ノート

ワイドレンジカメラを使用した三次元形状測定装置の開発

大野　宏*　須藤　貴裕*

Development of Three-dimensional Shape Measuring System Using a Wide Range Camera

OHNO Hiroshi* and SUTOH Takahiro*

1. 緒　　言

平成 22～23 年度の事業でニッパの刃付け作業の技能伝承を支援する装置を開発した。この装置は，ニッパの刃の表側の三次元形状を変位センサで測定し，作業者が刃付けをした部分の熟練度を数値にして表示する。作業者はこの値を参考にすることで技能を円滑に習得することができる。一方，県央地区の金属加工業では，製造した金属製品の三次元形状を現場で短時間に測定したいという要望がある。作業工具を製造している企業では，仕上げを人手で行っているが，その前行程では機械で加工しており，その精度測定に技能伝承支援装置を使えないか，との要望があった。

本研究では，レーザー光とワイドレンジカメラを使用し，金属製品の三次元形状を高速に測定する装置を開発した。市販のセンサと違いレーザー光の画像を直接処理できるため，市販のセンサでは測定が困難だった対象も測定可能となった。

2. 三次元形状測定

2.1 測定原理

ラインレーザーを測定対象に投影し，このラインが物体の表面形状に応じて変化した様子を観察すると，物体の断面形状が得られる。測定対象を少しずつ移動させながらこの測定を繰り返すと物体全体の三次元形状を得ることができる。この測定方法は光切断法と呼ばれており，基本原理は三角測量に基づいている。図 1 の光学配置では，測定対象物体の上の点 P までの距離 Z は次式により与えられる。

$$Z = \frac{\tan\alpha \tan\beta}{\tan\alpha + \tan\beta} L$$

ここで，角度 α，β は図 1 のとおりであり，基線長は L として事前に決定されている。基線長が長い方が測定の精度は高くなる。

2.2 レーザーの位置計算

測定対象に投影されたラインをカメラで撮像すると，幅を持った帯状の光となる。この帯が狭いほど測定精度が高まるが，何らかの方法で帯の中心位置を求めなければならない。ここでは，帯の中心位置を求める方法について述べる。

均等拡散面にレーザーを照射した場合，図 2（a）に示す画像が得られ，図 2（b）に示すとおり左右対称の輝度分布となり，この中央が輝度のピークとなるため，これをレーザー位置と

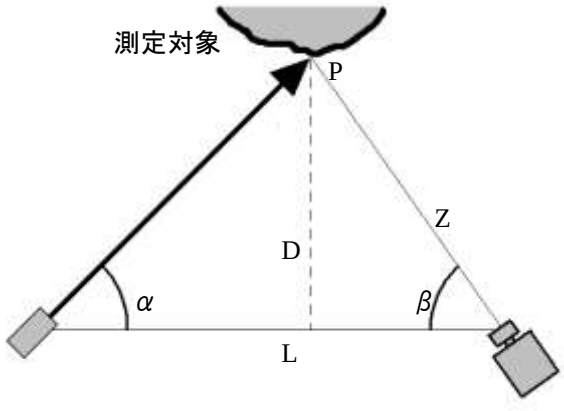


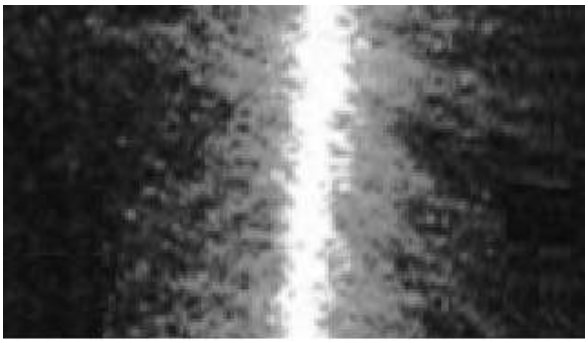
図 1　光切断法の基本原理

*　下越技術支援センター

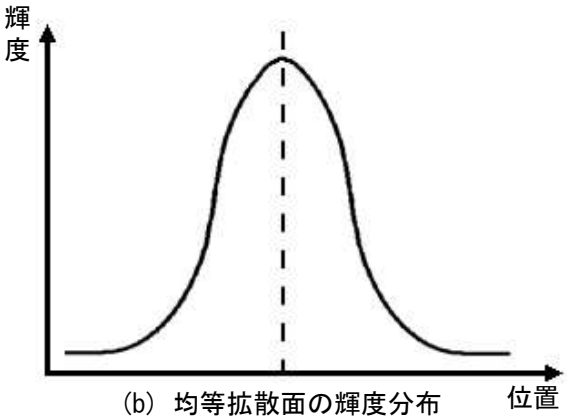
する。しかし，実際の輝度分布は図 2（c）に示すとおりに左右対称対にならず，また，ピークの頭がつぶれてしまうことが多い。そのため，左右の面積が同じになる直線を求め，この値をレーザーの中心位置とする。

2.3　ワイドレンジカメラ

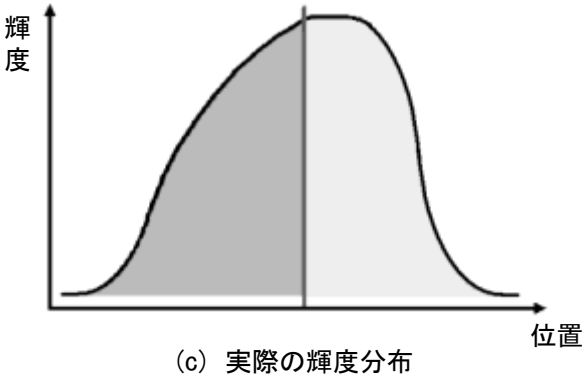
レーザーは光が強いためダイナミックレンジが 60dB 程度の一般的な工業用カメラでは，光が滲んで幅が広がってしまう。一方，ダイナミックレンジが 120dB のワイドレンジカメラでは，工業用カメラにくらべてレーザー光の幅が狭く高精度の測定が可能になる。光沢のある金属製品にレーザー光を投影し，一般的な工業用カメラで撮像した画像を図 3（a）に，ワイドレンジカメラで撮像した画像を図 3（b）に示す。ワイドレンジカメラの方がレーザー光の幅が約 1/3 に狭くなり，高精度の測定が可能となる。



（a）カメラ画像



（b）均等拡散面の輝度分布



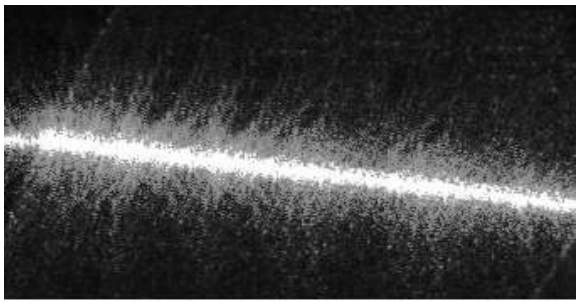
（c）実際の輝度分布

図 2　レーザーの位置計算方法

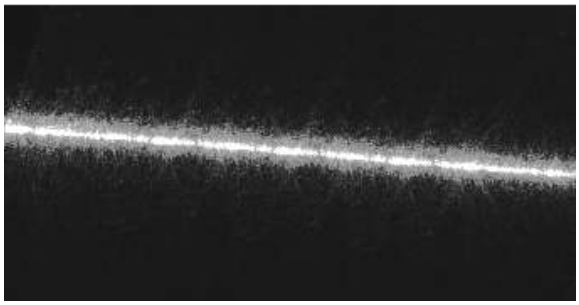
3.　測定実験

3.1　装置の概要

開発した装置の外観を図 4 に示す。一軸電動シリンダー（株式会社 IAI 製 ERC2-SA6C-I-PM-12-100-SE-P）の上に測定対象を設置し，ライン



（a）一般的な工業用カメラ



（b）ワイドレンジカメラ

図 3　ラインレーザーカメラの比較

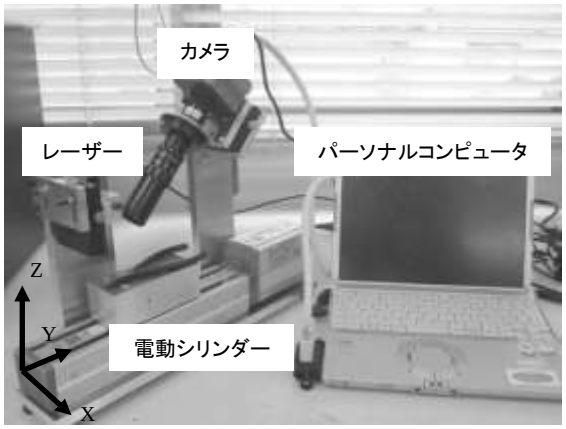


図 4　装置の外観

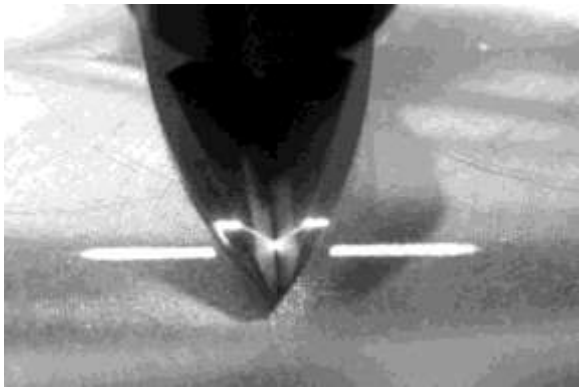


図 5　ニッパの刃の裏側のラインレーザー

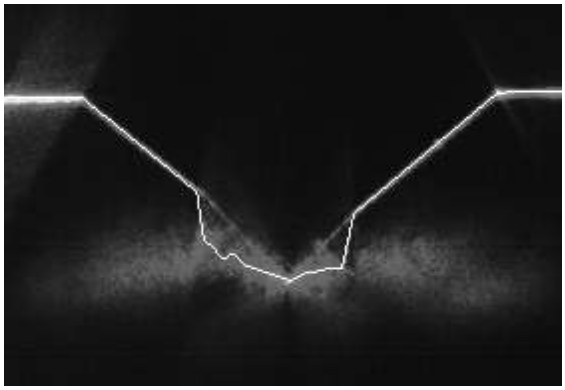


図 6　二次元変位センサでの測定結果

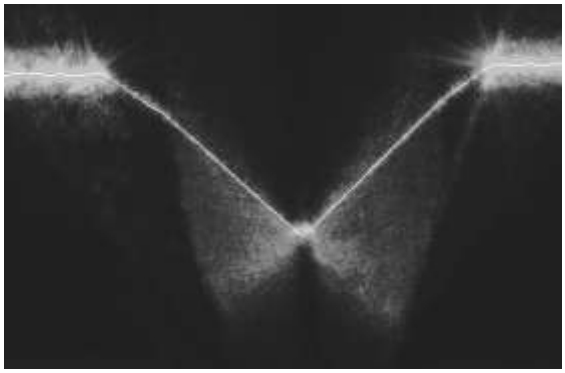


図 7　開発した装置での測定結果

12-100-SE-P）の上に測定対象を設置し，ラインレーザー（株式会社キコー技研製 MLXKS-D13-640-10）をこれに投影し，その画像をワイドレンジカメラ（photonfocus 製 MV1-D1312-40）で撮像し，パーソナルコンピューターに送る。パーソナルコンピューターはこの画像を処理して形状を計算し，電動シリンダーを少しずつ動かしながら測定対象全体の三次元形状を測定する。1 回の測定では，図 4 の X 軸上を 10μm おきに 800 点の形状高さを測定する。図 4 の Z 軸の高さの測定分解能は 10μm である。図 4 の Y 軸方向の分解能は 20μm である。また，長さ 15mm の測定対象を 0.5mm ごとに 30 回測定する場合，要する時間は 10 秒である。

3.2　ニッパの刃の裏側の測定

開発した装置を使いニッパの刃の裏の三次元形状を測定した。刃の裏側は角度があるためレーザー光が反射し，図 5 に示すとおり左右の刃が接触する部分に帯が 2 本発生する。そのため，市販の二次元変位センサ（株式会社キーエンス製 LJ-G015）で刃の裏側を測定すると，図 6 のような結果になり正しい形状を測定できない。一方，今回製作した測定装置は，カメラで撮像した画像を直接処理できるので，反射によるレーザー光の写り込みの影響を抑え，刃の裏側の三次元形状を正しく測定できる。測定結果を図 7 に示す。

また，幅の細いナイフの刃の形状測定を試みたが，レンズの倍率を上げ，露光時間を長くし光量を多くすることで測定できた。

4.　結　　言

(1) ワイドレンジカメラを使用した三次元形状測定装置を開発した。

(2) 一般的な工業用カメラとワイドレンジカメラを比較し，後者の方がラインレーザーを使った三次元形状に適していることがわかった。

(3) 開発した装置はレーザー画像のデータを直接処理できるため，市販の変位センサにくらべて測定対象が広がった。