

メガネレンズの自動加工装置の開発

浅見 樹生^{*1)} 大畑 敏美^{*2)} 和田 公男^{*3)} 高橋 和弘^{*3)}

Development of an automatic processing device of lens for glasses

Tatsuo Asami^{*1)}, Toshimi Oohata^{*2)}, Kimio Wada^{*3)}, Kazuhiro Takahashi^{*3)}

Processing for joining glasses frames and glasses lens is mainly done by a diamond grinder by grinding down material for each lens to match it with the frame. In this case all the ground-off material is handled as industrial waste and is useless. In addition, the dusty and smelly inferior processing environment and troublesome processing methods become a problem. A technique to solve these problems by automatic processing with a machine is suggested in this report. First, image data is acquired by image processing from a USB camera, and the solution technique extracts the image of a part to be cut. Next, the coordinates of a cut part are calculated from an extracted image, and a message is transmitted to a motor system order controller. Lastly, the product of a joint development company which is a processing machine that drives a diamond cutter machine and motors is an automatic cutting system. As a result of implementing these systems, and having examined them, it was shown that they had sufficient performance.

キーワード：NC加工機，画像処理，USBカメラ，イーサネット

Keywords: Numerical Control machining, Image processing, a USB camera, Ethernet

1. はじめに

メガネフレームとメガネレンズの合わせ加工は、主としてダイヤモンド製のグラインダでフレームに合わせて片方ずつレンズ材を削り落として加工を行っている。

この場合、削り落とした屑は全て産業廃棄物として処理されムダとなっている。そして削り落とす際には破片が飛散し、加工を行っている人間が負傷する場合もある。またレンズ材は、ガラスレンズから軽量で屈折率の高いプラスチックレンズへと移行している。これは屈折率を高くすることで軽量化を図る目的であるが、加工環境は屈折率が高いほど加工時に発生する刺激臭が強くなるといわれている。こうした手間のかかる加工方法が問題となっている。

そこで本研究開発では、上述した問題を解決するためにメガネレンズを自動で加工する装置の試作を行う。このシステムは、人間が直接加工する部分を減らすことで人体への影響を軽減させる。また加工時間の短縮にもつながり、産業廃棄物を軽減することが可能となる。

2. 設計方針

2.1 システム構成

今回開発したシステム構成を図1に示す。

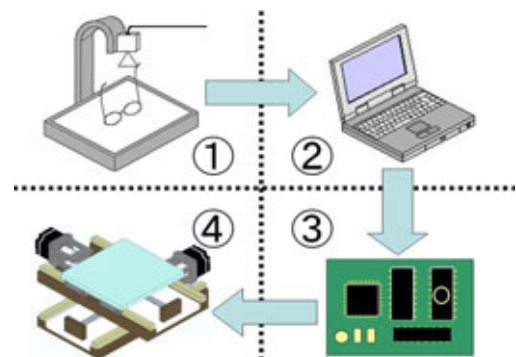


図1．システム構成図

それぞれ USB カメラ， パソコン， モータコントローラ， X-Y 加工ステージである。 の USB カメラは入手のしやすさを考慮して汎用のものを使用している。ただし AF (オートフォーカス機能) を装備しているものは焦点距離が変更されてしまうため、不適切である。そのため今回はピンホール式のカメラを使用している。 のモータコントローラについては、安価で短期間の開発が可能である PIC を使用している⁽¹⁾。こちらも一般での入手がしやすく、部品の保守性に優れている。制御点数の関係から DIP の 40 ピンタイプを実装している。 の X-Y テーブルは微小な移動距離を再現可能とするため、ステップ数が多くトルクの高いモータを実装している。

また、 と は USB で接続しており、 と はイーサネットにより接続している。ノートパソコンでの利用を想定

^{*1)} ITグループ

^{*2)} 元 ITグループ

^{*3)} 株式会社 リョーワ

しているため、モータコントローラに標準的な通信インターフェースを実装した。 と については専用のモータドライバを介してケーブルで接続している。モータドライバを利用することにより、制御系と動力系の電力を分け、相互に影響を与えないようにするとともにモータ制御も簡略化されるため、開発効率が向上するという長所がある。

2.2 切削方式

通常、NCルータなどの加工機は、平面上のX-Y軸を任意に移動させることが可能である。CADによって図面を描き、切削するデータを決まったコードに変換している。その後、X-Y テーブルのモータコントローラにコードを送信している。今回使用する帯鋸は、共同研究を行う企業の主力製品であるダイヤモンドマシンである。あらゆる材料を破損させることなくきれいに切断する機能を有している。しかしある一部の方向のみ切削が可能であるため、通常の切削方式を変更しなければならない(図2左参照)。そこで、回転軸から切削部分までの距離と回転角度の制御により切削する方式とした(図2右参照)。この制御方法は、出入りの多い切削には向かないが、切削対象がメガネレンズであることを考慮して適していると判断した。

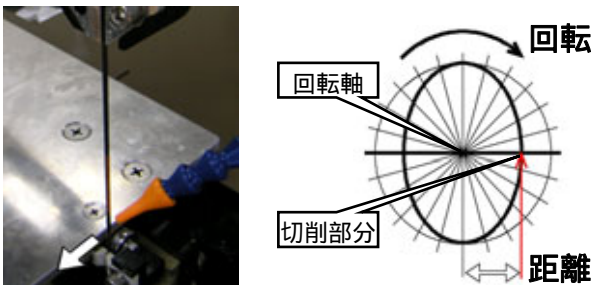


図2．帯鋸の切削方向(左)と切削方式の動作図(右)

2.3 画像処理

今回は利用者に使いやすいシステムとするため、CADなどの図面を描かずに切削データを得ることを目標とした。取得された画像データには、必要となるフレームの内側輪郭とそれ以外の切削に不要な部分のデータが存在する。切削データから内側輪郭のデータを自動抽出するため、必要な画像データに変換する処理を行い、抽出された座標データから必要な値を計算し、モータコントローラへデータを送信するためのソフトウェアを開発した。図3に試作したソフトウェアの処理結果を示す。

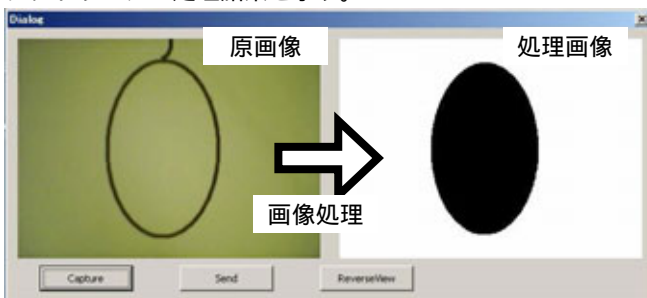


図3．開発したソフトウェアの処理結果

図3において、左画面はカメラから取得する画像データ表示であり、右画面は得られた画像データから輪郭抽出を行うために処理された画像データ表示である。

データの処理は色々な処理方法が存在する。そして処理方法の組み合わせ方によっても処理された結果が変わってくる。有効と考えられる処理方法を数種類実装し、その順番と組み合わせ方も併せて検討を行った結果、ここでは二値化、孤立点除去、ラベリング、輪郭追跡処理の順番で処理を行うものとした。

はじめに図3左側の原画像データに「二値化」を適用することで、必要な部分と不要な部分を分けている(図4参照)。また二値化を行うことによって、処理速度の向上も見込まれる。たとえば特徴点抽出を行いたい場合、各ピクセル単位でデータを走査していき、黒いピクセルに処理を行い、白いピクセルを無視するといった具合である。今回はメガネフレームの輪郭抽出を目的としているため、白と黒2色のデータで処理できる。

続いて、「孤立点除去」を適用する。二値化は、ある閾値をもって白または黒に選別する処理である。しかし閾値の前後の値が周囲と反対の色になることがある。このような点を除去し、できる限り均一化を図るために孤立点除去を行う。これによって二値化された画像の精度が上がり、その後の処理を確実なものにする。

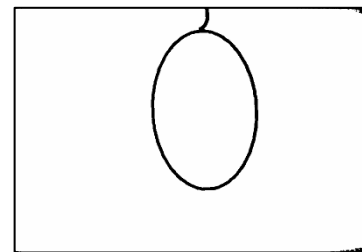


図4．二値化適用画像

次に「ラベリング」処理であるが、それぞれの画像データが同じ色で接しているかどうかを判断し、グループ分けを行う処理である。具体的な原理は二値化された画像を左から右に走査していき、白のピクセルにのみ識別番号を付加していく。この際連続しているピクセルは同じ識別番号を付加する。次に上下で識別番号を付加されたピクセルが隣接しているかを判定し、再度識別番号を付加しなおす。この処理を繰り返していく事で閉じられたエリアを分類することが可能になる。

			1	1	1			2	2	2
		3	3	3	3	3		4	4	4
		5	5	5	5	5	5			
		6	6	6	6	6	6	6	6	6
		7	7	7	7	7		8	8	8
		9	9	9				0	0	

図5．ラベリング例(は黒いピクセル，数字は識別番号を示す)

フローチャートは大きく分けて自動運転モードと手動運転モードで構成される。

自動運転モードは，パソコンが送信する座標データにしたがってモータを動作させるモードである。データを受信しないときは何もしない。

手動運転モードは，任意のボリューム入力値（X軸，Y軸，回転角度）を設定し目標値に達する動作とそれぞれのモータを原点へ戻す動作の二つがある。各ボリュームはCPUのAD入力へ接続し，設定ボタンを押すことによって目標値を各変数に格納する。その後，運転ボタンを押すと目標値へモータを動作させる。一方，原点へ戻すモータ駆動は，原点ボタンを押すことで原点座標を変数に格納し，モータを原点復帰させる。

3. 評価および考察

試作機を用いて動作確認を行った。図9左はテスト用の型紙である。これをUSBカメラで画像データを取得する。取得されたデータを画像処理によって切削対象エリアを抽出し，座標データを演算した後にモータコントローラへ送信した。モータ駆動によって制御されるX-Yステージの回転軸上に紙を設置し，本来帯鋸が切削する位置にサインペンを固定した。これにより得られた軌跡が図9右である。

入力元であるテスト用型紙と出力先として得られた切削軌跡を比較することにより，精度の確認を行った。

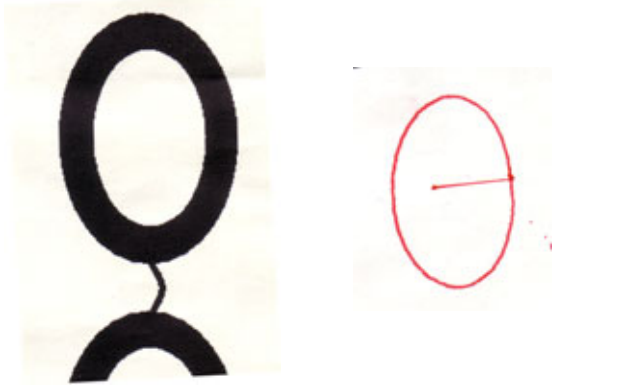


図10．テスト用型紙（左）と得られた軌跡（右）

テスト用型紙と試作機により描かれた切削軌跡を画像処理ソフトにより合成したものが図10左である。この画像を拡大して切削部分を調べた結果，誤差が一番大きい部分は7 pixelであった（図10右 参照）。また縮尺率を得るため定規とピクセル数の関係性を調べた結果，0.5 mm / 6 pixel となった。つまり，これらの画像縮尺率は0.083 mm / pixel となる。

したがって，最大誤差は

$$7 \text{ (pixel)} \times 0.083 \text{ (mm / pixel)} \\ = 0.581 \text{ (mm)}$$

であった。

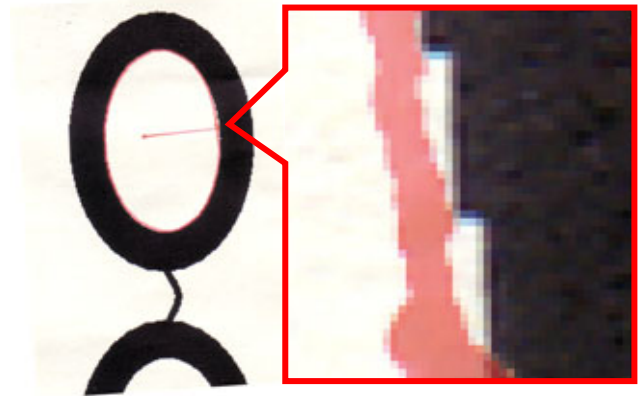


図11．合成画像（左）と拡大画像（右）

この原因として考えられることは，現在のソフトウェアでは1ピクセル単位でデータ送信を行っているためモータの動作において駆動と停止を頻繁に行っている。それによりX-Yステージ部のバックラッシュによる振動が発生しているものと考えられる。

振動を軽減する手法については，ソフトウェアで座標データを演算した後，同じ量であった場合にまとめて送信することや半円などの式に当てはめられるかを判断させる手法が考えられる。またX-Yステージ側ではレンズの固定は気体を吸い込んで吸着させる固定方法を選択しているが，切削と回転の方向によって，ゆがみやずれが生じているものと考えられる。したがって切削精度を高めていくためには，制御方法や固定方法を再検討する必要がある。

5. まとめ

メガネレンズの自動加工装置の試作開発を行った。帯鋸に適したX-Yテーブルと回転角度の3軸制御による切削方法と画像データを処理することで，CADなどの作図を行うことなく切削できる方法を実証した。この成果として

グラインダで削り落としていく方法と比較して，加工時間の短縮

異臭や飛散などといった劣悪な環境の改善

産業廃棄物の減少

などが見込まれる。

（平成19年6月29日受付，平成19年8月13日再受付）

文 献

- (1) 重松宏志，栗原秀樹，山口勇，山本克美，坂巻佳壽美，乾剛：「PICマイコンネットワークモジュールの開発」，東京都立産業技術研究所センター研究報告，No. 1, pp. 22-25 (2006)
- (2) 横田裕史，大畑敏美，浅見樹生，阿保友二郎，大高忠，日比野克彦：「モバイル用プレゼンテーションカメラの開発」，東京都立産業技術研究所センター研究報告，No. 1, pp. 30-34 (2006)