

L4 3次元線図形マッチングを利用した遺物復元のための 破片破断面形状取得法

内藤 博貴† 高橋 章†† 石井 郁夫† 今井博英††† 牧野 秀夫†††
 †新潟大学大学院自然科学研究科 ††長岡工業高等専門学校 †††新潟大学工学部

1 はじめに

遺跡の発掘調査で出土する遺物は、ほとんどの場合破片となって発見される。分析や研究、展示を行なうには、遺物を本来の形状に復元する必要がある。しかし遺物の復元作業は複雑で専門家であっても多くの時間を必要とする。更に復元作業時に破片に損傷を与えてしまうことが考えられる。

これらの問題を解決するため、仮想空間上で遺物復元を支援したり、復元の自動化を行なうシステムの構築に関する研究が報告されている ([4][5][6])。

復元の効率化を考えた際、復元作業の自動化が望まれる。遺物破片を対象としたマッチング問題を解くことにより復元の自動化を行うことは可能であると考えられる。しかし従来の遺物の自動復元に関する研究 [4][6] では、接合する破片同士 (破片対) を2次元的に扱い、2次元でのマッチングを行っているため、平面的な破片しか扱えず、また破片対の3次元的な接合位置・姿勢が求められないという問題がある。

そこでこれまで、3次元でのマッチング (3次元線図形マッチング [1]) を行うことにより破片対の3次元的な接合位置・姿勢を求めるシステムの開発を行ってきた ([2][3])。本稿では遺物復元の効率化を行う上での現システムの課題である破片破断面形状の取得効率化に関する手法を提案する。

2 現在のシステムについて

2.1 システムの概要

本システムで使用するデータは、非接触3次元デジタル化 VIVID(MINOLTA) により取得した頂点データとポリゴンデータからなる図1のような破片データである。



図1 破片データ (左はワイヤフレーム表示、右はポリゴン表示)

図1のような破片データから破片破断面形状を取得し、取得した破片破断面形状を利用したマッチングを行うことにより破片対の接合位置・姿勢の検出を行う。破片破断面形状を破片表面と破断面との境界部分を表

す図2のような2本の閉じた線図形 (破断面輪郭と呼ぶ) により表すことにより少ないデータ量で精度良く破片対の接合位置・姿勢を検出する。

図3,4に本システムを利用して得られた接合結果を示す。接合位置・姿勢に関しては精度よく求めることが可能である。



図3 検出結果 A

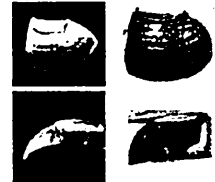


図4 検出結果 B

(それぞれ図の左が検出結果、右は実際の接合の様子)

2.2 現システムの課題

現システムでは破断面輪郭が取得できれば良好にマッチングが行われるが、破断面輪郭の自動取得は未実装であり、前述の結果は手動で破断面輪郭を構成する頂点列を指定したものである。3次元デジタル化で生成されるポリゴンデータから破断面輪郭を直接検出することは容易ではないため、破断面輪郭取得作業の効率化が望まれる。

3 破片破断面形状取得法

本稿では、破片データを断層平面の集合に変換し、各断層平面より破断面輪郭点を取得する手法を提案する。本手法は3.1~3.3のステップからなる。

3.1 主成分分析による破片位置・姿勢変換

破断面輪郭を効率的に抽出するために、3次元デジタル化により得られた破片データを主成分分析し、破片が図5のように原点を中心に xy 平面上に置かれたように変換する。

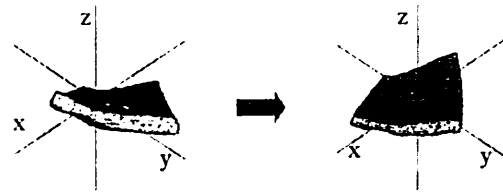


図5 位置姿勢変換

3.2 破片データのリサンプリングによる断層平面集合への変換

破片データを yz 平面と平行な断層平面の集合としてリサンプリングする。リサンプリングの流れは次のようになる。

(1) 交点の算出

- 破片と交差する yz 平面とポリゴンとの交点を算出し、断層平面を構成する頂点を得る。

(2) 交点の連結

- 同一ポリゴンから算出された交点のペアを全て連結し、断層平面を得る (図6)。

yz 平面の位置を一定間隔で変え、(1),(2)を繰り返すことにより破片データを断層平面集合へ変換する。



図6 破片データリサンプリング

3.3 破断面輪郭取得

まずリサンプリングにより得た各断層平面から特徴点検出を行い、破断面輪郭の候補点抽出を行い処理の効率化を図る。

断層平面において破断面と破片表面との境界部分では、接線方向に大きな変化(角)があると考えられる。そこで角度の閾値を設け各断層平面より角の検出を行うことにより候補点抽出を行う。

次に、得られた候補点から以下のような流れで破断面輪郭取得を行う。

- (1) 1つの断層平面を基準断層平面として、利用者が破断面と破片表面との境界となる点を手動指定する。
- (2) 指定した点を中心に「窓」を設け、「窓」と断層平面との交点 a, b を求める (図7)。
- (3) 隣接する断層平面のリサンプリングされた点1点を注目点とし選択、(2)と同様の交点 a', b' を求め交点 a, b との角度 θ, ϕ を求める (図7)。
- (4) 同じ断層平面内で選択する注目点を変え、 θ, ϕ の和が最も小さいときの注目点をその断層平面の破断面輪郭点とする。
- (5) 全ての断層平面から破断面輪郭点を取得するまで(3),(4)を繰り返し、得られた点を連結する。

(1)~(5)の処理を4回繰り返し取得した4本の線図形を2本ずつ連結することにより破断面輪郭を得る。

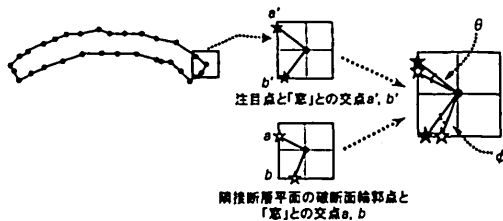


図7 破断面輪郭点決定基準

4 実験・評価

提案した破片破断面形状取得法の実験を行った。図8に結果を示す。



図8 破断面形状取得結果

利用者が全破断面輪郭点を指定するのに比べ、提案した手法では4点を指定するだけであるため、作業も簡易であり時間も大幅に短縮することができた。

5 まとめと今後の課題

破片破断面形状取得のための手法を提案し、破片データから破片破断面形状を破断面輪郭として取得した。実験を行ったデータでは、実際の破断面輪郭と取得した破断面輪郭との大きなずれはみられない。今後の課題としては、様々な破片データで安定して破断面輪郭取得ができるようにすることがあげられる。

参考文献

- [1] Behzad Kamgar-Parsi and Behrooz Kamgar-Parsi, "Matching Sets of 3D Line Segments with Application of Polygonal Arc Matching", IEEE Trans.PAML Vol.PAMI-19 No.10 pp.1090-1099, Oct.1997
- [2] 三木 隆弘, "VR 技術を用いた考古出土品(遺物)の復元支援システム", 新潟大学大学院 自然科学研究科 情報・計算機工学専攻 修士論文 2000
- [3] 萩井 智彦, "VR を利用した遺物復元に関する研究", 新潟大学工学部 情報工学科 卒業研究論文 2001
- [4] 鈴江 正, "接合部位検出に曲線不変量を用いた破片群の再構成法", 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報システム学専攻 修士論文, 1995 2
- [5] Jiang Yu Zheng, エディルナフ, 村田 昭雄, 安部 憲広, "考古出土品の計測保存と仮想復元", 信学技法 Vol97 No.203, IE97-45, pp.25-32, 1997 07
- [6] 堀 謙太, "自動復元のための遺物破片間の接合箇所検出", 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報システム学専攻 博士論文, 2000 3