

精密測定機器の豆知識

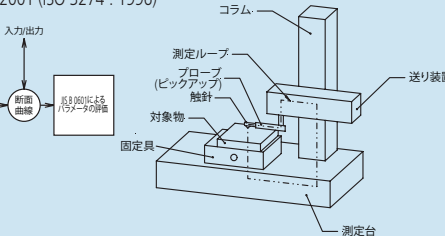
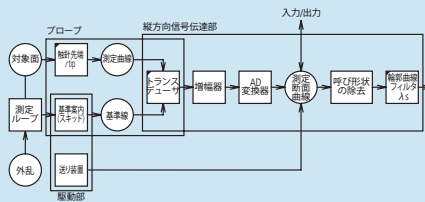


サーフテスト(表面粗さ測定機)編

- JIS B 0601:2013 製品の幾何特性仕様 (GPS)- 表面性状：輪郭曲線方式 - 用語、定義および表面性状パラメータ
- JIS B 0632:2001 製品の幾何特性仕様 (GPS)- 表面性状：輪郭曲線方式 - 位相補償フィルタの特性
- JIS B 0633:2001 製品の幾何特性仕様 (GPS)- 表面性状：輪郭曲線方式 - 表面性状評価の方式および手順
- JIS B 0651:2001 製品の幾何特性仕様 (GPS)- 表面性状：輪郭曲線方式 - 触針式表面粗さ測定機

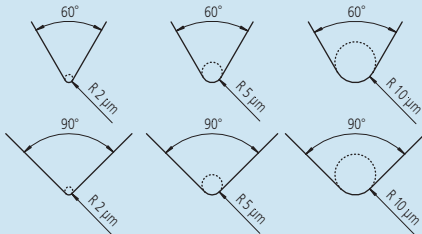
触針式表面粗さ測定機

JIS B 0651 : 2001 (ISO 3274 : 1996)



触針の形状

理想的な触針の形状は球状先端をもつ円すいである。
先端半径： $r_{tip} = 2 \mu\text{m}, 5 \mu\text{m}, 10 \mu\text{m}$
円すいのテーパ角度： $60^\circ, 90^\circ$
理想的な測定機では、特別な指示がない限り、円すいのテーパ角度は 60°



静的測定力

触針の平均位置における測定力：0.75 mN
測定力変化の割合：0/Nm

標準特性値：触針の平均値における静的測定力

触針の先端半径の呼び値 μm	触針平均位置における静的測定力 mN	静的測定力の変化の割合の許容差 mN/ μm
2	0.75	0.035
5	0.75 (4.0) (注1)	0.2
10		

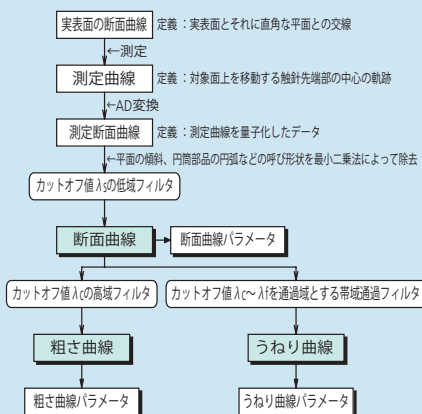
注1 触針の平均位置における静的測定力の最大値は、付け替え方式の触針など、特殊な構造のプロブでは、4.0 mNとする。

位相補償フィルタの特性

JIS B 0632 : 2001 (ISO 11562 : 1996)

輪郭曲線のためのフィルタは、位相遅れ(輪郭曲線が波長に依存してはずむ原因)のない位相補償フィルタ。
位相補償フィルタの重み関数は、カットオフ値で50%の振幅伝達率となる正規(ガウス)分布である。

データ処理の流れ



カットオフ値と触針先端半径の関係

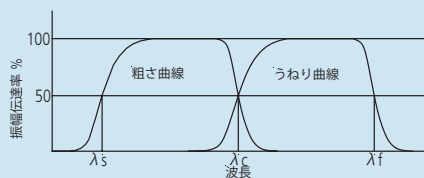
粗さ曲線用カットオフ値 λ_c 、触針先端半径 r_{tip} 、およびカットオフ比 λ_c/λ_s の関係

λ_c mm	λ_s μm	λ_c/λ_s	最大 r_{tip} μm	最大サンプリング間隔 μm
0.08	2.5	30	2	0.5
0.25	2.5	100	2	0.5
0.8	2.5	300	2 (注1)	0.5
2.5	8	300	5 (注2)	1.5
8	25	300	10 (注2)	5

注1 $R_a > 0.5 \mu\text{m}$ または $R_z > 3 \mu\text{m}$ の表面に対しては、通常、 $r_{tip} = 5 \mu\text{m}$ を用いても測定結果に大きな差を生じさせない。
注2 カットオフ値 λ_s が2.5 μm および8 μm の場合、推奨先端半径を持つ触針の機械的フィルタ効果による減衰特性は、定義された通過帯域の外側にある。したがって触針の先端半径または形状の多少の影響は測定値から計算されるパラメータの値にはほとんど影響しない。特別なカットオフ比が必要な場合には、その比を明示しなければならない。

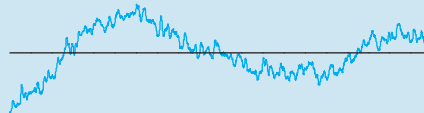
輪郭曲線の種類

JIS B 0601 : 2013 (ISO 4287 : 1997, Amd.1 : 2009)



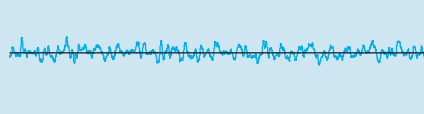
断面曲線

測定断面曲線にカットオフ値 λ_s の低域フィルタを適用して得られる曲線



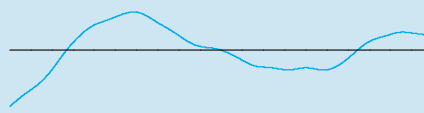
粗さ曲線

カットオフ値 λ_c の高域フィルタによって、断面曲線から長波長成分を遮断して得た輪郭曲線



うねり曲線

断面曲線にカットオフ値 λ_f および λ_c の輪郭曲線フィルタを順次かけることによって得られる輪郭曲線。 λ_f 輪郭曲線フィルタによって長波長成分を遮断し、 λ_c 輪郭曲線フィルタによって短波長成分を遮断する。



粗さパラメータの基準長さ

JIS B 0633 : 2001 (ISO 4288 : 1996)

表1-非周期的な輪郭曲線の粗さパラメータ $R_a, R_q, R_{sk}, R_{ku}, R_{\Delta q}$ 並びに負荷曲線および確率密度関数とそれらに関連するパラメータの基準長さ

R_a μm	基準長さ l_r mm	評価長さ l_n mm
$(0.006) < R_a \leq 0.02$	0.08	0.4
$0.02 < R_a \leq 0.1$	0.25	1.25
$0.1 < R_a \leq 2$	0.8	4
$2 < R_a \leq 10$	2.5	12.5
$10 < R_a \leq 80$	8	40

表2-非周期的な輪郭曲線の粗さパラメータ R_z, R_v, R_p, R_c, R_t の基準長さ

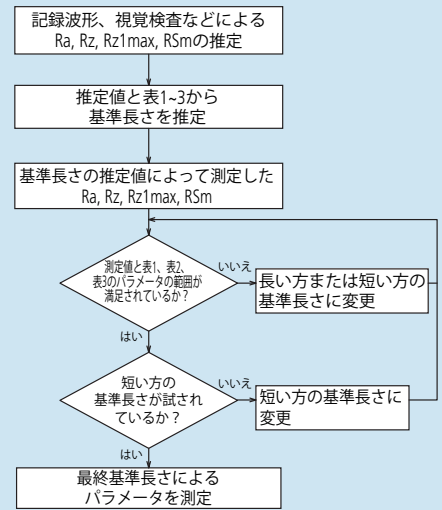
R_z, R_z1_{max} μm	基準長さ l_r mm	評価長さ l_n mm
$(0.025) < R_z, R_z1_{max} \leq 0.1$	0.08	0.4
$0.1 < R_z, R_z1_{max} \leq 0.5$	0.25	1.25
$0.5 < R_z, R_z1_{max} \leq 10$	0.8	4
$10 < R_z, R_z1_{max} \leq 50$	2.5	12.5
$50 < R_z, R_z1_{max} \leq 200$	8	40

1) R_z は、 R_z, R_v, R_p, R_c, R_t を測定するとき用いる。
2) R_z1_{max} は、 $R_z1_{max}, Rv1_{max}, Rp1_{max}, Rc1_{max}$ を測定するときだけに用いる。

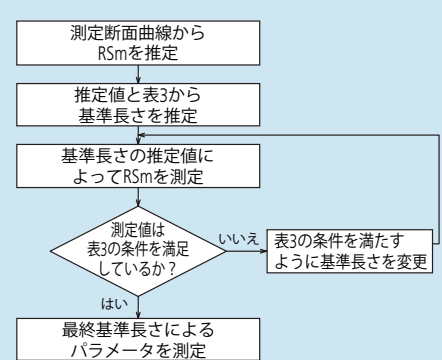
表3-周期的な粗さ曲線の粗さパラメータの測定および周期的、非周期的な輪郭曲線の R_{sm} 測定のための基準長さ

R_{sm} mm	基準長さ l_r mm	評価長さ l_n mm
$0.013 < R_{sm} \leq 0.04$	0.08	0.4
$0.04 < R_{sm} \leq 0.13$	0.25	1.25
$0.13 < R_{sm} \leq 0.4$	0.8	4
$0.4 < R_{sm} \leq 1.3$	2.5	12.5
$1.3 < R_{sm} \leq 4$	8	40

基準長さの指定がない場合の基準長さ決定手順



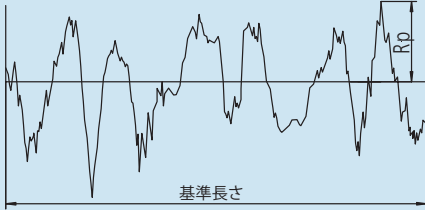
図：基準長さの指定がない場合の非周期的な面における基準長さ決定手順



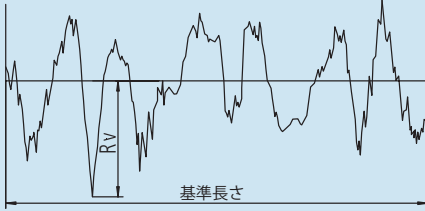
図：基準長さの指定がない場合の周期的な面における基準長さ決定手順

高さ方向のパラメータ (山および谷)

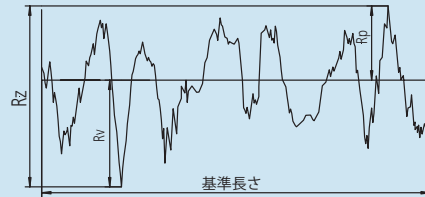
断面曲線の最大山高さ Pp
 粗さ曲線の最大山高さ Rp
 うねり曲線の最大山高さ Wp
 基準長さにおける輪郭曲線の山高さ Zp の最大値



断面曲線の最大谷深さ Pv
 粗さ曲線の最大谷深さ Rv
 うねり曲線の最大谷深さ Wv
 基準長さにおける輪郭曲線の谷深さ Zv の最大値

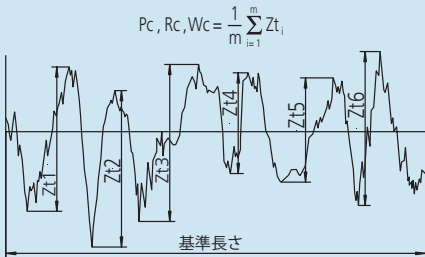


断面曲線の最大高さ Pz
 粗さ曲線の最大高さ Rz
 うねり曲線の最大高さ Wz
 基準長さにおける輪郭曲線の最大山高さ Zp と最大谷深さ Zv との和

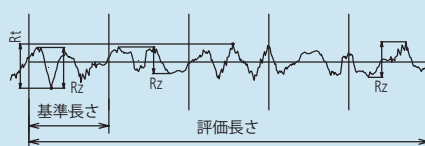


旧 JIS 規格や ISO4287:1984 では、記号 Rz は「十点平均粗さ」を指示するために使われていた。新旧規格による測定値の差が、無視できるほど小さいとは限らないので、注意しなければならない。(図面の指示は新旧どちらの規格で指示されているのか確認)

断面曲線要素の平均高さ Pc
 粗さ曲線要素の平均高さ Rc
 うねり曲線要素の平均高さ Wc
 基準長さにおける輪郭曲線要素の高さ Zt の平均値



断面曲線の最大断面高さ Pt
 粗さ曲線の最大断面高さ Rt
 うねり曲線の最大断面高さ Wt
 評価長さにおける輪郭曲線の山高さ Zp の最大値と谷深さ Zv の最大値との和



高さ方向のパラメータ (高さ方向の平均)

断面曲線の算術平均高さ Pa
 粗さ曲線の算術平均高さ Ra
 うねり曲線の算術平均高さ Wa
 基準長さにおける $Z(x)$ の絶対値の平均

$$Pa, Ra, Wa = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx \quad l \text{ は } l_p, l_r, l_w$$

断面曲線の二乗平均平方根高さ Pq
 粗さ曲線の二乗平均平方根高さ Rq
 うねり曲線の二乗平均平方根高さ Wq
 基準長さにおける $Z(x)$ の二乗平均平方根

$$Pq, Rq, Wq = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx} \quad l \text{ は } l_p, l_r, l_w$$

断面曲線のスキューネス Psk
 粗さ曲線のスキューネス Rsk
 うねり曲線のスキューネス Wsk

Pq, Rq, Wq の三乗によって無次元化した基準長さにおける $Z(x)$ の三乗平均

$$Rsk = \frac{1}{Rq^3} \left[\frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} Z^3(x) dx \right]$$

上記の式は Rsk の定義である。 Psk および Wsk も同様 Psk, Rsk および Wsk は、偏り度 (高さ方向の確率密度関数の非対称性の尺度) である。

断面曲線のクルトシス Pku
 粗さ曲線のクルトシス Rku
 うねり曲線のクルトシス Wku

Pq, Rq, Wq の四乗によって無次元化した基準長さにおける $Z(x)$ の四乗平均

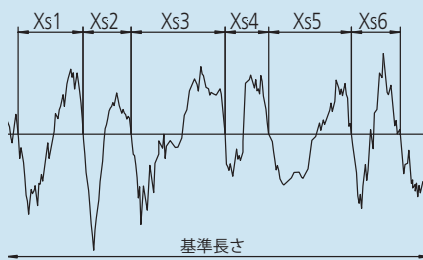
$$Rku = \frac{1}{Rq^4} \left[\frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} Z^4(x) dx \right]$$

上記は Rku の定義である。 Pku および Wku も同様 Pku, Rku および Wku は、縦座標値の確率密度関数の鋭さの分量

横方向のパラメータ

断面曲線要素の平均長さ PSm
 粗さ曲線要素の平均長さ RSm
 うねり曲線要素の平均長さ WSm
 基準長さにおける輪郭曲線要素の長さ Xs の平均

$$PSm, RSm, WSm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Xs_i$$



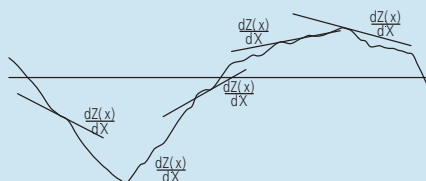
断面曲線要素に基づくピークカウント数 PPc
 粗さ曲線要素に基づくピークカウント数 RPC
 うねり曲線要素に基づくピークカウント数 WPc

$$RPC = \frac{1}{RSm}$$

複合パラメータ

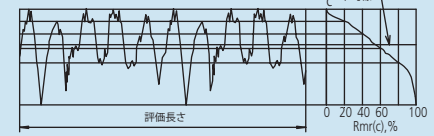
断面曲線の二乗平均平方根傾斜 $P\Delta q$
 粗さ曲線の二乗平均平方根傾斜 $R\Delta q$
 うねり曲線の二乗平均平方根傾斜 $W\Delta q$

基準長さにおける局所傾斜 dz/dx の二乗平均平方根



負荷曲線と確率密度関数とそれらに関連するパラメータ

負荷曲線 (アボット負荷曲線)
 切断レベル c の関数として表された輪郭曲線の負荷長さ率の曲線



断面曲線の負荷長さ率 $Pmr(c)$
 粗さ曲線の負荷長さ率 $Rmr(c)$
 うねり曲線の負荷長さ率 $Wmr(c)$

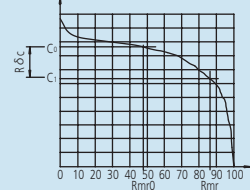
評価長さに対するレベル c における輪郭曲線要素の負荷長さ $MI(c)$ の比率

$$Pmr(c), Rmr(c), Wmr(c) = \frac{MI(c)}{ln}$$

断面曲線の切断レベル差 $P\delta c$
 粗さ曲線の切断レベル差 $R\delta c$
 うねり曲線の切断レベル差 $W\delta c$

与えられた負荷長さ率の 2 つの切断レベルの間の垂直の距離

$$R\delta c = c(Rmr1) - c(Rmr2); Rmr1 < Rmr2$$



断面曲線の相対負荷長さ率 Pmr
 粗さ曲線の相対負荷長さ率 Rmr
 うねり曲線の相対負荷長さ率 Wmr

基準とする切断レベル c_0 と輪郭曲線の切断レベル $R\delta c$ によって決まる負荷長さ率

$$Pmr, Rmr, Wmr = Pmr(c_1), Rmr(c_1), Wmr(c_1)$$

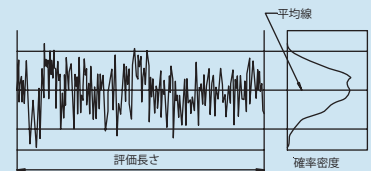
ここで

$$c_1 = c_0 - R\delta c \text{ (または } P\delta c, \text{ または } W\delta c)$$

$$c_0 = c(Pmr0, \text{ または } Rmr0, \text{ または } Wmr0)$$

確率密度関数 (振幅分布曲線)

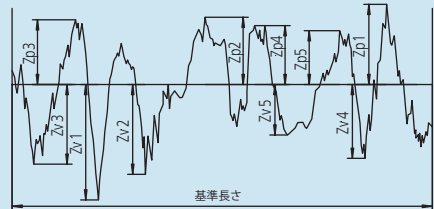
評価長さにわたって得られる高さ $Z(x)$ の確率密度関数



JIS だけのパラメータ

十点平均粗さ Rz_{JIS}
 カットオフ値 λc および λs の位相補償帯域通過フィルタを適用して得た基準長さの粗さ曲線において、最高の山頂から高い順に 5 番目までの山高さの平均と最深の谷底から深い順に 5 番目までの谷深さの平均との和

$$Rz_{JIS} = \frac{|Zp_1 + Zp_2 + Zp_3 + Zp_4 + Zp_5| + |Zv_1 + Zv_2 + Zv_3 + Zv_4 + Zv_5|}{5}$$



記号	用いた輪郭曲線
Rz_{JIS2}	測定したままの輪郭曲線による
Rz_{JIS4}	位相補償高域フィルタ適用の輪郭曲線による

中心線平均粗さ Ra_{75}

測定曲線に減衰率 12 db/oct でカットオフ値 λc のアナログ高域フィルタを適用して得られる曲線で、平均線からの偏差で表した粗さ曲線 (75%) を用いて得られる算術平均高さ

$$Ra_{75} = \frac{1}{ln} \int_0^{ln} |Z(x)| dx$$