

光切断法による三次元形状計測と輪郭抽出

電子部 ○仮屋一昭, 上藺剛
機械技術部 岩本竜一

1 はじめに

仏壇金具等の装飾金具は、形状が平たく、模様が複雑なため、既存の3次元形状計測機等で簡単に計測できない。このため、レーザスリット光とCCDカメラを用いた簡易な3次元形状計測を行うシステムを構築し、加工輪郭線の抽出を行った。

2 光切断法を用いた3次元形状計測

2.1 計測システムの構成

図1は、本システムの構成である。XYテーブルの垂直上方に、CCDカメラを1台設置しCCDカメラの視野の中心付近で平行になるように調整された、レーザスリット投光器（以下スリット光源）が2台設置してある。CCDカメラと接続された画像処理装置（株）ファーストCSC901a）は、データ処理終了後、XYテーブルを次の計測位置に移動する。計測終了後データをパソコンに転送する。

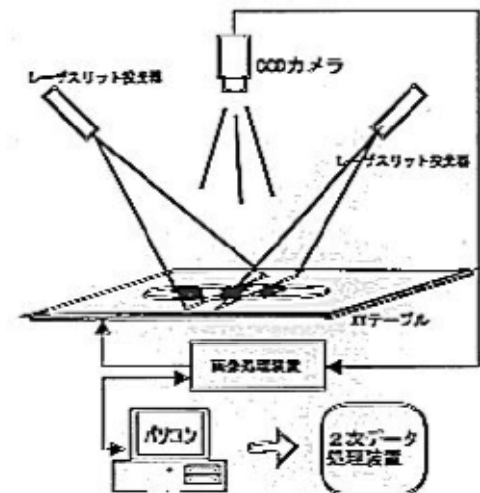


図1 システム構成図

2.2 光切断法による計測原理

図2はCCDカメラから入力された計測中の画像データである。L1, L2は、初期較正時に設定された計測基準線（XYテーブルに被計測物がない状態のスリット光）である。L1, L2から2値化されたスリット光までの画素を計数（Y1, Y2）することで3次元計測を行う。図3は、3角測量法による原理図である。計数された図2のY1 (PA)を線OBとすると、スリット光源とXYテーブルのなす角 $\angle AOB = \theta$ は一定であるため、高さABは次式で求まる。

$$\begin{aligned} \text{高さ} AB &= OB \times \tan \theta \\ &= Y1 \times \alpha \end{aligned}$$

計測されたデータは、図2のように画像の画素を計数したものであるため、実座標に次式で変換する必要がある。XYテーブルの横座標をX、縦座標をY、垂直方向をZとすると

$$X \Leftarrow \text{画像データのX座標} \times \text{X座標の1画素の距離}$$

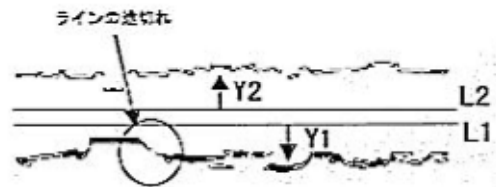


図2 計測中の画像データ

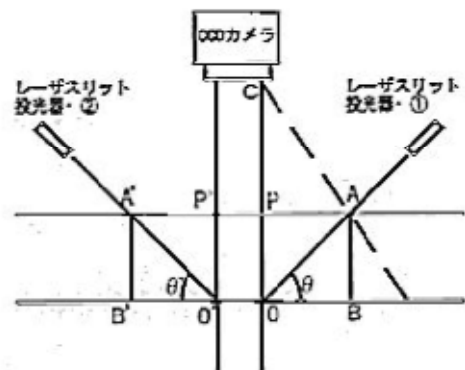


図3 計測原理図

$Y \doteq$ OBの画素数 \times Y座標の1画素の距離 $+$ XYテーブルの移動量

$Z \doteq$ OBの画素数 $\times \alpha \times$ Z座標の1画素の距離

※XYZの1画素の距離, XYテーブルの移動量, および, α は, システム初期較正時に設定
また, XYテーブルとCCDカメラ間の距離OCに対しOBが大きい場合はXYZに補正を行う必要がある。

2. 3 計測結果

図4は, 図3のスリット光源①および②の計測データの一部をプロットしたものである。■がスリット光源①, ○がスリット光源②である

スリット光を一方向から投影した場合は, 凹凸部の陰になる部位が計測不能であるが, スリット光源をCCDカメラを中心に対称に配置することで, 陰部の計測が可能であった。また, 被計測物が, 複雑な形状になると, 一方向からの計測では, 図2のスリット光のラインのように途中が途切れ計測できない箇所があったが, 2方向からの計測では, どちらかのラインで計測している場合が多く, ラインの途切れによる計測ミスが少なくなった。図5は, スリット光源①および②で計測されたデータを合成し画像化したものである。画像位置 (X, Y) に対し高さZをモノクロ256階調で表している。濃度の明るい部位が高く, 暗くなるほど低い部位である。

本システムでは, 16万ポイントの計測に要した時間は約12分であった。接触式の3次元計測機に比べ高速計測が可能であった。

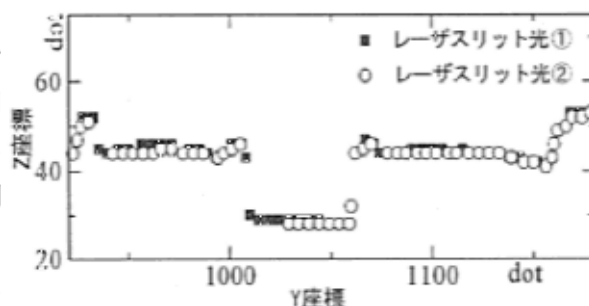


図4 2方向からの計測データ

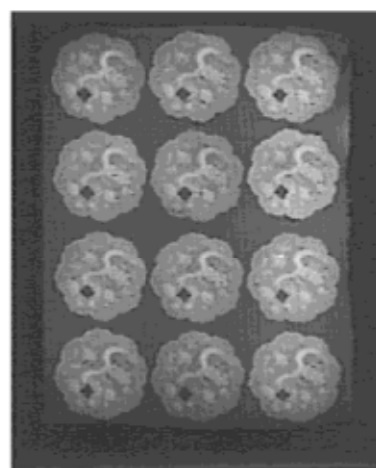


図5 画像化された計測データ

3 加工輪郭線抽出

図5は, 仏壇金具の計測データである。金具は, 平坦部から模様部分が切取加工され一部品となる。切取加工輪郭線は, 模様の外周輪郭, および, 模様内部でベース部と同様の高さの窪み部分の輪郭である。3次元計測されたデータから加工輪郭線の抽出が可能であればNC加工機等が利用できるため, データ活用法として加工輪郭線の抽出について検討した。

3. 1 計測データの補正

図5の画像データに点在する黒い点は, 2.3計測結果で述べた理由により計測されなかった部分である。図6は, 図5の画像のX方向とY

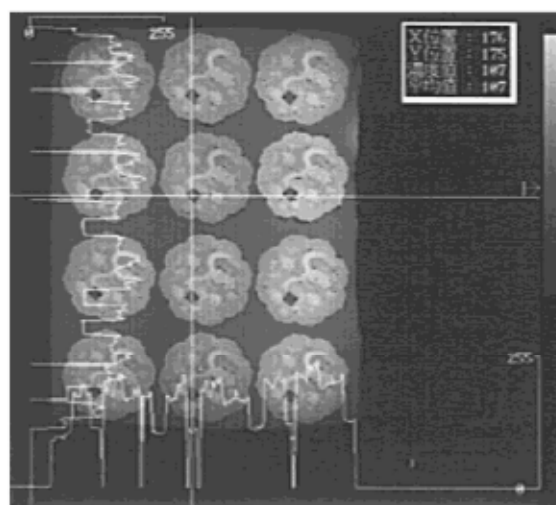


図6 合成されたデータの未計測部

方向の同一線上の濃度をグラフ化したもので、濃度値が極端に低い部位は計測されていないことがわかる。このため、輪郭線抽出の前処理として未計測部の補正を行った。未計測部は、高さの変曲点付近に現れやすく、また、周辺画素の濃度値より低い濃度値となる特徴がある。X軸方向、Y軸方向の4画素を調べ最小値を補正值とした。

3. 2 輪郭抽出

図7は、未計測部の補正を行った画像とY軸方向の濃度のグラフである。グラフからベース部が平坦でなく、かなり歪曲していることがわかる。このため、単一濃度のしきい値では、正確な輪郭線を抽出できなかつた。求める加工輪郭線は、模様部とベース部との境界線である。この輪郭線は、ベース部から急激に濃度値が高くなるためエッジ強度が強くなり、逆にベース部は、歪曲しているものなだらかな曲面のためエッジ強度が弱い。ベース部を除去し、模様部の外周加工輪郭線を抽出するため、X・Y方向に微分処理を行いエッジ強度を求め、模様部の外周加工輪郭線を抽出した。模様内部の加工輪郭線は、外周加工輪郭線の濃度で模様内部を2値化し輪郭線を求めた。図8は、抽出した加工輪郭線である。

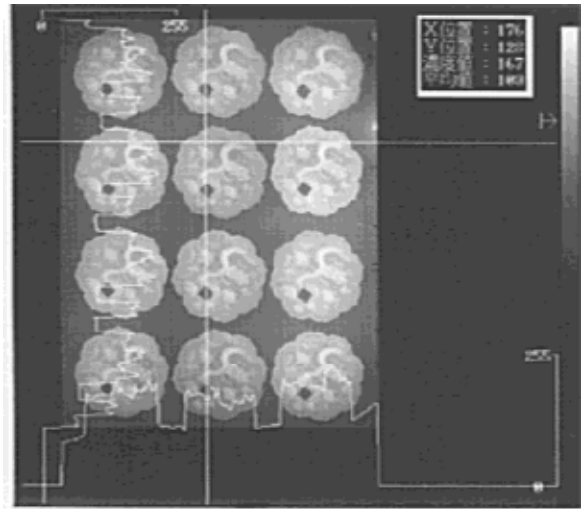


図7 補正後のデータの高低差

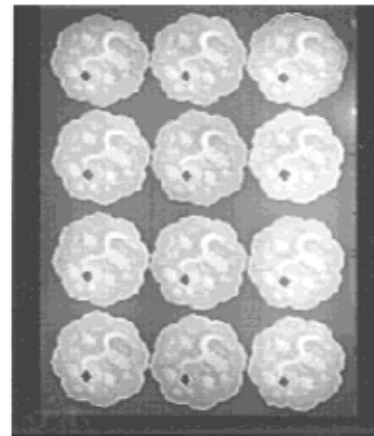


図8 抽出した加工輪郭線

4 おわりに

本計測システムの長所と短所を列記する。

<長所>

(1)最大の長所は、計測時間が接触式の3次元計測機と比べ高速であることである。このため、計測ポイントを多くでき、計測データを2次加工することにより様々な利用が考えられる。

(2)本システムではXY軸の1画素の距離を0.147mm、Z軸を0.140mmに調整されている。この1画素の距離は、CCDカメラとXYテーブルとの距離、CCDカメラのレンズの倍率、および、スリット光源の角度に依存する。このため、再調整、再較正により必要な精度に変更可能である。

<短所>

計測面が光沢のあるもの、光を吸収し発光するものについては、計測誤差が大きいため、被計測物が限定される。

光切断法による3次元形状計測システムは、比較的安価に、また、簡易に構築が可能である。高精度の3次元測定機のように計測データにより、被計測物の評価は行いがいが、手作業で作られ数値化されていない製品の形状計測には、柔軟に対応できると思われる。