

紙をちぎることで電子情報を手渡す インタラクティブ方式の基礎検討

呉 健朗¹ 玉城 和也¹ 中村 仁汰¹ 宮田 章裕^{1,a)}

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、我々は、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た。

A Study of an Interaction Method of Handing Over Electronic Information by Paper Tearing

Kenro Go¹ Kazuya Tamaki¹ Jinta Nakamura¹ Akihiro Miyata^{1,a)}

1. はじめに

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。例えば、“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”がある。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。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。

この状況に鑑み、本研究では、電子情報の受け渡しを行うシーンにおいて、連絡先を渡すことなく情報の受け渡しを行う方式の確立を研究課題として設定する。そこで、偶然道案内をするときのような、ユーザが想定していないシーンでも、見知らぬ相手との情報の受け渡しを行う可能性があることから、誰もが日常的に持っていること、簡単に手に入れられること、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に着目する。

以上のことから、我々は、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

¹ 日本大学文理学部
College of Humanities and Sciences, Nihon University
a) miyata.akihiro@nihon-u.ac.jp

情報にアクセスできる。

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提案し、プロトタイプシステムを構築して基礎的な検証を実施したこと。

2. 関連研究

相手に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できる。本章は、これらの研究についてそれぞれ紹介する。

2.1 連絡先を交換して情報を受け渡す方式

AirMeet[1] 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。[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利用して、相手とのコミュニケーションを支援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。

2.2 連絡先を交換せず情報を受け渡す方式

Sonoba.org[3] 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。時間制限付きの 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[4] 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に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-them-around[5] は、同一箇所に集まったグループ内での写真共有・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閲覧することができる。Mobiphos[6] 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、グループのメンバーが写真を通したコミュニケーションをとることができる。Pick-and-Drop[7] 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[8] 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て、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。

3. 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である。例えば下記のような例が挙げられる。

- 目的地までの電子地図を送る
- スマートフォンで撮った動画を送る

こ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が、ユーザに負担をかけずに誰とでも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、初見の相手 (例:偶然道案内をただけの人) 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において、メールや SNS, [1][2] のような、連絡先のやり取りを必要とする手段を見知らぬ相手に用いるのに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。[3] で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。[4] や [5] は情報の共有を行うには同じ空間にいなければならないため、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 [4]、専用のデジタルカメラ [6]、専用のペン [7]、専用のデバイス [8] 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。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。

3.2 研究課題の設定

3.1 節の問題に鑑みて、電子情報の受け渡しにおいて、下記の 3 つの要件を満たす方式の確立を研究課題として設定する。

要件 1: 連絡先の交換を必要としない

要件 2: 手間をかけない

要件 3: 身近な道具を用いる

4. 提案方式

3.2 節の研究課題を満たすアプローチとして、我々は、誰もが日常的に持っている、簡単に手に入るもの、さらに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た。そこで我々は、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方式を提案する。これは、ある紙を2片にちぎり分けたとき、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。

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。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。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。

- 紙の破れ目の分断された文字列の行数(図1)
- 紙の破れ目の分断された文字の数(図2)
- 紙の破れ目の三角形の2辺の長さの比(図3)

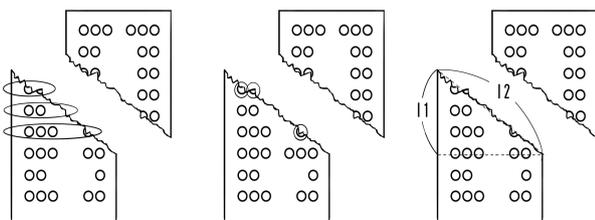


図1 分断された文字列の行数 図2 分断された文字の数 図3 L_1 と L_2 の長さの比

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、3.2 節で述べた3つの要件を満たしていると考えられる。要件1については、ユーザは連絡先の交換を必要はなく、紙片を渡すだけよい。要件2については、ユーザは紙をちぎってカメラで写すだけで良いので手間は少ない。要件3については、ユーザの使用的是ものは紙とスマートフォンのカメラという身近な道具のみである。

5. 実装

5.1 事前準備

マッチングに使用する紙片をカメラで写す際、下記のように紙の状態、ちぎり方、背景に関する制約を設けた。

- 紙は劣化していない(紙が破れていたり、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つできるようにななめにちぎる
- 紙片の背景に紙片と同色のものをいれない

5.2 紙片マッチングのための画像処理における前処理

紙片の画像処理には OpenCV を利用する。前処理では、紙片と背景の分離を行なう。まず、抜き出したい紙片の色を元に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。作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4 *1,5)。



図4 前処理前



図5 前処理後

5.3 特徴量1: 分断された文字列の行数

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、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。このとき、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した(図6)。紙片画像にラベリング処理を施したとき、図7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

*1 店名や電話番号のような、場所が特定できてしまうような情報は、後からぼかしを入れている。他の画像も同様である。

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 8,9). 改行された回数に 1 を加えた数を文字列の行の数とし、これを f_l (Line feature) とする.



図 6 ラベリング処理範囲

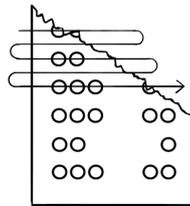


図 7 ラベリングされる順番

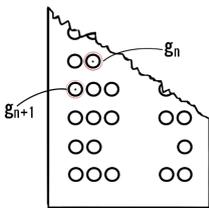


図 8 改行されている

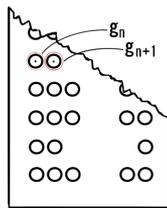


図 9 改行されていない

5.4 特徴量 2: 分断された文字の数

5.3 節と同様に、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番に読み込んでいき、 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 10)。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。

5.5 特徴量 3: 三角形の 2 辺の長さの比

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) や色が急に变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 11)。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) の座標を求める。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) を求め (図 12)、 l_1/l_2 を f_e (Edge feature) とする。

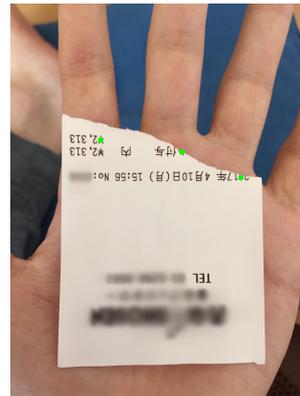


図 10 各行における最後の文字

5.6 マッチング

紙片のマッチングには、紙片 p と、ある紙片群 P_n の中の紙片 p' における f_l, f_c, f_e の類似度をそれぞれスコアとして利用する (以降 s_l, s_c, s_e とする)。紙片 p と紙片 p' の各特徴量をそれぞれ f_l, f_c, f_e と f'_l, f'_c, f'_e とすると、 s_l, s_c, s_e は以下になる。

$$s_l = \frac{1}{1 + |f_l - f'_l|}$$

$$s_c = \frac{1}{1 + |f_c - f'_c|}$$

$$s_e = \frac{1}{1 + |f_e - f'_e|}$$

s_l と s_c が一定以下であると、マッチング結果の候補からはずし、残った候補のうち、 s_e が最も高いものをマッチング結果とする。

6. 検証実験

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) の検証を実施しておく必要がある。

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。

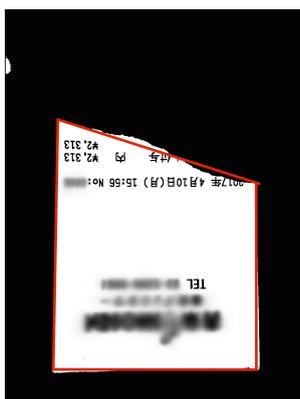


図 11 hough 変換後

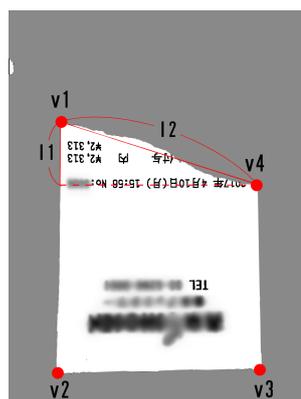


図 12 各頂点と辺の位置



図 13 成功例



図 14 失敗例

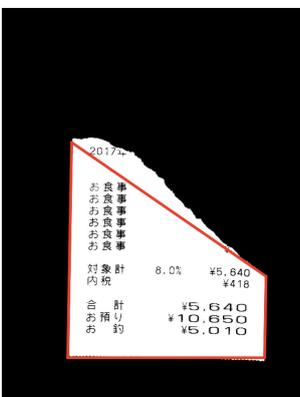


図 15 hough 変換後

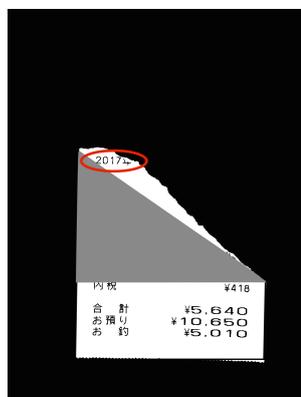


図 16 範囲外に文字がある

6.2 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. また, 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, 成功例と失敗例も被験者に見せている (図 13, 14). これは, 図 3 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.

ちぎった紙片の撮影は実験者が行った. 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, 本実験においては, 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した (図 4). 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 15) でも, ラベリング処理を施す範囲外に文字がある場合 (図 16) は, f_l, f_e 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 5.6 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, \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 $p_{2,1}, p_{2,5}, p_{7,1}, p_{7,4}$ となった場合 (図 17), 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 18), $p_{1,1}$ 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.

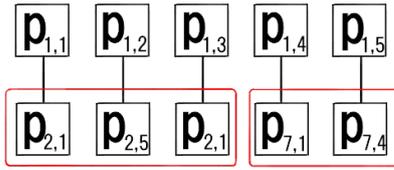


図 17 f_l の値と紙片の枚数

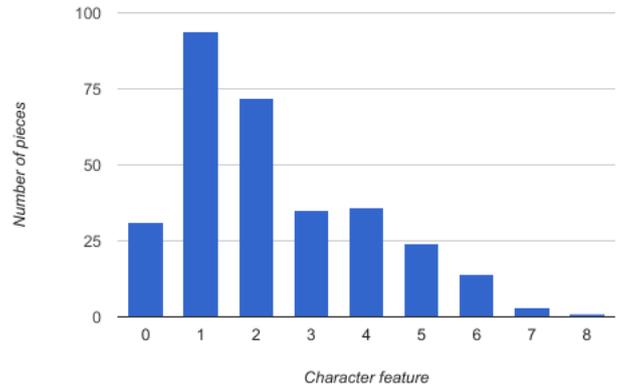


図 20 f_c の値と紙片の枚数

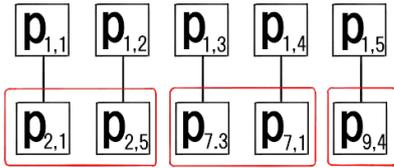


図 18 f_c の値と紙片の枚数

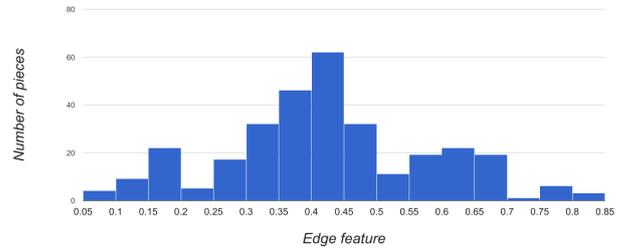


図 21 f_e の値と紙片の枚数

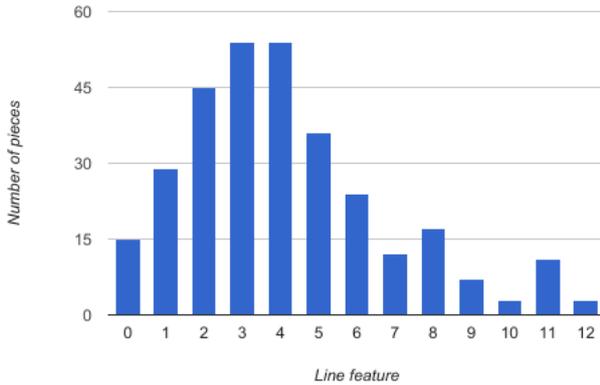


図 19 f_l の値と紙片の枚数

6.3 結果・考察

実験を行った結果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_l , f_c , f_e とその数を図 19,20,21 にそれぞれ示す。横軸がそれぞれ f_l (個), f_c (個), f_e 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_l が 3 から 4, f_l が 1 から 2, f_e が 0.35 から 0.45 となっていた。これらの特徴を持つ紙片を元にマッチングを行うと失敗する傾向が大きかった。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、レシートのちぎりに差異ができにくくなってしまったことにある。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_l , f_c , f_e の値が、実演時にちぎったレシートの f_l , f_c , f_e の値に近い値となっていた。一方 f_l が 10 から 12, f_c が 7 から 8, f_e が 0.7 から 0.85 となっている紙片を元にマッチングを行うとは、5 枚の紙片画像全てが正しいマッチング対象を示していた。

マッチング成功率を上げる方法もいくつか挙げることができる。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である。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。

7. おわりに

本研究では電子情報のやり取りを行うシーンにおいて、連絡先を交換することなく情報の受け渡しを行う方法として、紙をちぎって手渡すことで電子情報を受け渡す方法を提案した。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。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。

今後は、まずは 6.3 節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, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI),2017-HCI-172, 11, pp.1-8(2017).
- [2] 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).
- [3] 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),2013-HCI-152, 18, pp.1-8(2013).
- [4] 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揭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).
- [5] Lucero, A., Holopainen, J. and Jokela, T.: Pass-them-around: collaborative use of mobile phones for photo sharing, Proc. CHI' 11, pp.1787-1796(2011).
- [6] Clawson, J., Volda, A., Patel, N. and Lyons, K.: Mobiphos: a collocated-synchronous mobile photo sharing application, MobileHCI '08, pp.187-195(2008).
- [7] Rekimoto, J.: Pick-and-Drop: A Direct Manipulation Technique for Multiple Computer Environments, Proc. UIST'97, pp.31-39 (1997).
- [8] Nakae, T., Ozawa, S. and Miyashita, N.: O-Link: Augmented Object System for Intergenerational Communication, Proc. SIGGRAPH'10 (2010),