

## AOTFを用いた3次元形状計測装置の開発

電子部	飯屋一昭, 永吉弘己
工業振興課	久保 敦
鹿児島大学	佐藤公則
(株) 測上ミクロ	荒木政親

### 1. はじめに

画像計測による3次元形状計測方法は、種々の方法<sup>(1)-(4)</sup>が提案されており、計測する物体に対応した方法を選択することで計測が行える状況にある。ところが、多くの計測方法では、装置内に計測するための機械的な稼働部が必要なため、駆動部の精度が計測結果に影響を与える場合があった。このため、機械的な駆動部がなく、さらに、表面情報も得ることができる計測方法として、スペクトルパターンと白色光をAOTFでフィルタリングして分光画像として取り込み、得られた画像から3次元形状計測を行う方法を開発した。

### 2. AOTFを用いた3次元形状計測装置の概要

図1 中央付近の回折格子に400nm～800nmの波長を含んだスリット光を投射し、回折格子によりスペクトルパターンを物体に投射する。この状態を、AOTF (Acousto Optic Tunable Filter :brimrose社製)を通してCCDカメラで撮像し、物体の3次元形状を計測する。AOTFは、音響(振動)波がある結晶からなり、ラジオ周波数を与えると白色光あるいは多色光から、単一波長のみを透過することのできる素子である。AOTFを任意の透過波長に設定することにより、スペクトルパターンは、CCDカメラでスリット状となり、三角測量法の原理を用いて算出し、物体の3次元形状を得ることができる。本3次元形状計測装置で使用したAOTFの透過特性を図2に示す。AOTFは、任意の波長を設定することにより、バンドパスフィルタとして使用できる。このことから、計測する物体に、スペクトルパターンの代わりに白色光を投射し、AOTFでフィルタリングすることで物体の分光画像が得られ、同じシステムで3次元形状と併せて表面情報も得ることができる。

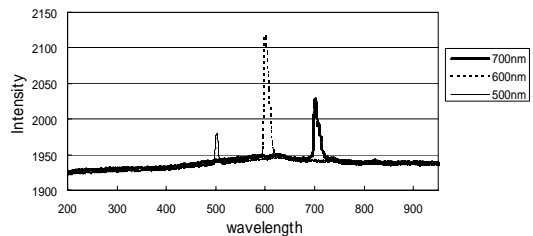
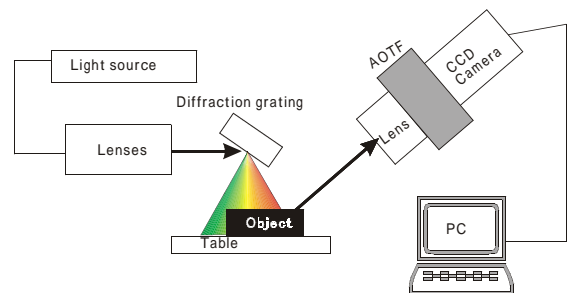
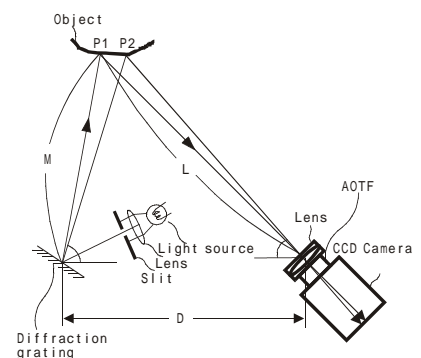


図2に示される計測原理(模式図)において、白色光源からレンズを通り平行にされた白色光線が、回折格子により赤から青紫のスペクトル光に分光され、波長の分光された光は回折格子に対しての角度が与えられ空間に投射される。このとき、各波長は物体面P1,P2..に投影され、AOTFを透過しカメラに結像される。AOTFを

### 3. AOTFを用いた3次元形状計測装置の原理

図3に示される計測原理(模式図)において、白色光源からレンズを通り平行にされた白色光線が、回折格子により赤から青紫のスペクトル光に分光され、波長の分光された光は回折格子に対しての角度が与えられ空間に投射される。このとき、各波長は物体面P1,P2..に投影され、AOTFを透過しカメラに結像される。AOTFを



任意の透過波長に設定することにより，カメラで撮像される画像は，1本のラインとなり，見かけ上光切断法と同等になる。回折格子とレンズの間の距離を  $D$ ，物体面上の点  $P1$  と撮像系間の距離を  $L$ ，物体面上の点  $P1$  と回折格子との距離を  $M$  とすると式(1)と式(2)が得られる。

$$L \sin \theta = M \sin \alpha \quad (1)$$

$$L \cos \theta + M \cos \alpha = D \quad (2)$$

式(1)(2)から  $M$  を消去すると

$$L = \frac{\sin \alpha}{\sin(\theta + \alpha)} D \quad (3)$$

式(3)となり物体面までの距離  $L$  が求められる。

また，物体面全体を計測するために，AOTF の透過波長とカメラの撮像タイミングの同期をとりながら，AOTF の透過する波長帯を連続的に変化させ，CCD カメラで撮像する。

#### 4. 試作機と計測結果

図 4 に AOTF を用いた 3 次元形状計測装置の外観図を示す。本試作機は，光学部，カメラ部，移動テーブル部から構成されている。さらに，カメラ部は，AOTF，光電子増倍管，CCD カメラで構成されている。

実験では，光源にハロゲン光を用い，光ファイバで光学部のレンズ群に導き，回折格子から投射されるスペクトルパターンを平行光にするためのレンズを介してテーブルに投射した。スペクトルパターンの波長は 400nm から 800nm を含む波長領域である。使用した AOTF の波長領域は 400nm から 750nm であるが，400nm から 500nm の範囲では，光の透過率が低く，光電子増倍管を通して撮像した画像に多くのノイズ成分があり鮮明な画像が得られなかった。このため，500nm から 700nm の波長領域を使用した。実験で使用した計測対象物は，小型のアルミ製機械加工部品を用いた。物体全体を計測するために 500nm から 3nm 間隔で順次 AOTF の透過波長を変化させながら撮像した。

図 5 は，機械加工部品を本試作機で計測したものである。本計測時の計測精度は  $140 \mu m$  である。また，計測時間は約 5 秒であった。

#### 5. おわりに

本計測方法は，3次元計測及び分光画像での計測において機械的な駆動部がなく，これに起因する誤差が生じない。また，3次元計測と併せて表面情報も得ることができる計測方法である。

#### 参考文献

- 1)尾上守夫："画像処理ハンドブック"，昭晃堂
- 2)江尻正員："画像処理産業応用総覧【上下巻】"，フジテクノシステム
- 3)上杉満昭："イメージエンコーダを用いた三次元局面形状計測"，センサ技術，Vol.11，No9，(1991)
- 4)田島穰二ら："Rainbow Range Finder による距離画像取得"，信学論(D-II),J73-D-II，374-382(1990)

