表面あらさ測定に関する統計的研究 (第5報)

—表面粗さの性質を示すスケール*—

正会員 本 田 肇**

Surface Smoothness and Statistical Method (5th Report)

A Scale, showing the Characteristic of the Surface Roughness

Hajime HONDA

The characteristic of the surface can be explained by the statistic R/s , (max. range) / (standard deviation).

All surfaces are not of equal characteristic, even though their "peak-to-valley heights" are equal. From the statistic R/s , one can see how the surface is flat or notched.

The effect of electro-polishing to the smoothness of surface is represented by R/s , and it was shown quantitatively.

The reason that the tracer instruments for measuring surface roughness are not available in the case of soft surface is shown quantitatively, and it is proved statistically.

1. 総 論

表面あらさの特性を定量的に示す時、試料ひるがり幅 $[R]$ 、或は試料標準偏差 $[s]$ は有用な統計量であるが、之のみでその面の特性を示すのは不充分である。例えば R が 10μ のグライнда仕上面があり、之を電解研磨した時、やはり R が 10μ としても、両者の間には電解研磨の効果が出ているかも知れない。

うねうねした面で山が丸味を帯びているか、或は鋭くやせた山が突出しているか等を判定し得る統計量があれば、例えば電解研磨液の効果等を定量的に測定する事が可能になる。

あらさ分布曲線の歪み方の測度として統計量 g_1 、又尖り方の測度として統計量 g_2 があり、之等は統計の教科書により計算する事が出来、 g_1 は本研究の第3報に於て小坂氏のデータの解析に使用した。

計算の容易な統計量として比 $[R/s]$ が、表面ユニットの回帰線に対する集中状態、換言すればギザギザした状態か、うねうねした状態かを見る上に有効である事を知った。

比 R/s により面の性質を定量的に観測する事が出来る。

2. 統計量 R/s

図1に示す様に斜面の傾斜が直線であればA、Bの様

にピッチの異なる2面でも、表面ユニットの回帰線に対する配列は等しいから、試料標準偏差 s は等しく、比 R/s も変わらない。

図 1

即ち比 R/s は、縦横の測定倍率によつて変らず R 或は s の絶対値の大小にも関係が無い。

R は両極端にあるユニットの距離であり、 s はユニットのばらつき方を示すから、 R/s によりユニットの集中状態を見る事が出来る。

凹凸の状態が幾何学的に一樣な場合には試料の大きさを増しても R/s の値は変わらないが、実際の表面では、ユニットは普通ランダムに出現するから、一定の面に於ても試料の大きさと共に R/s は増大する。

故に2面を比較する場合には、試料の大きさを等しく保つて比較せねばならない。

図2の模型により R/s と実際の分布状態とを結びつける事が出来る。

〔A〕はプロファイルの模型、〔B〕は夫々のあらさ分布曲線にあたるヒストグラムで、比 R/s の値を夫々記入してある。

〔1〕はプロファイルが回帰線を中心にして外側に対し

*精機学会講演会で発表

**大阪府立工業奨励館

凹となつた場合

〔2〕 はプロフィールが直線の場合

〔3〕 はプロフィールが回帰線を中心として 外側に対し凸となつた場合を示す

R/s は当然、分布の形状により種々の値をとる。 R/s が大きい、即ち標準偏差に比して試料分布幅の大きい事は、やせた山が突出している事を示す。ギザギザとした細い山が1つ突出しても、標準偏差にはあまり大きく利いて来ないが、分布幅には只一つの山でも利いて来る。故に比 R/s により面の性質を推定する事が出来るが、

図 2

既述の様に試料の大きさ及び、あらさの分布型は常に考慮せねばならない。

以下に R/s の適用例を示して見る。

3. R/s をスケールとした電解研磨の平滑能の測定

電解研磨が金属表面を、どの様に滑かんにしてゆくかを統計量 R/s により測定した。あまり長時間の研磨を行えば仕上面あらさの分布型も変化する事を怖れ、今回は短時間の研磨を行った。極めて鋭い尖端を削り去り表面を滑かにさせる効果の有無を定量的に測定した。

図 3 (原図縮少率 $\frac{2}{3}$)

図 3 の〔A〕は電解研磨前の表面である。

材 質: 13 Cr-Steel

測定圧: 1 gr.

倍 率: $\times 5000 \times 50$

触針先端曲率半径: 12μ

測定方向: 研削方向と 45°

図 3 の〔B〕は同じ材料を電解研磨した後に測定した

もので、測定条件としては、測定位置が異なる。実際に全く同じ所を再び測定する事は出来ない。故に試料変動が当然入つて来て、〔A〕と〔B〕を直接比較しても意味はない。故に各試料をランダム・サンプリングにより数回宛測定して差の検定を行った。

電解条件は次の通りである。

電解液: —

磷酸 100cc [S.G.: 1.7]

硫酸 5cc [S.G.: 1.85]

温 度: $60^\circ \sim 70^\circ \text{C}$

D.C. 電流密度: 50 A/dm^2

電解時間: 5分

図 3 の〔A〕と〔B〕を比較すれば、電解研磨の結果プロフィール・カーブが滑かになった事を定性的に推察出来る。この様な短時間の研磨ではあらさ分布曲線はあまり変っていないから、両者を同一のサンプル・サイズで比較して見る。

3-A 電解研磨による標準偏差の変化

電解研磨作業の前後に於て、面の凹凸の標準偏差が変つたか否かを検定して見る。

実験は 13-Cr 鋼の $1'' \times 2'' \times \frac{1}{8}''$ の板 7 枚を準備し、何れも技術的に同一と考えられる状態に於て電解研磨し、表面あらさの測定は各試料につき任意の一個所を選

表 1

試料番号	電解研磨前の標準偏差 $s_1 \mu$	電解研磨後の標準偏差 $s_2 \mu$
1	2.73	2.75
2	2.40	2.26
3	2.30	2.12
4	1.90	2.11
5	2.20	1.93
6	1.07	2.13
7	—	3.07
平 均	$s_1 = 2.10$	$s_2 = 2.48$

んで一回測定し、計 7 個の測定値を得た。あらさ分布曲線を作るためにもプロフィール・カーブの左端から初まつて 50mm (基準線の長さ 1 mm) を採つた。

表 1 は試料からの計算値である。

その計算結果は

$$t = 1.29$$

$$\text{自由度 } n = 11$$

この危険率は 20% と 30% の間にあり、 s_1 と s_2 の間に有

意差ありとは云い得ない。

即ち上の実験で、電解研磨の結果、あらさの標準偏差に差が生じたと主張する事は出来ない。

3-B 電解研磨による試料分布幅の変化

同じ試料を試料分布幅〔最大高さ〕 R で測定し実験の前後で変化があつたか否かを検定する。表2は電解研磨前後における R である。

表 2

試料番号	研 磨 前 $R_1 \mu$	研 磨 後 $R_2 \mu$
1	13.5	10.0
2	13.6	14.0
3	14.3	11.2
4	10.0	12.2
5	14.2	8.5
6	6.6	8.5
7	—	14.0
平 均	12.03	11.2

表2の計算結果は

$$t = 0.55$$

自由度 $n = 11$

t 分布表によりこの危険率は60%と50%の間にある。故に $\bar{R}_1$ と $\bar{R}_2$ の差は有意とは云えない。即ち R により電解研磨前後のあらさを測定しても、有意差が生じたとは云えない。

3-C 電解研磨による R/s の変化

前述の電解研磨前後の表面あらさの統計量 R/s を計算した結果を表3に示す。

表 3

試料番号	研磨前の R/s	研磨後の R/s
1	4.94	3.64
2	5.67	6.19
3	6.22	5.28
4	5.26	3.92
5	6.45	4.41
6	6.12	3.99
7	—	4.56
平 均	5.78	4.57

表3の計算結果は

$$t = 2.82$$

自由度 $n = 11$

t 分布表に於て

$$p = 0.02$$

$$t = 2.718$$

$$p = 0.01$$

$$t = 3.106$$

故に比 R/s の平均値の、電解研磨前後の差は有意である。

即ち電解研磨前後に於て、 R も s も夫々単独に測定したのでは有意差を検出する事は出来なかつたが、統計量 R/s は明かに差を生じた事を示し、鋭いやせた山が消えて、うねりをおびた、すべすべした傾向を持った事を証明した。

即ち R/s により、電解研磨の平滑能を定量的に比較、測定する事が出来る。

4. メタアクリル樹脂による転写面の測定

前節に於ては表面あらさの分布型が、研磨の前後に於て共に略々正規型を保っている場合について、統計量 R/s の変化を検出した。

こゝに示す例は分布型がSkewしている場合であり、仕上面として鋳鉄のやすり仕上面を選んだ。

面の状況が次第に変化してゆく時、例えば機械部品の表面が磨減してゆく時や、工具による切削面が次第に変つてゆく状態等を保存する為に古来スンプ法が利用されている。然しスンプ面を触針法で測れば、針先で山の尖端はつぶされ真の形状を書き出してくれないであろう事は既に想像されていた。此の様な現象は非常に軟い金属表面を測定する場合にも起る。

スンプ面につきこの現象を定量的に測定した。

実験：—

鋳鉄のやすり仕上面をメタアクリル樹脂で転写、双方を触針法により測定して比較した。

メタアクリルの転写性能は、之が電子顕微鏡の試料作製に使用されている点から見ても、標本としての誤差は倍率が数万倍の範囲では無視してよいと考えられる。故に双方を触針法で測定した値の差は、軟い樹脂を針が引掻いて山をつぶす為であると判断される。

図 4 (原図縮少率 $2/3$)

図4のAは鋳鉄のやすり仕上面、Bはメタアクリルの転写面であり、測定位置は勿論同一では無い。

測定条件：—

測定圧 1.0 gr

倍 率 $\times 2000 \times 50$

触針針端曲率半径 12 μ

測定した基準線の長さ: 1 mm

4-A 試料分布幅 R の平均値の比較

実測値を表 4 に示す。

表 4

試料番号	鑄鉄面の R	アクリル面の R
1	10.50 μ	9.50 μ
2	5.50	9.55
3	15.20	11.25
4	5.80	9.20
5	7.40	11.00
6	12.60	5.25
平 均	9.50	9.30

計算結果:

$$t = 0.112$$

自由度 10,

故に有意差ありとは主張出来ない。

やすり仕上面には深い条痕が存在し、その試料変動が触針の影響に比し大きいから、双方で R に差が生じたとは云い切れないのである。

4-B 試料標準偏差 s の平均値の比較

測定値を表 5 に示す。

表 5

試料番号	鑄鉄面の s	アクリル面の s
1	1.73 μ	2.58 μ
2	1.10 μ	2.00 μ
3	1.22 μ	2.90 μ
4	1.30 μ	2.13 μ
5	1.97 μ	2.16 μ
6	2.47 μ	1.49 μ
平 均	1.63 μ	2.21 μ

計算結果:

$$t = 2.11$$

自由度 10.

$$p = 0.1 \dots \dots \dots$$

$$t = 1.812$$

$$p = 0.05 \dots \dots \dots$$

$$t = 2.228$$

故に t の値は少し大きいが、有意差ありと云切る事は出来ない。

4-C 統計量 R/s の平均値の比較

実測値を表 6 に示す。

表 6

試料番号	鑄鉄面の R/s	アクリル面の R/s
1	6.05	3.69
2	4.98	4.89
3	6.15	3.88
4	4.76	4.33
5	5.70	5.10
6	6.41	3.52
平 均	5.67	4.23

計算結果:

$$t = 3.77$$

自由度 10.

$$p = 0.01 \dots \dots \dots$$

$$t = 3.169$$

$\therefore$ 有意差あり

即ち鑄鉄面とその転写面を触針法で測定すればメタアクリル面では小さな鋭い凹凸がつぶされ、もとの表面は充分には再現されない。

5. 結 論

試料分布幅 R と試料標準偏差 s との比 R/s は、面の状態を知る上に有力な統計量である。最大高さが同じ面でも、或は同じ様な分布型を持つ面でも、統計量 R/s によりそれが尖い山の突出した面であるか或はうねうねと丸まった面であるかを察する事が出来る。

試料の大きさを定めれば、統計量 R/s により、面の状態を定量的に示す事が出来る。

R , s , R/s , 歪み g_1 , 平坦さ g_2 等により面の特性が把握される。

(1954, 9月8日受付)