

K1-32

## 高速度カメラを用いた砥石表面状態の観察および評価

### Observation and Evaluation of the Surface of Grinding Wheels by Means of a High Speed Camera

○小林聖和<sup>1</sup>, 内田元<sup>2</sup>, 李和樹<sup>2</sup>, 山田高三<sup>2</sup>, 三浦浩一<sup>3</sup>\*Kiyokazu Kobayashi<sup>1</sup>, Gen Uchida<sup>2</sup>, Hwa-Soo Lee<sup>2</sup>, Takazo Yamada<sup>2</sup>, Kohichi Miura<sup>3</sup>

Abstract: This study aims to evaluate the state of the grinding wheel surfaces and to improve the efficiencies of the grinding operations. In this study, by means of a high speed camera, surface observation of the rotating grinding wheels is trialed. And then the surface states are evaluated by digital image treatment. From the experimental results, it is known that the variation of the grinding wheel surfaces changed by the grinding operations can be evaluated quantitatively by comparison the plural images.

#### 1. 緒言

砥石表面状態により研削加工の能率は大きく左右される。しかし、表面状態の判断は現場の経験に頼っており、研削能率が悪化してから気づく場合も多く、定量的な評価が難しく非効率であるのが現状である。

そこで本研究では、高速度カメラを用いて研削中の砥石表面を撮影し、砥石表面状態の目づまりと目こぼれを定量的に評価することを目的としている。

#### 2. 砥石の撮影ならびに画像の処理について

図 1 に撮影する際のレイアウトを示す。高速度カメラは株式会社フォトロン製の FASTCAM Mini UX100 を用いた。砥石はクレトイシ株式会社製の WA60M6V を用いた。撮影に必要な光量を株式会社住田工学ガラス製の LS-M210 で砥石表面を照らして得ている。

図 2 に階調の変化について示す。デジタル画像を構成するピクセルは色情報として階調という値をもっている。白黒の場合、黒(0)～白(255)の 256 階調で色の濃さを表現している。表面の変化前後でピクセルごとに階調の差をとることで変化した情報が得られる。変化の仕方によって階調差の正負が決まる。ピクセルが白(255)から黒(0)に変化する場合、階調差は-255 になり負の値をもつ。いっぽうで、ピクセルが黒(0)から白(255)に変化する場合、階調差は+255 になり正の値をもつ。これにより、階調差の範囲は-255 ~ +255 となり、色の変化の度合いに応じて値の大きさが決まる。

そこで、この階調差を用いることによって、元々の砥石表面状態から研削加工により生じた目づまりや目こぼれの変化を評価することができる考えた。

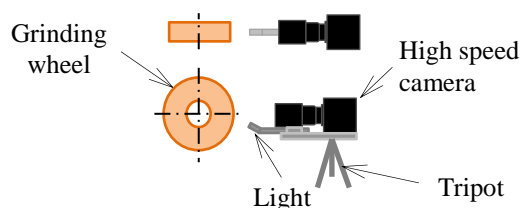


Figure 1. Schematic diagram of high speed camera

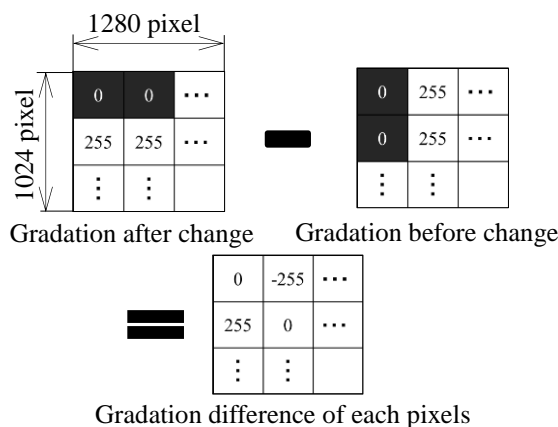


Figure 2. Gradation difference

#### 3. 研削による砥石表面の変化の観察と評価

炭素鋼 S25C を研削し、研削加工による砥石表面の変化を確認した。実験条件を表 1 に示す。

総研削量  $45.4\text{mm}^3/\text{mm}$  と  $46.4\text{mm}^3/\text{mm}$  を加工したときの砥石表面を図 3 に示す。(a)より、①と③の部分では目づまりが見られた。(b)の①の部分では、目づまりの成長が見られ、②の部分では目づまりが新たに生じていた。③の部分では目づまりが脱落していた。また、目こぼれは全体的に生じていた。

次に、図 3(a), (b)から階調差を求め、グレースケールで階調差を表したものを図 4 に示す。図 3 にて目づまりが生じた①や②と、目づまりが脱落した③の階調

差を図 4 で確認すると、目づまりは正の値、目づまりの脱落は負の値になっていることがわかる。目づまりをした部分は気孔に詰まった材料が光を反射して白く光るため、階調差は正の値になる。いっぽうで目づまりが脱落した部分は白く光っていた部分が黒くなるため、階調差は負の値になる。また、目こぼれした部分は他の変化ほどではないが正にも負にもなる。

そこで上記の目づまり、目こぼれ、目づまりの脱落の 3 つの現象を生じていた部分のそれぞれの階調差の分布を図 5 に示す。各現象によって階調差の分布が異なることがわかる。そこで階調差の分布から、目づまりを+100 ~ +255、目こぼれを-100 ~ +100 (-20 ~ +20 を除く)、目づまりの脱落を-255 ~ -100 としきい値を定め、研削現象を評価することにした。なお、階調差 -20 ~ +20 の範囲はカメラの受光量のばらつきの影響が大きいため評価対象外とした。

図 3(a)と(b)から求めた階調差を砥石円周方向にしきい値の範囲で変化したピクセルを数えたものを図 6 に示す。図 6 より、目づまりを示す階調差+100 ~ +255 の波形は砥石幅方向 4mm と 9.5mm の二か所にピークがある。また、目づまりの脱落を示す-255 ~ -100 の波形も砥石幅方向 11mm でピークがある。これらのピーク的位置を図 4 で確認すると目づまり、目づまりの脱落している箇所と一致する。目こぼれを示す-100 ~ +100 (-20 ~ +20 を除く)の波形は砥石表面がどれだけ消費したかの指標となると考えられる。以上より、階調差にしきい値を設けることで目づまり、目こぼれ、目づまりの脱落の判別ができることがわかった。

#### 4. 結 言

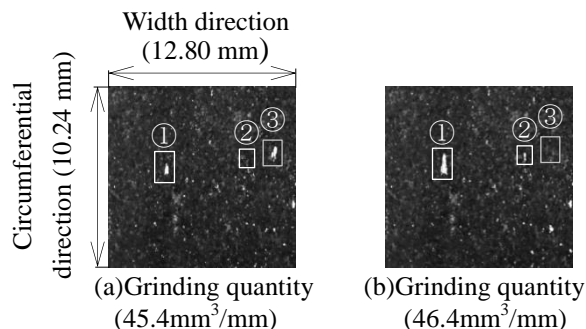
得られた階調差にしきい値を設けることで目づまり、目こぼれ、目づまりの脱落の 3 つの現象の判別を行うことができた。この方法を用いることで砥石表面状態の観察や評価を行うことができ、定量的な砥石寿命判断などに用いることができる。

#### 5. 参考文献

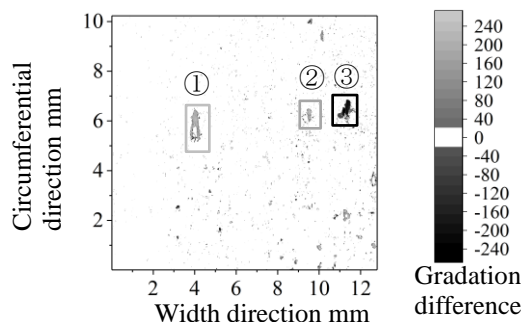
[1] 安井, 他 2 名:「自動砥石作業面画像処理システムの開発」, 精密工学会誌 Vol.67, No.7, pp.1130, 2001.

**Table 1.** Experimental conditions

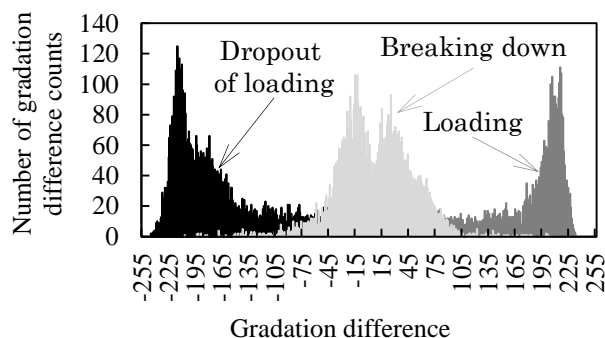
Depth of cut	12.5 μm
Peripheral speed at grinding	265 m/min <sup>-1</sup>
Peripheral speed at shooting	40 m/min <sup>-1</sup>
Shooting speed	4000 fps
Shutter speed	1/25000 sec



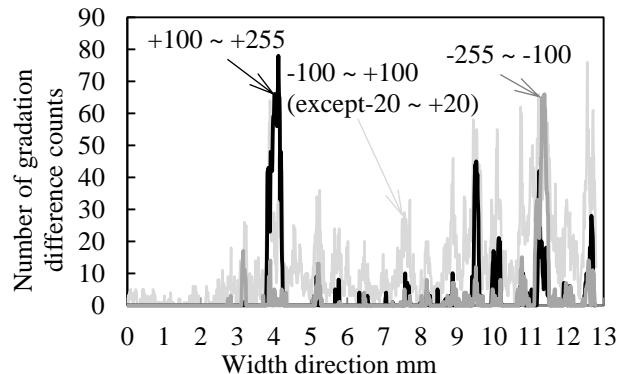
**Figure 3.** Changes in grinding wheel surface



**Figure 4.** Grayscale gradation difference



**Figure 5.** Distribution of gradation difference



**Figure 6.** Changes in grinding wheel surface