

# 特徴点間の部分一致を考慮した遺物の自動復元に関する研究

西田義人<sup>†</sup> 田中成典<sup>‡</sup> 安彦智史<sup>†</sup> 上野友里恵<sup>‡</sup>

関西大学大学院総合情報学研究所<sup>†</sup> 関西大学総合情報学部<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

我が国では、年間数千点もの遺物が出土している。遺物は、時代や文明を知るための重要な手掛かりであるが、多くの遺物は破片の状態で見つかり、研究や展示のために元の形状に復元しなくてはならない。しかし、実物を用いた遺物の復元作業では、復元中に遺物を損傷する危険性があり、また、膨大な時間と手間がかかる。そこで、VR (Virtual Reality) 空間上で遺物破片を再現し、遺物復元を支援する研究 [1][2]があるが、3次元空間上での自動復元は困難なため復元作業は手動であり、時間がかかる問題がある。そこで、2次元空間上で自動的に復元を行う研究 [3][4]がある。既存研究 [3][4]は、複数の破片画像を組み合わせることで元の形状を自動復元する。しかし、破片画像から特徴点を正しく得ることができない場合や破片の形状に規則性のない場合に復元できない問題がある。そこで、本研究では、特徴点を正しく取得できないときでも、特徴点間の部分一致を考慮して、複数の遺物破片画像から各破片の形状や色情報を用いることで、遺物画像を自動復元できるような手法を提案する。

## 2. 研究の概要

本研究では、遺物破片画像群を用いて復元遺物画像を構成する手法を提案する。本システム (図 1) は、1) 破片情報取得機能、2) 隣接画像探索機能、3) 隣接画像接合機能で構成される。また、入力は遺物破片画像群とし、出力は復元遺物画像とする。なお、本研究での復元対象は、真上から撮影し、接合する辺を正しく抽出できる破片群で構成された遺物画像とする。

### 2.1 破片情報取得機能

本機能では、各遺物破片画像から辺を抽出し、各辺の情報を取得する。まず、破片画像から

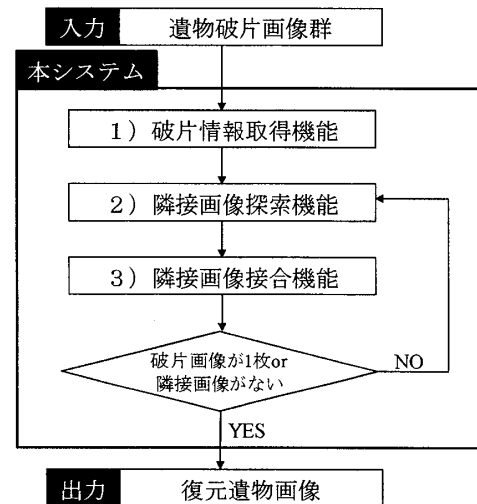


図 1 システムの概要

Rosenfeld らの手法 [5]を用いて、破片の角となる点を取得する。次に、特徴点間を辺と仮定し、形状情報 (形状のヒストグラム、辺の始点から終点までの最短距離、ピクセル数) と色情報を取得する。

### 2.2 隣接画像探索機能

本機能では、2つの遺物破片画像の破片情報を比較し、隣接する破片対を探索する。破片対の探索には完全一致と部分一致を用いる。完全一致では、特徴点間の形状情報と色情報の全ての差分を算出する。また、部分一致では、特徴点間の一部に対して形状情報の形状ヒストグラムと色情報の差分を算出する。そして、差分が小さい破片対を隣接画像とする。探索は、完全一致を優先し、完全一致する破片対がない場合に部分一致を行う。遺物破片画像群が1枚になった場合や、一致する破片対がなくなった場合に探索を終了する。

### 2.3 隣接画像接合機能

本機能では、隣接画像探索機能で取得した2つの遺物破片画像を接合する。隣接画像探索機能で取得した破片対の辺を接合し、辺の形状の差と重ね合わせたときの画像の重なりが少ないものを隣接画像として接合する。隣接画像探索機能と隣接画像接合機能を繰り返し、接合可能

Research on Automatic Restoration of Relic Considering Partial Match between Characteristics

<sup>†</sup>Yoshito Nishita, Satoshi Abiko

Graduate School of Informatics, Kansai University, 2-1-1 Ryouzenji-cho Takatsuki-shi, Osaka 569-1095, Japan

<sup>‡</sup>Shigenori Tanaka, Yurie Ueno

Faculty of Informatics, Kansai University, 2-1-1 Ryouzenji-cho Takatsuki-shi, Osaka 569-1095, Japan

な破片対がなくなった場合に探索を終了し、接合した画像を復元遺物画像として出力する。

### 3. システムの実証実験と考察

本システムの有用性を実証するために、遺物破片画像群の復元精度を検証する実証実験を行った。実証実験では、実際の遺物破片画像の入手が困難であったため、実際に陶器を割ってできた破片をデジタルカメラで撮影し、それを遺物破片画像とした。

#### 3. 1 実証実験

実証実験として、10 種類の破片画像群を用意し、本システムの復元精度を評価した。評価では、破片画像群 (図 2) を本システムで復元した結果 (図 3(a)) と手作業で復元した結果 (図 3(b)) を目視で比較した。そして、正しく復元したものを正解、復元できなかったものを不正解とした。また、本研究で提案した部分一致を考慮した復元手法の有用性を実証するために、完全一致のみを考慮した既存研究[3]のシステムと、完全一致に加え部分一致を考慮した本システムとの復元精度を比較する。

#### 3. 2 結果と考察

実証実験の結果 (表 1) より、10 種類中 8 種類の破片画像群を正しく復元できた。復元できなかった破片画像群は、模様のない破片画像群であり、色情報を用いている隣接画像探索機能が正常に動作しなかったため復元できなかったと考えられる。また、既存研究と本システムを比較したところ、本システムの復元精度が高いことから、部分一致を考慮することで、より正確に遺物の自動復元ができることを実証した。

#### 4. おわりに

本研究では、特徴点間の完全一致のみでなく部分一致を考慮し、複数の遺物破片画像から取得した破片の形状や色情報を用いることで、遺物破片画像群を元の形状に自動復元できるような手法を提案した。実証実験では、完全一致のみを実装した既存のシステムより復元画像を高い精度で自動復元できたことから本研究の有用性を実証した。本研究では、破片の辺の形状情報や色情報を用いて隣接する破片画像を探索するため、遺物破片画像群に別の遺物の破片画像を含む場合においても、遺物の復元が可能であると考える。また、本来遺物破片は 3 次元の物体であり、2 次元情報でなく、3 次元情報を用いて復元を行う必要がある。今後は、3 次元情報を用いた遺物の復元に取り組む予定である。

#### 参考文献

[1] Kanaya, I., Chen, Q., Kanamoto, Y. and Chihara, K. :



図 2 破片画像群



(a) 本システム

(b) 手作業

図 3 復元画像

表 1 実証実験の結果

|      | 既存研究[3] | 本システム |
|------|---------|-------|
| 復元精度 | 4/10    | 8/10  |

Three-Dimensional Modeling for Virtual Relic Restoration, IEEE Multimedia, IEEE, Vol.7, No.2, pp.42-44, 2000.4.

- [2] 渡辺恭弘, 田中和明, 安部憲広, 滝寛和, 木下良正, 横田晃 : MRI による複数破片計測と仮想現実感による遺物の復元, 電子情報通信学会論文誌, 電子情報通信学会, Vol.J82-D-II, No.2, pp.259-267, 1999.2.
- [3] 安原彰吾, 加藤昇平, 加藤諭, 伊藤英則 : 色彩パターンと輪郭形状の重み付き類似度を用いた接合判別法, 電子情報通信学会論文誌, 電子情報通信学会, Vol.J88-D-II, No.7, pp.1308-1312, 2005.7.
- [4] Goldberg, D., Malon, C. and Bern, M. : A Global Approach to Automatic Solution of Jigsaw Puzzle, Computational Geometry, Springer, Vol.28, pp.165-174, 2004.3.
- [5] Rosenfeld, A. and Johnston, E. : Angle Detection on Digital Curves, IEEE Transactions on Computers, IEEE, Vol.C-22, No.9, pp.875-878, 1973.9.