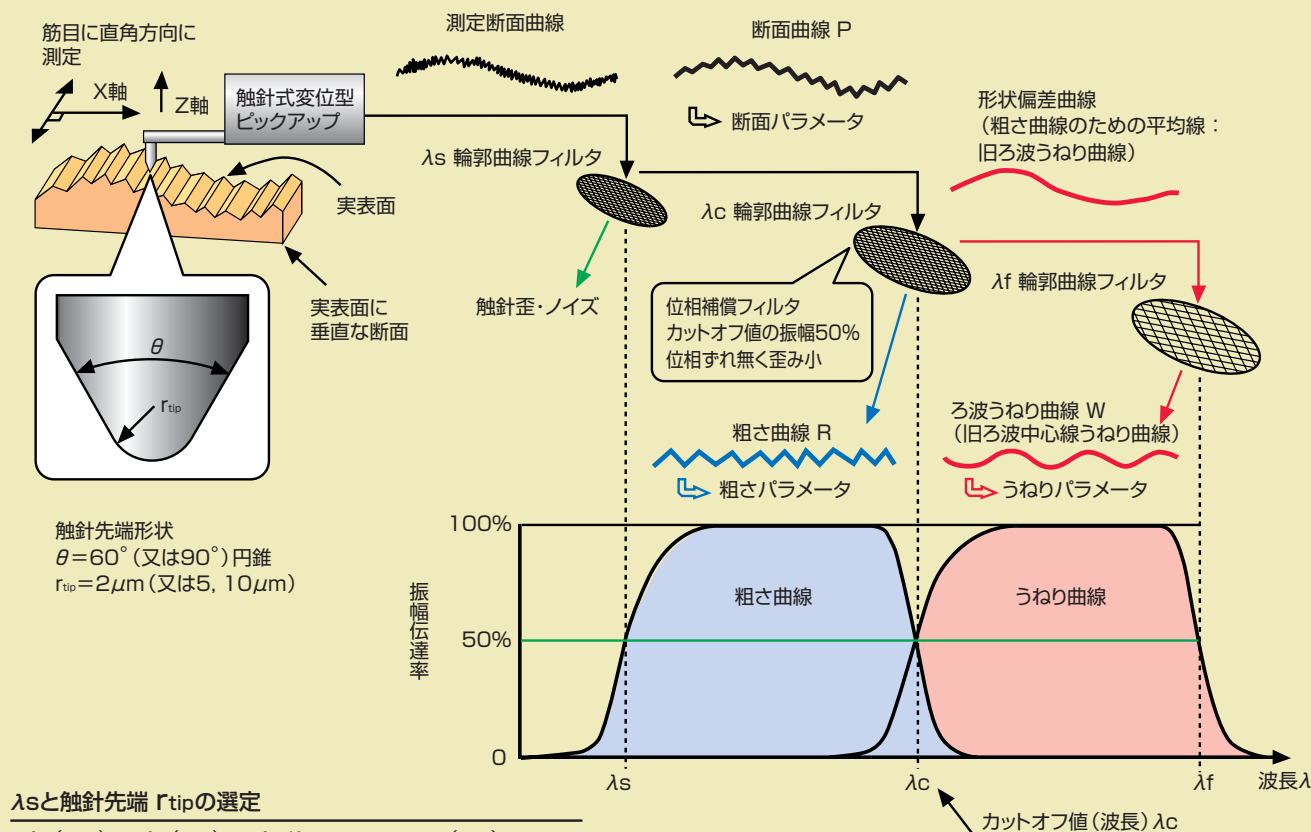


表面性状 規格解説 >>>

表面性状（表面粗さ・うねり）定義と触針式表面粗さ測定

触針と位相補償フィルタによる輪郭曲線

JIS B0601：'01/ISO 4287：'97 及び JIS B0651：'01/ISO 3274：'96



λsと触針先端 rtipの選定

λc (mm)	λs (μm)	λc/λs	rtip (μm)
0.08	2.5	30	2
0.25	2.5	100	2
0.8	2.5	300	2 (Rz>3μm時 5も可)
2.5	8	300	5または2
8	25	300	10, 5または2

粗さ評価手順

JIS B0633：'01/ISO 4288：'96

- 1 表面を観察し、加工方法を周期性波形か、非周期性波形か目視判断
- 2 許容値が図示されているとき、右表から測定条件を決定
- 3 許容値が図示されていないとき
 - 3-1 推定される測定値に対応する測定条件を右表から選択し測定
 - 3-2 その結果の測定値に対応する測定条件に変えて再測定
 - 3-3 測定結果が測定条件を満たさないときは、3-2を繰り返す
 - 3-4 測定結果が測定条件を満たすとき、これで最終測定値とする
但し非周期性曲線では更に短い基準長さで測定し、条件満足時
それに変更
- 4 測定値から次のルールで図示許容値に合格するか判定

上限値・16%ルール (基準)

粗さが最大に見える部分を測定し、規格値を超える基準長数が測定基準長総数の16%以下、例えば次のとき合格。

- 1個目測定値が、規格値の70%を超えない
 - 最初の3個の測定値が規格値を超えない
 - 最初の6個の測定値の内、2以上が規格値を超えない
 - 最初の12個の測定値の内、3以上が規格値を超えない
- 又は $\mu + \sigma$ 値が規格値以下のとき合格。 σ ：標準偏差

下限値・16%ルール (Lで表示)

粗さが最小に見える部分を測定し、

- 規格値を下回る基準長個数が測定基準長総数の16%以下
- 又は $\mu - \sigma$ 値が規格値以上のとき合格。

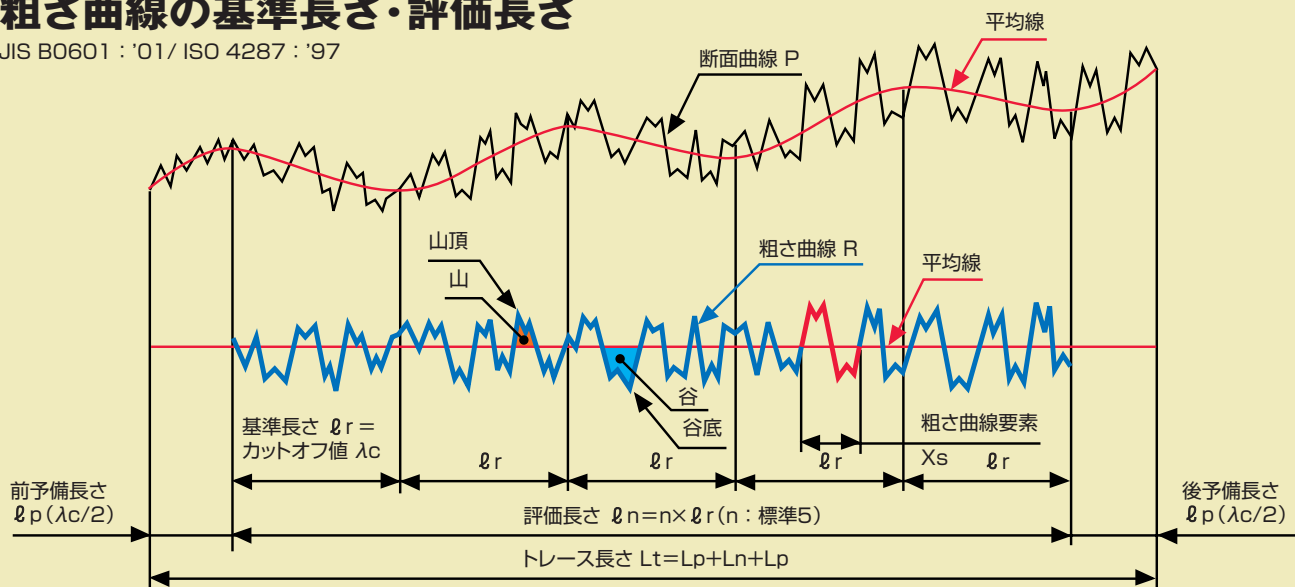
最大値・maxルール (maxの添字が付いている場合)

対象面全域で求めた測定値のすべてが規格値以下のとき合格。



粗さ曲線の基準長さ・評価長さ

JIS B0601 : '01 / ISO 4287 : '97



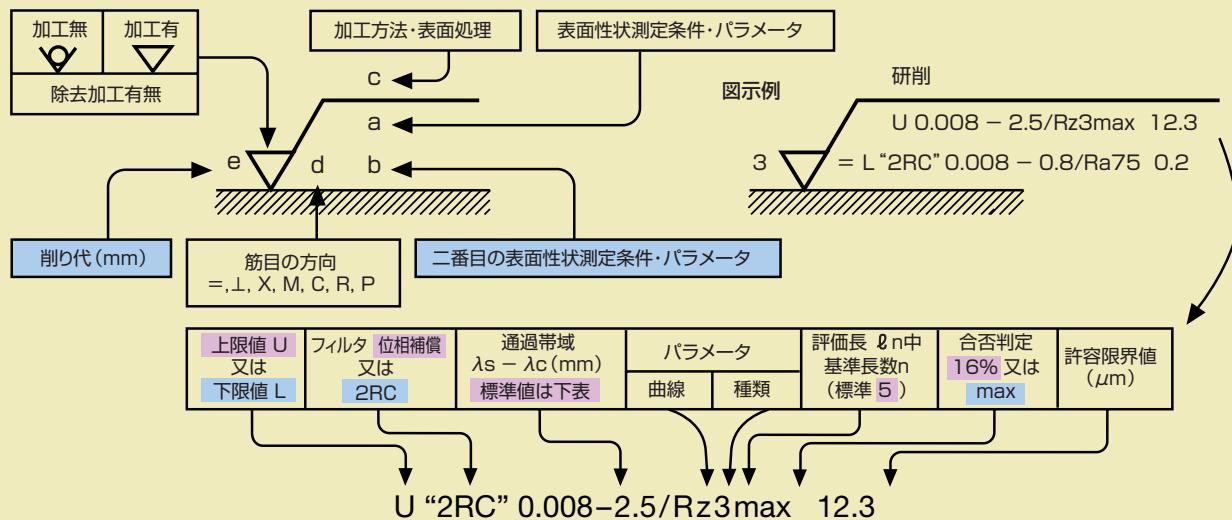
表面性状の図示方法

ISO 1302 : '02

備考：標準条件(赤)は図示しない。

追加指示項目(青)は必要なとき図示。

パラメータ数が増えたら下に改行して図示。



粗さ R パラメータ測定条件

JIS B0633 : '01 / ISO 4288 : '96

非周期的波形(ランダム波形)				周期的波形 及び RSmの評価		測定条件設定	
Ra, Rq, Rsk, Rku, RΔqの評価		Rz, Rv, Rp, Rc, Rtの評価		RSmの評価		基準長さ λ_r (mm) = カットオフ λ_c (mm)	評価長さ λ_n (mm) = $\lambda_r \times 5$
Raの範囲 (μm)	Rzの範囲 (μm)	Rvの範囲 (μm)	Rpの範囲 (μm)	Rcの範囲 (mm)	Rtの範囲 (mm)		
超え	以下	超え	以下	超え	以下		
0.006	0.02	0.025	0.1	0.013	0.04	0.08	0.4
0.02	0.1	0.1	0.5	0.04	0.13	0.25	1.25
0.1	2	0.5	10	0.13	0.4	0.8	4
2	10	10	50	0.4	1.3	2.5	12.5
10	80	50	200	1.3	4	8	40

断面 P パラメータ測定条件

JIS B0633 : '01 / ISO 4288 : '96

触針先端半径	λ_s	λ_c	基準長さ λ_n	基準長さ λ_p	評価長さ λ_n
2μm	2.5μm	無し	1	形体(平面、直線)の長さ	形体の長さ
5μm	8μm				
10μm	25μm				

うねり W パラメータ測定条件

ISO 1302 : '02

λ_c	λ_f	基準長さ m	基準長さ λ_w	評価長さ λ_n
粗さ用 λ_c	n λ_c (n: 図示要)	m: 図示要	λ_f	m λ_f

表面性状 規格解説 >>>

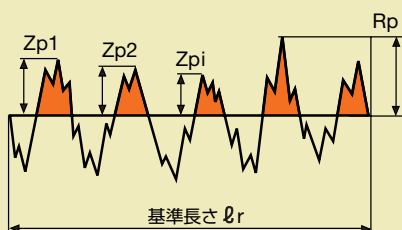
表面性状 (粗さ・うねり) 基本パラメータと解析曲線

高さ方向の山・谷のパラメータ

Rp 粗さ曲線の最大山高さ
Pp 断面曲線の最大山高さ
Wp うねり曲線の最大山高さ

基準長さにおける輪郭曲線の山高さZpの
 最大値

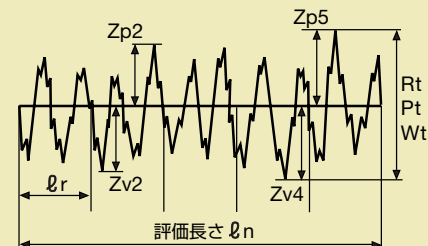
$$R_p, P_p, W_p = \max(Z(x))$$



Rt 粗さ曲線の最大断面高さ
Pt 断面曲線の最大断面高さ
 (JIS '70/'82でRmax)
Wt うねり曲線の最大断面高さ

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

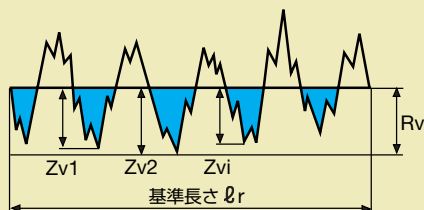
$$R_t, P_t, W_t = \max(Z_{pi}) + \max(Z_{vi})$$



Rv 粗さ曲線の最大谷深さ
Pv 断面曲線の最大谷深さ
Wv うねり曲線の最大谷深さ

基準長さにおける輪郭曲線の谷深さZvの
 最大値

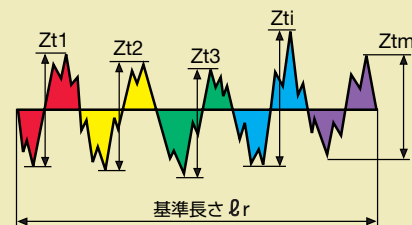
$$R_v, P_v, W_v = \min(Z(x))$$



Rc 粗さ曲線要素の平均高さ
Pc 断面曲線要素の平均高さ
Wc うねり曲線要素の平均高さ

基準長さでの輪郭曲線要素の高さZtiの平均

$$R_c, P_c, W_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_{ti}$$

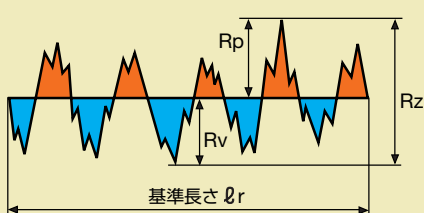


輪郭曲線要素=一つの山+隣の谷
 または、一つの谷+隣の山

Rz 最大高さ粗さ (JIS '94でRy)
Pz 断面曲線の最大高さ
Wz 最大高さうねり

基準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

$$R_z = R_p + R_v$$

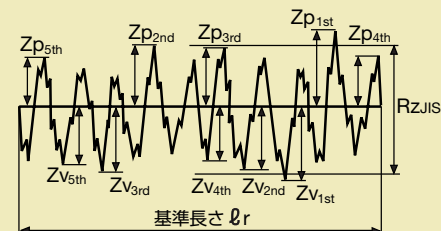


旧JISのRz(十点平均粗さ)とは定義が異なる

Rzjis 十点平均粗さ (JIS '94でRz)

粗さ曲線で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の和

$$R_{zjis} = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 (Z_{pj} + Z_{vj})$$



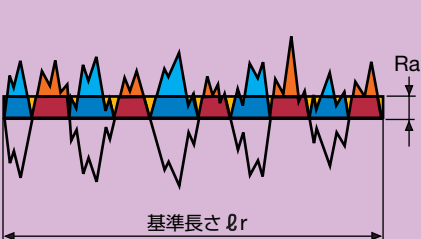
JISのみの付属規格でJIS'94準拠
 '82までの旧JISのRzとは定義が異なる

高さ方向の振幅平均パラメータ

Ra 算術平均粗さ
Pa 断面曲線の算術平均高さ
Wa 算術平均うねり

基準長さにおけるZ(x)の絶対値の平均

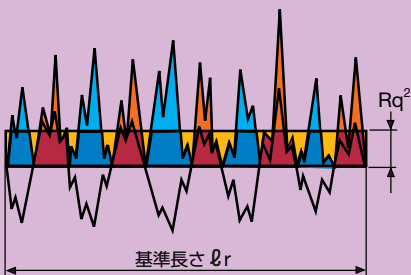
$$R_a, P_a, W_a = \frac{1}{\ell_r} \int_0^{\ell_r} |Z(x)| dx$$



Rq 二乗平均平方根粗さ (旧RMS)
Pq 断面曲線の二乗平均平方根高さ
Wq 二乗平均平方根うねり

基準長さにおけるZ(x)の二乗平均平方根

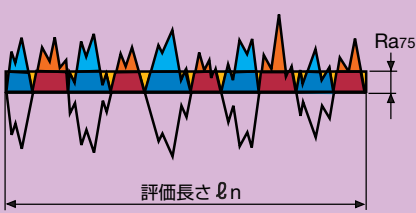
$$R_q, P_q, W_q = \sqrt{\frac{1}{\ell_r} \int_0^{\ell_r} Z^2(x) dx}$$



Ra75 中心線平均粗さ (旧Ra, AA, CLA)

カットオフ値λc75の2RCフィルタによる粗さ
 曲線(75%)の評価長さにおけるZ(x)の
 絶対値の平均

$$R_{a75} = \frac{1}{\ell_n} \int_0^{\ell_n} |Z(x)| dx$$



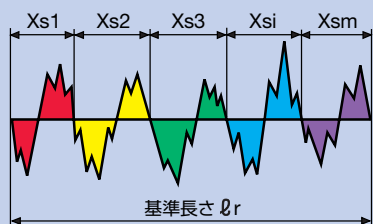
JISのみの付属規格で、旧JIS B0601:'82のRaと
 同一

横方向のパラメータ

RSm 粗さ曲線要素の平均長さ
(JIS '94でSm)
PSm 断面曲線要素の平均長さ
WSm うねり曲線要素の平均長さ

基準長さにおける輪郭曲線要素の長さXsの平均

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

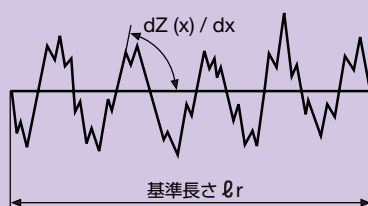


複合パラメータ

RΔq 粗さ曲線の二乗平均平方根傾斜
PΔq 断面曲線の二乗平均平方根傾斜
WΔq うねり曲線の二乗平均平方根傾斜

基準長さにおける局部傾斜dz/dxの二乗平均平方根

$$\left. \begin{matrix} R\Delta q \\ P\Delta q \\ W\Delta q \end{matrix} \right\} = \sqrt{\frac{1}{\ell_r} \int_0^{\ell_r} \left(\frac{d}{dx} Z(x) \right)^2 dx}$$

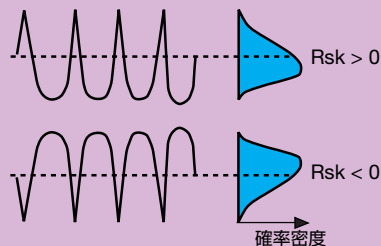


高さ方向の特徴平均パラメータ

Rsk 粗さ曲線のスキューネス (ゆがみSk)
PSk 断面曲線のスキューネス
Wsk うねり曲線のスキューネス

基準長さにおけるZ(x)の三乗平均を二乗平均平方根の三乗で割ったもの

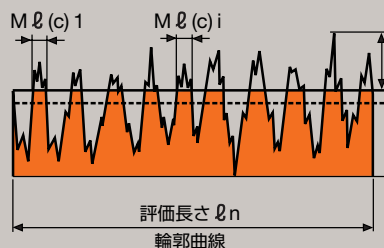
$$Rsk = \frac{1}{Rq^3} \left[\frac{1}{\ell_r} \int_0^{\ell_r} Z^3(x) dx \right]$$



負荷曲線・確率密度関数のパラメータ

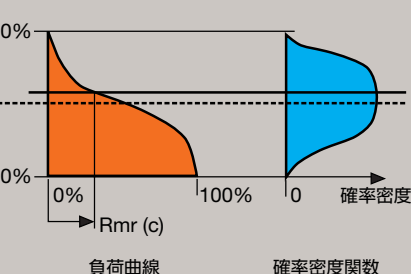
粗さ曲線の負荷曲線 (BAC)
断面曲線の負荷曲線
うねり曲線の負荷曲線

切断レベルcの関数として表された輪郭曲線要素の負荷長さ率の曲線



粗さ曲線の確率密度関数 (ADF)
断面曲線の確率密度関数
うねり曲線の確率密度関数

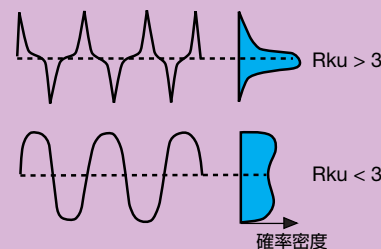
評価長さにわたって得られる高さZ(x)の確率



Rku 粗さ曲線のクルトシス (とがりku)
Pku 断面曲線のクルトシス
Wku うねり曲線のクルトシス

基準長さにおけるZ(x)の四乗平均を二乗平均平方根の四乗で割ったもの

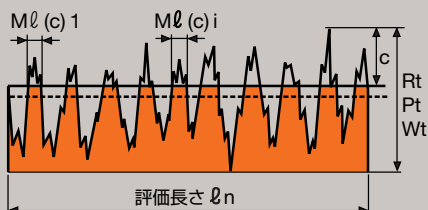
$$Rku = \frac{1}{Rq^4} \left[\frac{1}{\ell_r} \int_0^{\ell_r} Z^4(x) dx \right]$$



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

切断レベルc (%/μm)における輪郭曲線要素の負荷長さMℓ(c)の評価長さに対する比

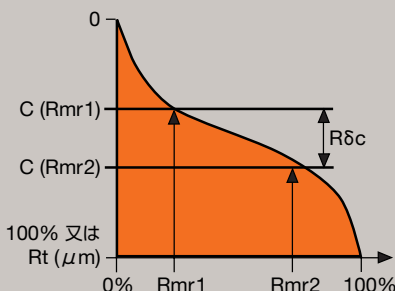
$$Rmr(c) = \frac{100}{\ell_n} \sum_{i=1}^m M\ell(c)_i (\%)$$



Rδc 粗さ曲線の切断レベル差 (プラトー率)
Pδc 断面曲線の切断レベル差
Wδc うねり曲線の切断レベル差

二つの負荷長さ率に一致する高さ方向の切断レベルcの差

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

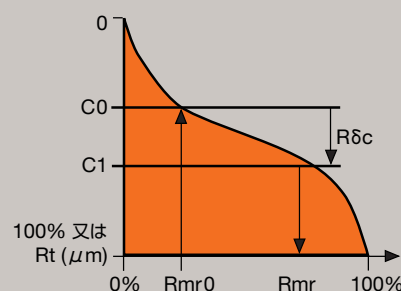


Rmr 粗さ曲線の相対負荷長さ率
Pmr 断面曲線の相対負荷長さ率
Wmr うねり曲線の相対負荷長さ率

基準切断レベルC0と輪郭曲線の切断レベル差Rδcによって決まる負荷長さ率

$$Rmr = Rmr(c_1)$$

$$\text{ここに } C_1 = C_0 - R\delta c, C_0 = C(Rmr0)$$



表面性状 規格解説 >>>

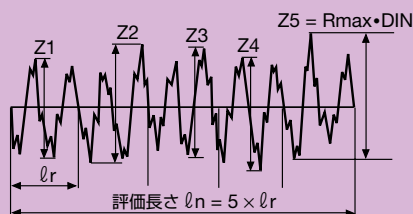
表面性状(粗さ・うねり) 応用パラメータと解析曲線

企業規格パラメータ

Rmax・DIN 最大高さ粗さ
Rz・DIN 最大高さ粗さ

評価長さ ℓn (標準 $n = 5$) 中の基準長さ ℓr
 毎の最大高さ Z_i を求めたとき、その最大値が
Rmax・DIN、その平均値が **Rz・DIN**

$$Rz \cdot DIN = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i$$

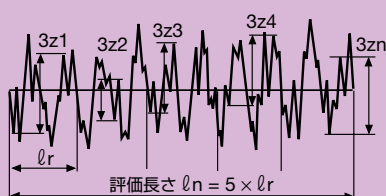


ドイツ規格 DIN4768/1 : '90

R3z 三位点粗さ

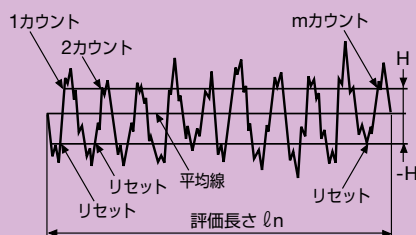
評価長さ ℓn (標準 $n = 5$) 中の基準長さ ℓr 毎の三番目に高い山頂と三番目に低い谷底間の高さ $3z_i$ を求め、その平均値が **R3z**

$$R3z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 3z_i$$



Pc ピークカウント **ASME B46.1 : '95**
PPI ピークスパーインチ **SAEJ911**
HSC ハイスボットカウント

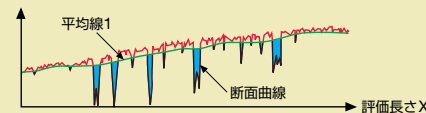
負基準レベル-Hを超えてから正基準レベル+Hを超えたとき1山とする方法で計数する評価長さ中の山数
 PPIでは、1inch (25.4mm) 当たりの山数
 HSCでは、負基準レベルを零とする



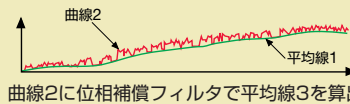
プラトー構造表面の潤滑性評価パラメータ JIS B0671 : '02/ISO 13565 : '98

フィルタ処理 JIS B0671-1 : '02/ISO 13565-1 : '96

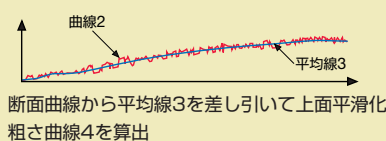
断面曲線に位相補償フィルタで平均線1を算出



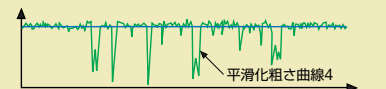
平均線1の下部分を除去した曲線2を算出



曲線2に位相補償フィルタで平均線3を算出

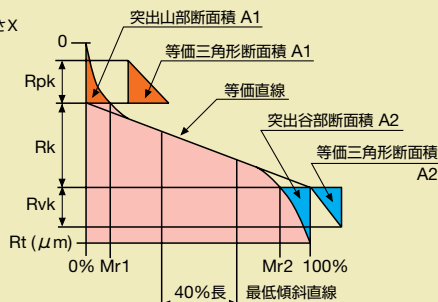


断面曲線から平均線3を差し引いて上面平滑化粗さ曲線4を算出



測定条件 JIS B0671-1/ISO 13565-1

カットオフ値 λc	評価長さ ℓn
0.8 mm	4 mm
2.5 mm	12.5 mm



- ・ 40%長等値線を引き、コア部と突出部を分割
- ・ 突出部の等値三角形により R_{pk} , R_{vk} を算出

線形負荷曲線による高さ特性 JIS B0671-2 : '02/ISO 13565-2 : '96

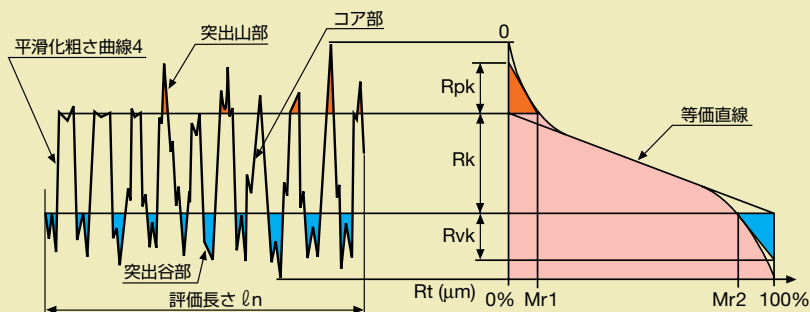
Rk コア部のレベル差 : コア部の上側レベルと下側レベルの差

Rpk 突出山部高さ : コア部の上にある突出山部の平均高さ

Rvk 突出谷部深さ : コア部の下にある突出谷部の平均深さ

Mr1 コア部の負荷長さ率 : 突出山部とコア部の分離線と負荷曲線の交点の負荷長さ率

Mr2 コア部の負荷長さ率 : 突出谷部とコア部の分離線と負荷曲線の交点の負荷長さ率



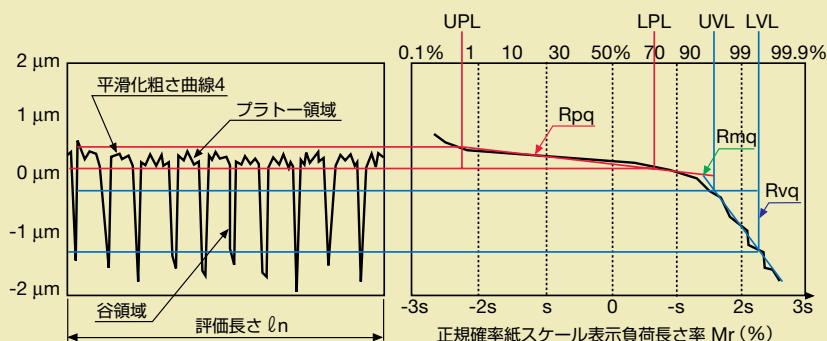
正規確率紙上の負荷曲線による高さ特性 JIS B0671-3/ISO 13565-3

上記平滑化粗さ曲線R (又は断面曲線P) から、評価長さについて負荷曲線を描く
 負荷曲線を正規確率紙上に描き、上側プラトー領域と下側谷領域に分ける

Rpq (Ppq) パラメータ : プラトー領域にあてはめられた回帰直線の傾斜

Rvq (Pvq) パラメータ : 谷領域にあてはめられた回帰直線の傾斜

Rmq (Pmq) パラメータ : プラトー領域回帰直線と、谷領域回帰直線の交点の負荷長さ率



モチーフパラメータ JIS B0631 : '00/ ISO 12085 : '96

モチーフ Motif

局部山2個に挟まれた曲線部分

モチーフ深さ

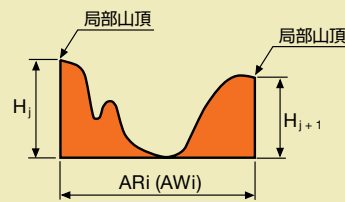
左山頂から谷底までの深さ H_j
及び、谷底から右山頂までの高さ H_{j+1}

モチーフ長さ

1モチーフの横方向長さ

ARi (粗さモチーフ)

AWi (うねりモチーフ)



測定条件

標準値: $\ell_n = 16\text{mm}$, $A = 0.5\text{mm}$, $B = 2.5\text{mm}$

A (mm)	B (mm)	ℓ_n (mm)	λ_s (μm)
0.02	0.1	0.64	2.5
0.1	0.5	3.2	2.5
0.5	2.5	16	8
2.5	12.5	80	25

標準値

図示方法 ISO 1302 : '02

粗さモチーフ

$$\sqrt{\lambda_s - A} / \ell_n / \text{Rパラメータ記号} \quad \text{許容値}$$

うねりモチーフ

$$\sqrt{A - B} / \ell_n / \text{Wパラメータ記号} \quad \text{許容値}$$

(標準値は指示不要)

粗さモチーフ

A 粗さモチーフ上限長さ

: 粗さモチーフ上限長さによって導かれるモチーフ

: うねりモチーフと分けるための粗さモチーフ長さの上限値

包絡うねり曲線

AR 粗さモチーフの平均長さ

: 粗さモチーフ山頂点を直線で連ねた曲線

: 評価長さでの粗さモチーフ長さARiの算術平均値

$$AR = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n AR_i \quad (n: \text{粗さモチーフの数})$$

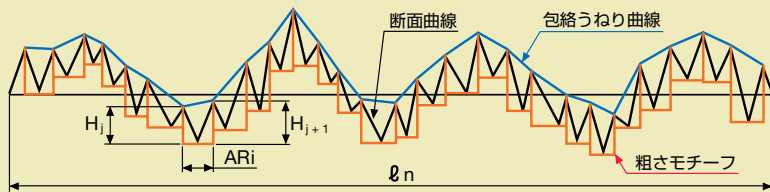
R 粗さモチーフの平均深さ

: 評価長さでの粗さモチーフ深さ H_j の算術平均値

$$R = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m H_j \quad m = 2n$$

Rx 粗さモチーフの最大深さ

: 評価長さでの H_j の最大値



うねりモチーフ

: 包絡うねり曲線からうねりモチーフ上限長さによって導かれるモチーフ

B うねりモチーフ上限長さ

: うねりモチーフ長さの上限値

AW うねりモチーフの平均長さ

: 評価長さでのうねりモチーフ長さAWiの算術平均値

$$AW = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n AW_i \quad (n: \text{うねりモチーフの数})$$

W うねりモチーフの平均深さ

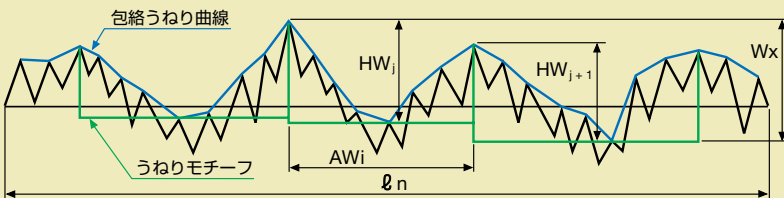
: 評価長さでのうねりモチーフ深さ HW_j の算術平均値

$$W = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m HW_j \quad m = 2n$$

Wx うねりモチーフの最大深さ

: 評価長さでの HW_j の最大値

Wte 包絡うねり曲線の全深さ : 包絡うねり曲線の最高点から最低点までの縦方向距離

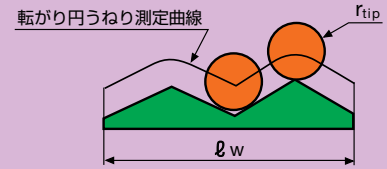


転がり円うねりパラメータ JIS B0610 : '01

測定条件

転がり円半径 r_{tip} : 0.08, 0.25, 0.8, 2.5, 8, 25mm

ℓ_w 基準長さ: 0.25, 0.8, 2.5, 8, 25, 80mm



傾斜補正

転がり円うねり断面曲線

λf フィルタでうねりより長い成分を除去

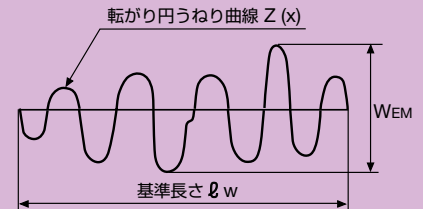
λf 低域カットオフ値: 0.8, 2.5, 8, 25mm

標準値: 8 mm

$Z(x)$ 転がり円うねり曲線

WEM 転がり円最大高さうねり

基準長さ ℓ_w の転がり円うねり曲線を平均線に平行な二直線で挟んだ縦幅

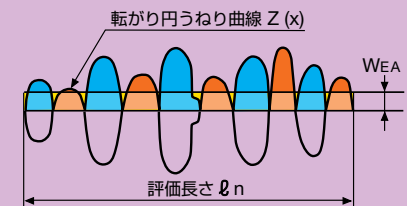


JISだけのパラメータ

WEA 転がり円算術平均うねり

評価長さ ℓ_n の転がり円うねり曲線 $Z(x)$ におけるすべての $Z(x)$ の絶対値の平均

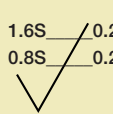
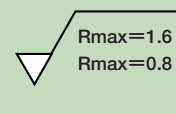
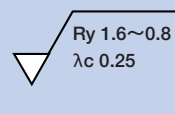
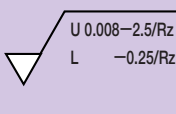
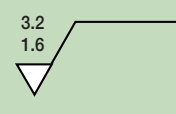
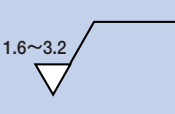
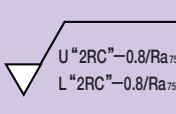
$$WEA = \frac{1}{\ell_n} \int_0^{\ell_n} |Z(x)| dx$$



JISだけのパラメータ

表面性状 規格解説 >>>

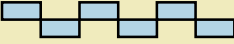
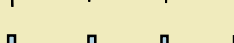
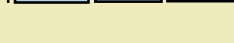
表面粗さJIS規格の変遷と測定のヒント

規格番号 比較仕様	JIS B0601:’52	JIS B0601:’70	JIS B0601:’82 JIS B0031:’82	JIS B0601:’94 JIS B0031:’94	JIS B0601:’01 ISO 4287:’97/ISO 1302:’02
断面曲線	フィルタ無・アナログ信号	フィルタ無・アナログ信号	フィルタ無・アナログ信号	フィルタ無・デジタル信号	λ_s フィルタ・デジタル信号
評価する範囲	1基準長さ	1基準長さ	1基準長さ	—	形体の長さ
最大高さ	Hmax (S表示)	Rmax (S表示)	Rmax	—	Pt
十点平均粗さ	—	Rz (Z表示)	Rz	—	—
粗さ曲線	—	2RC・短波長カットオフ λ_c	2RC・短波長カットオフ λ_c	位相補償・短波長 λ_c	位相補償・帯域 $\lambda_s - \lambda_c$
評価する範囲	—	1測定長さ $\geq 3\lambda_c$	1測定長さ $\geq 3\lambda_c$	基準長さ λ_c 毎、 ℓ_n で平均	基準長さ λ_c 毎、個々に
最大高さ	—	—	—	最大高さ Ry	最大高さ Rz
十点平均粗さ	—	—	—	Rz	Rz JIS
中心線平均粗さ	—	Ra (a表示)	Ra	Ra75	Ra75
算術平均粗さ	—	—	—	算術平均粗さ Ra	算術平均粗さ Ra
山谷平均間隔	—	—	—	凹凸の平均間隔 Sm	粗さ曲線要素の平均長さ RSm
局部山頂間隔	—	—	—	局部山頂平均間隔 S	—
負荷長さ率	—	—	—	負荷長さ率 tp (基準長さ毎)	負荷長さ率 Rmr (評価長さ全体で)
他の高さパラメータ	—	—	—	—	Rp, Rv, Rt, Rc, Rq
高さ特徴パラメータ	—	—	—	—	Rsk, Rku
複合パラメータ他	—	—	—	—	RΔq, Rδc, Rmr
高さパラメータ	0.25mm 0.3, 1, 3, 5, 10mmから選択	0.8μm以下	0.8μm以下	0.1~0.5μm	0.1~0.5μm
Rz, Rmax, Ry で基準長さ設定	0.8mm 0.3, 1, 3, 5, 10mmから選択	0.8~6.3μm	0.8~6.3μm	0.5~10μm	0.5~10μm
	2.5mm 0.3, 1, 3, 5, 10mmから選択	6.3~25μm	6.3~25μm	10~50μm	10~50μm
図示法	三角記号 0.8S以下 1.5S~6S 12S~25S 35S以上 	表面記号 又は 三角記号 1.6S / 0.25 上限値 0.8S / 0.25 下限値 	 Rmax=1.6 Rmax=0.8	 Ry 1.6~0.8 λ_c 0.25	 U 0.008~2.5/Rz 1.5 L -0.25/Rz 0.7
平均パラメータ	0.25mm —	—	—	0.02~0.1μm	0.02~0.1μm
Raの大きさで λ_c 設定	0.8mm —	λ_c 0.8mmのみ	12.5μmRa以下	0.1~2μm	0.1~2μm
	2.5mm —	—	12.5~100μmRa	2~10μm	2~10μm
図示法	—	表面記号 又は 三角記号 0.2a以下 0.4a~1.6a 3.2a~6.3a 12.5a~25a 	 3.2 1.6	 1.6~3.2	 U “2RC”-0.8/Ra75 3.1 L “2RC”-0.8/Ra75 1.5
合否判定法	平均 数点の測定値の平均値で比較判定	数点の測定値の平均値で比較判定	数点の測定値の平均値で比較判定	全基準長さ毎の平均値で比較判定	—
16%	—	—	—	—	16%ルール 範囲外数が16%以下
最大	—	—	—	—	maxルール 全ての測定値が範囲内

測定のヒント

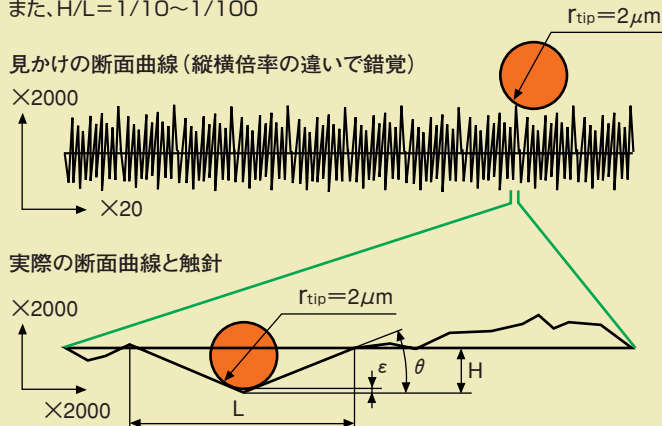
パラメータ換算は可能か

Ra/Rz (R_{max} , Ry) = 0.25 は、三角波形のみに通用する。
実際の波形では比率の幅が大きく換算困難。

矩形波	0.5	
正弦波	0.32	
三角波	0.25	
旋削、フライス削り	0.16~0.26	
研削、サンドブラスト	0.10~0.17	
ホーニング、ラップ	0.05~0.12	
パルス波 (デューティ比5%)	0.095	

触針先端の入り込み深さと見かけの倍率

粗さ曲線は、横幅に対して縦幅が拡大。
谷底が深く狭く見えるが、実際はかなり入り込む。
三角波の谷底に入り込めない深さ誤差 $\varepsilon = r_{tip}(1/\cos\theta - 1)$
切削加工面では $\theta < 15^\circ$ 程度であり、 $\varepsilon < 0.07\mu m$
また、 $H/L = 1/10 \sim 1/100$



カットオフによる波形歪み

粗さ曲線はカットオフ値 λc が小さいと波形歪が大きく振幅減少。

