

自由に紙をちぎって電子情報を手渡す インタラクション方式の基礎検討

富永 詩音¹ 呉 健朗² 立花 巧樹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るようになった。メールや SNS など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ユーザは多いと思われる。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を受け渡す方式を提案してきた。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。電子情報の受け渡しを行うとき、送信者は紙を 2 片にちぎり、一方を受信者に手渡す。このとき送信者が持つ紙片を f_s 、受信者が持つ紙片を f_r とする。送信者は f_s をカメラで写すことで、 f_s の破れ目の特徴と電子情報を結びつける。受信者は f_r をカメラで写すことで、 f_r の破れ目の特徴、すなわち、 f_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。本稿では紙片同士のさらなるマッチング精度向上を目指し、紙片同士の破れ目の形状が似通ったものになりにくくなるよう、従来設けていた紙のちぎり方に関する実装上の制約を変更し、より自由な形状の破れ目を利用できるようにした。従来手法とのマッチング精度比較実験では、従来手法よりも高い精度で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 for Handing Over Electronic Information by Freely Tearing a Piece of Paper

SHION TOMINAGA¹ KENRO GO² KOKI TACHIBANA¹ 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るようになった。例えば、“ツアー参加時に撮った集合写真を送るとき”、“ライブに参加した際に撮影した動画を送るとき”のような例が挙げられる。電子情報を受け渡す手段として、メールや SNS アプリケーションの利用が考えられるが、これらを利用するためにはユーザは連絡先を交換する必要がある。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。しかし偶然ツアーで

知り合っただけの人や、ライブ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ユーザは多いと思われる。

この状況に鑑み、我々は、電子情報の受け渡し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式の確立に取り組んできた。具体的には、誰もが日常的に持っており、簡単に入手でき、かつ手軽な作業でユニークな特徴を生み出すことができる紙に着目し、紙をちぎって手渡すことで電子情報を受け渡す方式の提案を行ってきた [1][2][3]。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。情報の受け渡しを行うとき、まず送信者は紙を 2 片にちぎり、一方を受信者に手渡す。このときに送信者が持つ紙片を f_s 、受信者が持つ紙片を f_r とする。送信者は f_s をカメラで写すことで、 f_s の破れ目の特徴と

¹ 日本大学文理学部
College of Humanities and Sciences, Nihon University

² 日本大学大学院総合基礎科学研究科
Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University

a) miyata.akihiro@acm.org

情報を結びつける。受信者は f_r をカメラで写すことで、 f_r の破れ目の特徴、すなわち、 f_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。本稿では、紙片同士のマッチング精度を向上させるために、従来設けていた紙のちぎり方に関する実装上の制約を変更したことについて論じる。

本稿の貢献は下記のとおりである。

- 紙片同士の破れ目の形状が似通ったものになりにくい、紙のちぎり方に関する新たな制約を検討し、それを導入したプロトタイプシステムを構築したこと
- 紙のちぎり方に関する制約を変更し、より自由な形状の破れ目を利用できるようにしたことで、紙のちぎり方の自由度が向上したか、および、本方式のユーザエクスペリエンスにどのような影響を与えるのかについて検証実験を行ったこと
- 紙のちぎり方に関する新たな制約を導入してより自由な形状の破れ目を利用できるようにした手法と、従来手法とで、紙片同士のマッチング精度を比較する検証実験を行ったこと

2. 従来研究

スマートフォンをはじめとする電子端末の普及により、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。電子情報を受け渡すシーンとして、下記のような例が挙げられる。

- ツアー参加時に撮った集合写真を送る
- バンドのライブで撮影した動画を送る

このような電子情報の受け渡しを行う際には、メール、SNSアプリケーション、既存研究などの利用が考えられる。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、下記3つの問題が存在する。

問題 1: ユーザ同士で連絡先を交換する必要がある [4][5][6]

問題 2: 手間がかかる [7][8][9][10][11]

問題 3: 特別な道具を使用する必要がある [8][12][13][14]

これら3つの問題を解決するために、我々は、電子情報を受け渡すシーンにおいて、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の提案を行ってきた [1][2][3]。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。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）を利用する。そして、紙のちぎり方に関して、我々が行った実装上設けた、“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”という制約のもとでちぎられた紙片から得られる、「紙の破れ目の形状（図 1）」、「紙の破れ目によって分断された文字列の行数（図 2）」、「紙の破れ目によって分断された文字

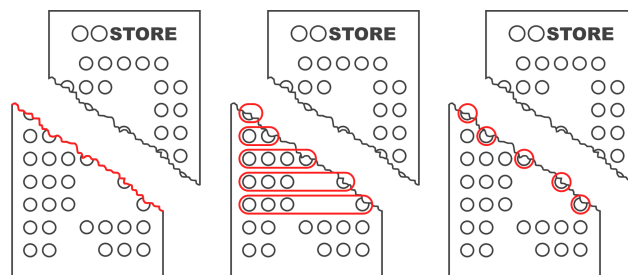


図 1 紙の破れ目の形状

図 2 分断された文字列の行数

図 3 分断された文字数

の数（図 3）」という3つの特徴量を利用した紙片同士のマッチングを行ってきた。

3. 研究課題

2章で述べた、従来の制約のもとでちぎられた紙片は、破れ目の形状がどれも似通ったものになってしまう。そのため、似通っている破れ目の形状を特徴量とするマッチングは、精度を向上させることが困難な状態にあった。

以上のことから本稿では、我々が提案してきた、紙をちぎって手渡すことで電子情報の受け渡しを行う方式において、紙のちぎり方の自由度を向上させ、紙片同士のマッチング精度を向上させることを研究課題として設定する。

4. 提案手法

3章で設定した研究課題を達成するため、我々は、紙のちぎり方に関する実装上の制約を、“ちぎり始め・終わりの点がそれぞれ紙の左右の辺上に存在するようにちぎる”に変更し、ちぎり方の自由度を向上させる。この制約では、紙のちぎり始め・終わりの位置はある程度指定されているものの、破れ目の形状に関しては制限されないようになっている。

このように、紙のちぎり方に関する制約を変更し、より自由な形状の破れ目を利用できるようにすることで、破れ目の形状に多様性が増し、従来使用していた特徴量の「紙の破れ目の形状」に関して、ちぎられた紙片間で差が生じやすくなり、結果としてマッチング精度の向上が見込めるのではないかと考えられる。

また、従来特徴量として利用してきた「紙の破れ目によって分断された文字列の行数」、「紙の破れ目によって分断された文字の数」は、紙片の破れ目の形状が複雑な場合に、正しく検出・カウントすることが難しいため、今回は利用しない。

5. 実装

5.1 実装した画像処理上の制約

マッチングに使用する紙、および紙片の撮影方法に関して、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る。

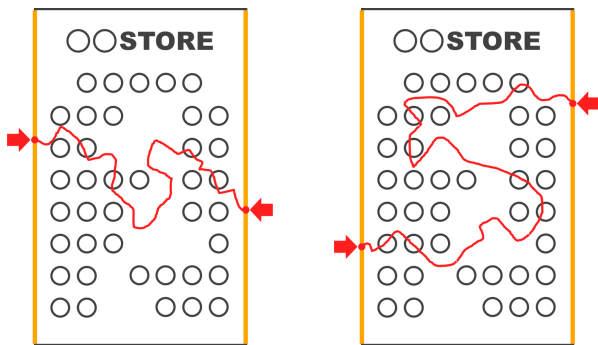


図 4 ちぎり始め・終わりの点がそれぞれ左右の辺上にある

- 紙はあまり劣化していない（破れていたり，ひどく折り目がついていたりしない）
- 紙はちぎり始め・終わりの点がそれぞれ紙の左右の辺上に存在するようにちぎる（図 4）
- 紙片の撮影時には，背景に紙片と同色のものなるべく写り込まないようにする

5.2 マッチングアルゴリズム

紙片同士のマッチングを行うアルゴリズムは下記の通りである。

Step1: 撮影した紙片画像に対し前処理を施す（5.3 節）

Step2: 前処理を施した紙片画像から特徴量を抽出する処理を行う（5.4 節）

Step3: 抽出した特徴量と，あらかじめデータベースに登録されている紙片画像の特徴量との類似度を算出し，マッチング処理を行う（5.5 節）

各 Step における画像処理には OpenCV を用いる。実際に行った各 Step の詳細については，以降の節でそれぞれ論じる。

5.3 紙片マッチングのための画像処理における前処理

4 章で述べた紙片の特徴量を算出する前に，前処理として元画像（図 5 *1）から，紙片部分と背景の分離，および紙片内の文字や図形などの除去を行う。まず，元画像の色空間を HSV（Hue, Saturation, Value・Brightness）に変換する（図 6）。次に，HSV 変換後の画像を“紙片の色をもとに HSV 値で範囲指定した色の範囲”にもとづいて二値化（濃淡のある画像を白と黒の 2 階調に変換する処理）する（図 7）。また，二値化後の画像では紙片内に文字や図形などが存在するが，文字や図形などは二値化によって紙片の背景部分と同色（黒色）になっているため，破れ目によって分断されている文字や図形などと紙片の背景部分とを区別することは難しい。そのため，紙片内に文字や図形などがあるまま破れ目の輪郭を抽出しようすると，図 8

*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にはぼかしを入れている。他の画像も同様である。

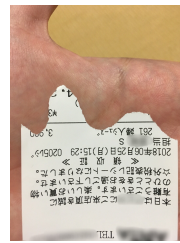


図 5 前処理前の元画像

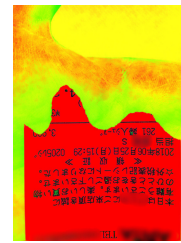


図 6 HSV 変換後の画像

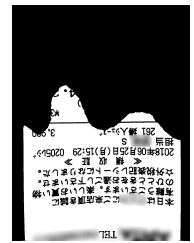


図 7 二値化後の画像

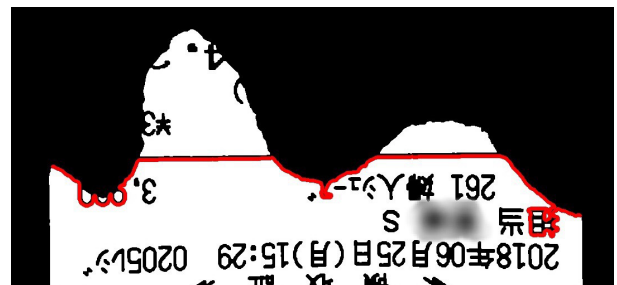


図 8 文字・図形を除去せずに輪郭を抽出した場合



図 9 膨張処理直後の画像



図 10 文字・図形除去後の画像

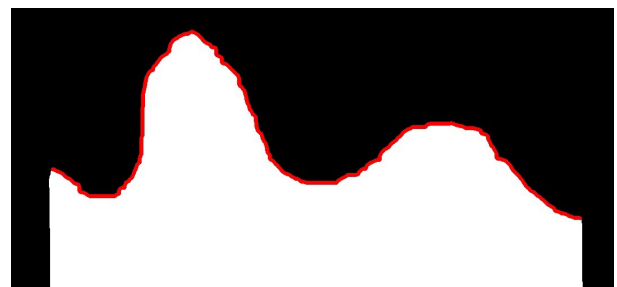


図 11 文字・図形を除去後に輪郭を抽出した場合

のように，破れ目上の分断された文字や図形が，破れ目の一部であると判定されてしまい，正しく破れ目の輪郭を抽出することが難しい。そこで最後に，二値化後の画像に膨張・収縮処理を施し，紙片内の文字や図形などを除去する（図 10）。膨張・収縮処理とは，二値化された画像の白色領域を増大・減少させる処理である。本実装では，図 9 のように複数回膨張させたあと，同じ回数だけ収縮させることで，白領域中に存在する黒領域をあらかじめ除去することができる。Closing とよばれる処理を施している。

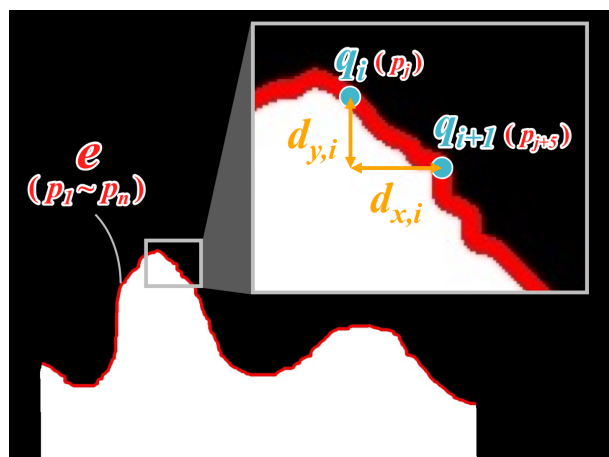


図 12 特徴量の抽出方法

5.4 特徴量：紙の破れ目の形状

5.3 節の処理によって得られた、文字・図形が取り除かれた紙片画像（図 10）に対し、Canny 法によるエッジ検出を行う。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。文字・図形が取り除かれた紙片画像では、紙片部分が白色、背景が黒色となっているため、エッジ検出を行うことで、白色と黒色の境目となる、紙片部分の輪郭を検出することができる（図 11）。このとき検出された、紙片の破れ目部分の輪郭を e とする。 e を構成する n 個の画素を破れ目の左端から右端にかけて p_1, p_2, \dots, p_n としたとき、 p_1 から p_n までの画素を一定数飛ばして抽出したものを q_1, q_2, \dots, q_m とする（今回の実装では事前検証に基づき 5 個飛ばしとした）。そして、 q_i と q_{i+1} との x 座標の差を $d_{x,i}$ 、 y 座標の差を $d_{y,i}$ とし、 q_1 から q_m までの $d_{x,i}$ 、 $d_{y,i}$ を算出したそれぞれの集合を D_x 、 D_y とし、これらの特徴量とする（図 12）。

5.5 紙片同士のマッチング

入力紙片 f_r の各特徴量を D_x, D_y 、マッチング候補紙片群の中の、ある紙片 f_s の各特徴量を D'_x, D'_y とする。はじめに、 D_x と D'_x との類似度 s_x と、 D_y と D'_y との類似度 s_y を算出する。その後、 s_x と s_y それぞれに係数 w_x, w_y をかけて重み付けを行い、その線形和がマッチング候補紙片群の中で最も高い紙片 f_s をマッチング結果とする。また、上記の重み係数に関して、本稿では $w_x=1.0$ 、 $w_y=5.0$ としているが、これは下記のような理由からである。

紙の破れ目は、我々が設けたちぎり方に関する制約により、左右どちらか一方の辺上から始まり、もう一方の辺上で終わる。そのため、紙片の左右方向、つまりシステム上での x 軸方向においては、破れ目上の点の x 座標の値は単調増加する 경우가多々あり、対となる紙片ではない紙片との s_x が不当に高くなってしまふ可能性があると考えられる。一方、紙片の上下方向、つまりシステム上での y 軸方向においては、我々が設けたちぎり方に関する制約による

影響はほとんどなく、破れ目上の点の y 座標の値はおおむねランダムに変化すると考えられるため、破れ目の形状が似ている紙片とのみ s_y が高くなると考えられる。よって、 s_x と s_y とでは、 s_y の方が紙片の識別性能により大きく関係していると考え、 s_x よりも大きい重み付けをしている。なお、 $w_x=1.0$ 、 $w_y=5.0$ という値は、システム開発時にいくつかの値を試した上で、おおむね適切であると著者が判断した値である。この値の妥当性は今後も検証を重ねる必要がある。

また、2つの紙片の D_x, D_y それぞれの類似度は、要素数が異なる系列間の類似度を算出可能な Dynamic Time Warping を用いて算出する。これは、 D_x, D_y は画像内に写り込んだ紙片部分の大きさによって要素数が変化するためである。

6. 検証実験

6.1 実験 1：紙のちぎり方に関する検証

6.1.1 実験の目的

本実験では、紙のちぎり方に関する制約を変更し、より自由な形状の破れ目を利用できるようにすることで、従来手法 [1][2][3] と比べて、紙のちぎり方の自由度が向上したかを検証すること、および、紙をちぎる際の破れ目の形状が制限されないことが、本方式のユーザエクスペリエンスに与える影響について検証することを実験の目的とする。

6.1.2 実験条件

本実験の被験者は 20 代の大学生 10 名（男性 7 名、女性 3 名）である。実験は下記 2 つのちぎり方に関する制約を用いて行った。

- 従来手法で設けていた制約（以下、「旧制約」）
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
- 提案手法で設ける制約（以下、「新制約」）
ちぎり始め・終わりの点がそれぞれ紙の左右の辺上に存在するようにちぎる

6.1.3 実験手順

被験者には紙を、旧制約のもとで 10 枚、新制約のもとで 10 枚、計 20 枚ちぎってもらい、その後アンケートに回答してもらった。

アンケートは 3 つの質問項目（表 1）と 1 つの自由記述欄からなる。Q1~Q3 には 5 段階のリッカート尺度で回答してもらい、自由記述欄については、何か感じたこと・思ったことがあれば記述してもらった。Q1 については、新制約は旧制約と比べて紙のちぎり方の自由度が向上したかを検証するために設けた。Q2 については、新制約は破れ目の形状が制限されないことから、個性的なちぎりができるため、旧制約と比べ、ちぎる作業にユーザが楽しさを感じやすいのではないかと疑問を検証するために設けた。

表 1 実験の質問一覧

Q1. 紙をちぎる際のちぎり方に関して、自由にちぎれるように感じましたか？
Q2. 紙をちぎる際、楽しさを感じましたか？
Q3. 紙をちぎる際、手間を感じることもなくちぎることができましたか？

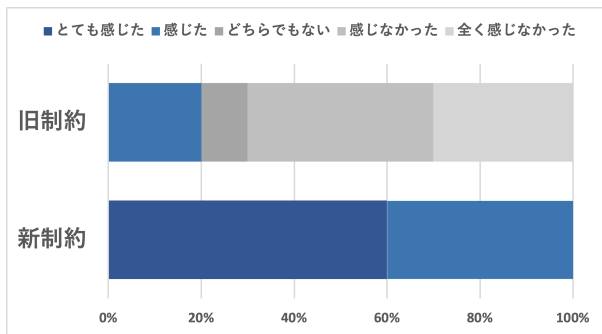


図 13 Q1 の回答 (N=10)

Q3 については、新制約は直線的で単純なちぎり方以外のちぎり方にも対応しているため、新制約において直線的で単純でないちぎり方をした場合、旧制約と比べ、紙をちぎる際にユーザが感じる手間が増大してしまうのではないかとこの疑問を検証するために設けた。

被験者にちぎってもらった紙片は 6.2 節の実験 2 で使用する。

6.1.4 結果・考察

Q1 の回答結果を図 13 に示す。得られた回答に対し、従来手法と提案手法間で Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、1%水準で有意差を確認できた。このことから、紙のちぎり方の制約に関して、新制約は、旧制約と比べてちぎり方の自由度が向上したことが示唆される。Q2 の回答結果を図 14 に示す。得られた回答に対し、従来手法と提案手法間で Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、5%水準で有意差を確認できた。これは、旧制約と比べると、新制約は個性的なちぎり方ができるため、紙をちぎる作業にユーザが楽しさを感じやすくなったのではないかと考えられる。また、これにより本方式のユーザエクスペリエンスの向上に繋がるのではないかと考えられる。Q3 の回答結果を図 15 に示す。得られた回答に対し、従来手法と提案手法間で Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、有意差は確認できなかった。このことから、直線的で単純でないちぎり方を行った場合でも、ちぎる際にユーザが感じる手間に関しては、直線的で単純なちぎり方を行った場合と同程度に抑えることができるのではないかと考えられる。

6.2 実験 2：紙片同士のマッチング精度向上に関する検証

6.2.1 実験の目的

本実験では、紙のちぎり方に関する制約を変更し、より自由な形状の破れ目を利用できるようにすることで、従来手法 [1][2][3] と比べて、紙片同士のマッチング精度が向上したかを検証することを実験の目的とする。

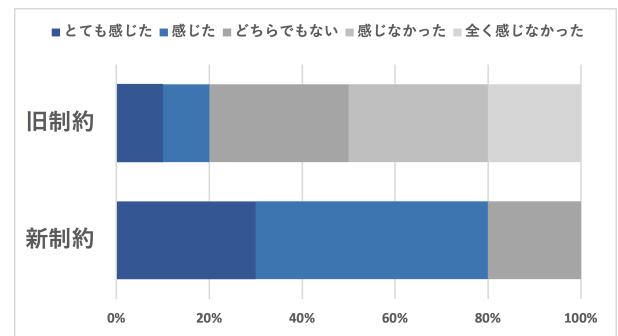


図 14 Q2 の回答 (N=10)

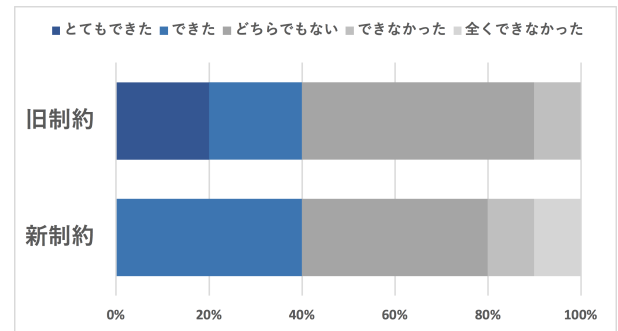


図 15 Q3 の回答 (N=10)

6.2.2 実験条件

本実験で使用する紙片は、本稿の実験 1 (6.1 節) にて 10 名の被験者にちぎってもらった紙片である。紙片撮影時の環境は屋内で、紙片は手のひらの上に乗せて撮影する。撮影する際、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、実験者が撮影方法を指導した実験協力者に行ってもらった。

6.2.3 実験手順

6.2.2 項の条件を満たした上で、旧制約のもとでちぎられた 100 組 (200 枚) の紙片と、新制約のもとでちぎられた 100 組 (200 枚) の紙片の、それぞれでマッチング成功率の検証を行う。

旧制約のもとでちぎられた紙片同士のマッチングは、今まで我々が提案してきた従来手法で利用していた、「紙の破れ目の形状 (図 1)」、「紙の破れ目によって分断された文字列の行数 (図 2)」、「紙の破れ目によって分断された文字の数 (図 3)」という 3 つの特徴量のうち、「紙の破れ目の形状」のみを利用して行う。これは、より自由な形状の破れ目を利用できるようにすることで、特徴量「紙の破れ目の形状」に関して、ちぎられた紙片間で差が生じやすくなることで、マッチング精度が向上する、という可能性について提案手法と比較して検証するためである。

新制約のもとでちぎられた紙片同士のマッチングは、本稿における我々の提案手法に従い、「紙の破れ目の形状」から得られる特徴量 (5.4 節) を利用して行う。

マッチング成功率は、従来手法、提案手法ともに下記の手順で算出する。

手順 1：用意した 100 組（200 枚）の紙片から無作為に 50 組を抜き出す

手順 2：抜き出した紙片 50 組（100 枚）を、上側の紙片（以下、「upper」）50 枚と下側の紙片（以下、「lower」）50 枚の、2つのグループに分ける

手順 3：upper50 枚をシステムのデータベースに登録する

手順 4：データベースに登録されている upper50 枚に対し、lower50 枚でマッチングを行う

手順 5：手順 3～4 を upper と lower を入れ替えて再度行う

手順 6：upper でマッチングを行った結果と lower でマッチングを行った結果の両方で、対となる紙片がマッチング結果となった場合、その紙片はマッチング成功とする

手順 7：紙片 50 組のうちマッチングが成功した紙片の割合をマッチング成功率とし、これを算出する

手順 8：手順 1～7 を 5 回繰り返し、5 回分のマッチング成功率の平均を、その手法における最終的なマッチング成功率とする

6.2.4 結果・考察

従来手法、提案手法それぞれについてマッチング成功率の検証を行った結果、各手法におけるマッチング成功率は、従来手法では 22%（図 16）、提案手法では 51%（図 17）となった。このことから、紙のちぎりに関する制約を変更し、より自由な形状の破れ目を利用できるようにすることは、紙片同士のマッチング精度を向上させるアプローチとして有効であったと考えられる。

今後、よりマッチング精度を向上させるために解決が必要となる 2つの問題点について論じる。

第 1 に、撮影された紙片画像から紙片部分のみを抜き出す画像処理が未洗練であるという問題が挙げられる。今回の実験時における紙片の撮影は、複数人の実験協力者に行ってもらったが、各々の撮影場所の光環境が異なるため、実験協力者間で、撮影した紙片画像の明るさに差が生じていた。現状の実装では、紙片画像における紙片部分の明るさが一定以下であると、紙片部分を正確に抜き出すことが難しい。そのため、薄暗い光環境下で撮影された紙片画像については、紙片部分を正確に抜き出せないものもあった。この問題に関しては、撮影された紙片画像の明るさを自動で調節する画像処理を実装するなどして解決したいと考えている。

第 2 に、従来利用してきた 2つの特徴量を利用できていないという問題が挙げられる。従来利用してきた 2つの特徴量とは、「紙の破れ目によって分断された文字列の行数」、「紙の破れ目によって分断された文字の数」のことだが、4 章で述べた通り、紙片の破れ目の形状が複雑な場合に、正しく検出・カウントすることが難しいため、今回は利用していない。そのため、この 2つの特徴量を利用できるようにする、あるいはこの 2つの特徴量以外で、紙に書かれた

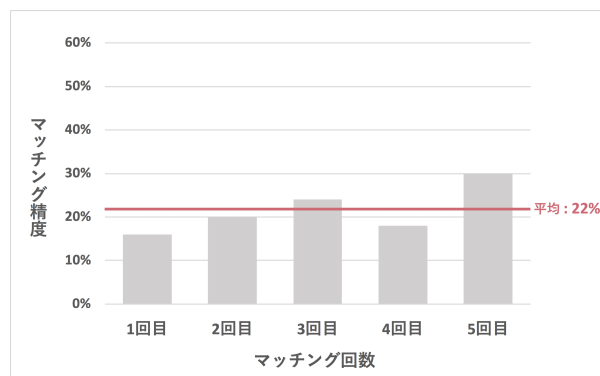


図 16 従来手法におけるマッチング成功率

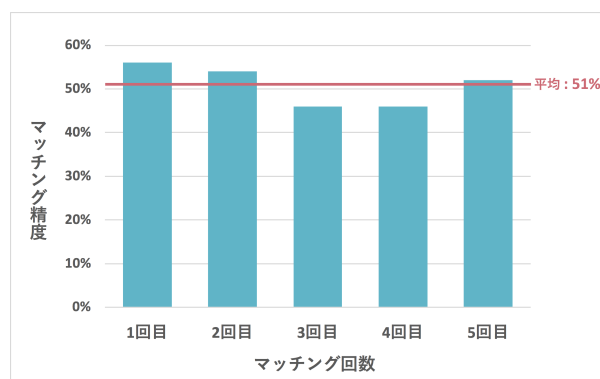


図 17 提案手法におけるマッチング成功率

文字から得られる情報を特徴量として利用できれば、紙片同士のさらなるマッチング精度の向上が見込めるのではないかとと思われる。

7. おわりに

我々は、電子情報を受け渡すシーンにおいて、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てきた。本稿では、紙のちぎりの自由度を向上させ、紙片同士のマッチング精度を向上させるために、紙のちぎりに関する制約を変更し、より自由な形状の破れ目を利用できるようにした。また、それに伴い、紙の破れ目の形状から特徴量を抽出する際のアルゴリズムの改良も行った。アルゴリズム改良後のシステムを利用した検証実験では、従来手法よりも高い精度で紙片同士のマッチングを行うことができた。今後は、さらなるマッチング精度の向上を目指すとともに、本提案を利用したシステムの受容性についても検証していく予定である。

参考文献

- [1] 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シンボジウム 2017 論文集, pp.1493-1499, 2017.
- [2] 玉城和也, 呉健朗, 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, インタラクシオン 2018 論文集, pp615-619, 2018.
- [3] 呉健朗, 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オン方式の実用性検証, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2018 論文集, pp.1770-1776, 2018.
 - [4] 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オン (HCI), Vol.2017-HCI-172, No.11, pp.1-8, 2017.
 - [5] 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.
 - [6] 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.
 - [7] 山本伶, 増井俊之, 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オン (HCI), Vol.2013-HCI-152, No.18, pp.1-8, 2013.
 - [8] 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 論文集, pp.565-575, 2011.
 - [9] Andres 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.
 - [10] 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オン, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.4, pp.1498-1506, 2013.
 - [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, No.4, pp.1344-1352, 2014.
 - [12] 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.
 - [13] Jun Rekimoto: 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.
 - [14] Toshihiro Nakae, Shiro Ozawa, and Naoya Miyashita: O-link: augmented object system for intergenerational communication, In SIGGRAPH' 10 ACM SIGGRAPH 2010 Posters, 2010.