

II - 2 - 3

Merlin-Farberのハフ変換を用いた削屑木簡の再構成

大山 航

1、はじめに

今日、奈良県の平城宮跡等から40万点もの木簡が出土しているが、そのほとんどは完全な形の木簡（図46(a)）ではなく、木簡の削屑（図46(b)）である。もとの情報を読み取るためにも削屑の再構成が求められている。膨大な数の削屑を手作業で再構成をする場合には多くの時間と労力を要するので現実的ではない。このような理由から削屑の再構成を自動で行う手法の開発が求められている。

本研究では、デジタル画像から任意の形状を発見するための1手法である Merlin-Farber のハフ変換 (MF ハフ変換) [1] を用いて削屑木簡を再構成する手法の開発とその有用性の評価を行った。

2、提案手法

本研究では、木簡削屑をジグソーパズルの一片と考えて、接合時の共有境界の長さを最大化するように削屑木簡を再構成する手法を提案する。

提案手法の処理の流れは以下の通りである。

- 1、木簡削屑の画像を入力し濃淡画像にする
- 2、木目の向きを推定し、削屑の方向を正規化する。
- 3、MF ハフ変換により、共有境界の長さが最大となる接合位置を決定する。
- 4、決定された接合位置で削屑画像を接合する。

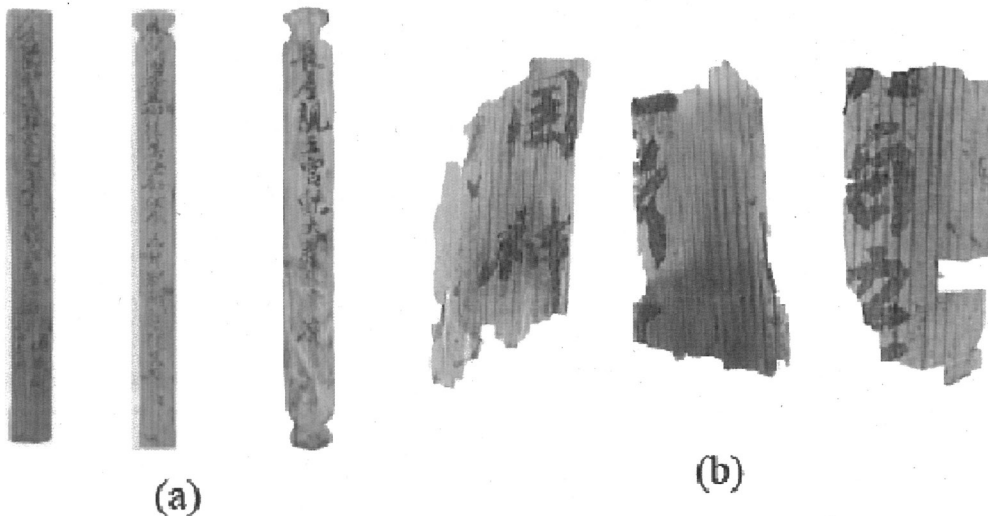


図46 (a)完全な形状の木簡と(b)削屑木簡の例

2.1 木目向きの推定と削屑の方向補正

濃淡画像化された削屑の画像に対し、Sobel オペレータを適用して濃度こう配の強度及び向きを求める。求めた向きに対して0~179度の180個のビンを設定、ビンごとにこう配強度を足し合わせて濃度こう配の向きヒストグラムを作成する。得られたヒストグラムの最大度数を与えるこう配向きを決定し、それに直交する方向を木目の方向とする。木目の方向が画像の垂直軸に沿うように削屑の方向を補正する。

2.2 MFハフ変換による最長共有境界の検出

MFハフ変換は任意の非解析的形状の境界を2値画像から検出する一般化ハフ変換の一種である。手順は以下の通りである。方向が正規化された2個の削屑画像をそれぞれ2値化し、境界線を追跡する。一方の削屑をテンプレート、もう一方を探索図形と呼ぶ。

テンプレート中の任意の1点を原点にした点対称図形を生成する。点対称図形の原点を探索図形の輪郭上に置き、1画素ずつ移動させながら点対称図形の輪郭をハフ平面に描画する。探索図形の輪郭を1周した時点で探索と描画を終了し、ハフ平面上で最も多くの輪郭線が交差した点にテンプレートの原点が存在するようにテンプレートを配置すると、テンプレートと探索画像を共有境界が最長となる位置でつなぎ合わせることができる。

3、有効性検証実験

実際に出土した木簡削屑に本手法による再構成を適用した結果の例を図47に示す。図中(a)、(b)はそれぞれ再構成の成功例、失敗例である。実験に用いた50組の木簡削屑画像中、46組の再構成に成功した。

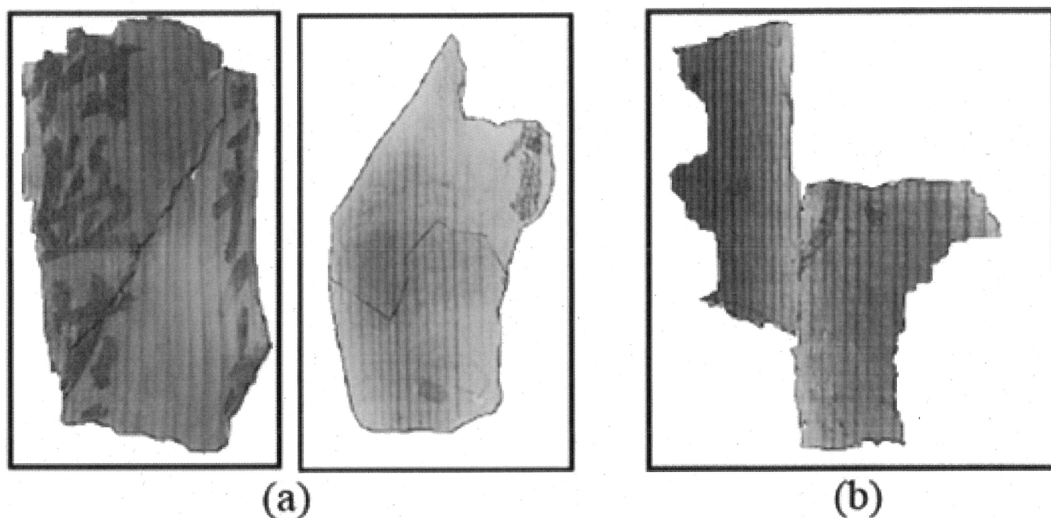


図47 再構成の(a)成功例と(b)失敗例

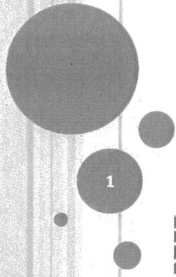
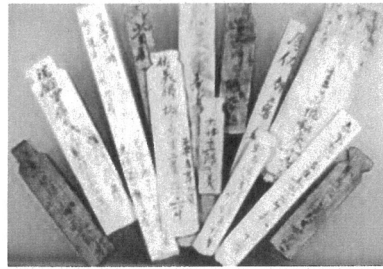
4、まとめ

本研究では、木簡削屑をジグソーパズルの一片と考えて MF 法による最長共有境界検出に基づき削屑を再構成する手法を提案した。検証実験に用いた画像数が少なく、画像数の拡大と定量評価、処理の高速化が今後の課題である。

〔参考文献〕

- [1] P.M.Merlin , D.J.Farber : “A Parallel Mechanism for Detecting Curves in Pictures”
 , IEEE Transactions on Computers , Vol.24 , Issue 1 , pp.96-98 , 1975.

MERLIN-FARBERのハフ変換を用いた削り屑木簡の再構成



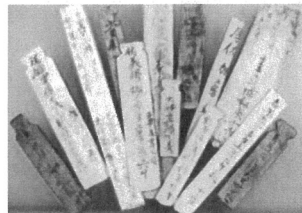
三重大学
大山 航

ohyama@hi.info.mie-u.ac.jp

研究背景

木簡とは

- 墨で文字が記された木片文書の総称.
- 日本では7世紀後半から10世紀前半頃に普及
(紙が高価・低品質な時代)
- 堅牢性・保存性に優れる



2

研究背景

○文書木簡

役所間の連絡, 日常業務の帳簿・記録.

○荷札木簡

物資の内容, 送り主と宛先.

○その他

習字, 落書きなど.



長屋親王宮鮑大贄十編

古代史・文化史上の貴重な史料

3



研究背景

奈良文化財研究所

(<http://www.nabunken.go.jp>)

- 発掘調査,文化遺産の研究.
- 文化財の保存・修理.
- 研究成果の情報発信.
- 木簡データベース

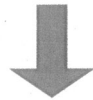


5

研究目的

削りくず木簡の詳細な解析
手作業での再構成は不可能

- 膨大な数の削り屑
- 人件費,時間の問題

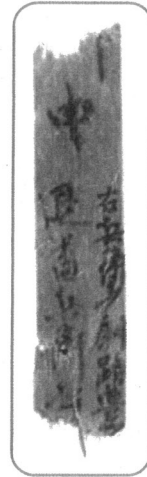
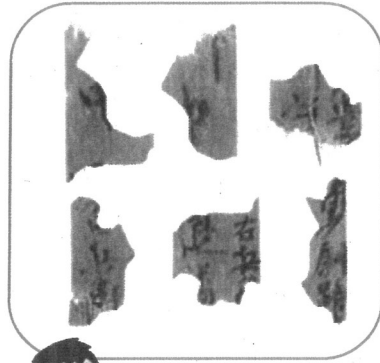


電子計算機の活用

専門家に対する
支援が必要

6

研究目的



木簡ジグソーパズル

7

関連研究: JIG-SAW PUZZLE SOLVING

- Dror Sholomon, Omid David, Nathan S. Netanyahu, "A Genetic Algorithm-Based Solver for Very Large Jigsaw Puzzles", CVPR2013
- D. Pomeranz, M. Shemesh and O. Ben-Shahar, "A fully automated greedy square jigsaw puzzle solver," CVPR 2011
- (たくさんあります)
- H. Freeman, L. Garder, Apictorial jigsaw puzzles: The computer solution of a problem in pattern recognition, in IEEE Trans. on Electronic Comp. EC-13, 2, 1964, 118-127

8

木簡ジグソーパズルの特徴

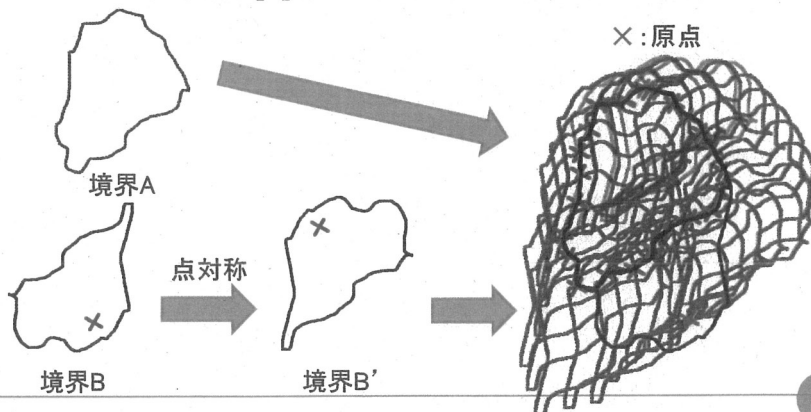
- 画像数（ピース）は膨大
- 正解データは無い
- 組み立てても画像にならない
- 学習用データも無い
（専門家によるアノテーションも無し）
- そもそも組み立てができる保障すらない・・・

- 本報告では、
できるだけ簡単な手法でトライアル

9

MERLIN-FARBERハフ変換

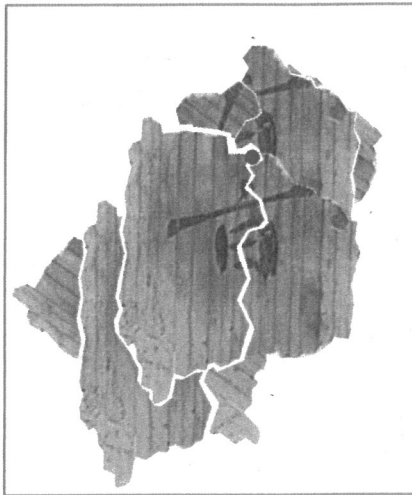
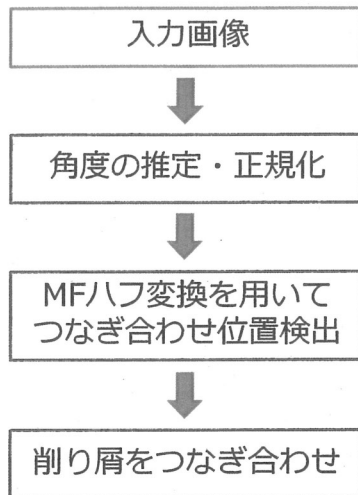
- MFハフ変換[2]による最長共有境界の検出



10

[2]P. M. Merlin, D. J. Farber: "A Parallel Mechanism for Detecting Curves in Pictures",
IEEE Transactions on Computers, Vol. 24, Issue 1, pp. 96-98, 1975

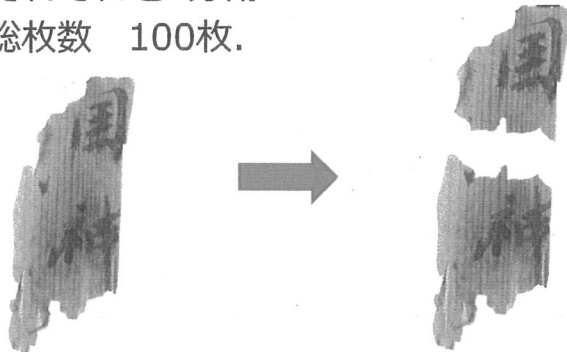
提案手法の流れ



再構成の実験

データセットの概要

- 木目のはっきり出ている画像 50枚.
- それぞれを2分割.
- 総枚数 100枚.



再構成の実験

実験概要

- 用いるデータセット
 - ・データセット 100枚(50組の削り屑)
- 実験方法
 - ・入力画像をつなぎ合う2枚または100枚全て.
- 評価方法
 - ・目視により判定.
 - ・正しいつなぎ合わせであれば成功.

13

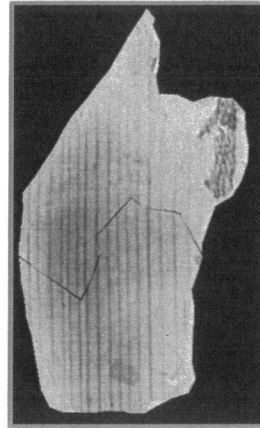
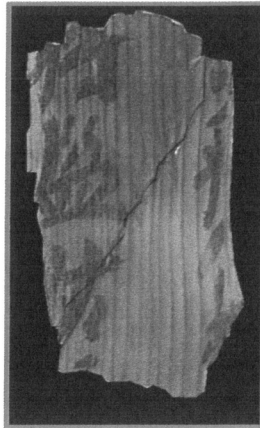
再構成の実験

実験結果

- 入力画像をつなぎ合う2枚にした場合.
 - ・成功率 88% (46/50)
- 入力画像を100枚全てにした場合.
 - ・成功率 68% (34/50)

14

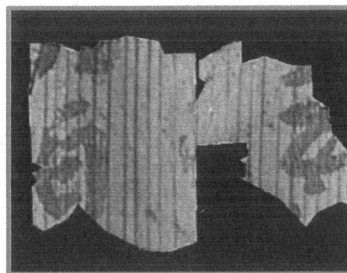
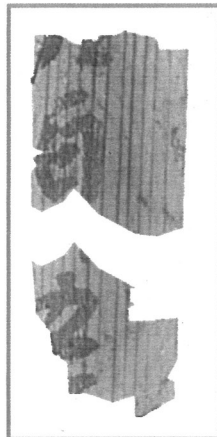
成功例



15

失敗例

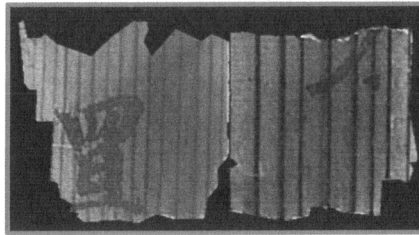
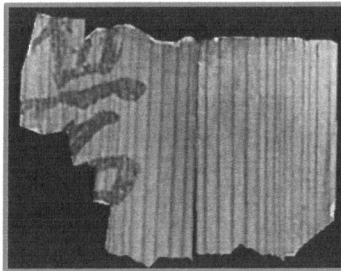
○ 入力画像がつなぎ合う2枚の場合.



16

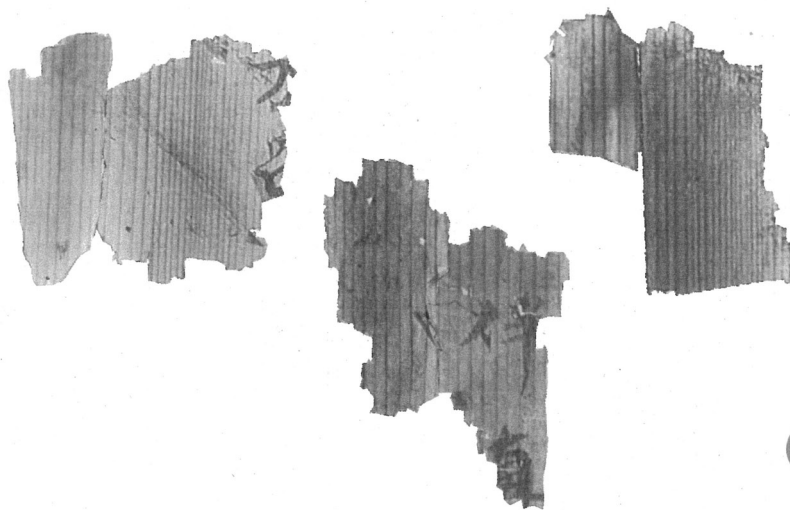
考察

- 入力画像が100枚全ての場合。
 - ・ 木簡の端にある直線状の境界で接続される。



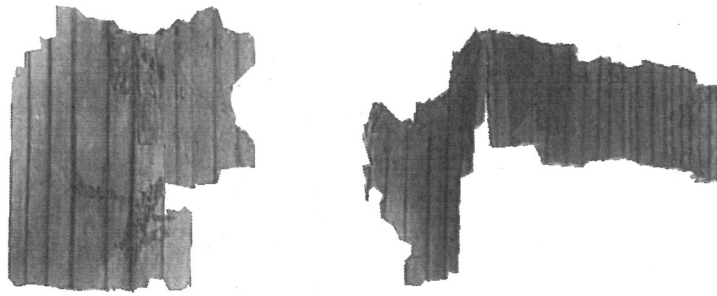
17

実際の削り屑では・・・



18

実際の削り屑



19

まとめ

- MFハフ変換を用いた削り屑木簡の接合手法
- 成功率は入力画像が2枚では88%,
100枚全てでは68%であった。

今後の課題

- 実際の削り屑画像の再構成時には,
それぞれの境界が綺麗に一致しない可能性がある。
しきい値の設定などを改善する必要がある。

20