

表面性状評価におけるスキューネスとクルトシスの代替パラメータの検討

Investigation of alternative parameters for skewness and kurtosis in surface characterization

岩手大・院（学） *松本 陸来 岩手大・理工（正） 内館 道正

Riku Matsumoto*, Michimasa Uchida*

*Iwate University

1. 緒言

現在、部品の形状が高度化し、寸法や幾何公差の厳密化が進行する中で表面性状の高精度な制御は不可欠な要件となりつつある。表面性状パラメータは、表面性状を定量的に評価することができ、これにより、他の表面との比較や接触状態の定量化が可能となる¹⁾。この表面性状パラメータの1つとして、表面の高さ分布の形状を表すスキューネスとクルトシスがある。これらのパラメータは、接触面などにおける初期摩耗や潤滑保持性の評価・制御において極めて重要である²⁾。これらの定義式を以下に示す。

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \left[\frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} Z^3(x) dx \right] \quad (1)$$

$$R_{ku} = \frac{1}{R_q^4} \left[\frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} Z^4(x) dx \right] \quad (2)$$

ここで、 R_q は二乗平均平方根高さ、 l_n は評価長さ、 $Z(x)$ は任意の位置 x における輪郭曲線の高さを示す。 R_{sk} と R_{ku} の算出方法は表面の高さデータを直接代入して計算するものであり、これらのパラメータは3乗や4乗の項を含む式のため、平均線から離れた大きな谷部などのいわゆる外れ値の影響に非常に左右されやすい値となっている。このことから、現在 R_{sk} と R_{ku} の妥当な評価が行えないことが問題となっている³⁾。

本研究では、先に述べた問題を解決することを目的として、表面性状パラメータを用いた R_{sk} と R_{ku} の代替パラメータを検討する。

2. 検討方法

2.1 表面形状の測定

検討する試験片として、RUBERT 社の粗さ標準片を用いた。その際、非周期かつ、記載上の算術平均粗さが $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ の 38 種類について各表面に対し4回ずつ測定した。測定は触針式粗さ計を用いてサンプリング間隔 $0.1 \mu\text{m}$ で行った。そして S フィルタ、F 演算でフィッティング処理を行った。S フィルタではカットオフ値 $2.5 \mu\text{m}$ のガウシアンフィルタを行い、F 演算では2次の多項式回帰で処理をした。そして、JISB0671³⁾に従ってカットオフ値 $800 \mu\text{m}$ で L フィルタ処理を行った。パラメータは ISO 21920-2:2021 を採用した。 R_z と R_{pm} の概念図を Fig. 1 と Fig. 2 に示す。 R_z はそれぞれの基準長さの最大のデータ点と最小のデータ点の差の平均値を示す⁴⁾。また、 R_{pm} は基準長さごとの最大のデータ点の平均値を示す⁴⁾。

2.2 評価方法

Table 1 に今回用いた表面性状パラメータを示す。ここでの代替パラメータとは Table 1 の表面性状パラメータの組み合わせた $11 \times 11 - 11 = 110$ 通りのパラメータの比である。 R_{sk} 、 R_{ku} と代替パラメータをそれぞれ散布図にプロットし、相関係数を用いて強い相関があるかを評価した。加えて、それぞれの散布図において最小二乗法を用いた線形回帰を行った。そして、 R_{sk} 、 R_{ku} と代替パラメータのそれぞれのばらつきを相対的に評価するために変動係数 C.V. を用いた。38 表面の各々に対して変動係数を求めて 38 表面における変動係数の平均値を算出した。

Table 1 Surface texture parameters used in this research

Symbol	Name	Symbol	Name
R_a	Arithmetic mean height	R_p	Mean peak height
R_q	Root mean square height	R_v	Mean pit depth
R_{pt}	Maximum peak height	R_{pk}	Reduced peak height
R_{vt}	Maximum pit depth	R_{vk}	Reduced pit depth
R_t	Total peak-to-valley height	R_k	Core height
R_z	Average peak-to-valley height		

3. 結果

R_{sk} と R_{pm}/R_z の散布図, 近似直線を Fig. 3 に示す. R_{sk} と R_{pm}/R_z には強い相関があることがわかる. R_{ku} と R_a/R_q の散布図, 近似直線を Fig. 4 に示す. R_{ku} と R_a/R_q には強い相関があることがわかる. Table 2 と Table 3 に, 散布図において横軸方向に極端に外れている円筒研削表面 N3, リーマ加工表面 N5 の変動係数と 38 表面の変動係数の平均を示す. Table 2 と Table 3 から R_{sk} と R_{ku} ともに代替パラメータの変動係数の平均値が小さくなる結果となった. 加えて, 散布図において横軸の方向に, 大きく外れた円筒研削表面 N3 やリーマ加工表面 N5 においても, 代替パラメータの変動係数が小さくなる結果となった.

Table 2 Coefficient of variation of R_{sk} and R_{pm}/R_z

	C.V. (R_{sk}), -	C.V. (R_{pm}/R_z), -
Cylinder grinder N3	-0.934	0.100
Reamed N5	-1.400	0.195
Avg. of 38 surface	-1.123	0.077

Table 3 Coefficient of variation of R_{ku} and R_a/R_q

	C.V. (R_{ku}), -	C.V. (R_a/R_q), -
Cylinder grinder N3	1.367	0.094
Reamed N5	1.677	0.303
Avg. of 38 surface	1.691	0.067

4. 考察

結果から R_{sk} と R_{pm}/R_z , R_{ku} と R_a/R_q の双方に強い相関がみられ, かつ, 双方の代替パラメータの変動係数の値が大幅に小さくなった. よって, R_{pm}/R_z と R_a/R_q は代替パラメータとして R_{sk} , R_{ku} との代替可能であると言える. R_{pm}/R_z がスキューネスと強い相関関係にある理由として, R_{sk} と R_z はともに谷などに敏感であり, R_{sk} が負の値をとると同時に R_z の値も大きくなることが挙げられる. そのため強い相関が得られたと推察される. R_a/R_q がクルトシスと強い相関関係にある理由として R_{ku} と R_q の両者ともに極端な谷部などに敏感であるため強い相関があると推察される.

表 1, 表 2 の結果から, 今回検討した代替パラメータは極端な谷部の影響を受けにくいことが推察される. R_{pm}/R_z に関しては, R_{pm} が表面の極端な山部や谷部の影響を受けにくいパラメータであることが考えられる. R_a/R_q に関して, R_a は表面の高さデータの絶対値の平均であり, R_q は二乗平均を用いているため極端な谷部に影響されにくいと推察される.

5 結言

本研究では, 触針式粗さ計から測定した高さデータから, R_{sk} と R_{ku} の表面における極端に大きい谷部, いわゆる外れ値にも対応するパラメータの代替性について相関係数と変動係数を用いて検討した.

R_{sk} に対しては R_{pm}/R_z , R_{ku} に対しては R_a/R_q での代替が可能であることがわかった.

文献

- 1) P. Pawlus et al., Measurement, 153, 1(2020) 107387.
- 2) 似内昭夫: トライボロジー設計マニュアル, テクノシステム (2015) 681.
- 3) JIS B0671-1: 2002.
- 4) M. Carl et al., The Surface Texture Answer Book, (2021) 344.
- 5) 栗原伸一: 入門統計学, オーム社(2011) 15.

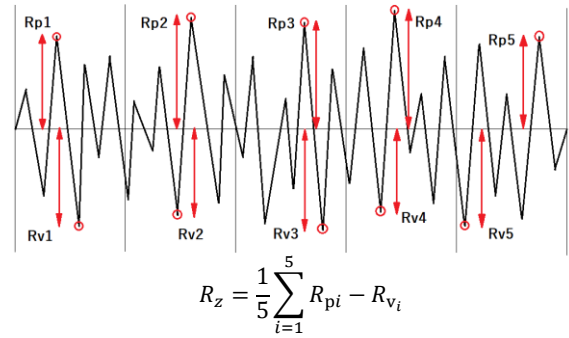


Fig. 1 R_z : The average peak to valley height

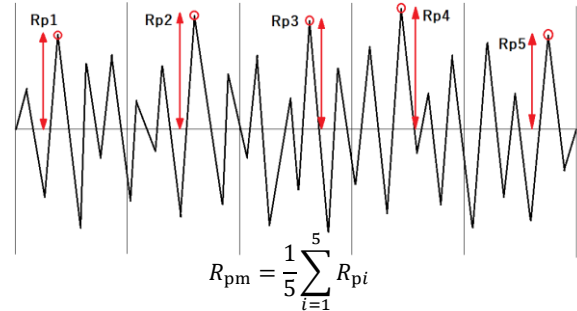


Fig. 2 R_p : The mean peak height

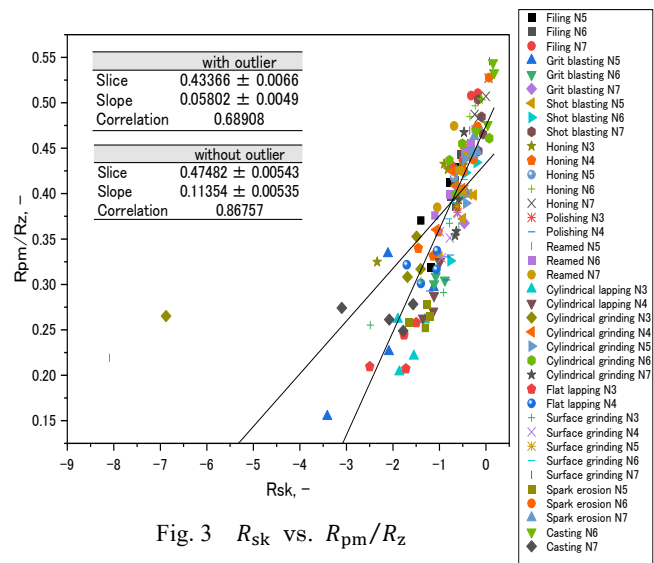


Fig. 3 R_{sk} vs. R_{pm}/R_z

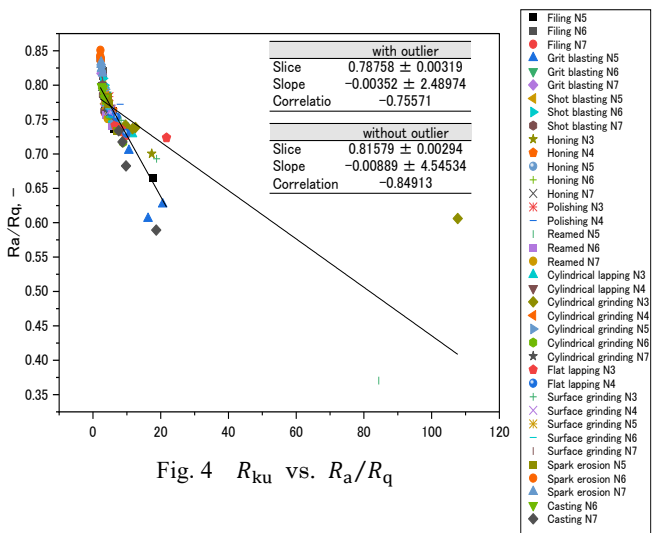


Fig. 4 R_{ku} vs. R_a/R_q