

陶磁器の 3 次元高精細テクスチャマッピングの一検討 Study on High Definition Texture Mapping Scheme for Pottery and Porcelain

藤村 誠[†] 吉野 祥[†]
Makoto Fujimura Sho Yoshino

1. はじめに

高価な陶磁器の鑑定を行う際には、全体の形状、表面の模様などの特徴とあわせて、ルーペなどによって拡大した表面を観察する。高価な芸術品に相当するような陶磁器、例えば有田焼などにおいて、製作者は販売する品物以外に手元に控え用の作品を同様に製作し保存しており、両者を比較することにより真贋の鑑定を行う場合もある。しかし、近年では販売路も多様化しており鑑定のたびに控えの作品を参照することは困難となりつつある。また、陶磁器であるので不注意により、壊れてしまう恐れもある。

一方、歴史的な文化資源をデジタル化して保存し、それらを安全に活用する有効な手段としてデジタルアーカイブ(Digital Archive)という技術がある。デジタルアーカイブは博物館、美術館、公文書館や図書館の収蔵品を始め、有形・無形の文化資源などを、デジタル化して保存することを元々は意味している。また、近年は、3 次元物体に対してのデジタルアーカイブの研究が進んでいる。

このため、陶磁器などにおいても、3 次元データとして保存しておくことができれば、控えの作品を直接参照しなくとも鑑定が可能となり、また、取り扱い時の不注意による損品も防ぐことができる。しかし、鑑定などでは陶磁器表面の高精細なテクスチャの再現が必要である。陶磁器全体を撮影した比較的低解像度の画像によるテクスチャマッピングによって絵柄などの再現はできているが詳細な絵柄再現については、高解像度画像の推定などを行っても困難である。

本論文では、高精細表示にも対応した陶磁器の 3 次元 CG の作成方式を検討する。陶磁器の 3 次元形状の入力はレーザースキャナを用いれば比較的容易に行うことができ、その際デジタル画像を撮影すればテクスチャマッピングにより、陶磁器表面の絵柄なども再現できる。しかし、実際に陶磁器をルーペで見るなど詳細な表面を再現することは、そのままでは困難である。このため、別に近接撮影で高精細な陶磁器表面画像を撮影し、イメージモザイクで結合させることで 3 次元 CG テクスチャの任意の高精細化を可能とする方式を提案する。

2. テクスチャ高精細化

2.1 全体の処理の流れ

図1に提案手法の処理の流れを示す。まず、対象物の陶磁器全体についてはレーザースキャナで形状計測を行い、対象全体を撮影した画像を用いてテクスチャマッピングを行う。また、高精細テクスチャ画像として、接写レンズを装着したデジタルカメラで対象物を近接撮影する。この

画像は対象部のごく一部分であるため、対象物全体のテクスチャ画像を得られるように撮影する部分を移動しながら近接撮影を繰り返す。なお、近接撮影で得られる画像の範囲は小さいため、対象物全体を撮影できるように何枚も撮影する。その後、近接撮影画像の撮影歪を除去した画像に対して、イメージモザイクで画像を接続し高精細テクスチャを生成する。最後に、得られた高精細テクスチャと対象物全体のテクスチャの部分領域とを探索し、対応関係を求める。

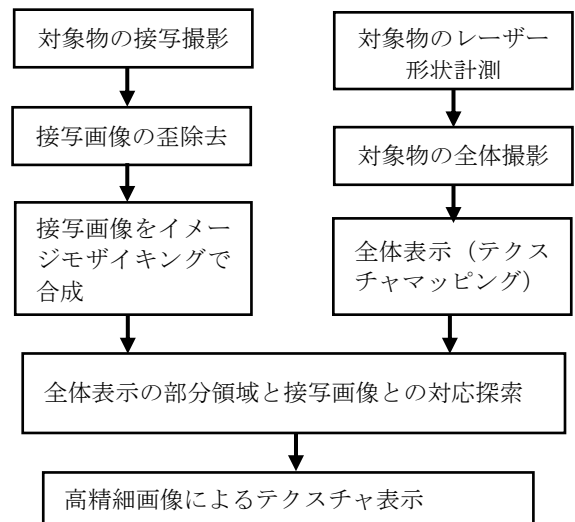


図1 全体の処理の流れ

2.2 高精細テクスチャの生成

高精細テクスチャは接写レンズで撮影した複数の画像をイメージモザイクで接続して生成する。まず、撮影画像の歪を除去するために、接写レンズによる撮影画像の歪の分布状況を確認し、歪が小さい画像中央付近の領域座標を確認する。そして、接写による画像に対して、この低歪領域を抽出する。次に、抽出し高精細画像をイメージモザイクで接続し広範囲の高精細テクスチャを生成する。

歪除去については、まず接写レンズを装着したデジタルカメラでランダムドットパターンのテスト画像を撮影し、Zhang の手法[2]を利用して歪が小さい低歪領域を特定する。次に、撮影した画像から、この低歪領域を抽出する。これは、近接画像の撮影は自由に行えるため、歪補正を行うよりも低歪領域を抽出の方が歪自体を抑制でき、処理に係る手間も低減できると考えたからである。

イメージモザイクについては、接続対象の画像の特徴量を SURF アルゴリズムを用いて求め、対応するマッチ

[†] 長崎大学 Nagasaki University

ングペアを求め、マッチング集合を作る。このマッチング集合に対して、特徴点ペアの角度から誤マッチングのペアを求め取り除く。残りの正しいマッチングペアから 2 枚の画像の接続パラメータを求め、接続を行う。

2.3 高精細テクスチャと一般テクスチャの対応

対象物体全体は形状データにテクスチャマッピングされた低解像度画像である。この低解像度のテクスチャ画像と高解像度画像の対応を求め高精細画像を表示させるため、テンプレートマッチングを行なう。このテンプレートマッチングで対象物体全体が写った画像上の高精細画像が対応する位置を求める。なお、高精細画像と全体画像では、解像度が異なるため、高精細画像をバイキュービック法を用いて探索できるように解像度を落とす必要がある。

3. 評価実験

3.1 実験条件および目的

図 2 は実験対象の猪口である。猪口は直径 6.8cm、高さ 4.4cm であり、模様として黒の斑点などがあるものを使用している。接写レンズを装着したカメラは三脚に固定し対象は回転台に置く。カメラはピントが合う限界まで接近させる。自動回転台を回転させて撮影を行うので、連写設定をして撮影を行なう。また、これにより等間隔に平行移動した画像が得られる。また、形状計測はレーザと CCD カメラを用いて行い、形状データと低解像度の画像はあらかじめテクスチャマッピングをしておく。

実験に使用した機器などは次の通りである。レーザースキャナは DAVIDLASERSCANNER であり [3]、実験対象全体を撮影した CCD カメラは、LogitechQcam pro 9000 (解像度:720 × 1280 画素) である。近接撮影には、CASIO EX-F1 (解像度 2816 × 2112 画素) に接写レンズ (Kenko CLOSE-UP LENS AC NO.2, 焦点距離 500mm) を用いた。また、実験環境は、Ubuntu11.10 上で g++および OpenCV2.3.1 である。

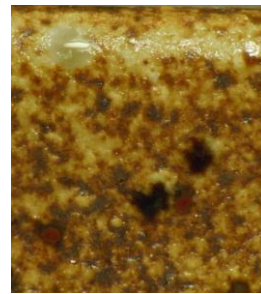


図 2 実験対象

3.2 実験結果

図 3 に近接撮影した接写画像から低歪部分を抽出したものを示す。なお、これらの画像は約 128.6 画素/mm であり、全体画像は約 4.8 画素/mm である。図 4 はモザイクによる合成画像である。この合成画像は、接写画像 16 枚を用いて合成されている。この図より、個々の高精細画像を合成することで、テクスチャの高精細化画像を作成可能であることがわかった。

図 5 は全体画像である猪口画像の一部と高精細画像を示している。図の(a)は対象物の全体画像である。猪口の表面に模様付きのテープは、今回の全体テクスチャと高精細テクスチャとの粗い対応探索するための補助として利用した。また、図中の白い枠および黄色の枠の部分について対応を探索した。図の(b)および(c)は、それぞれ黄色枠および白枠に対応する高精細画像であり、探索結果が良好であることがわかる。



(a) 1 行 1 列目



(b) 1 行 2 列目

図 3 接写画像

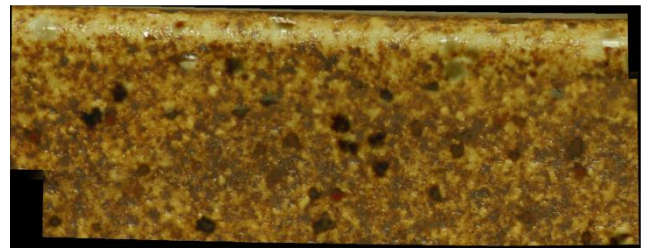
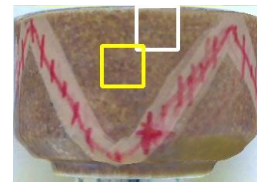
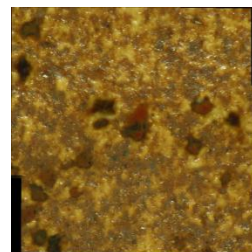


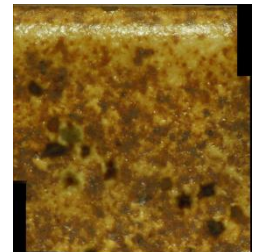
図 4 イメージモザイクによる合成画像



(a) 全体画像のテクスチャ



(b) (a)の黄色枠に対応



(c) (a)の白枠に対応

図 5 全体テクスチャと高精細テクスチャとの対応探索

4. むすび

陶磁器の 3 次元 CG の表現において、全体像を表す低解像度の画像テクスチャおよび近接撮影で得た高精細画像を用意しておき、必要に応じて解像度の異なるテクスチャの対応位置を求め、表示する方式を提案した。

今後の課題は、高精細画像の記憶法および猪口のような簡単な形状だけでなく、更に難しい形状の陶磁器への適用などである。

参考文献

- [1] 深谷正和 他, “3 次元形状の推定に基づく歴史的資料の高精細記録”, 情報処理学会研究報告 Vol.2010-DD-74 No.3, 2010
- [2] Zhang, “A flexible new technique for camera calibration”, IEEE Transactions on Pattern, Analysis and Machine Intelligence, 22(11):1330-1334, 2000
- [3] DAVID 3D スキャナー, <http://www.david-laserscanner.jp/>, (2013)