

K-27

高速度カメラを用いた砥石作業面上の切れ刃分布測定

Measurement of Cutting Edge Distribution on Grinding Wheel Surface by Means of High Speed Camera

○平野育海¹, 内田元², 李和樹², 山田高三², 三浦浩一³

*Ikumi Hirano¹, Gen Uchida², Hwa-Soo Lee², Takazo Yamada², Kohichi Miura³

Abstract: It is well known that the surface shape of the grinding wheel is directly transferred to the workpiece. Therefore, ground surface of the workpiece can be estimated by grasping the surface shape of the grinding wheel. This study aims to measure the surface shape of the grinding wheel using a high speed camera. The accuracy of the measuring method is verified by measuring steel balls and a grinding wheel. From results, it is clarified that the position and shape of the cutting edge can be calculated in this measuring method.

1. 緒言

研削加工では、母性原理により砥石作業面形状が工作物に転写される。そのため、砥石作業面形状を測定することで、加工後の工作物形状を予測できると考えられる。しかし、砥石作業面に存在する切れ刃の形状は複雑であり、高精度かつ短時間での測定は難しい。

そこで本研究では、回転中の砥石を短時間に撮影できる高速度カメラに着目した。そして、撮影した画像から砥石作業面の切れ刃分布を算出し、工作物形状を予測することを目的としている。本稿では、高速度カメラによる測定法を提案し、その測定精度について鋼球と砥石を対象に測定し検証した。

2. 実験装置および輪郭形状の算出

図1に、砥石を撮影する際の実験装置の概略図を示す。砥石の輪郭が撮影可能な高さに高速度カメラを設置する。また、光源は砥石を挟み高速度カメラの反対側に配置する。これにより、砥石の輪郭が高速度カメラ側に投影されるため、輪郭形状の観察が可能となる。

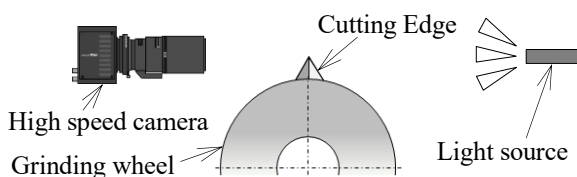


Figure 1. Schematic diagram of shooting method

図2のように撮影した画像では、①の領域は光源からの光が直接レンズに映ることで白色を、②の領域は光源からの光が遮られ黒色を示す。すなわち、①と②の境界が輪郭形状となる。また、撮影した画像はピクセルという最小単位で構成されており、白黒画像の場合は黒(0)～白(255)の256階調により表現できる^[1]。本研究では、階調が254以下となる領域を算出することで、図2のように画像から輪郭形状を算出する。

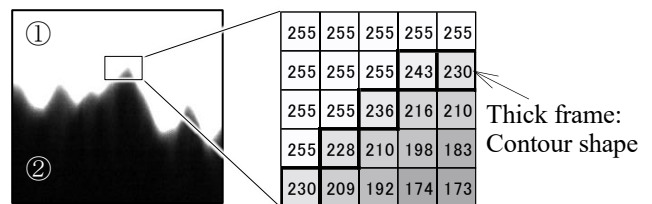


Figure 2. Extraction of contour shape

3. 切れ刃分布の算出

図3に、測定する砥石の模式図を示す。砥石を撮影する際は、回転させながら行う。そのため、回転中の切れ刃は円弧状の軌道を描き切れ刃高さは逐次変化する。撮影した画像からそれぞれ輪郭形状を算出し、円周方向に整理したときの模式図を図4に示す。両図中①の領域では、投影される切れ刃高さは徐々に上昇し、②の領域では徐々に下降する。そして、①と②の境界で切れ刃高さが最大となる輪郭形状が存在する。すなわち、切れ刃高さが最大となる状態が、研削加工により工作物に転写される切込み深さや形状となる。この切れ刃位置を、砥石作業面上の切れ刃すべてに対して算出することで、切れ刃分布を測定することができる。

また、高速度カメラによる連続撮影は指定したシャッター速度で行なわれるため、砥石の周速度から切れ刃の円周方向の位置を求めることができる。これにより、切れ刃の高さおよび形状、幅方向と円周方向の位置を、連続撮影した投影画像から得ることができる。

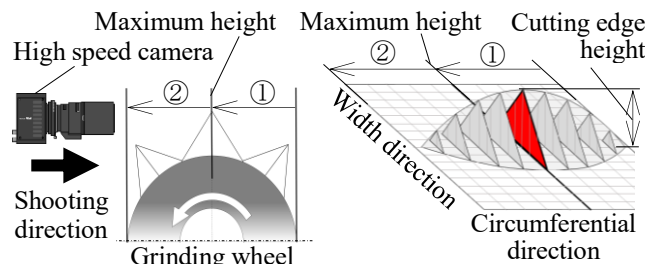


Figure 3. Shooting schematic diagram

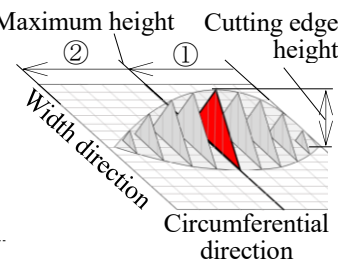


Figure 4. Cutting edge trajectory

4. 鋼球による測定精度の検証

高速度カメラによる切れ刃分布測定精度を検証するため、鋼球を砥粒に見立て測定した。実験は、直径0.5mmの鋼球を円盤(φ50mm)上に4個貼り付けた。そして、高速度カメラにより連続で撮影した画像から、鋼球の位置および形状を算出し評価した。なお、円盤の周速度は11.4m/min、シャッタ速度は1/25000sec、撮影速度は4000fps、ピクセルサイズは5x5μmとした。

まず、作成した分布図から鋼球の位置精度について評価した。鋼球の分布図を図5に示す。なお、図中には鋼球①を基準とした鋼球②~④の相対的な位置を示す。図より、複数の鋼球の位置を分布図として表すことができた。さらに、比較のため鋼球を鉛直方向から撮影し、スケールを用いて測定を行った結果を図6に示す。両図より、各鋼球の位置がほぼ一致していることがわかる。このことから、撮影画像による鋼球分布の測定が正確に行えることがわかった。

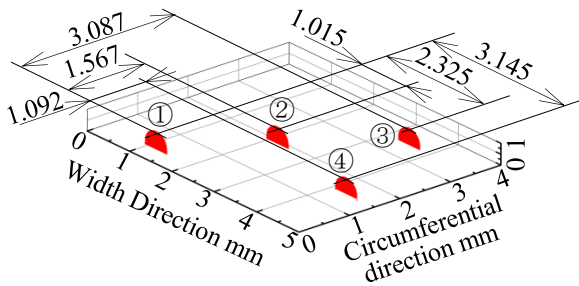


Figure 5. Distribution map of steel balls

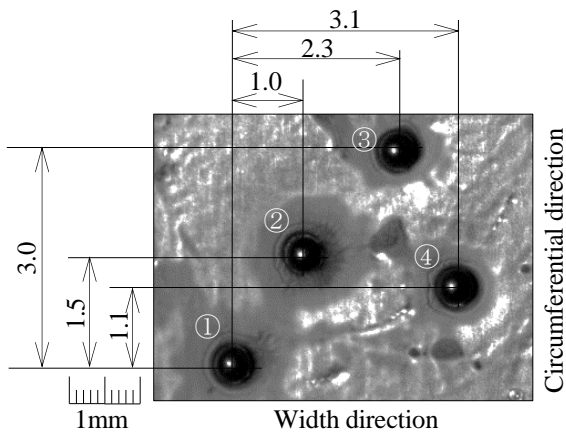


Figure 6. Steel balls image from the vertical direction

つぎに、鋼球の輪郭形状の精度について評価した。図7に、測定より得られた鋼球①~④の輪郭形状を示す。なお図中には、鋼球直径0.5mmから算出される理論円も示す。図より、鋼球①~④の輪郭形状と理論円形状がそれぞれ一致していることがわかる。また、鋼球の測定結果と理論円の高さ方向の差は最大でも2ピクセル程度であった。このことから、高速度カメラによる輪郭形状の測定が精度良く行えることがわかった。

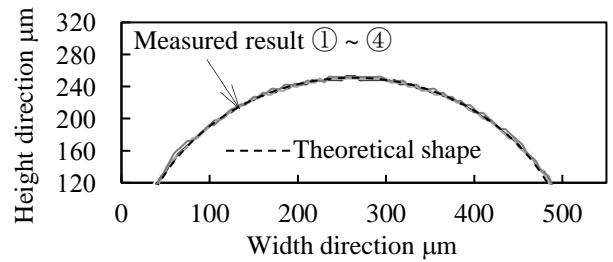


Figure 7. Comparison of steel ball shapes

5. 砥石作業面上の切れ刃の測定

ビトリファイド砥石 WA60J6V(φ97.4mm)の切れ刃分布の測定を行った。なお、周速度は11.4m/min、第4章からレンズを変えることで、ピクセルサイズは縦2μm、横5μmとした。その他の測定条件は第4章と同様である。また、測定結果の妥当性を検証するため、レーザセンサで砥石表面を測定した結果と比較した。

図8に、高速度カメラとレーザセンサで測定した切れ刃分布図を示す。図(a)、(b)より、領域①の空白になっている気孔部、領域②、③の切れ刃部の位置が一致していることがわかる。このことから、高速度カメラによる切れ刃分布の測定は、砥石に対しても十分適用できることがわかった。

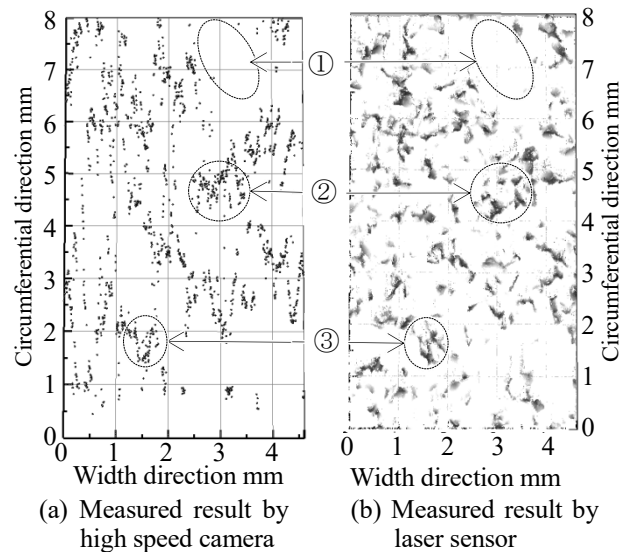


Figure 8. Distribution map of grinding wheel

6. 結言

- ・ 高速度カメラによる切れ刃分布測定により、複数の鋼球の位置および形状を高精度に測定できた。
- ・ 高速度カメラによって砥石作業面の切れ刃分布測定が十分に行えることが確認できた。

7. 参考文献

- [1] 白鳥則郎, 大町真一郎, 陳謙, 他: 「未来へつなぐデジタルシリーズ28 画像処理」, 共立出版, (2014)5.