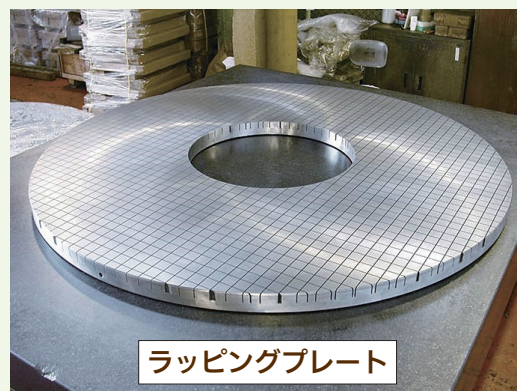


画像を用いたラッピングプレートの外観検査技術

当社は、シリコンウェーハなどの研磨機に使用されるラッピングプレートを製造している。ラッピングプレートの品質保証の1つである外観検査では、鑄造欠陥を目視で確認している。近年、品質・生産性向上やトレーサビリティの観点から検査工程の自動化が求められている。そこで、フォトメトリックステレオ法を用いて表面の鑄造欠陥を強調した画像を生成し、画像処理による検知手法を開発した。本稿では、鑄造欠陥検知手法と検知結果について述べる。

キーワード

ラッピングプレート、鑄造欠陥、フォトメトリックステレオ法



■ 目的

ラッピングプレートは、シリコンウェーハやガラス基板の研磨機に使用される鑄物製の円盤であり、当社では鑄造から機械加工までの一貫生産を行っている。製造ラインでは、製品の品質保証の1つとして外観検査が行われている。外観検査では、直径1~2.5mのラッピングプレートに対し、サイズ数百 μm ~数mmの鑄造欠陥を目視で確認している。しかしこの方法では、効率が悪く、作業員の習熟度が十分でない場合や、集中力を欠いた状況下においては、見落としが発生する恐れがある。また、近年の品質・生産性向上、トレーサビリティの観点からも外観検査の自動化が求められている。

そこで、ラッピングプレート表面を撮影した画像から、フォトメトリックステレオ法を用いて鑄造欠陥を強調した画像を生成し、画像処理によって欠陥を検知する手法を開発した。

■ 鑄造欠陥検知手法

本手法では、まず、フォトメトリックステレオ法を用いて鑄造欠陥を強調した画像を生成した。フォトメトリックステレオ法では、異なる方向から照射された照明の下で撮影された同じ箇所の複数の画像を用いて、各画像の輝度値の違いから表面の法線ベクトルを計算する。そして、法線ベクトルから曲率を計算し、凸部の曲率が大きい箇所を白、凹部の曲率が大きい箇所を黒、曲率が微小な部分をグレーとしたPS画像（Photometric Stereo Images）を生成する。

本開発では、PS画像生成のために、バー照明を矩形に配置した撮影環境を構築した。撮影時は、各照明を順に点灯させ、同じ箇所の画像を4枚撮影する。画像4枚を用いて生成したPS画像を図1に示す。図1は、同じ鑄造欠陥を反射光が強い・弱い2つの条件で撮影し、生成した画像である。各条件でカメラとバー照明の設置条件が異なるため、欠陥の傾きが異なる。両画像か

ら反射光の強弱に関わらず、欠陥の無い表面はグレーで表示され、鑄造欠陥は黒または白に近い画素で強調されている。

反射光	通常画像	PS画像
強い		
弱い		

* 赤丸内が鑄造欠陥

図1 鑄造欠陥

次に2値化処理でPS画像の鑄造欠陥の画素を白へ変換し、プロブ解析で白画素を検知する。検知結果の一例を図2に示す。図2では、鑄造欠陥の他にホコリ、表面の加工痕も検知されている。これは、ホコリと加工痕がPS画像において、鑄造欠陥と近い画素値のためと考えられる。これらの検知物は、正常な箇所を欠陥として検知している過検知である。過検知は、検査精度を低下させるため、対策が必要となる。

項目	通常画像	PS画像	2値化画像
鑄造欠陥			
ホコリ			
加工痕			

図2 検知物の一例

過検知となったホコリと加工痕は、鑄造欠陥に比べて曲率が小さいため、白や黒の画素が少ない。そこで、PS画像からプロブ解析による検知物の画素値の標準偏差を計算した。図3に標準偏差の一例を示す。図3は、横軸が検知物のデータ番号、縦軸は各検知物の画素値の標準偏差である。図中のデータ番号8は図2の鑄造欠陥である。以上より、標準偏差6以下の検知物を除外することで、過検知を減少させることができた。

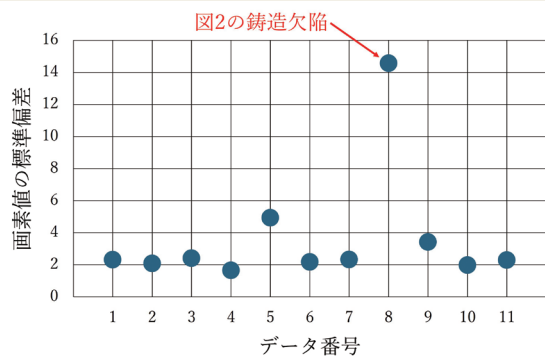


図3 検知物の標準偏差

■ 実証試験

開発した手法を用いて鑄造欠陥検知の実証試験を実施した。撮影装置の主な仕様を表1、機器配置の概要図を図4に示す。図4に示すようにバー照明を矩形に配置し、ラッピングプレートの表面を撮影した。撮影では、同じ欠陥を画像の四隅のいずれかに位置する場合と、中央に位置する場合の2種類の条件とした。さらに、各位置において反射光が強い・弱い場合の2種類の条件を組み合わせ、計4種類の画像を撮影した。なお、検知対象の鑄造欠陥のサイズは0.5mm以上とした。

撮影画像に対して、本手法で鑄造欠陥を検知した結果、検知率100%、過検知率11%となった。なお、検知率とは「欠陥数に対して正しく検知された数の割合」、過検知率とは「総検知数に対する過検知数の割合」を意味する。検知結果の一例を図5に示す。図5より、前記の4種類のいずれの画像でもサイズ0.5mm以上の鑄造欠陥が検知されていることがわかる。

本手法による鑄造欠陥の検知精度は、外観検査において十分な精度である。今後、本手法を搭載した検査装置を製作し、外観検査工程への適用を進める。

表1 撮影装置の主な仕様

カメラ	撮影範囲	141×106 mm
	画素数	14192×10640 pixel
レンズ	焦点距離	105 mm
照明	矩形配置 白色バー照明	

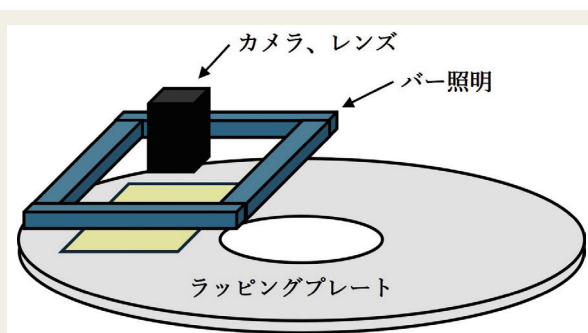


図4 機器配置の概要図

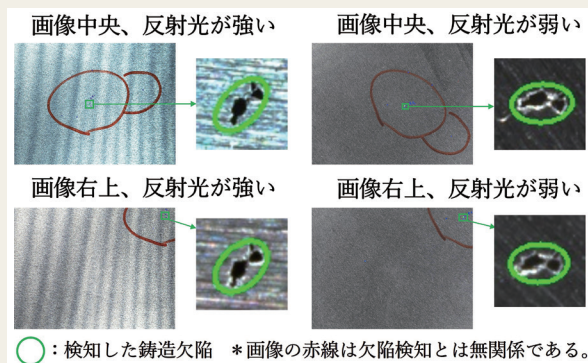


図5 鑄造欠陥検知結果の一例

■ おわりに

本稿では、ラッピングプレートの表面を撮影した画像からフォトメトリックステレオ法を用いて、鑄造欠陥を強調した画像を生成した。生成画像に対して、2値化とプロブ解析を用いて、鑄造欠陥を検知した。さらに、ホコリや加工痕などの過検知を標準偏差によって検知物から除外する手法を開発した。本手法を用いて、鑄造欠陥検知の実証試験を実施した結果、検知率100%、過検知率11%となった。実証試験の結果から本手法による鑄造欠陥の検知精度は、外観検査において十分な精度であった。今後、外観検査工程の自動化のため、検査装置の製作を進める。

【問い合わせ先】

カナデビア株式会社 開発本部 技術研究所
 知能機械研究センター 生産システムグループ
 Tel: 06-6551-9173
 E-mail: hitzgiho001@kanadevia.com