

## 細断文書画像のマッチングによる文書画像復元方法の研究

## A Document Image Restoration Method of Shredded Document Images by Pixel Matching

長元 久幸† 佐藤 隆太郎‡ 土屋 裕太‡ 周東 晃‡ 嶋 好博‡  
Hisayuki Nagamoto Ryutarou Sato Yuta Tsuchiya Akira Syutou Yoshihiro Shima

## 1. はじめに

画像復元には、写真画像の復元や、文書画像の復元などがある[1]。文書画像は、新聞や小説本など様々ある。文書画像を細断化するのは領収書や明細書などの重要書類をシュレッダーなどで細断するのが主である[2]。文書画像を細断した場合、その文書画像を復元する事は、大変困難である。しかし、数学的な側面から見ると、すべての組み合わせを試すアルゴリズムを作成することで最適解を求めることができる[3]。また、画像の性質に着目すると、必ずしも復元できないわけではなく、より効率的な方法で、画像をつなげて一枚の画像を作り上げられることができる。したがって、本研究の目的は、ランダムに配置されたピース画像を一つの画像として完成させる細断文書画像の解法を提案することである[4][5]。

## 2. アルゴリズムの概要と動作原理

## 2.1 原画像の諸元

原文書画像のサイズは幅 1920 画素×高さ 1080 画素(HD サイズ)、分割数は横 16×縦 9(合計 144 ピース)、ピースサイズは幅 120 画素×高さ 120 画素である。なお用意される画像は ppm 形式である。4 辺に当てはまるピースにあらかじめ答えが与えられる(レベル 1 と呼ぶ) [4]。この辺のピースの情報を参考にそれ以外のピースが当てはまる位置を求める。ピースの向きは復元結果と同じ向きで与えられる。ピースは、ランダムに配置され左上から順番に 0~143 まで番号付けられている。

またこの研究では、JEIDA' 93 文書画像のデータベースを使用し、その中から、小説頁 P020201~P020210, P020301~P020310 の計 20 枚を使用した[6]。その際に市販のイメージツールを使用し、縦の文書画像を右に 90 度回転し、画像サイズを幅 1920 ピクセルの縦横比を統一して縮小する。さらに、高さを 1080 ピクセルになるように余白部を切り取り、画像サイズを統一する。したがって、頁の部分領域をサンプル画像とする。

## 2.2 ピース画像の隣接判定

隣接するピース画像は縁辺の画素群が類似していると仮定する。縁辺の画素の類似性を求めて、隣接する注目ピース画像を探索する。

図 1 に示すように、左側のピース画像の右縁辺の画素 P1 の三原色成分を  $r_1, g_1, b_1$  とする。対応する位置にある注目ピース画像内の左縁辺の画素 P2 の三原色成分を  $r_2, g_2, b_2$  とする。縁辺画素の差分  $d$  を次式で算出する。

$$d = |r_1 - r_2| + |g_1 - g_2| + |b_1 - b_2|$$

この差分を縁辺に沿ってその総和(累積値)を求める。

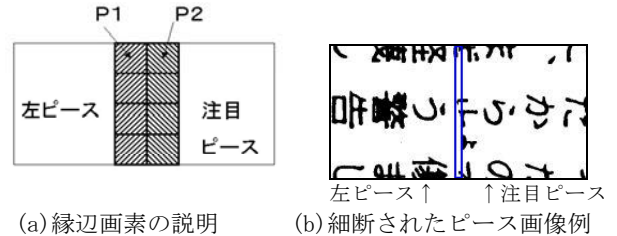


図 1 縁辺の画素の照合原理

## 2.3 動作原理

全体の流れ図を図 2 示す。まず注目ピース位置に該当するピース画像の探索には、4 方向の走査(マルチスキャン)を行う。マルチスキャンにより各スキャンでの候補ピース画像を取り出す。候補ピース画像の取り出しは、注目ピース画像の縁辺と隣接ピース画像より縁辺の各画素値の累積差分を求め、その差分が最小のピース画像を選択する。次に、4 方向の走査により、求めたピース画像結果の多数決をとる。そして、投票数が最多のピース画像を注目ピース位置の画像と決定する。さらに、不確実なピース画像があるピース位置に対しては、再度スキャンを行い、ピース画像を決定する。周囲のピースの累積差分誤差の和が大きければ不確実なピースと判定する。

マルチスキャンでは 4 方向の走査を行う。注目ピースと隣接ピースの配置を図 3 に示す。4 方向の走査は右下方向走査、左下方向走査、右上方向走査、左上方向走査である。例えば、右下方向走査では注目ピース画像に対して上側に隣接するピース(上ピース)との縁辺の画素同士の差分の累積値を求める。また、左側に隣接するピース(左ピース)との縁辺の画素同士の差分の累積値を求める。これらの累積値の和が最小となるピース画像を探索する。

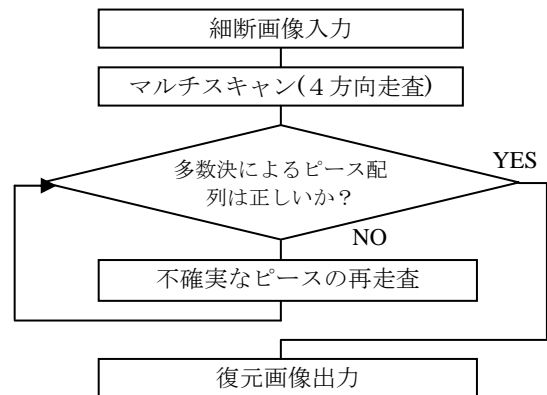


図 2 全体の流れ図

† 明星大学大学院 理工学研究科 電気工学専攻

‡ 明星大学 理工学部 電気電子システム工学科

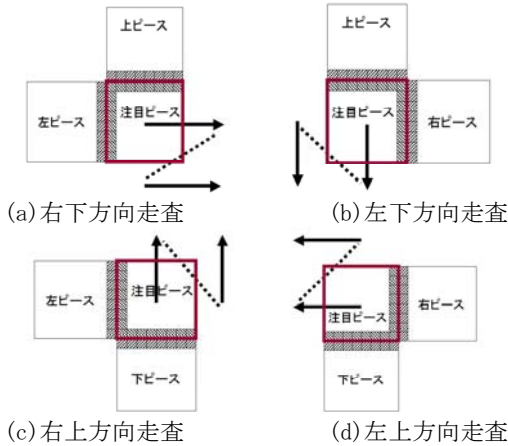


図3 マルチスキャンにおける注目ピースと隣接の参照ピース

図4の画像は、復元して配置された2つのピース画像の一例である。左右の縁辺の画素値が最小となるピースを照合し、正しいピース配列になっている。

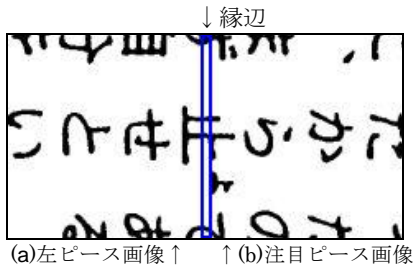


図4 隣接ピース画像

### 3. 画像復元の実験結果

図5に示す細断文書画像を入力として復元実験を行った結果、図6に示す復元画像を得た。表1に文書画像復元精度の測定結果を示す。(a)は復元に使用した画像で全体の枚数と復元した枚数の割合を表している。(b)は全画像のピースと復元した全画像の復元成功したピースを比較した割合を表している。(c)は復元した画像の1枚に対するピース単位の平均の成功率を表している。表2は文書画像の復元処理時間の測定結果である。なお、開発OSは、Windows XP Home Editionを使用した。開発言語はC言語を使用し、CPUは、Celeron 2.40GHz、メモリは1.5GBである。



図5 細断文書画像

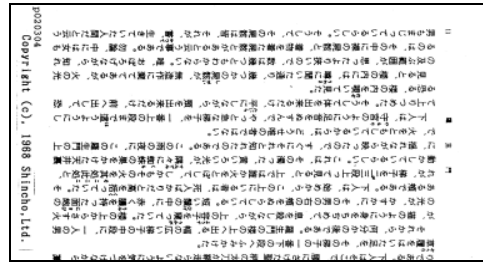


図6 復元画像

表1 文書画像復元精度の測定結果

(a)	ページ単位の復元成功率 (正解枚数/全枚数)	25% (5/20)
(b)	ピース単位での復元成功率 (正解ピース数/全ピース数)	83.0% (4367/5260)
(c)	復元画像1枚に対する ピース単位での平均	88.2% (20枚平均)

表2 文書画像の復元処理時間の測定結果

一枚に対する平均処理時間	0.762秒
最短処理時間	0.640秒
最長処理時間	1.078秒

### 4. まとめ

4方向の走査(マルチスキャン)を考案し、文書画像復元を行った結果、精度はページ単位の復元成功率は全1枚単位で25%であった。また、ピース単位での成功率は83.0%、復元した画像の1枚に対するピース単位での平均は88.2%であった。復元失敗の原因は、ピース画像の画素がすべて白のピースが2枚以上あったときに、縁辺画素の差分の値が近い値を示すためである。

今後の課題として、すべてのピースの位置を不明としたピースに対して、それぞれのピースが当てはまる位置を求める方法の考案がある。また、ピース画像の画素がすべて白のピースが2枚以上あったときの復元方法の考案などが考えられる。

### 参考文献

- [1] 長元久幸, 齋城嘉孝, 栗原貴昭, 三橋理恵, 嶋好博, "細断画像のマッチングによる画像復元方法の研究," MIRU2008 第11回画像の認識・理解シンポジウム講演プログラム, IS2-29, July 2008.
- [2] 豊田陽子 小沢慎治, "言語記述によるジグソーパズルの復元—画像理解の程度のモデル化の試み—," 電子情報通信学会論文誌D, Vol.J70-D, No.12, pp.2535-2544, Dec.1987.
- [3] 和田英一, "計算機用ジグソーパズル," 情報処理学会情報規格調査会, 情報処理, Vol.43, no.8, pp.894-902, Aug. 2002.
- [4] 第11回パターン認知・メディア理解 PRMU アルゴリズムコンテスト <http://www.eml.hiroshima-u.ac.jp/alc2007/>
- [5] 天野敏之 他, "2007年PRMU アルゴリズムコンテスト「ジグソーパズルを完成させよう!—マッチングによる画像復元—」実施報告と受賞アルゴリズム紹介," 電子情報通信学会技術報告(パターン認知・メディア理解研究会), PRMU2007-157, Vol. 2007-12, pp. 125-136, Dec 2007.
- [6] 日本電子産業協会「認識型入力方式調査委員会」JEIDA'93 データベース <http://home.jeita.or.jp/is/committee/tech-std/std/com04.html>