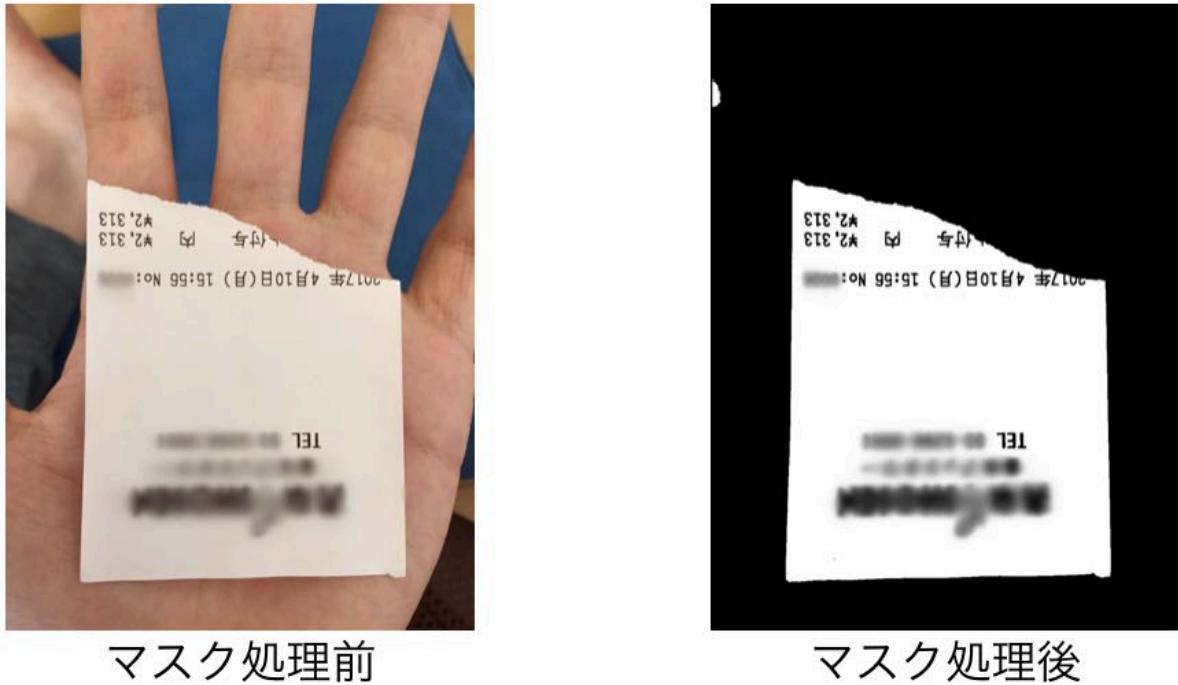


図 5.2: 前処理

5.2.3 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。検出した紙片の輪郭から、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5.3)， 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。

5.2.4 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

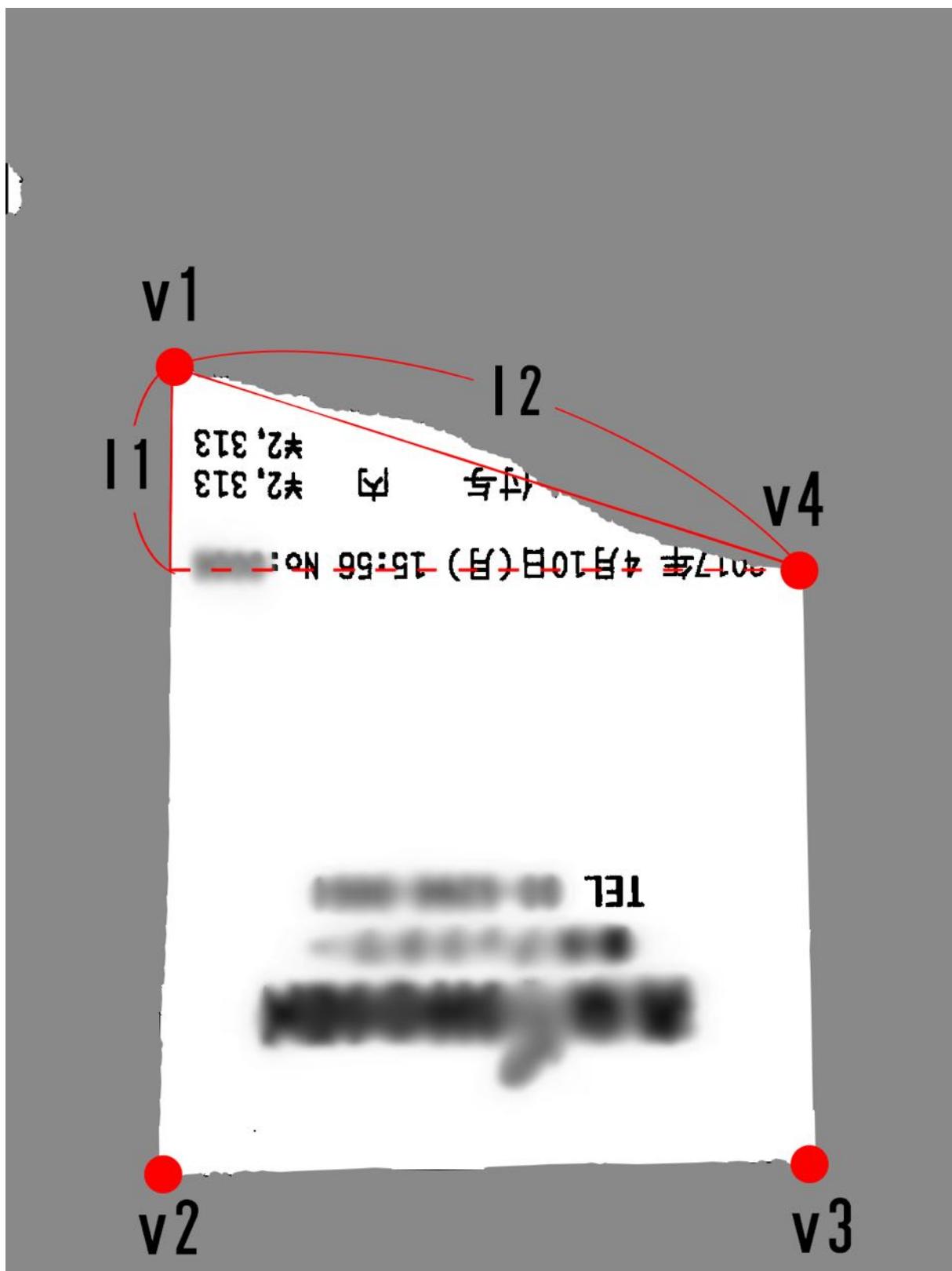


図 5.3: 各頂点と辺の位置

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ていく。y 座標の値が等しければ、x 座標（右向きが正）の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 5.4）。紙片画像にラベリング処理を施すとき、図 5.5 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、それぞれの重心と、 l_2 を垂直に繋いだ直線の距離を算出する。分断された文字が存在する場合、その文字と紙片の切れ目の距離が近くなると考えられるため、算出した直線の距離が一定以下であれば、その文字は分断されていると判定できる。分断された文字の数を f_c (Character feature) とする。

5.2.5 特徴量 3（分断された文字列の行の数）抽出処理

5.2.4 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 5.6）。改行された回数に 1 を加えた数を、紙片の分散された文字列の行の数とし、これを f_l (Line feature) とする。

5.2.6 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。ちぎられた紙片同士の各特徴量を算出したとき、特徴量 1・2 は原理上同じ値になると言える。しかし、紙の都合上文字が片側だけに偏る場合が存在するため、特徴量 3 は常に同じ値になるとは言えない。そこで、特徴量 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・2 の類似度計算を行い、マッチングのためのスコアとして利用する。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_l と $f_l^{(n)}$ の差を算出し、その差が一定以上ある紙片 $p^{(n)}$ 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 $f_e^{(n)}$, f_c と $f_c^{(n)}$ それぞれの類似度を算出し、類似度スコアとする。類似度スコアの合計が最も高い紙片 $p^{(n)}$ 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。

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

$$s_c = \frac{1}{1 + |f_c - f_c^{(n)}|}$$

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

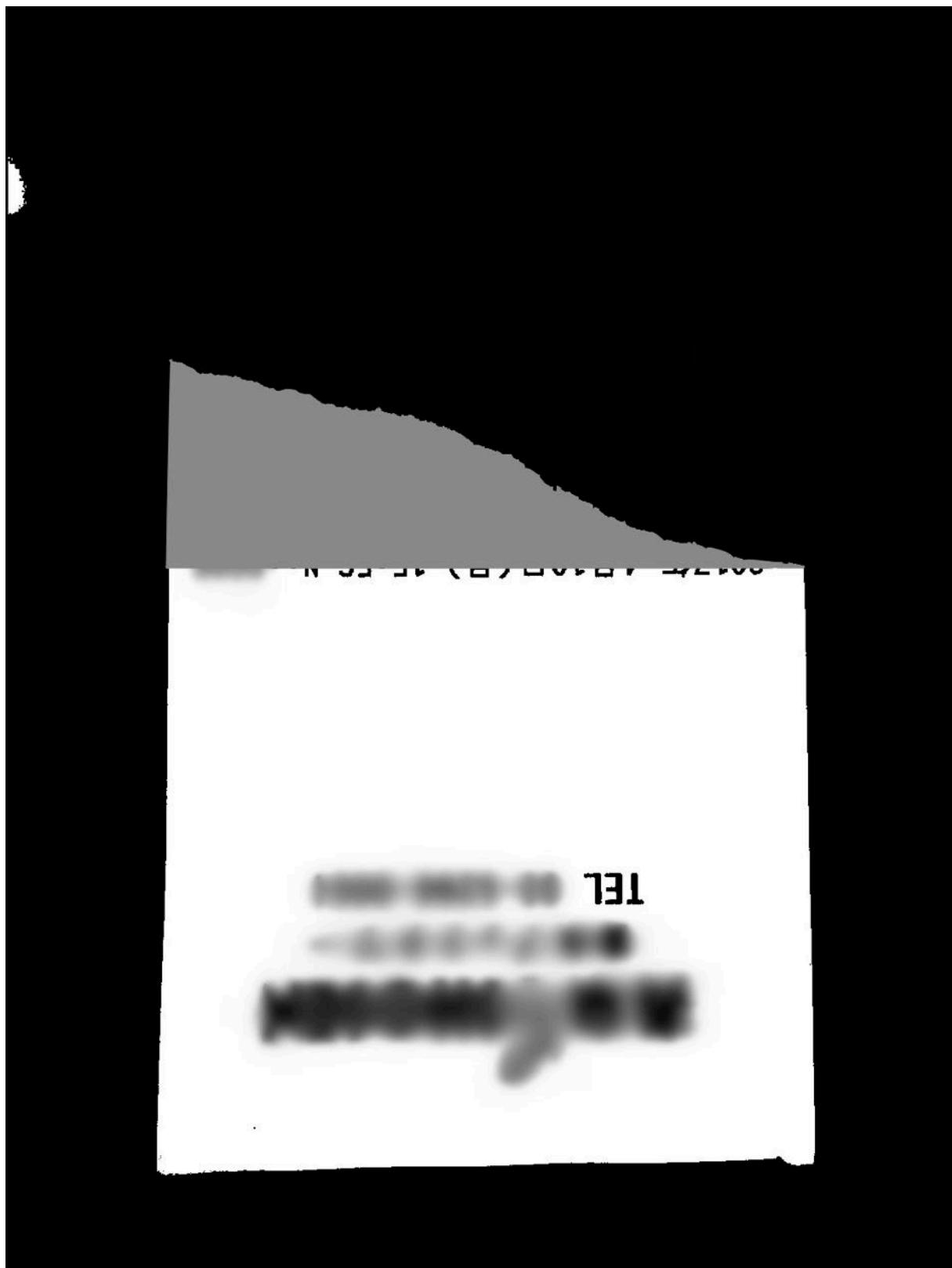


図 5.4: ラベリング処理範囲

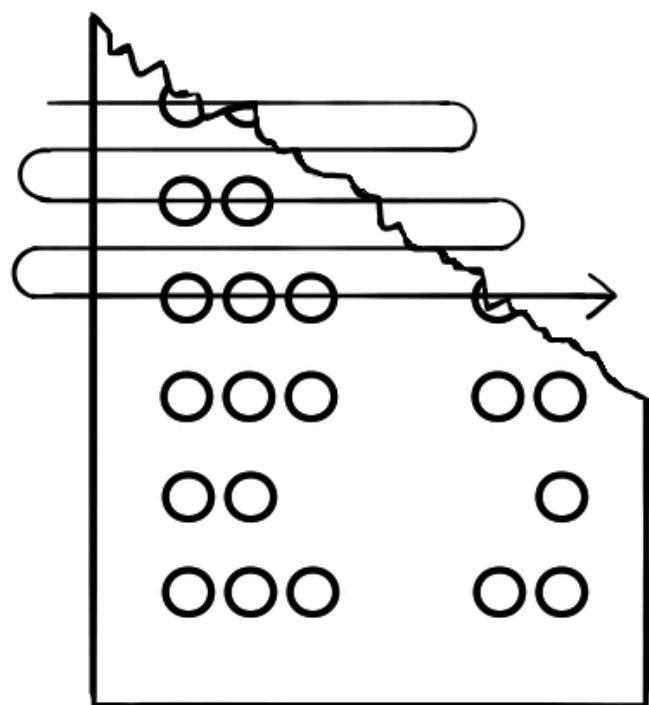


図 5.5: ラベリングされる順番

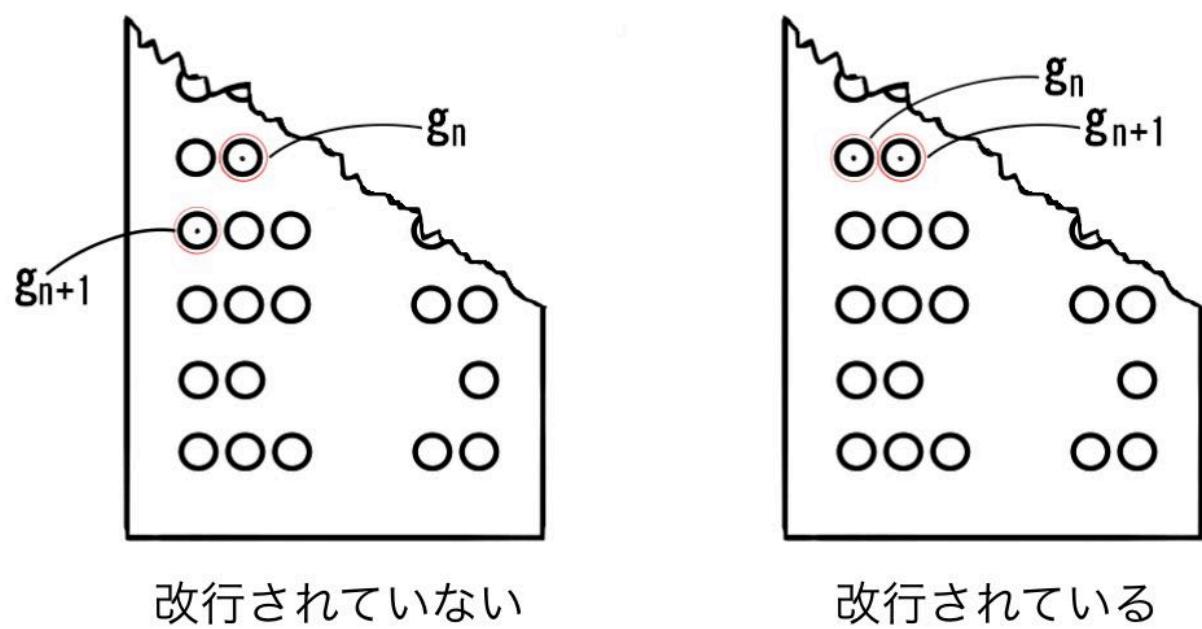


図 5.6: 改行の有無

第6章 評価実験

6.1 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、6.2節では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。そして、6.3節では典型的な利用シーンを設定し、提案方式の有効性を検証することを、実験の目的として設定する。

6.2 評価実験 1

6.2.1 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6.1、6.2）。これ



図 6.1: 適切な例



図 6.2: 不適切な例

は、図4.1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5.2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6.3)でも、ラベリング処理を施す範囲外に文字がある場合(図6.4)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5.2.6節に従って行う。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 ……の場合も $p_{2,1}$, $p_{2,2}$, $p_{2,3}$, $p_{2,4}$, $p_{2,5}$, $p_{3,1}$, $p_{3,2}$, $p_{3,3}$, $p_{3,4}$, $p_{3,5}$ ……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6.5), p_7 よりも p_2 をマッチング候補とするものが多いので、 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6.6)，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した。

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。

6.2.2 実験結果・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6.7, 6.8, 6.9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。

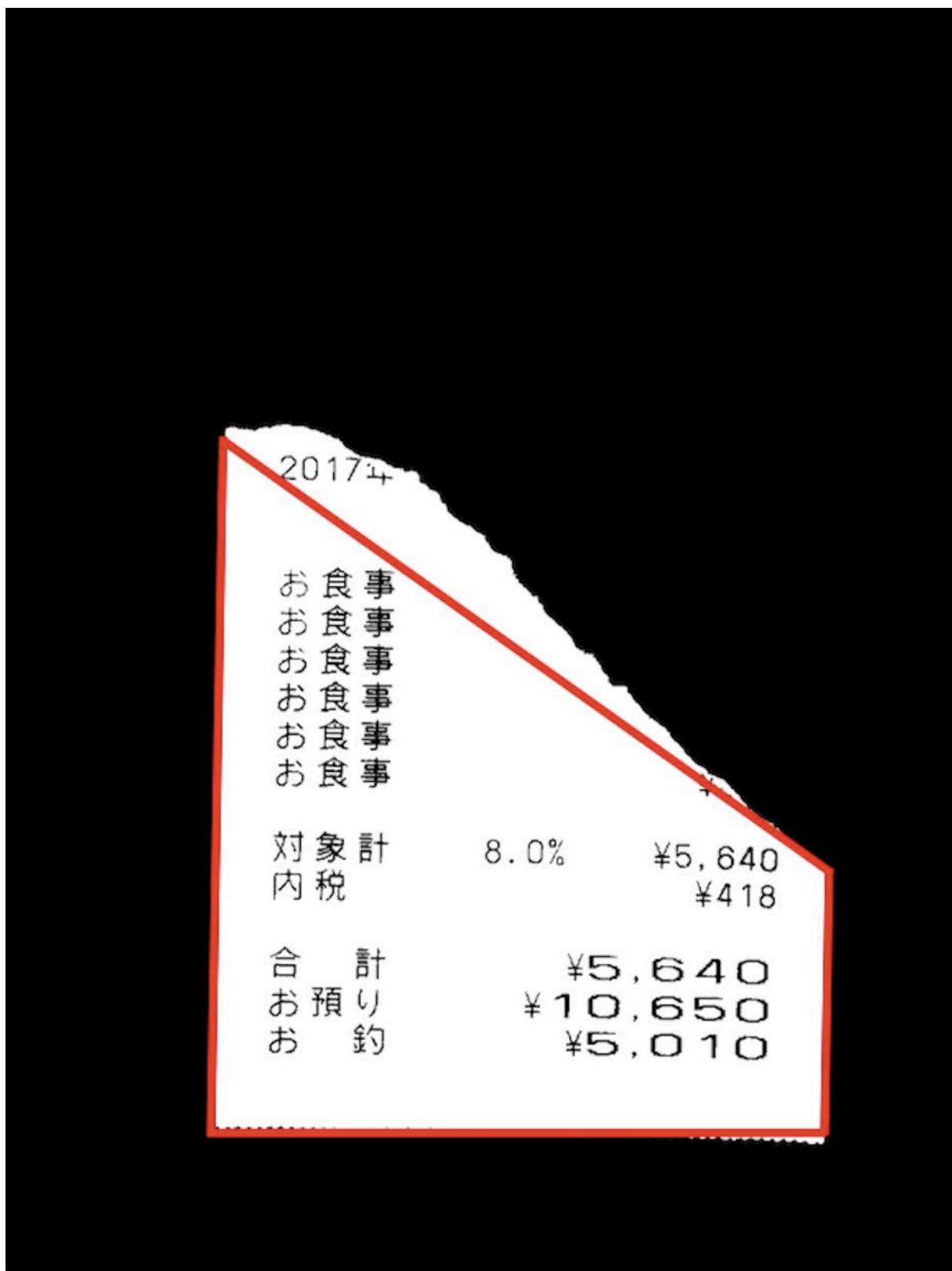


図 6.3: hough 変換後

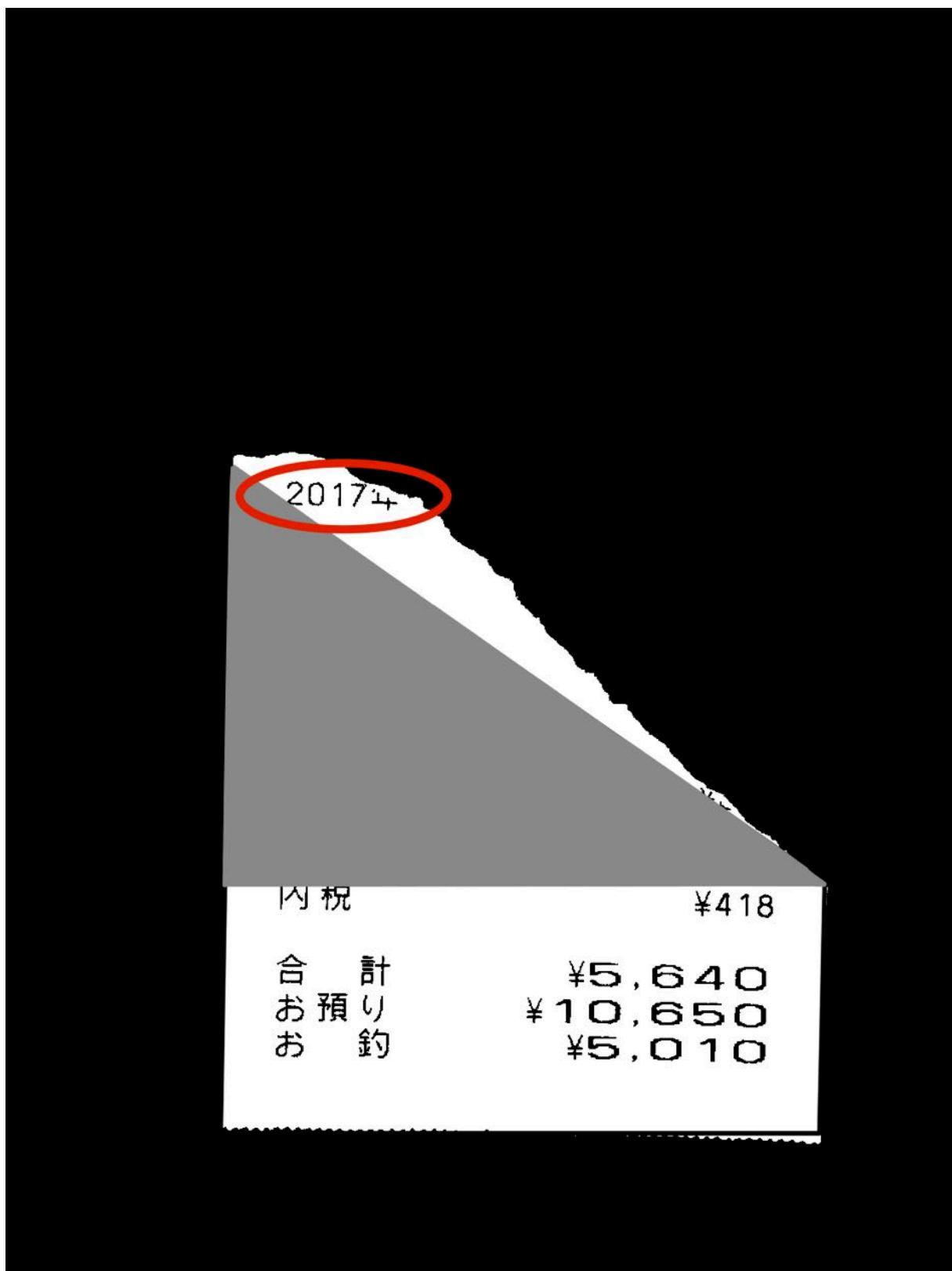


図 6.4: 範囲外に文字がある

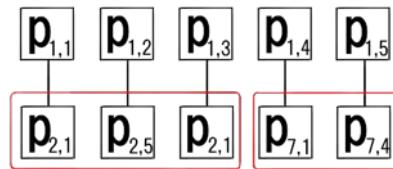


図 6.5: マッチング結果:例 1

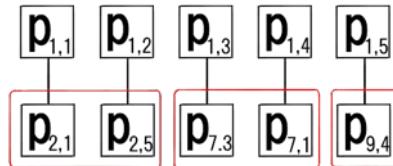


図 6.6: マッチング結果:例 2

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れ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、紙の切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。

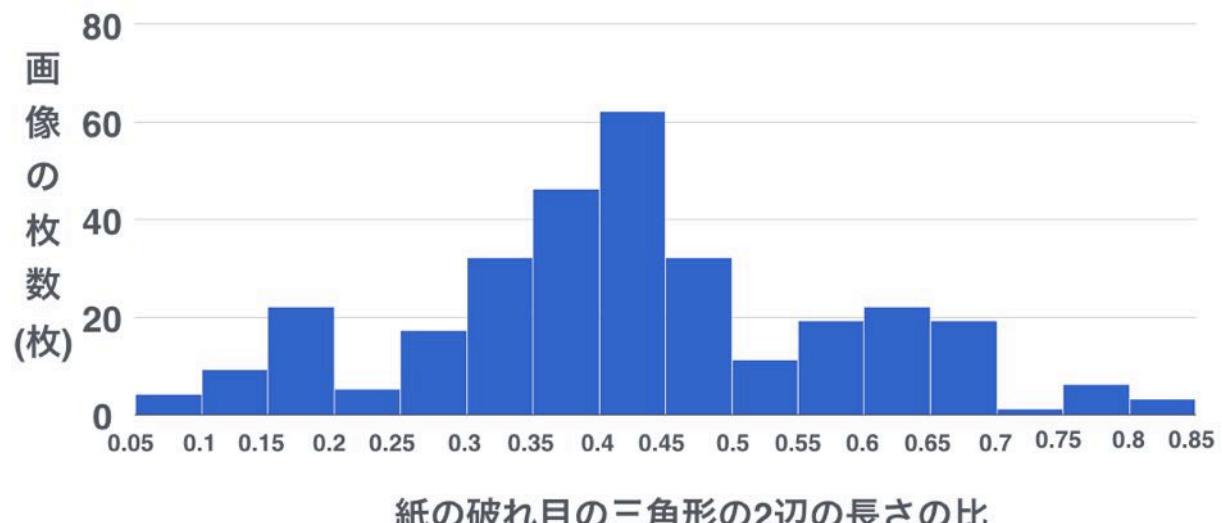
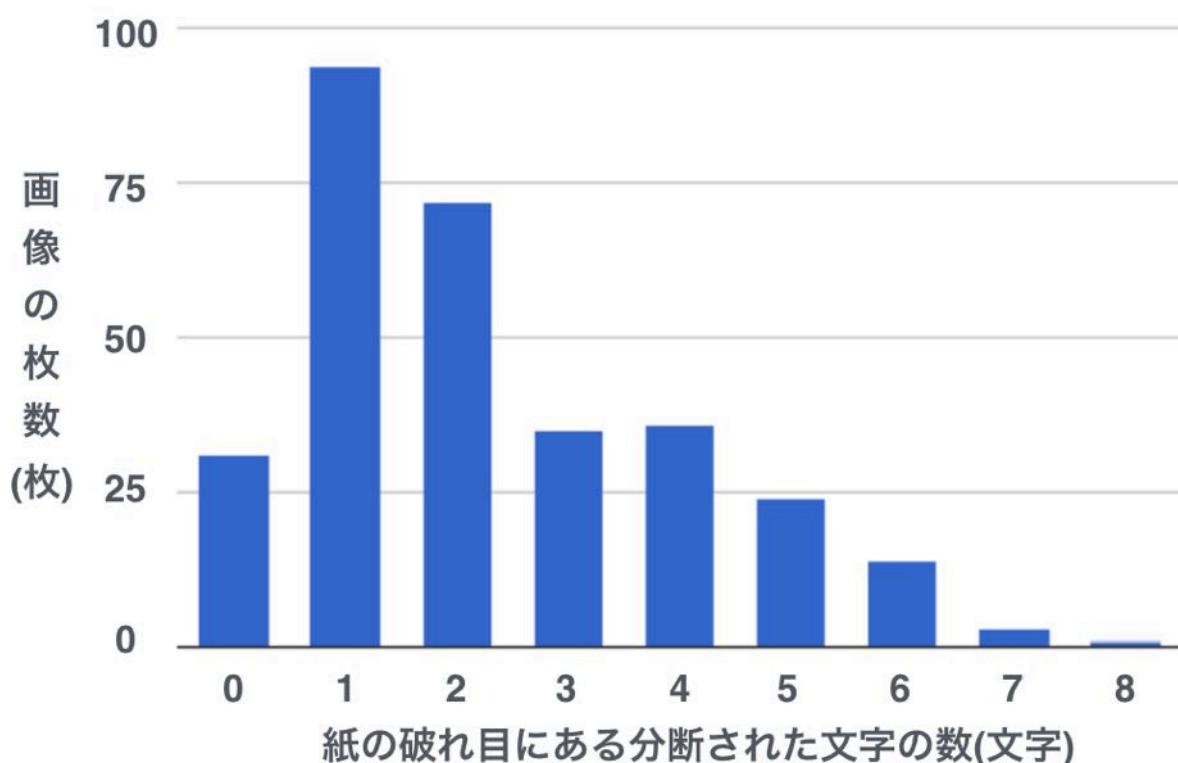
6.3 評価実験 2

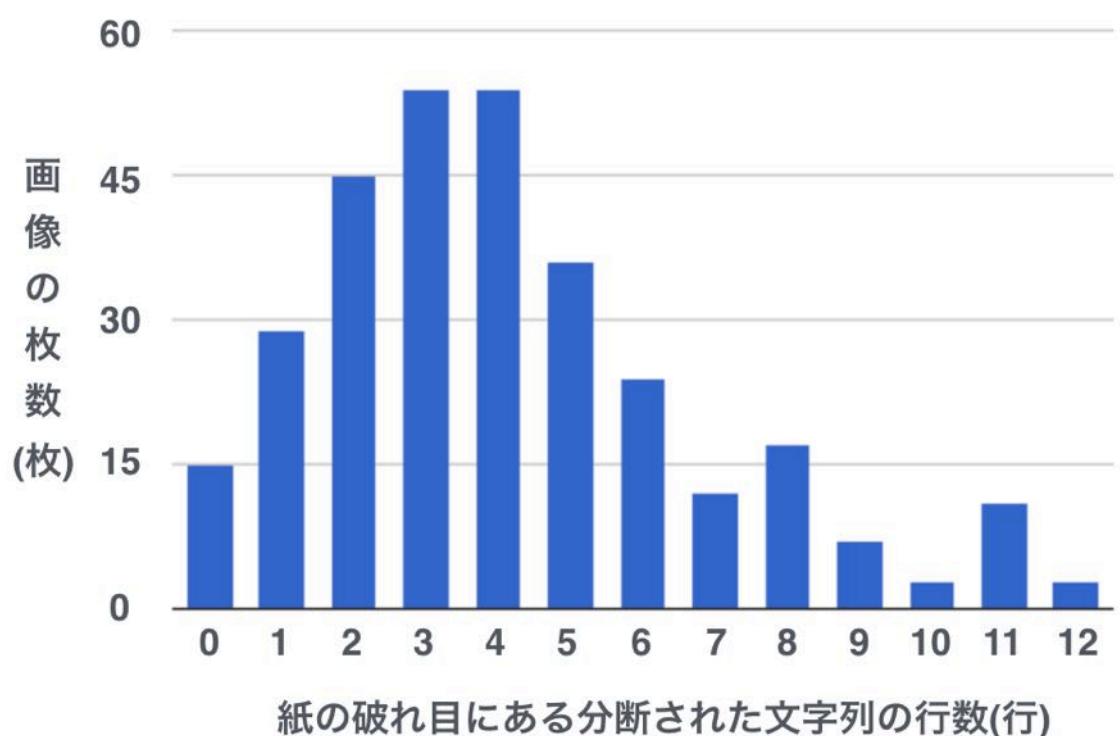
6.3.1 実験の概要・設定

被験者は2人一組のペアとなり実験を行ってもらう。今回行う実験では、被験者同士がすでに連絡先を交換している、すでに知り合いである、といった前提条件を防ぐ為に被験者2人には役割設定を設ける。

実験時の役割として以下を設定する。

- 提案手法を使用する想定シーンを結婚式会場を舞台としたシナリオに設定し、各被験者は新郎の友人と新婦の友人を演じる事で2人は初対面であるとする。

図 6.7: f_e の分布図 6.8: f_c の分布

図 6.9: f_l の分布

- 被験者は、実験用に我々が用意したスマートフォン（iPhoneを使用）を使用する。
- 実験者は、手法の違いによる操作性を正確に測る為に Baseline 手法で使用するアプリケーションの使用方法を事前に被験者に説明する。
- 6.2.1 節と同様に、実験者が紙のちぎり方と紙の写真の撮り方を口頭で説明した後に実演し、成功例と失敗例も被験者に見せている。

実験時には役割設定・実験の手順・紙のちぎり方・ちぎった写真の撮り方をまとめた実験説明書を被験者に渡している。

Baseline と提案方式は以下の通りである。

- Baseline 手法：Dropbox で共有するフォルダを作りフォルダの URL を QR コードに変換し、その QR コードを読み取ることで Dropbox のフォルダ間で画像の受け渡しを行う。
- 提案手法：紙をちぎって手渡し、紙同士のマッチングを行う。web アプリを使ってちぎった同じ紙の紙片を持つ者の間で画像の受け渡しを行う。

実験時は 2 つの想定シーンを、Baseline と提案方式を用いて実験を行った。

方式 1：写真を撮影し、その場で Baseline 手法で画像を渡す。

方式 2：写真を撮影し、後で編集作業を行い Baseline 手法で画像を渡す。

方式 3：写真を撮影し、その場で提案方手法で画像を渡す。

方式 4：写真を撮影し、後で編集作業を行い提案手法で画像を渡す。

6.3.2 実験の手順

被験者は 20 代の男子学生 4 名である。実験は、6.3.1 項で説明した 4 つの方式を用いて検証した。順序効果の影響を考え、実験を行う順番をランダムとした。1 つの方式が終わるごとにアンケートに 5 段階のリッカート尺度で回答してもらった。アンケートの質問と選択肢は表 6.1 に示す。実験は結婚式会場を舞台としたシナリオを実験室で行った。被験者 A が画面上に映された新郎新婦の写真をスマートフォンを使って撮影する。被験者 B が今撮影した画像が欲しいと伝え、被験者 A が了承することで画像の受け渡しを行う。被験者の画像の受け渡しする役割を 4 つの方式を行ってもらった後、交代して再度 4 つの方式を行ってもらった。

6.3.3 実験結果・考察

図 6.10～図 6.14 に Q1.1～Q3 の結果を示す。これらのグラフから解る通り提案手法は Baseline 手法と同等程度に被験者が使いたい、または使いやすいと考えていることがわ

表 6.1: アンケートの質問一覧

Q1.1	画像を送信する手段として使ってみたいと感じましたか? 5:とても感じた ~ 1:全く感じなかった
Q1.2	画像を受信する手段として使ってみたいと感じましたか? 5:とても感じた ~ 1:全く感じなかった
Q2.1	画像を送信する手段として使いやすいと思いましたか? 5:とても感じた ~ 1:全く感じなかった
Q2.2	画像を受信する手段として使いやすいと思いましたか? 5:とても感じた ~ 1:全く感じなかった
Q3	手間がかからないと感じましたか? 5:とても感じた ~ 1:全く感じなかった
Q4	画像を受けわたす手段として面白いと感じましたか? 5:とても感じた ~ 1:全く感じなかった

かった。Baseline 手法は広く普及している QR コードを用いた方法であるので、この方法と同程度の結果が得られたことは、提案手法にも一定の受容性があることを示唆している。また、図 6.15 に示すのは Q4 の結果である。この結果を見ると、提案手法の方を面白いと感じていた被験者が多いことが分かる。これは紙をちぎって情報を受け渡すというコンセプトそのものが楽しまれ受け入れられたものだと考察する。

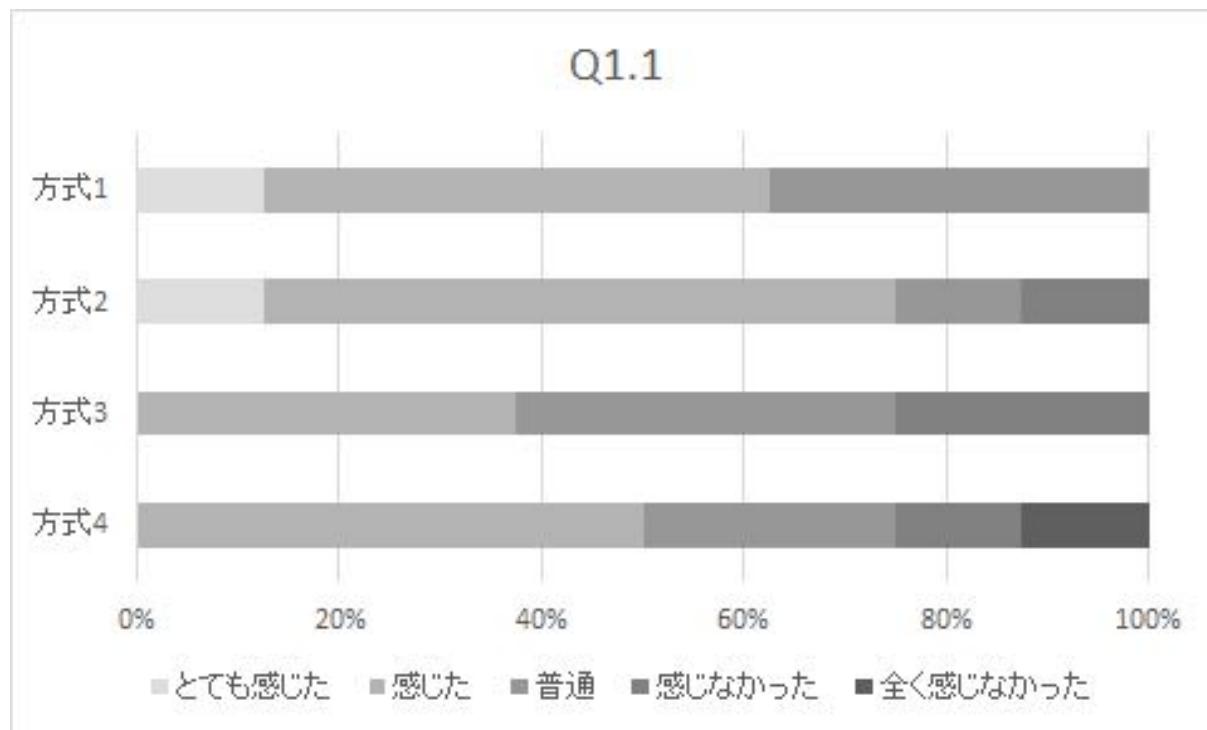


図 6.10: Q1.1 の回答 (N=4, 1人2回ずつ回答)

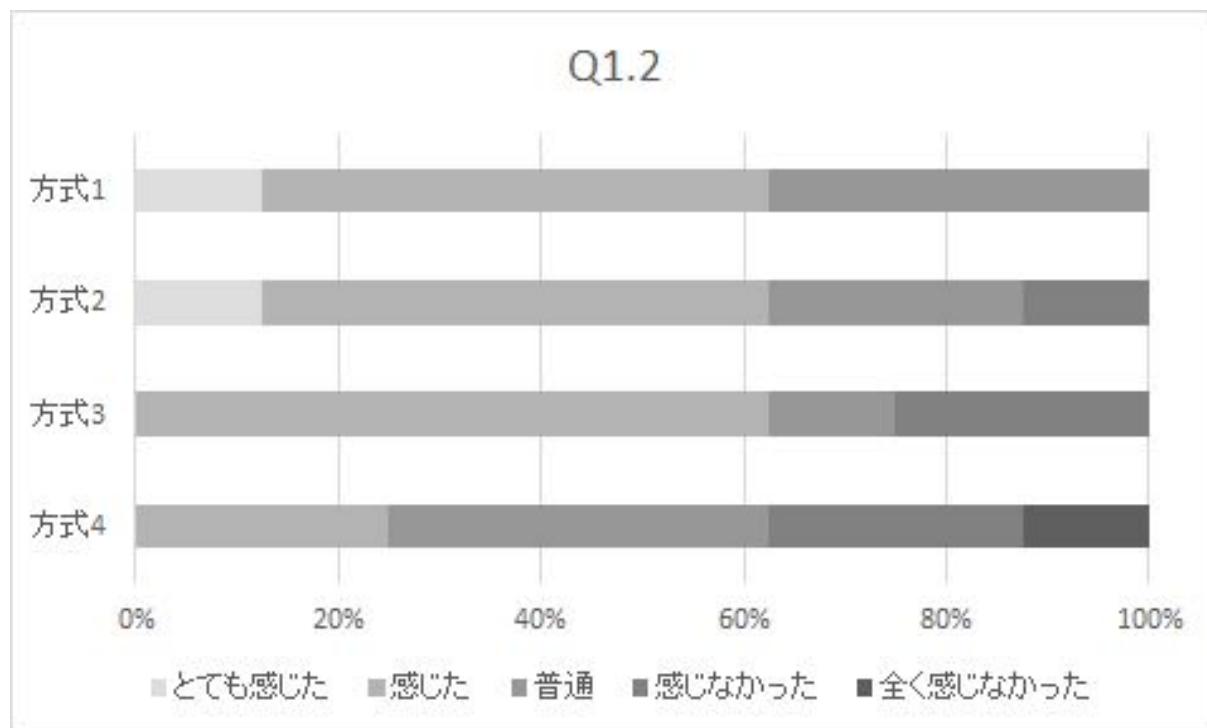


図 6.11: Q1.2 の回答 (N=4, 1人2回ずつ回答)

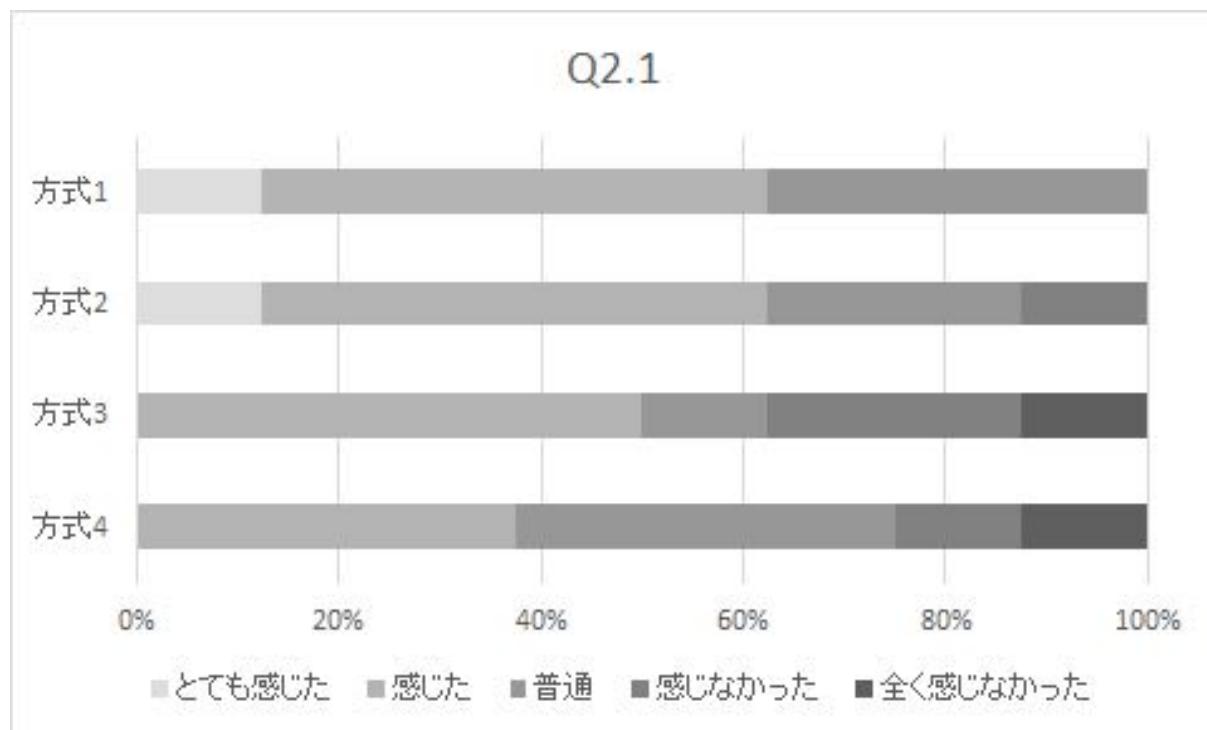


図 6.12: Q2.1 の回答 (N=4, 1人2回ずつ回答)

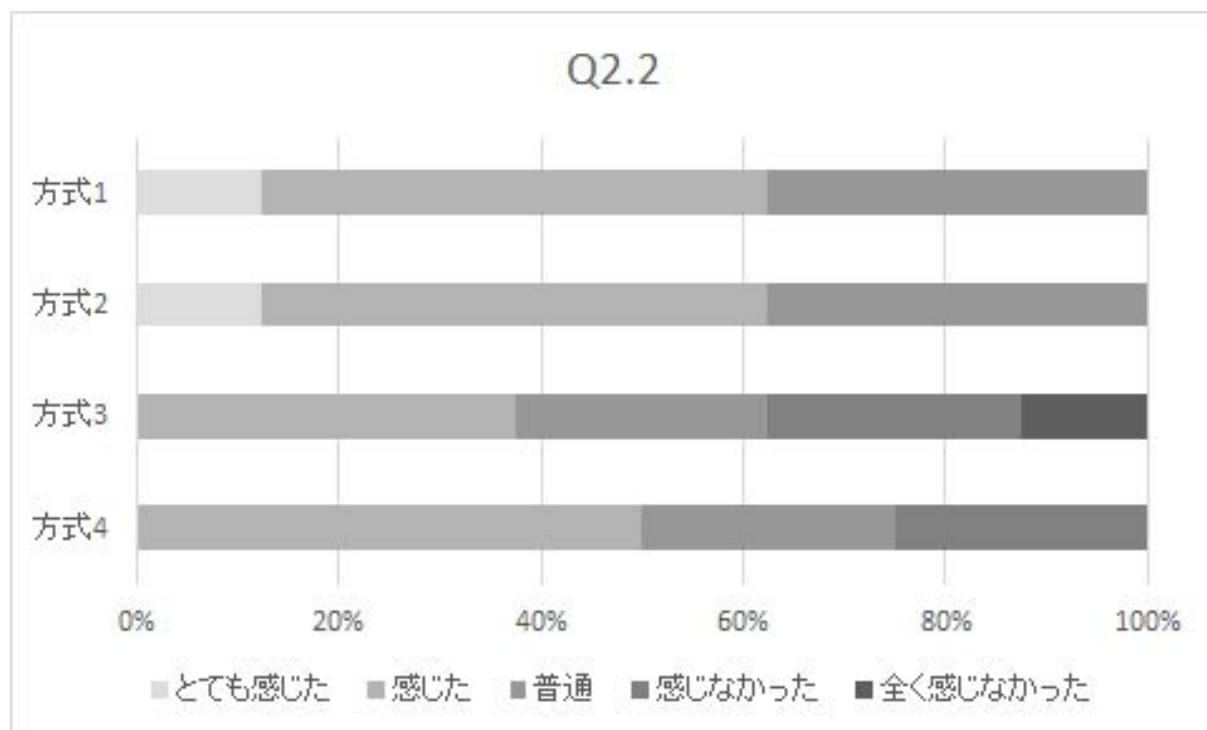


図 6.13: Q2.2 の回答 (N=4, 1人2回ずつ回答)

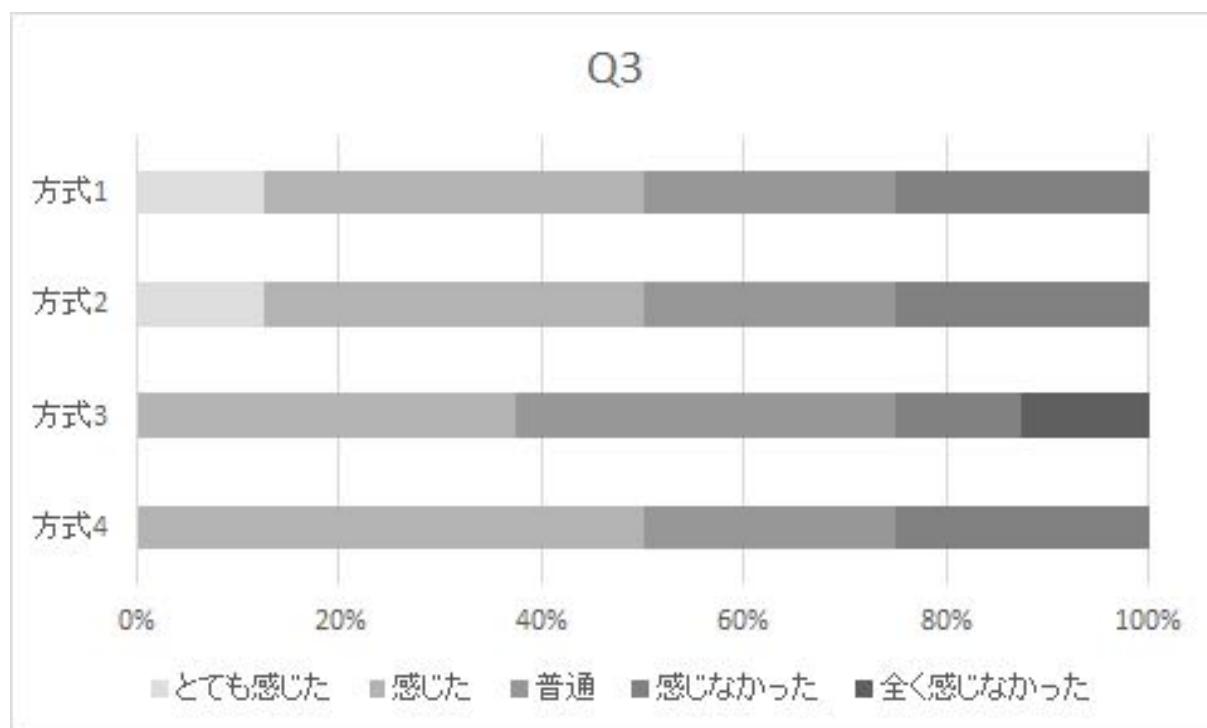


図 6.14: Q3 の回答 (N=4, 1人2回ずつ回答)

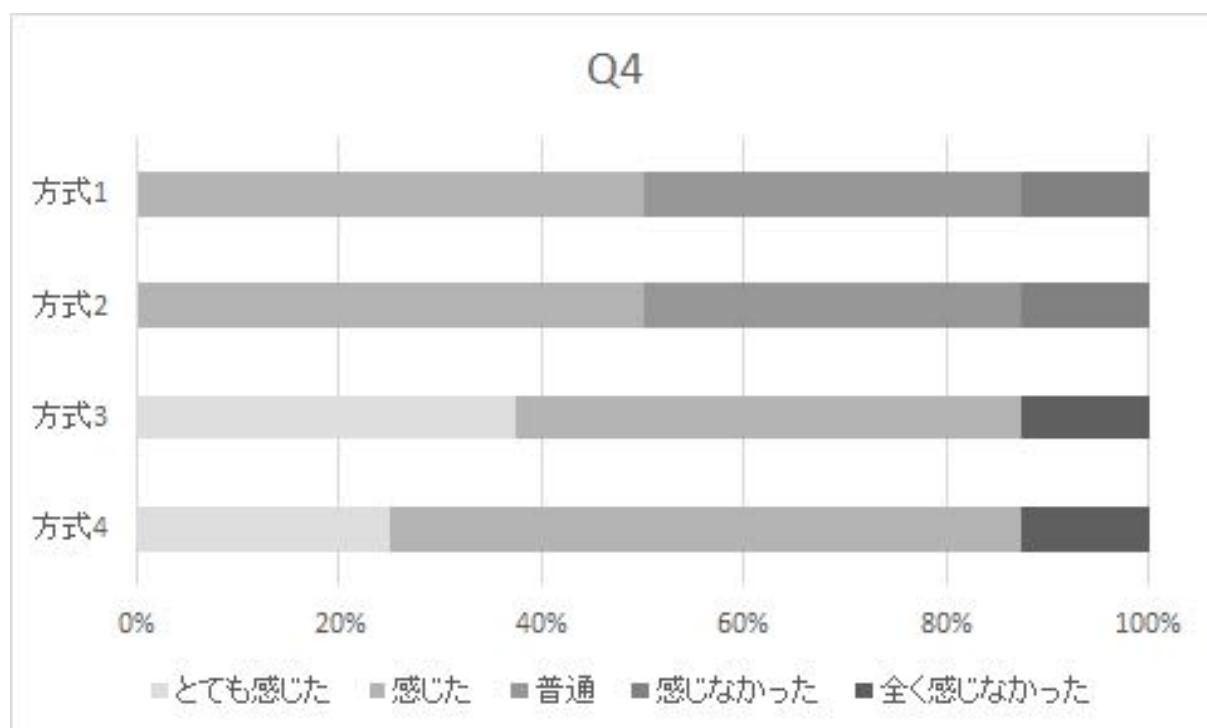


図 6.15: Q4 の回答 (N=4, 1人2回ずつ回答)

第7章 結論

電子情報の受け渡しは、今や日常的に行われているものである。しかし、情報のやり取りを行うシーンにおいて、交換する相手が初対面であったり、その場限定で知り合った相手であった場合、お互いの連絡先を交換することに対して抵抗を感じる人が多いという問題がある。本研究は、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することで、問題の解決を狙ったものである。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。電子情報を受け渡すとき、送信者が受信者に紙をちぎって一方を手渡すことにより、連絡先を交換すること無く情報の受け渡しをすることができる。

実装したプロトタイプシステムで行なった検証実験では、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。さらに、情報を渡す手段として一定の受容性も確認できた。今後は、実用性の向上のためにまずは6.2.2項に示した方法でマッチング成功率の向上を行なっていきたい。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、操作性、需要性の検証を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 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. 情報処理学会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.
- [2] 関野伊織, 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.
- [3] 角康之, 伊藤惇, 西田豊明. Photochat: 写真と書き込みの共有によるコミュニケーション支援システム. 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 6, pp. 1993–2003, 2008.
- [4] 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. 情報処理学会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.
- [5] 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, 第 7 卷, 2011.
- [6] 吉野孝, 松原嘉那子. 実世界のモノと関連付けたアイデアの共有による発想支援システム「ものびこん」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.
- [7] James Clawson, Amy Voida, Nirmal Patel, and Kent Lyons. Mobiphos: A collocated-synchronous mobile photo sharing application. In *Proceedings of the 10th international conference on Human computer interaction eith mobile devices and services*, pp. 187–195, 2008.
- [8] Andrs Lucero, Jussi Holopainen, and Tero Jokela. Pass-the-m- 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.
- [9] 米澤拓郎, 中澤仁, 永田智大, 徳田英幸. Vinteraction: スマート端末のための振動を利用した情報送信インタラクション. 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 4, pp. 1498–1506, 2013.

- [10] 村瀬慶祐, 伊藤翼, 齊藤裕樹, THEVILOJANAPONG Niwat, 戸辺義人. H2bcom: 手から手へ伝える通信. 情報処理学会研究報告ユビキタスコンピューティングシステム(UBI), pp. 1–6, 2014.
- [11] 池松香, 椎尾一郎. 記憶の石: マルチタッチを利用したデバイス間情報移動. 情報処理学会論文誌, Vol. 55, pp. 1344–1352, 2014.
- [12] 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.
- [13] Toshihiro Nakae, Shiro Ozawa, and Naoya Miyashita. O-link: Augmented object system for intergenerational communication. In *SIGGRAPH'10 ACM SIGGRAPH 2010 Posters*, 2010.
- [14] Joseph F. McCarthy, David W. McDonald, Suzanne Soroczak, David H., and NguyenAl M. Rashid. Augmenting the social space of an academic conference. In *Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work*, pp. 39–48, 2004.
- [15] Yuji Ayatsuka and Jun Rekimoto. transticks: Physially maniulatable virtual connections. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 251–260, 2005.

研究業績

査読付き国内会議

- (1) 中村仁汰, 玉城和也, 小林舞子, 中辻真, 宮田章裕: 文章表現の堅さ推定手法の基礎検討, 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 論文集, Vol.2017, pp.1–6 (2017年11月).
-

研究会・シンポジウム

- (1) 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実装, 情報処理学会インタラクション 2018 (2018年3月発表予定).
- (2) 吳健朗, 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, pp1493–1499 (2017年6月).
-