

## デジタルホログラフィを用いたリアルタイム 1次元形状計測

宇都宮大学オプティクス教育研究センター 早崎研究室

宇都宮大学工学部早崎研究室 4年

佐藤悠真（さとうゆうま）

**【概要】** 半導体モジュールの製造ラインにおいて、ハンダバンプの高さをマイクロメートルオーダーの精度で、可能な限り高速に計測することが要求される。本研究では、デジタルホログラフィを用いて、その課題解決を行う。本研究の特徴は、通常のデジタルホログラフィが2次元画像入力のところ、あえて、1次元画像入力とすることで、不要な点の計測を削減することで全体の速度を向上する。

**【栃木を元気にするには】** 製造現場において製品の形状検査において、製品の性能に直結する精度と製品の価格に直結する速度を同時に向上させることが、継続的に求められる。製造業比率の高い栃木県にあたっては、製造の競争力を高めることは、極めて重要になる。本研究は、そのような製造業を下支えする光計測技術を企業と共同開発することで、栃木県、最終的には、日本の産業に寄与する。

## 1. はじめに

電子部品や半導体デバイスと基盤を接続するための部品にはんだバンプというものがある。これは接触信号の伝達や部品間の電気的な接続のために必要であり、品質管理の中ではんだバンプの計測は重要事項となっている。その検査では、はんだバンプの位置や高さ、直径といった項目の高い精度での計測が要求される。従って三次元計測が必要であり、それを可能にする技術にデジタルホログラフィがある。

デジタルホログラフィ (Fig1) は、記録・生成・再生の3つのプロセスによって実行される。記録プロセスでは、干渉縞をイメージセンサで取得する。生成プロセスでは、計算機に記録した干渉縞からホログラムを取得する。再生プロセスではホログラムの光伝搬計算により所望の面での複素振幅情報を取得し像を再生する。この技術は、精密計測や微粒子計測、バイオイメージングなど幅広い分野で応用されている。また、本研究ではコンピュータによる処理のプロセスとしてフーリエ変換法(Fig2)を用いている。フーリエ変換法を使用してイメージセンサで記録された干渉縞を処理する。これにより、物体光の複素振幅を得る。

デジタルホログラフィ技術は工場などの製造ライン検査においても活用できる。本研究では、製造ラインを想定する。動きのある物体に対してレーザーを照射し干渉縞を生成し、1行ずつ読み取り処理を行う。これを繰り返し行い形状計測する。2次元FFTの計算量が $N^2 \log N$ であるのに対して1次元FFTは $N \log N$ となり少ない。計算量が少ないため処理にかかる時間が減り製造ラインの速度が上がる。

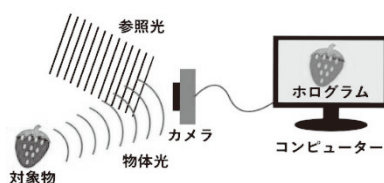


Fig1 デジタルホログラフィ

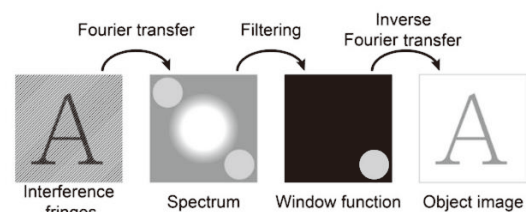


Fig2 フーリエ変換法プロセス

## 2. 実験

### 2.1 光学系

Fig3 に実験光学系を示す。サンプルは髪の毛を用いた。Lens1 は焦点距離 150mm, Lens2 は焦点距離 75mm のレンズを示す。レーザーは He-Ne レーザー ( $\lambda = 632.8\text{nm}$ ), イメージセンサーは The Imaging Source 社の産業用 USB3.0 カメラ(DMK33UP1300)を用いた。

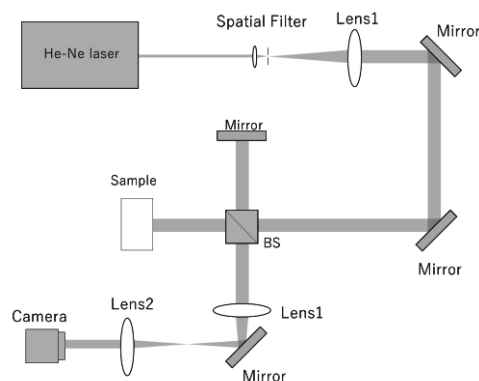


Fig3 実験光学系

### 2.2 リアルタイムフーリエ変換

2次元フーリエ変換をリアルタイムで行うように実装する。モニター上に、撮影している干渉縞、スペクトル、フィルタリング後のスペクトル、振幅、位相を表示した。モニタリングしながら干渉縞の調整を行うことが可能なため、精度の高い干渉縞を生成できる。

### 2.3 1次元フーリエ変換

Fig4 に1次元フーリエ変換の結果を示す。左上から干渉縞、スペクトル、フィルタリング後のスペクトル、中央移動後のスペクトル、振幅、位相を示している。干渉縞の解像度は  $256 \times 256\text{pixels}$  である。1行ずつフーリエ変換するため干渉縞は縦にして撮影した。フィルタリングプロセスでは特定の周波数帯のみを指定して取り出した。そのほかの成分は0である。本プロセスでは1行ずつ処理を行っているため、縦のつながりが考慮されていない。そのため2次元の処理に比べて精度は下がるが計算速度は速いと考えられる。

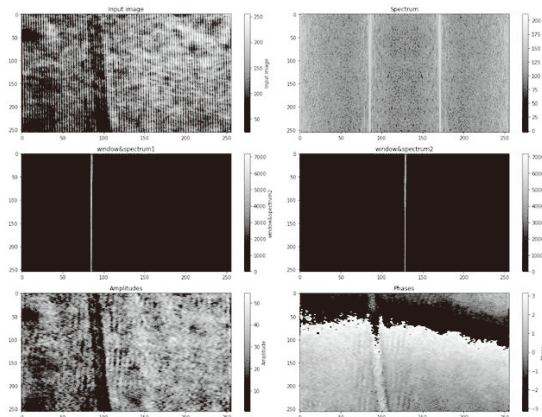


Fig4 1次元フーリエ変換

## 3. 今後の展望

本研究では2次元リアルタイムフーリエ変換と1次元フーリエ変換を行った。今後はこの2つを組み合わせて、リアルタイムで1次元フーリエ変換を行う予定である。工場のラインを想定しているため Fig3 の Sample 部分に自動ステージを置くことで動かす予定である。サンプルには傷を付けたミラーやガラスを用いる予定である。このようなサンプルを用いることでまず速い速度での傷の検出を実現したい。

### 参考文献

- 1) 早崎芳夫．“光学ライブラリー7 デジタルホログラフィ．朝倉書店，2016
- 2) Myung K. Kim．“Principles and techniques of digital holographic microscopy”．SSOS volume 162 (2011)