

画像処理による凹凸面の輪郭抽出

電子部 飯屋一昭, 久保敦

Profile Extraction of an Uneven Aspect to be Depending on Image Processing

Kazuaki KARIYA and Atsushi KUBO

電気鋳造により作られた仏壇用の装飾金具は、平板から模様が浮き出た形状で全体で単一色であり、多色を使って表現された模様のように輪郭が鮮明でない。このような凹凸で表現された模様金具の輪郭抽出の手法について検討した。被計測物の上から CCD カメラで画像処理装置に画像を取り込み模様の抽出を行った。また、画像処理だけで輪郭計測が行えない部分は、レーザ変位センサを用い模様の凹凸を計測して切取加工用の輪郭線の判定を行った。同様な色合いの模様金具については、切取加工用の輪郭線の計測ができた。

1. 緒 言

高級仏壇の装飾金具等は電気鋳造により作られ、平板に模様が浮き出た形状をしている。模様は花模様を中心に数多くデザインされきめ細かく複雑な模様で芸術作品ともいえるような製品が大半を占めている。

現状の製造工程は、浮き出た模様の輪郭線に沿って手作業で切取加工を行い、原盤の製造も熟練した彫刻士が手作業で行っている。

製造初期から CAD 等を利用し、工程の自動化を前提とした一般の工業製品と異なり、手作業で緻密にデザインされた模様は、切取加工用の輪郭線の数値化が困難であり工

程の自動化を行いにくい。原盤作りに携わる技術者が CAD 等を利用したとしても芸術性のある製品に仕上げるには、長期間の訓練が必要となる。

手作業でデザインされた模様の、切取加工用の輪郭線を数値化できれば、データベース化することで NC 加工機等の利用が可能になり、また、リアルタイムに NC データ化できれば、切取加工工程を自動化できる。

他業種においても同様の製造工程が多数あり自動化への改善が望まれるところである。

本年度は、画像処理技術を用い電気鋳造で作られた装飾金具の切取加工用の輪郭線を抽出する手法について検討した。

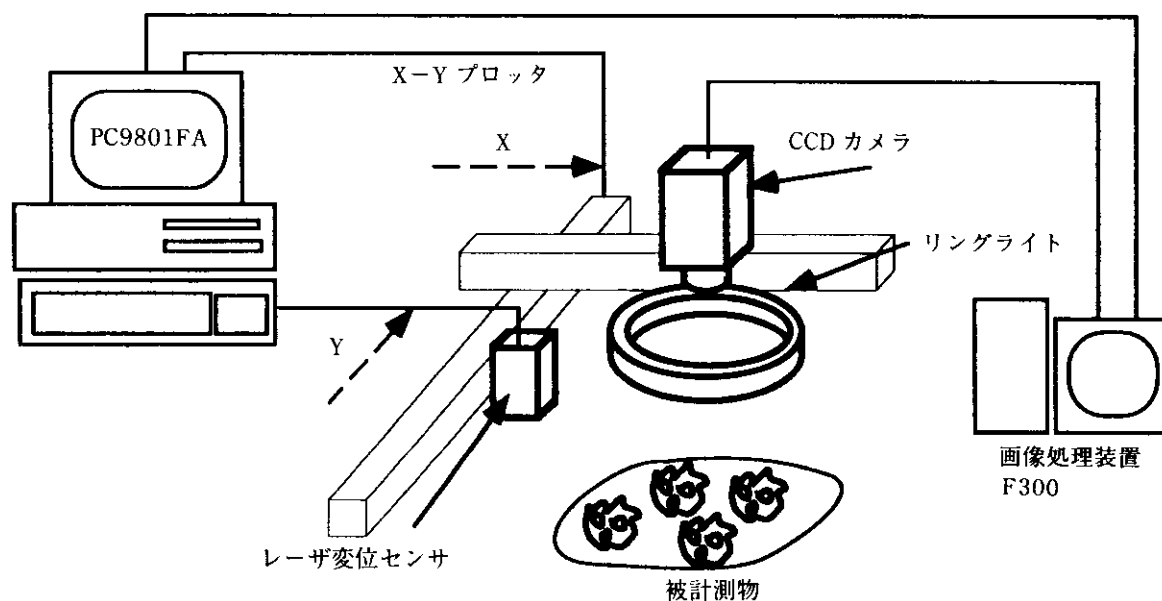


図1 機械の構成図

2. 機器の構成

電気鋳造、プレスによって作られた製品は全体が同一色で、3次元的な形状のため、CCDカメラからの画像データだけでは、模様凹凸部の正確な形状判断が出来ない。

3次元形状の測定に限定すればレーザー変位センサをX軸・Y軸に沿って等間隔で計測することにより形状の測定が可能である。しかし、この方法では計測精度に比例して計測時間が膨大になる欠点がある。

以上のことから本システムでは、CCDカメラからの画像データにレーザー変位センサで測定した模様の高低差を加えたデータで処理を行う機器構成にした。図1は本システムの機器構成図である。

装飾金具は平板に模様が浮き出た形状であり、凸部面の模様輪郭線に沿って切取加工を行うため凸部面を計測面とした。

計測対象となる模様に光が均等に当たるよう被計測物の垂直上方からリングライトで照明を当て、CCDカメラをリングライトの上方にセットして画像データを取り込む。

計測面の模様の高低差を計測するため、XYプロッタにレーザー変位センサを取り付けAD変換器を通してパソコン(PC9801FA)と接続している。システム全体の制御はパソコンで行っている。レーザー変位センサは、1mm当り1.6mAの変化量で測定距離は5cm±0.5cmである。画像処理装置の画面構成は512×484画素で1画素256階調の濃淡画像である。また、1画素の一辺の距離を0.25mmに調整した。

画像処理装置とパソコンはRS232Cケーブルで接続し画像解析・輪郭抽出を画像処理装置を行った後、パソコンにデータを転送する構成にした。

3. 実験方法

3.1 全体概要

切取加工を行う輪郭線は平面から模様が浮き上がる境界線部分であり、多くの場合切取られる部分は模様の外側だけでなく模様内部にも存在する。また、浮き上がっている模様の表面は平坦でなく緻密な花模様が彫刻されている特徴がある。以上のことから次の方法で実験を行った。

模様を斜めに横切るように計測ポイントを決めレーザー変位センサで計測する。計測された高低差から模様が一番近いと思われるポイントを決め、座標を画像処理装置に送る。画像処理装置では送られた座標からX軸方向に模様の輪郭を捜す。模様輪郭の端点分かれば模様の境界線をたどる

ことで外の輪郭を計測できる。次に、計測された輪郭内部の切取加工用の輪郭を捜す。画像処理装置内で捜し出した輪郭のデータは加工されない部分のデータも含むため、レーザー変位センサで確認し不要データを削除した後、模様内部の輪郭計測を行う。

3.2 計測開始点の位置決

模様の外輪郭の端点を捜し出すための起点を図2に示す。輪郭計測の開始点をA点、A点を捜すための起点をB点とする。

画像処理装置のモニタ上の右下から左上に等間隔で11ポイント計測し、計測面の高低差から模様(凸)と平面部分を分けるしきい値を決定する。画像処理装置ではB点からX軸のプラス方向にA点を探すようにプログラムしてある。このため、B点を満足する条件は、 y_1 と y_2 の間にあり、かつ、模様の左側になるような座標となる。模様の形状が長方形の場合、計測した11ポイント中に先の条件を満足する座標がない場合がある。模様が一番近い点からY軸プラス方向に補完し、条件を満足しなければ、この点を起点にX軸マイナス方向に再計測を行いB点を決定し画像処理装置に座標を転送する。

模様は上方から照明を当てると模様の輪郭線付近が傾斜しているため画像データの濃淡差が大きく、平面部分は濃淡差が輪郭線付近より小さい。B点からX軸プラス方向に濃淡差を調べてゆき濃淡差が急激に大きくなった点をA点とした。

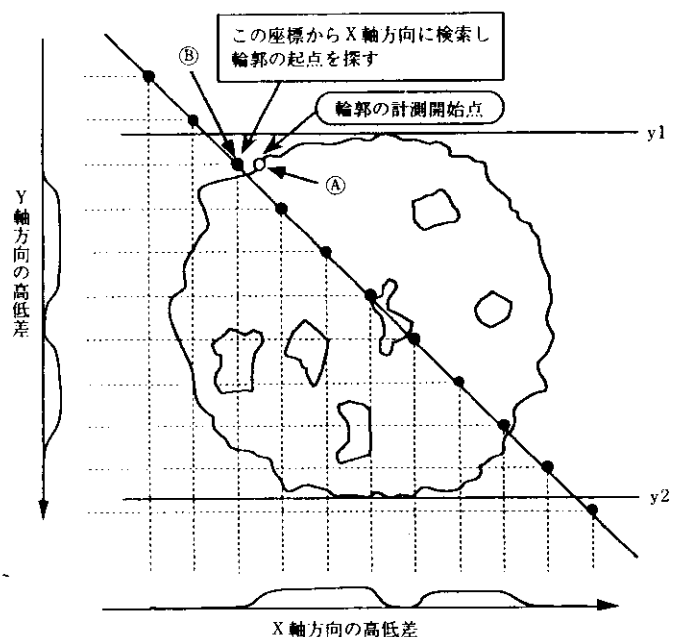


図2 変位センサでの計測開始点検索

3. 3 濃淡画像を用いた輪郭の計測

模様は色相差のない茶褐色一色で凹凸のみで表現されている。写真1は模様の外輪郭を強調した2値画像、写真2は模様の内部輪郭を強調した2値画像、写真3は256階調の濃淡画像である。

写真1は、内部模様が鮮明でなく模様の輪郭線が途中で切れ内部模様が隣同士で同一化されている部分がある。写真2は、模様内部は鮮明であるが模様の外の輪郭が周辺のノイズと重なり正確な輪郭となっていない。コントラスト補正を行っても同様であり、エッジ強調を行っても正確な輪郭とはならない。

白い用紙に黒インクで描かれた模様のように輪郭の濃淡差が極端に大きい場合は、2値化のしきい値に幅があり輪郭線が変化することはない。ところが電気製造で作られた製品のように凹凸のみで模様が表現されたものは輪郭付近の濃淡差が前者に比較して小さく、しきい値が的確な値でないと輪郭線が変動する。また、被計測物の表面の色、照明の明るさにも影響され輪郭線が変動する。このようなことから2値化のしきい値の決定は容易でない。写真3の濃淡画像は写真1、2に比較して模様内外の輪郭が鮮明であり、ノイズの影響も非常に少なく容易に輪郭線を識別できる。

今回の輪郭計測では濃淡画像を用い必要部分の画像領域を2値化する手法で行った。

図3は11×11画素の濃淡画像の保持値と2値表示を示したものである。図2のA点を中心に11×11画素を取り出し、

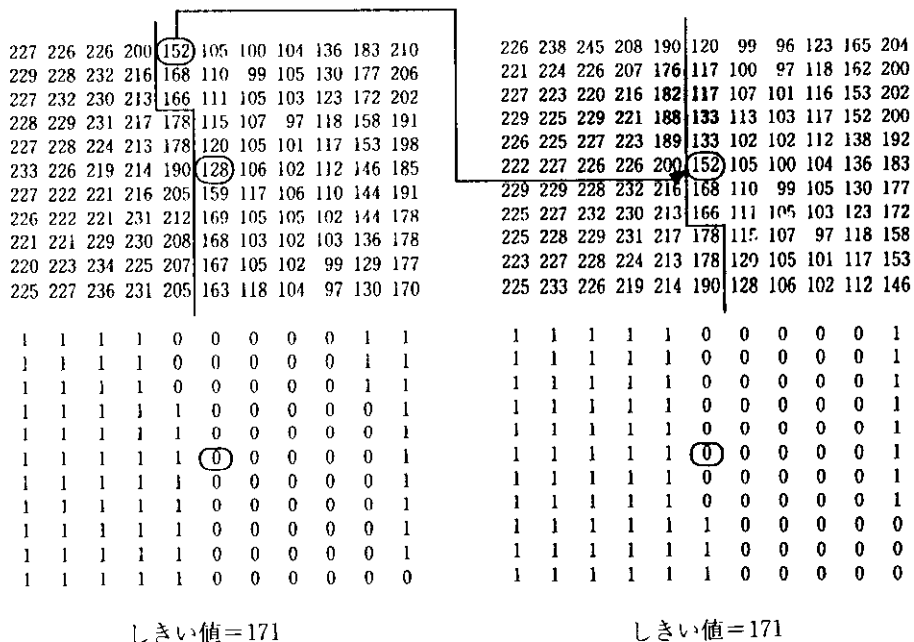


図3 11×11の2値化と輪郭線

2値化した121画素から輪郭線を取り出すようにした。2値化のしきい値は中心点が2値の変わり目になるように決定した。輪郭線は2値化した11×11画素の中心点から2値の変わり目を計測することにより抽出できる。

輪郭線をたどって切り取った画素の周辺に輪郭線が来た位置を次の11×11画素の中心点とし、A点にたどり着くまで計測を続ける。

3. 4 模様内の輪郭抽出

模様内の切取加工輪郭の特徴は、模様外部の輪郭線同様に底が平坦になっており、輪郭線の高さも同じである。

リングライトの照明はリングの中心部がリングの外より明るくなり、模様内部の平坦面は、画像として取り込んだとき白くなり濃淡差が小さくなる。

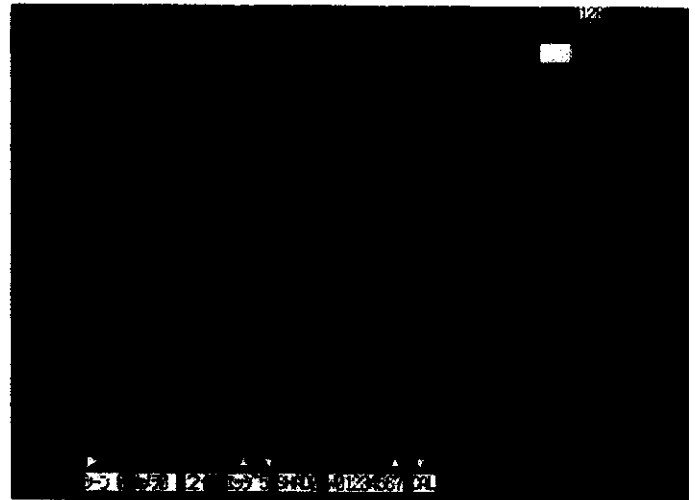


写真1 模様の外の輪郭を強調した2値画像

模様内の切取加工輪郭の抽出は、3.3で計測した輪郭の内部を3×3画素の白い部分を探し出す。図4は、模様内部の白い3×3画素の分布図である。白い部分は、模様内部全般にあり、模様の凸部にも多く含まれている。

3.5 レーザ変位センサによる確認

図5は、図4の座標を変位センサで測定し、模様の凸部データを削除して切取加工輪郭内の座標のみを表示したものである。計測初期に決定した変位センサのしきい値を用い模様の凸部と凹部の識別を行う。輪郭付近の傾斜した部分に計測座標があった場合は、変位センサで計測できない場合がある。この座標は、底の平面ではないので凸部として処理した。

図6は、抽出された模様の輪郭データである。

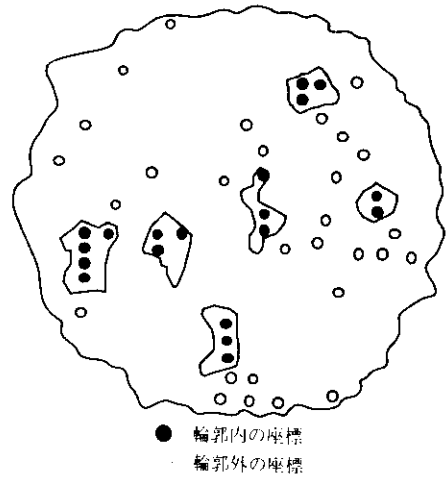


図4 内部輪郭の検索

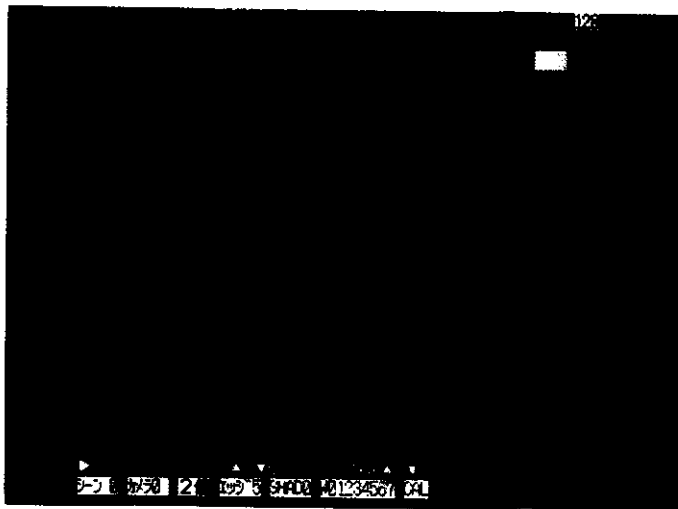


写真2 模様の中の輪郭を強調した2値画像

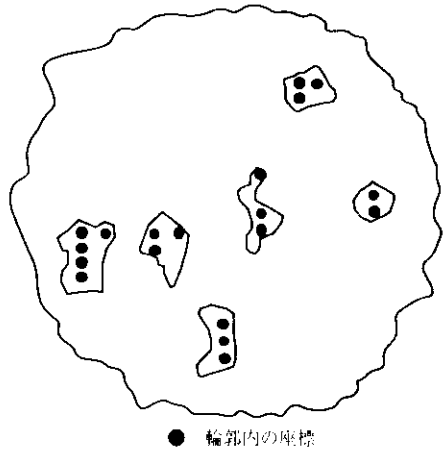


図5 プロッタからのデータ

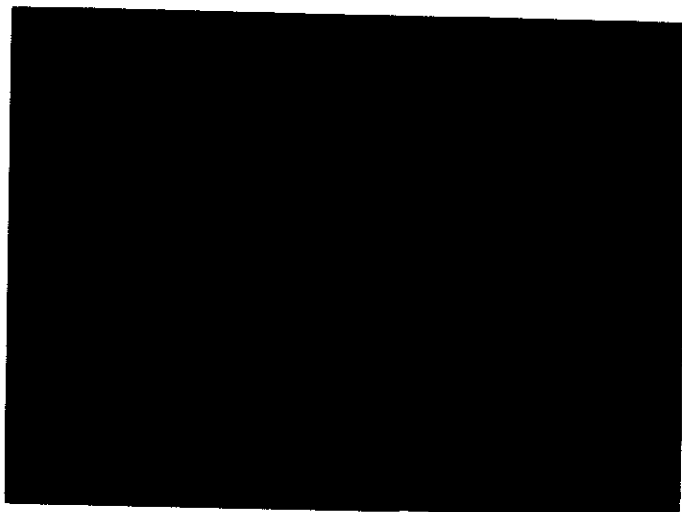


写真3 濃淡画像

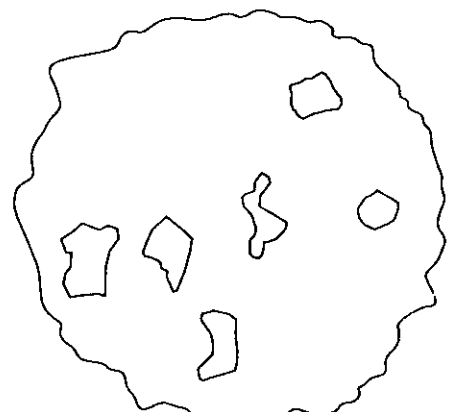


図6 抽出された輪郭

4. 画像全体を2値化しての輪郭抽出

画像全体を2値化する手法についても実験を行った。

被計測物の交換時に照明及び2値化のためのしきい値を人為的に微調整することで計測可能な画像データにできる。実験システムは濃淡画像と同様である。

計測は、画像入力と同時に画像全体を2値化し図2のA点から2値の変わり目を計測した。内部の輪郭計測でも同様に行った。

5. 実験に用いた電気鑄造製品

電気鑄造で作られた仏壇装飾金具は、製造後母型から外した状態で保存しておき、仏壇製造工場等からの注文に応じて切取加工を行う。このため、保存期間が大きく異なり種々の色合いのものがある。多数を占めているものは表面が酸化し全体が同一色になっているものである。これらのことから今回の実験では計測対象を表面が酸化し全体がほぼ同一色になっているものとし、製造直後の製品で表面に色むらが多いものは対象外とした。

実験に使用した電気鑄造製品は次のものである。

- (1)大柄の花模様で表面全体が茶褐色で均一の色合いのもの
- (2)複雑な花模様で表面全体が茶褐色で均一の色合いのもの
- (3)(2)と同様の模様で表面色が(2)より明るいもの
- (4)花模様の輪郭が長方形に近く表面全体が茶褐色で均一の色合いのもの
- (5)(1)と同様で表面に曲がりがあるもの
- (6)(2)と同様で計測面の裏側に突起した部分があり計測面が傾くもの
- (7)表面処理をした光沢のあるもの

である。これらは、一つの実験材料上に複数の模様があるものを選択した。また、表面色は茶褐色ではあるが、それぞれ微妙に色合いが異なる。

上記の実験材料を縦方向及び横方向の2方向で計測した。

6. 実験結果

6.1 濃淡画像を用いた実験結果

実験材料(1)~(4)は縦横2方向ともに輪郭線の抽出ができた。しかし、計測ごとに数mm程度実験材料の位置を変えると輪郭線が1, 2画素程度変化した。実験材料(5), (6)は平板上の模様の位置によっては一部に輪郭線を計測できない

ものがあった。また、実験材料の方向を変えると計測できないものがあった。実験材料(5)については、表面の曲がりを延ばすことで計測できた。実験材料(7)は、模様の表面が光り計測できなかったが、照明の明るさを人為的に調整することで計測できる模様が一部にあった。

6.2 画像全体を2値化した場合の実験結果

実験材料(1)~(4)について実験した。

実験材料を取り替えるごとに、人為的に照明の明るさを調整することで実験材料(1)~(4)は輪郭線の計測ができた。しかし、同じ模様を数回計測した場合、それぞれの計測ごとに照明の明るさが異なるため輪郭線が4画素~6画素程度変動することがあった。また、2値化のしきい値を変えて計測しても輪郭線が4画素~6画素程度変動した。実験材料で輪郭線の鮮明なものについては、正確に計測できた。

7. 結 言

実験の結果、濃淡画像を利用することで実験材料(1)~(4)のものについては正確に輪郭線の抽出ができた。また、表面の微妙な色の差にも対応できることが分かった。実験材料を5mm程度ずらして計測した場合に輪郭線が2画素程度変化するが、切り取られた模様金具の形状変化は小さいと思われる。

また、画像全体を2値化した場合は、濃淡画像を用いた場合と比較して計測された輪郭線の精度が悪い結果になったが、逆に計測時間は短い結果となった。鮮明な輪郭線の模様であれば濃淡画像を用いた場合と同様な輪郭計測ができた。

今回、実験に使用した電気鑄造製品は凹凸で表現された製品の一部であり、他にも模様の形状、表面の色等が異なるものが多数ある。他業種においても同様なものは数多くあり利用方法によっては様々な展開が図れる。今後は、模様の形状、表面の色の違いなどで生じる計測誤差、計測精度の改善を図りたい。

参 考 文 献

- 1) 尾上守夫：“画像処理ハンドブック”，昭晃堂（1988）
p. 263
- 2) 森 俊二：“画像認識入門”，オーム社（1988）
- 3) 畔津明仁：“基礎からの映像信号処理”，CQ出版社（1991）