

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 実用性検証

呉 健朗¹ 富永 詩音² 宮田 章裕^{2,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の提案を行ってきた。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、送信者は紙をちぎり、受信者に手渡す。このとき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 の破れ目の特徴と情報を結びつける。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。本稿ではさらなる紙片のマッチング精度向上を目指し、紙片同士のマッチングに紙片の破れ目の形状そのものを利用するようにした。50 枚の紙を使った従来手法との精度比較実験では、従来手法よりも大幅に精度が向上したことを確認した。

Evaluation of an Interaction Method of Handing Over Electronic Information by Paper Tearing

Kenro Go¹ Shion Tominaga² Akihiro Miyata^{2,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、“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”がある。電子情報を受け渡す手段の例として、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、本研究では、電子情報の受け渡しを行うシーンにおいて、連絡先を交換する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、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、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の提案を行ってきた [1][2]。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 の破れ目の特徴と情報を結びつける。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。本稿では、紙片のマッチング精度を向上させるために、紙片同士のマッチングを

¹ 日本大学大学院総合基礎科学研究科
Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University

² 日本大学文理学部
College of Humanities and Sciences, Nihon University

a) miyata.akihiro@acm.org

行うにあたって、新たな特徴量の導入を行っ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。

- 紙片のマッチング精度向上のための新しい特徴量を検討し、それを導入したプロトタイプシステムを構築したこと
- 新しい特徴量を利用したシステムと従来手法の紙片のマッチング精度を比較する実験を行ったこと

2. 関連研究

ユーザが電子情報の受け渡しを行う方式は、ユーザ同士の連絡先の交換が必要である方式とそうでない方式の2つに大別できる。本章では、その2つの方式に関する研究事例について紹介する。

2.1 連絡先を交換して情報を受け渡す方式

連絡先を交換して情報を受け渡す研究としては、[3], [4], [5]が挙げられる。[3]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。[4]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。[5]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方式

Transmimic[6]は、情報送信者は引き渡す情報を選択し、自ら考案したジェスチャを行う。その後、情報受信者はそのジェスチャを真似するだけで、送信者が選択した情報を受け取ることができる。Sonoba.org[7]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[8]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-them-around[9]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。Vinteraction[10]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レ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。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。Mobiphos[12]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したコミュニケーションをとることができる。Pick-and-Drop[13]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[14]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

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。

- ツアー参加時に撮った集合写真を送る
- ライブに参加した際に撮影した動画を送る

このような電子情報を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、いくつかの問題が存在する。

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:偶然ツアーで知り合っただけの人)や、その場限りの相手(例: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、SNS、[3], [4], [5]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。[6]では、連絡先を交換せずに情報を送ることができるが、情報の受け渡しに利用するジェスチャを正確に記憶する必要がある。[7]では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。[8]や[9]、[10]、[11]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各ユーザは同じ場所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[8]、専用のデジタルカメラ[12]、専用のペン[13]、専用のデバイス[14]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。

以上のことから、電子情報の受け渡しにおいて、下記の3つの課題を研究課題として設定する。

課題1: 連絡先の交換を必要としない

課題2: 手間をかけない

課題3: 身近な道具を用いる

4. 提案方式

3章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ものとして紙に着目した。そして我々はこの着目点を元に、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]。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)を利用し、下記のような3つの特徴量を利用して紙片同士のマッチングを行ってきた。

従来の特徴量1: l_1 と l_2 の長さの比(図1)

特徴量2: 紙の破れ目の分断された文字列の行数(図2)

特徴量3: 紙の破れ目の分断された文字の数(図3)

しかし従来の手法では、紙片の破れ目の形状に着目していなかったため、凸ができるように紙をちぎった場合(図4左)でも、凹みができるように紙をちぎった場合(図4右)と l_1 の長さが等しくなることがあり、これが紙片のマッチング精度低下の原因となっていた可能性がある。よって、

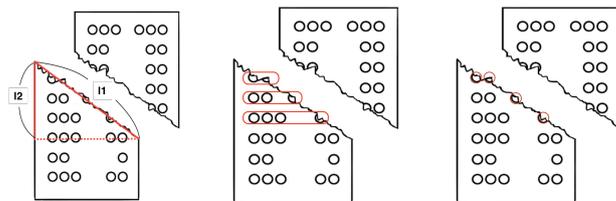


図1 l_1 と l_2 の長さの比

図2 分断された文字列の行数

図3 分断された文字の数

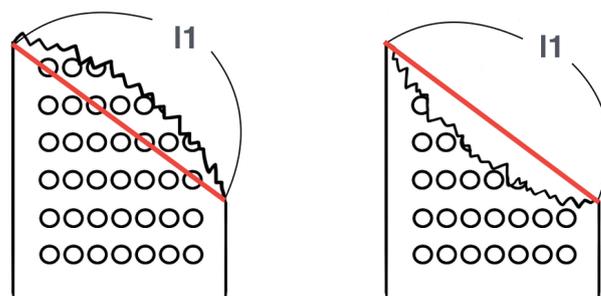


図4 凸または凹みができるようにちぎった場合

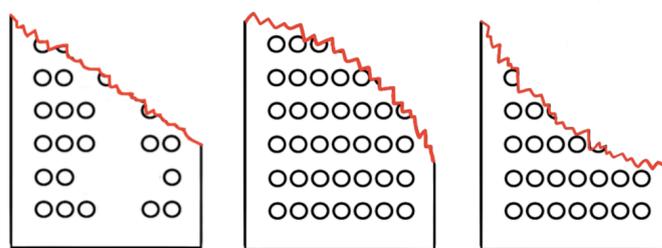


図5 紙の破れ目の形状が異なる

本稿では図5のように紙の破れ目の形状が紙片同士で異なることに着目し、紙片同士のマッチングには、従来の特徴量1(l_1 と l_2 の長さの比)の代わりに、紙の破れ目の形状を新たな特徴量1として使用する。

以上より、本稿では紙片同士のマッチングを、下記3つの特徴量をもとに行う。

新たな特徴量1: 紙の破れ目の形状(図5)

特徴量2: 紙の破れ目の分断された文字列の行数(図2)

特徴量3: 紙の破れ目の分断された文字の数(図3)

以降、本稿で紙片同士のマッチングに使用する新たな特徴量1を f_e (Edge feature)、特徴量2を f_l (Line feature)、特徴量3を f_c (Character feature)とする。

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

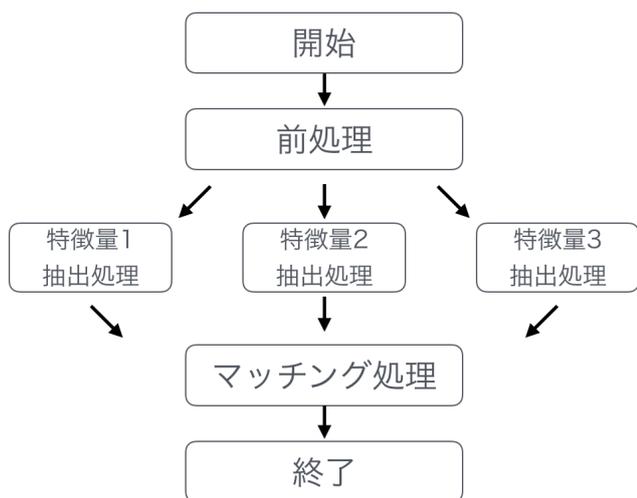


図 6 アルゴリズムの全体像

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 アルゴリズムの全体像

図 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 3 つ特徴量を算出する前に、前処理として紙片と背景の分離を行なう。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。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 7^{*1}, 図 8)。

5.4 特徴量 1: 紙の破れ目の形状

5.3 節の処理によって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、これを利用して紙片

*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。

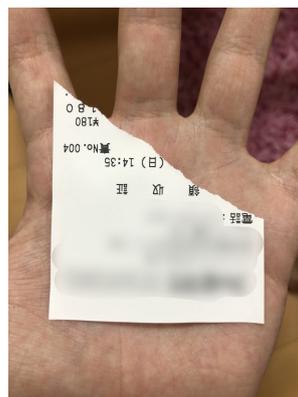


図 7 前処理前

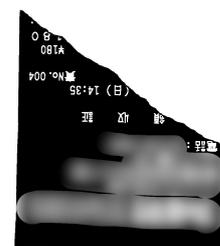


図 8 前処理後

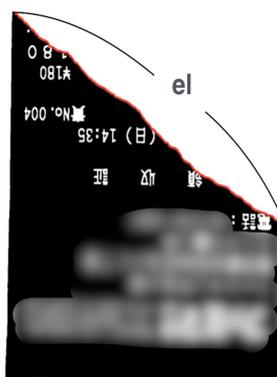


図 9 Edge line の位置

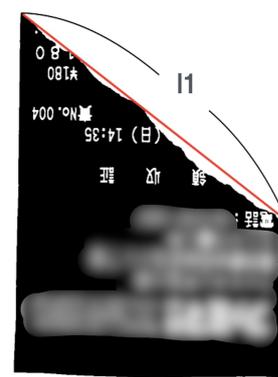


図 10 l_1 の位置

の輪郭を検出することができる。このとき、検出された紙片の破れ目を el (Edge line), 紙片の破れ目の始点と終点を結ぶ直線を l_1 とする(図 9, 図 10)。

f_e の算出には、 el と l_1 の比較を行う。比較には、 el を構成する n 個の点の各座標を用いる(以降、 el を構成する n 個の点をそれぞれ ep_1, ep_2, \dots, ep_n , el 上のある点 ep_i における x 座標と y 座標をそれぞれ x_i, y_i とする)。

y_i と、 l_1 を構成する点のうち、 x_i と等しい x 座標を持つ点の y 座標の差を、 ep_i における h_i とする(図 11)。 ep_1 から ep_n までの h_i を算出し、その集合を、紙片の f_e とする。

なお、上記で論じた紙片の f_e の算出方法は、凹みができるように紙をちぎった場合(図 4 右)のものである。凸ができるようにちぎった場合(図 4 左)は、 h_i が負の値とり、その集合を紙片の f_e とする。

5.5 特徴量 2: 紙の破れ目の分断された文字列の行の数

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

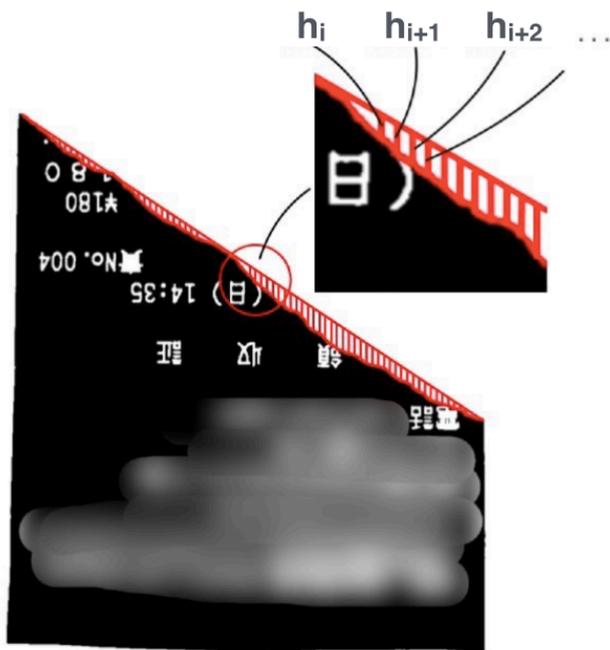


図 11 f_e の算出方法

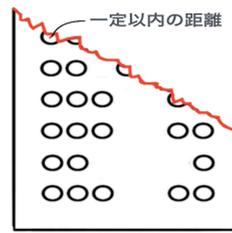


図 16 分断されている

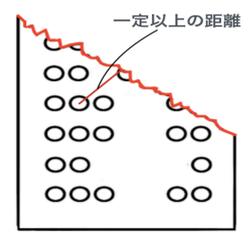


図 17 分断されていない

5.6 特徴量 3: 紙の破れ目の分断された文字の数

5.5 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、 i 番目の重心座標 g_i と el の距離を算出し、これが一定以内の距離であれば文字が分断されていると判定する (図 16, 図 17)。紙片内のラベリング処理を施した文字全てに上記の工程を施し、最終的に分断されていると判定された文字の総数を f_c (Character feature) とする。なお、紙片に文字が書かれていなかった場合は f_c を 0 とする。

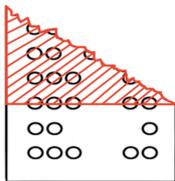


図 12 ラベリング処理範囲

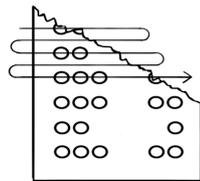


図 13 ラベリングされる順番

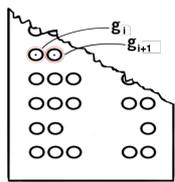


図 14 改行されている

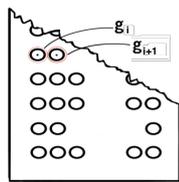


図 15 改行されていない

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施した (図 12)。

紙片画像にラベリング処理を施すと、図 13 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) をラベリングされた順に読み込んでいき、 i 番目の重心座標 g_i と $i+1$ 番目の重心座標 g_{i+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 14, 15)。紙片内のラベリング処理を施した文字全てに上記の工程を施し、改行されたと判定された回数に 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。なお、紙片に文字が書かれていなかった場合は f_l を 0 とする。

5.7 マッチング

入力紙片画像 p_r の各特徴量を f_{r_e} , f_{r_l} , f_{r_c} , n 枚のマッチング候補紙片群 P 中の、ある紙片 $p_s^{(i)}$ の各特徴量を $f_{s_e}^{(i)}$, $f_{s_l}^{(i)}$, $f_{s_c}^{(i)}$ とする。マッチングを行う際、入力紙片画像 p_r と、全てのマッチング候補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_{r_l} と $f_{s_l}^{(i)}$ の差と、 f_{r_c} と $f_{s_c}^{(i)}$ の差を算出し、そのどちらかで一定以上の差がある紙片 $p_s^{(i)}$ 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_{r_e} と $f_{s_e}^{(i)}$ の類似度が最も高い紙片 $p_s^{(i)}$ をマッチング結果とする。なお、 f_{r_e} と $f_{s_e}^{(i)}$ の類似度を s_e とし、これは下記のように算出する。

s_e は、紙片 p_r の f_{r_e} と、紙片 $p_s^{(i)}$ の $f_{s_e}^{(i)}$ の要素数が異なる可能性があるため、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。また、紙を 2 片にちぎり分けるとき、2 片の破れ目は上下左右が反転している。よって、 s_e 算出時には紙片 p を上下左右反転させた時の f_{r_e} を用いる。

6. 検証実験

6.1 実験の目的

本実験では、紙片同士のマッチングに紙片の破れ目の形状そのものを利用することで、紙片のマッチング精度が向上したかどうかの検証を行う。そのために、従来手法 [1][2]

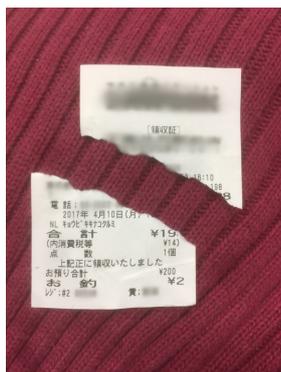


図 18 成功例



図 19 失敗例

と本提案手法のマッチング精度の比較を行う。

6.2 実験の環境・手順

本実験の被験者は 20 代の学生 10 名である。各被験者には 5 枚の紙を 2 片にちぎって、実験に使用する紙片の作成を行ってもらった。なお紙を 2 片にちぎる際には、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 18, 19)。

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。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。

以上の条件を満たした 50 組の紙 (100 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 5.7 節に従って行う。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。50 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。

実験では、 l_1 と l_2 の長さの比 (図 1)、紙の破れ目の分断された文字列の行の数 (図 2)、紙の破れ目の分断された文字の数 (図 3) を利用してマッチングを行う従来手法と、紙の破れ目の形状 (図 5)、紙の破れ目の分断された文字列の行の数 (図 2)、紙の破れ目の分断された文字の数 (図 3) を利用してマッチングを行う提案手法を使用した。

6.3 結果・考察

従来手法、提案手法それぞれについて、50 組の紙 (100 枚の紙片画像データ) でマッチング成功率の検証を行なった結果、マッチング成功率は従来手法では 16%、提案手法では 68% となった。ここから、紙片のマッチングを行う特徴量として、 l_1 と l_2 の長さの比を紙の破れ目の形状に変え

るというアプローチは有効であったと考えられる。

今後、より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。

第一に、紙片のちぎりに大きな差が出なかったという問題が挙げられる。本実験では各被験者に 5 枚ずつ紙をちぎってもらった。そのため、被験者ごとにちぎりに差があったが、1 人の被験者がちぎった 5 枚の紙の間ではちぎりに差が出にくかったのではないかと考えられる。この問題が起きた理由として、本実験では、ちぎりを左上から右下に向かって台形が 2 つできるようにちぎるという制約があり、これが紙片のちぎりに大きな差を生み出すことができなかった原因だと考えられる。そのため、どのようなちぎり方でも良いようにすれば、より精度が向上すると思われる。

第二に、紙の破れ目の分断された文字数の誤検出があったという問題が挙げられる。これは、紙片に書かれた文字によっては分断された文字が 1 字であっても、それ以上の数分断されていると判定される場合があったためである。例えば、“づ”といった濁点のある文字が“つ”と濁点に分かれて分断された場合、一方の紙片では 1 文字が分断されていると判定され、もう一方の紙片では 2 文字分断されていると判定される。この問題は、紙片に書かれた文字の検出をラベリング処理で行っているため、文字が複数の連結成分で構成されている場合に多く見られる。この問題の解決には、より高精度に紙片に書かれた文字を検出する方法を導入し、解決したいと考えている。まず、本実装と同様ラベリング処理によって、紙片に書かれた輪郭検出を行う。それに加え、検出された輪郭の重心の位置を分析し、紙片の文字と文字の間の距離を検出することができれば、“づ”を“つ”と濁点に分断した時の、濁点がある紙片の方でも、濁点を一括りにして 1 文字として識別できると思われる。

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。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。本研究では、より紙片同士のマッチング精度を向上させるために、新たな特徴量の導入を行った。新たな特徴量の導入を行ったシステムを利用した検証実験では、68%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。今後はさらなる精度向上と、本提案を利用したシステムの受容性について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ポジウム 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, インタラクション 2018 論文集, pp615-619, 2018.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 富永詩音, 呉健朗, 篠崎涼太, 多賀諒平, 宮田章裕: Transmimic: ジェスチャを真似て情報を受け取る手法の基礎検討, インタラクション 2018 論文集, 2018.
- [7] 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.
- [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提示システム, 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巻, 2011.
- [9] 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.
- [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ョン, 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, pp.1344-1352, 2014.
- [12] 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 with mobile devices and services, pp.187-195, 2008.
- [13] 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.
- [14] Toshihiro Nakae, Shiro Ozawa, and Naoya Miyashita: O-link: Augmented object system for intergenerational communication, In SIGGRAPH' 10 ACM SIGGRAPH 2010 Posters, 2010.