

Mitutoyo

精密測定機器の豆知識

Quick Guide to Precision Measuring Instruments



カタログ記号の見方/商品に関する安全および環境への対応	02
計測の一般用語:品質管理	04
マイクロメータ	06
マイクロメータヘッド	12
内径測定器	16
ノギス	18
ハイトゲージ	24
デプスゲージ	28
ゲージブロック	29
デジマチックインジケータ・ダイヤルゲージ・ テストインジケータ	33
リニヤゲージ	39
ミューチェッカ	42
レーザスキャンマイクロメータ	43
スケールユニット	45
投影機	48
顕微鏡	49
画像測定機	51
サーフテスト(表面粗さ測定機)	54
コントレーサ(輪郭形状測定機)	60
ラウンドテスト(真円度測定機)	62
硬さ試験機	66
三次元測定機	68

カタログ記号の見方

アブソリュートエンコーダについて

ミットヨのアブソリュート方式は、

- ・スケール上に刻まれた位置情報を都度読み取る絶対位置方式
- ・電源ON後のゼロセットが不要

を特徴とするテクノロジーです。アブソリュートエンコーダには

- ・静電容量式
- ・電磁誘導式
- ・光学式

の3種類があり、測定値の信頼性を高めた測長システムとして、各種測定機器に広く利用されています。

ABSOLUTE™

ABSOLUTEは株式会社ミットヨのトレードマークです。

メリットとして、

1. スライダやスピンドルをどんなに速く動かしてもカウントエラーが起こりません。
2. 電源をOFF※1にしても電源ON後の再ゼロセットが不要です。
3. インクリメンタルエンコーダ方式に比べて、省電力でエンコーダを駆動できるため、通常の使用状態で約5年(連続18000時間)※2という長い電池寿命を実現しています。

※1:電池を取り外した場合は除きます。

※2:ABS デジマチックキャリバの場合です。

IP保護等級について

IP保護等級は、異物の侵入に対する保護等級と水の侵入に対する保護等級を規格化しているもので、IEC規格(IEC 60529)に準じています。

【IEC:International Electrotechnical Commission(国際電気標準会議)】

(IP:International Protection) **IP** (補助文字)

保護等級	外来固形物に対する保護等級		水に対する保護等級		保護等級	油に対する保護等級	
	要約	定義	要約	定義		摘要	
0	(無保護)	—	0	(無保護)	—	F	防油性
1	直径50 mm以上の大きさの外来固形物に対して保護している。	直径50 mmの球状の、固形物プローブの全体が侵入してはならない。	1	鉛直に落下する水滴に対して保護する。	鉛直に落下する水滴によっても有害な影響をおよぼしてはならない。	F	防油性
2	直径12.5 mm以上の大きさの外来固形物に対して保護している。	直径12.5 mmの球状の、固形物プローブの全体が侵入してはならない。	2	15度以内で傾斜しても鉛直に落下する水滴に対して保護する。	外殻が鉛直に対して両側に15度以内で傾斜したとき、鉛直に落下する水滴によっても有害な影響を及ぼしてはならない。	G	耐油性
3	直径2.5 mm以上の大きさの外来固形物に対して保護している。	直径2.5 mmの固形物プローブがまったく侵入してはならない。	3	散水(spraying water)に対して保護する。	鉛直から両側に60度までの角度で噴霧した水によっても有害な影響を及ぼしてはならない。	油に対する保護等級はJIS C 0920の付属書にのみ規定されています。	
4	直径1.0 mm以上の大きさの外来固形物に対して保護している。	直径1.0 mmの固形物プローブがまったく侵入してはならない。	4	水の飛まつ(splashing water)に対して保護する。	あらゆる方向からの水の飛まつによっても有害な影響を及ぼしてはならない。		
5	防じん形	じんあいの侵入を完全に防止することはできないが、電気機器の所定の動作及び安全性を阻害する量のじんあいの侵入があってはならない。	5	噴流(water jet)に対して保護する。	あらゆる方向からのノズルによる噴流水によっても有害な影響を及ぼしてはならない。		
6	耐じん形	じんあいの侵入があってはならない。	6	暴噴流(powerful jet)に対して保護する。	あらゆる方向からのノズルによる強力なジェット噴流水によっても有害な影響を及ぼしてはならない。		
			7	水に浸しても影響がないように保護する。	規定の圧力及び時間で外殻を一時的に水中に沈めたとき、有害な影響を生じる量の水の浸入があってはならない。		
			8	潜水状態での使用に対して保護する。	関係者間で取り決めた数字7より厳しい条件下で外殻を継続的に水中に沈めたとき、有害な影響を生じる量の水の浸入があってはならない。		

※:外殻の開閉部を、固形物プローブの全直径部分が通過してはならない。
各保護等級の試験条件の詳細は、最新のIEC 60529、JIS C 0920をご参照ください。

IP65 IP66 IP67
IP67 G

IPは株式会社ミットヨのトレードマークです。
IPマークは株式会社ミットヨのトレードマークです。英数字は保護等級を示します。

テュフラインランド社の認証マークについて

下記のマークの表記製品は、ドイツ認定機関・テュフラインランド社のIP試験に合格しています。



商品に関する安全および環境への対応

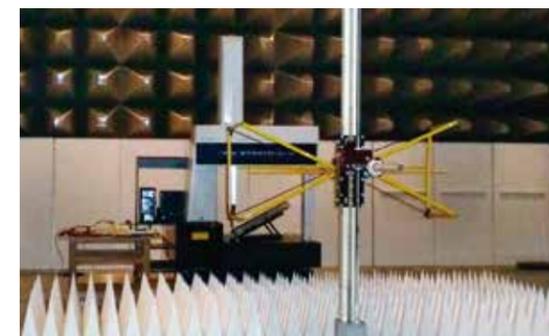
CEマーキング

CEマーキングは、「欧州連合による使用者および消費者の健康と安全に関する要求事項」に適合していることを示すマークです。

UKCAマーキング

UKCAマーキングは、英国の市場に流通する製品に英国適合性評価に適合していることを示すマークです。

UKCA



CEマーキングEMC指令適合性評価

《ミットヨ商品に関わる主なEU指令》

EU指令の名称	適用の範囲
機械指令	機械の一部がモータなどのアクチュエータによって動き、身体に損傷を与える可能性があるもの
EMC指令(電磁両立性)	電磁妨害を生じやすい器具(装置)または性能がこのような妨害に影響されやすい器具(装置)
低電圧指令	AC電圧:50~1000 V DC電圧:75~1500 V で使用する機器(装置)で、人身、家畜、財物に危険を及ぼす可能性があるもの
無線機器指令	3000 GHz以下の周波数で電波を意図的に送受信するすべての電気・電子機器
RoHS指令	電気・電子機器における特定有害物質の使用制限(特定有害対象物質および規制値) ・鉛 0.1 % ・カドミウム 0.01 % ・水銀 0.1 % ・六価クロム 0.1 % ・ポリ臭化ビフェニル 0.1 % ・ポリ臭化ジフェニルエーテル 0.1 % ・フタル酸ビス(2-エチルヘキシル) 0.1 % ・フタル酸ブチルベンジル 0.1 % ・フタル酸ジブチル 0.1 % ・フタル酸ジイソブチル 0.1 % 注:当社製品は、対象カテコリ9(監視・制御機器)

WEEE指令への対応

WEEE指令※1は、欧州における廃棄電気電子機器の適正回収・処理に関する規制です。主にリサイクル・再利用・再生率の向上を目的とした規制で、環境に優しい製品設計が求められています。なお、廃棄機器を家庭ゴミとは区別するため、♻️が表示されています。弊社製品において、地球環境に優しい製品設計を推進してまいります。

※1 WEEE指令:廃棄電気電子機器に関する欧州議会及び理事会指令(Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council on waste electrical and electronic equipment)

REACH規則への対応

REACH規則※2は、欧州における化学物質の登録、評価、認可、制限に関する規制であり、物質・混合物・成形品に至るすべての商品(付属品・包装材含む)を対象とした化学物質総合管理規制です。人体の健康あるいは地球環境に深刻な影響を与える可能性があるとの科学的根拠がある化学物質(認可対象候補物質(CLS)、制限物質)において、欧州での販売禁止または情報開示が求められています。弊社製品において、対象化学物質の含有が認められた場合、代替部品への変更または情報開示を積極的に進めてまいります。

※2 REACH規則:化学物質の登録、評価、認可及び制限に関する欧州議会及び理事会規則(Regulation(EC) No1907/2006 of the European Parliament and of the Council concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)

電器電子製品有害物質使用制限管理弁法(改正中国版RoHS)

中華人民共和国国内において電器電子製品の生産、販売、輸入を行う場合に「製品に含有する有毒有害物質の名称、含有量の表示、環境保護使用期限の表示」の情報提供が求められています。弊社製品は、改正中国版RoHSに定められる環境保護使用期限を対象製品ごとに設定し、下のマークを表示すると共に、含有表の添付を行っております。

※注:環境保護使用期限は、製品保証期限を示すものではありません。



"環境保護使用期限"マーク

計測の一般用語:品質管理

品質管理 quality control (QC)

買い手の要求に合った品質の製品またはサービスを、経済的に作り出すための手段とその体系のことをいいます。

工程管理 process quality control

製造工程を管理し、製品のばらつきを低減し、維持する活動をいいます。その活動の過程で、工程の改善、標準化、技術蓄積を進めていきます。

統計的工程管理 statistical process control (SPC)

統計的な手段を採用して行う工程管理をいいます。

母集団 population

工程や製品の改善や管理のために、考察の対象となる特性をもつすべてのものの集団をいいます。通常、サンプルに基づいて処置が取られようとしている集団が、母集団となります。

ロット lot

等しい条件下で生産された製品の集まりをいいます。

サンプル sample

母集団からその特性を調べる目的で取ったものをいいます。

サンプルの大きさ sample size

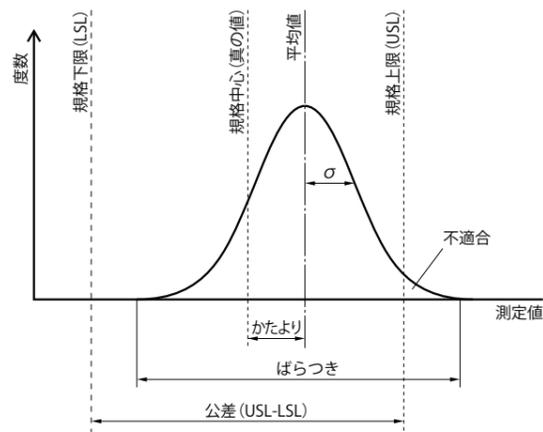
サンプルに含まれるサンプリング単位の数をいいます。

かたよりの bias

多数回の測定を行ったときの測定値の平均から真の値を引いた値をいいます。

ばらつき dispersion, imprecision

測定値の大きさが、揃っていないこと、または不揃いの程度をいいます。ばらつきの大きさを表すには通常、標準偏差を用います。



ヒストグラム histogram

測定値の最大値と最小値との範囲を、いくつかの区間に分けた場合、各区間に属するワークの個数(出現度数)を棒グラフで表すと、大体の平均やばらつきの大きさが分りやすくなります。また、左右対称の釣鐘形の分布を示したとき、これを正規分布といいます。

工程能力 process capability

工程能力とは、以下の条件が満たされているときに発揮される工程固有のパフォーマンスを表します。

- 工程の標準化が十分になされている
- 異常原因が取り除かれている
- 統計的管理状態で操業されている

工程のアウトプットとなる品質特性が正規分布であるとみなされるとき、「平均値±3σ」あるいは「6σ」で表されます。σ(シグマ)は標準偏差です。

工程能力指数 process capability index (PCIまたはCp)

対象となる特性の公差を工程能力6σで除した値をいいます。製品規格が片側にしかない場合、平均値 \bar{x} と規格値の隔たりを3σで除した値で表現することもあります。工程能力指数では特性が正規分布に従うことを前提としています。

<参考> 正規分布に従う特性では、平均値から±3σの範囲に99.74%のデータが存在します。

両側規格の場合

$$Cp = \frac{USL-LSL}{6 \times \sigma}$$

USL: 規格上限
LSL: 規格下限

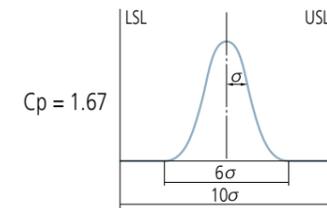
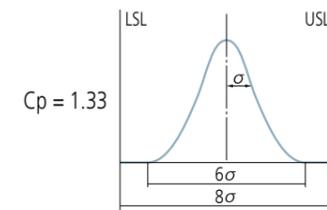
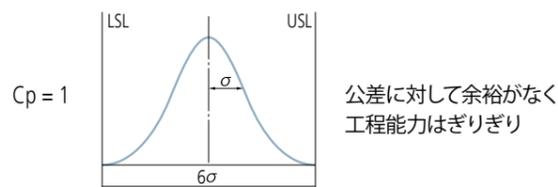
片側規格・・・上限のみ規格がある場合

$$Cp = \frac{USL-\bar{x}}{3 \times \sigma}$$

片側規格・・・下限のみ規格がある場合

$$Cp = \frac{\bar{x}-LSL}{3 \times \sigma}$$

工程能力指数Cpの具体例(両側規格の場合)

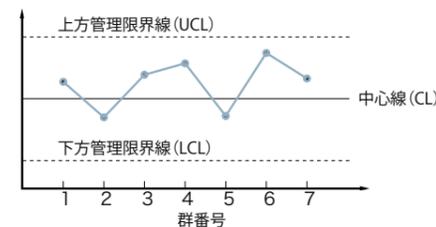


Cpは単に許容限界と工程のばらつきの関係を表したもので、工程平均の位置は考慮されていないことに注意が必要です。

<参考> 規格中心と工程平均のずれを考慮した工程能力指数を一般的にCpkといいます。上側公差幅 (USL-平均値) または下側公差幅 (平均値-LSL) を工程能力の半分である3σで除した値のいずれか小さい方の値を採用します。

管理図 control chart

工程における偶然原因によるばらつきと、異常原因によるばらつきを区分して工程管理するものです。1本の中心線(CL)と、その上下に合理的に決められた管理限界線(UCL、LCL)から構成されます。工程の状態を表す特性値がプロットされたとき、すべての点が上下の管理限界線内に癖がなく並んでいれば、統計的管理状態にあるとみなすことができます。管理図は工程管理用として有益な道具です。



偶然原因 chance causes

ばらつきの原因の中で、比較的重要度の低い因子。原因を突き止めても取り除くことが技術的あるいは経済的に困難なものをいいます。

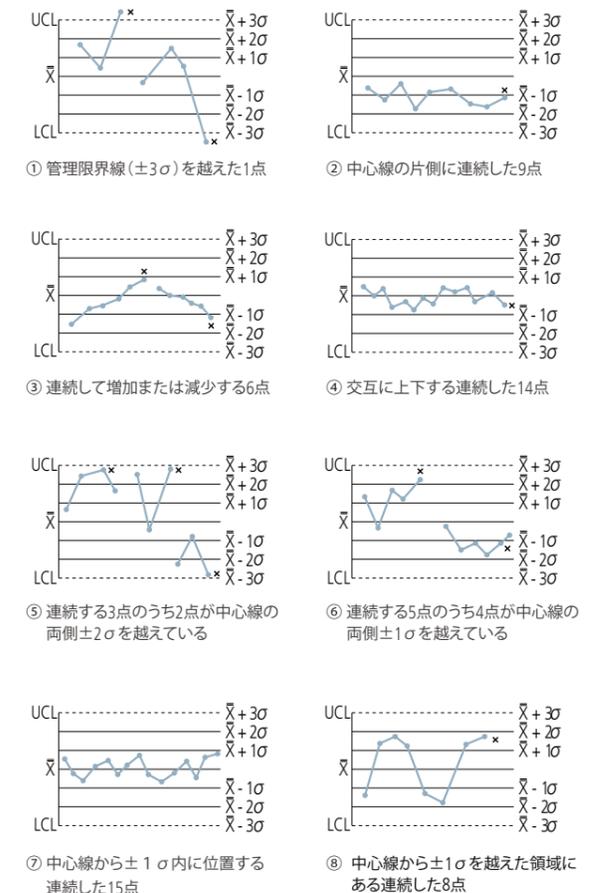
X-R管理図 X-R control chart

工程についてもっとも多くの情報が得られる管理図で、工程を管理する場合に用いられます。X-R管理図は以下で構成されます。

- 工程平均値のかたよりの異常を監視するために、サブグループごとの平均値によって管理する \bar{x} 管理図
 - ばらつきの異常を監視するために、範囲によって管理するR管理図
- 両者は通常併用して使われます。

管理図の見方

管理図の点の動きを解釈するために用いる代表的な判定基準を下記に示します。この判定ルールは、あくまでも一つのガイドラインで、実際に判定ルールを決める際には、工程固有の変動を考慮して決める必要があります。上方管理限界と下方管理限界は中心線から3σの距離にあるとして、以下のルールを適用するために、管理図をそれぞれ1σ間隔で六つの領域に分けます。以下のルールはX管理図と \bar{x} 管理図に適用できます。これらの基準は正規分布を前提としています。



※ページ4~5の精密測定機器の豆知識「品質管理編」は日本規格協会 JISハンドブック 品質管理を参考のうえ、弊社独自の判断による内容を掲載しています。

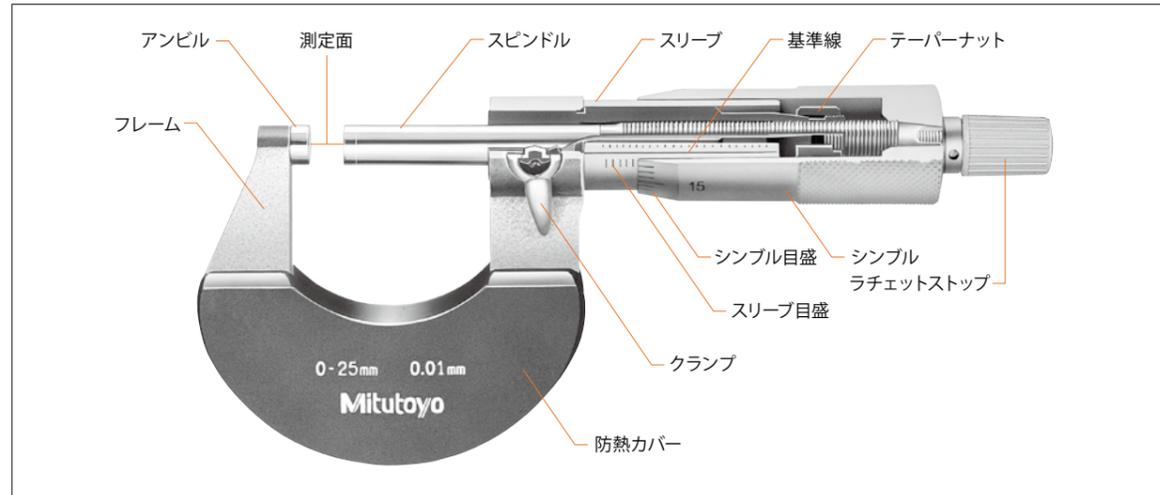
参考文献

• 日本規格協会 JISハンドブック 品質管理 Z 8101:1981 Z 8101-1:1999 Z 8101-2:1999 Z 9020:1999 Z 9021:1998

マイクロメータ

各部の名称

標準外側マイクロメータ

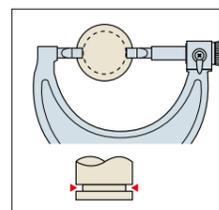


デジマチック標準外側マイクロメータ



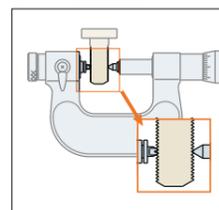
専用マイクロメータ

細溝径の測定



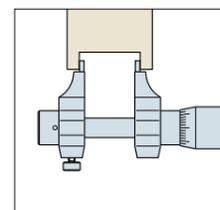
ブレードマイクロメータ

ねじの有効径



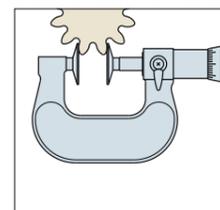
替駒式ねじマイクロメータ

小径・横溝の測定



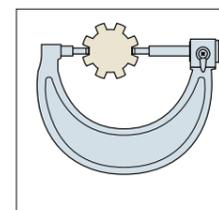
キャリパー形内側マイクロメータ

平歯、はすば歯車のまたぎ歯厚



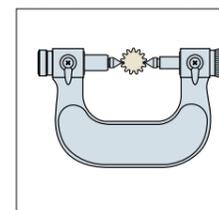
歯厚マイクロメータ

スプラインシャフトの溝径測定



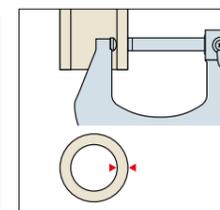
スプラインマイクロメータ

歯車のオーバーピン径の測定



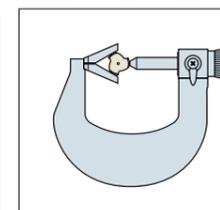
ボール歯厚マイクロメータ

パイプの肉厚を測定



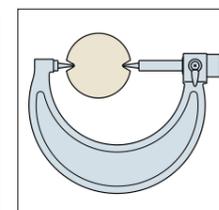
片球面マイクロメータ

奇数溝のタップ、リーマなどの外径



V溝マイクロメータ

谷径測定



ポイントマイクロメータ

目盛の読み方

標準目盛の場合 (目量0.01 mm)



通常上図のように目量0.01 mmまで読み取ることができますが、下図のように目分量で0.001 mmまで読み取ることもできます。

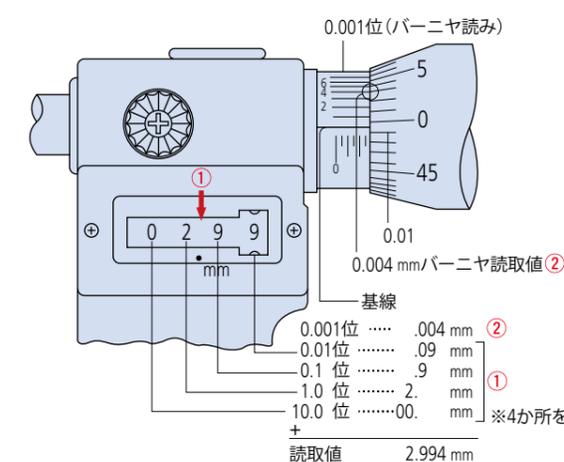


バーニヤ付きの場合 (目量0.001 mm) バーニヤ付きマイクロメータはスリーブの基線の上部にバーニヤ目盛があります。



注意) ②0.21 mmはスリーブの基線とシンプルの目盛が合致している箇所、③0.003 mmはバーニヤ目盛とシンプルの目盛が合致している箇所を読み取ります。

カウント付きの場合 (目量0.001 mm)

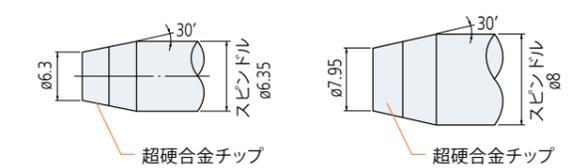


注意) ②0.004 mmはバーニヤ目盛とシンプルの目盛が合致している箇所を読み取ります。

定圧装置

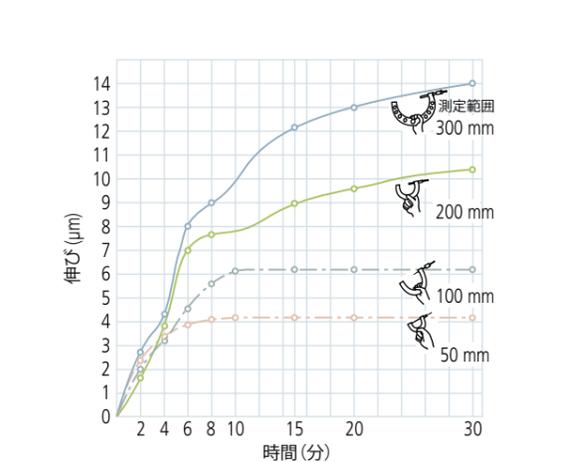
タイプ	音の有無	片手操作	備考
ラチェットストップ	あり	適さない	一般的
フリクションシンプル (Fタイプ)	なし	適する	音、振動が小さく、安定しています。
ラチェットシンプル	あり	適する	音によって確実な動作確認と安心感が得られます。

測定面の詳しい形状



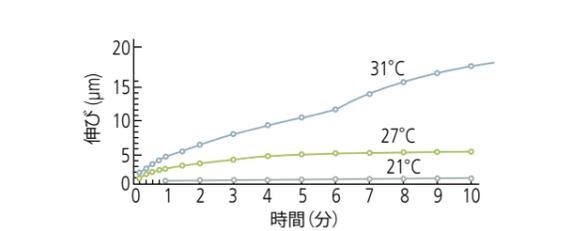
※説明用のため、倍率は正しくありません。

温度変化による測定誤差



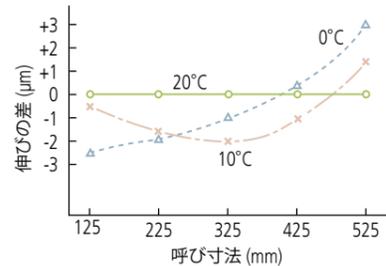
※上記のグラフは、マイクロメータのフレーム部分を素手で持ち続けた場合の温度変化によるフレームの伸びを表しています。手で持って測定する場合は基点が変化するため測定には注意が必要です (なお、グラフの数値は保証値ではなく実験値です)。

温度変化による基準棒の伸び (200 mm 20°C に対して)



室温20°Cの部屋で基準棒の端を手の平の温度が違う人が握った場合に、時間変化に対してどのような伸びを示すかを実験したグラフです。このグラフから、直接基準棒を握って零点合わせをせず、手袋をはめるか、防熱カバーの部分を軽く支えて基点合わせを行うように注意することが大切です。また一度膨張した基準棒はなかなか元の長さに戻らないのでその点も注意して測定することが大切です。

温度変化によるマイクロメータと基準棒の伸びの差



※数値は保証値ではなく実験値です。

上記グラフは、以下の時系列条件下での、125~525 mmの測定値を温度ごとに示しています。

- 室温20°Cの部屋でマイクロメータと基準棒を約24時間放置
 - マイクロメータと基準棒の温度が安定したあと、基準棒で基点を調整
 - マイクロメータと基準棒を0°C、10°Cの各温度状態下に置き、約1時間放置
 - 各基点を測定
- このグラフから、基点調整はマイクロメータと基準棒の両方を少なくとも数時間以上同一場所に放置する必要があります。

フックの法則

ある長さや断面を持つ物体に荷重を加えた場合、弾性限界内における伸び縮みを起す変位量についての法則です。

支持する姿勢を変えた場合の変化(単位: μm)

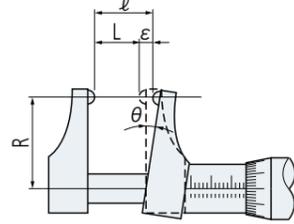
下表は、下部と中央部を支持した状態で測定した値を零として、『中央部のみを支える』、『横にして中央部を支える』、『下向きで手を支える』等の支持方向の違いによる零点の変化の状態を示しています。実際に測定する姿勢と同じ姿勢で基点合せを行わないと、下表の位置から数値が変化するため、測定と同じ姿勢で基点合せを行うことをお勧めいたします。

支点位置	下部と中央部を支える	中央部のみを支える
姿勢		
最大測定長 (mm)		
325	0	-5.5
425	0	-2.5
525	0	-5.5
625	0	-11.0
725	0	-9.5
825	0	-18.0
925	0	-22.5
1025	0	-26.0

支点位置	横にして中央部を支える	下向きで手を支える
姿勢		
最大測定長 (mm)		
325	+1.5	-4.5
425	+2.0	-10.5
525	-4.5	-10.0
625	0.0	-5.5
725	-9.5	-19.0
825	-5.0	-35.0
925	-14.0	-27.0
1025	-5.0	-40.0

※数値は保証値ではなく実験値です。

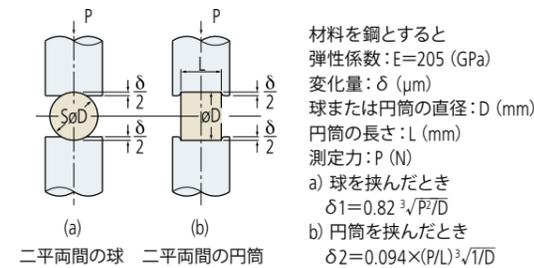
アッペの原理



「測られるものとスケールとは、測定方向において、一直線上に配置しなければならない。」というもので、例えば、上図の特殊なマイクロメータのように、目盛の軸線上から測定子が離れている場合(R)、誤差(ε)が生じやすくなるため特に測定力については十分な注意が必要です。

ヘルツの式

平面、円筒面、球面がいろいろ組み合わされて押しつけられた場合の弾性限界内における両面間の近寄り量を表した式です。測定の際に、測定力のために変形を起す量を知る上で必要な式です。



材料を鋼とすると
 弾性係数: E=205 (GPa)
 変化量: δ (μm)
 球または円筒の直径: D (mm)
 円筒の長さ: L (mm)
 測定力: P (N)
 a) 球を挟んだとき
 $\delta_1 = 0.82 \sqrt[3]{P/D}$
 b) 円筒を挟んだとき
 $\delta_2 = 0.094 \times (P/L) \sqrt[3]{D}$

ねじマイクロメータによる主な測定誤差

誤差の原因	起こり得る最大誤差	誤差除去のための注意事項	注意しても除去できないと考える誤差
マイクロメータの送り誤差	3 μm	1. 補正して使用する。	±1 μm
測定子の角度誤差	半角誤差を15分として±5 μm	1. 角度誤差を測定のうえ補正する。 2. 被測定物と同一のねじゲージで調整する。	半角測定誤差を見込み±3 μm
測定子の食い違いによる	+10 μm		+3 μm
測定力による影響	±10 μm	1. できれば低測定力のものを使用する。 2. 必ずラチェットストップを使用する。 3. ピッチの等しいねじゲージで調整する。	+3 μm
基本ゲージの角度誤差	±10 μm	1. 補正計算する。(角度) 2. 長さ誤差を補正する。 3. 被測定物に等しいねじゲージで調整する。	+3 μm
基本ゲージの長さ誤差	±(3 + L/25) μm	1. 補正計算する。 2. 被測定物に等しいねじゲージで調整する。	±1 μm
測定物角度誤差	JIS 2級半角誤差 ±229分 -91 μm +71 μm	1. 角度誤差をできるだけ小さく製作する。 2. 角度誤差を測定し補正計算する。 3. 角度誤差の大きいものは三針法による。	半角誤差 ±23分 ±8 μm
総合測定誤差	(±117+40) μm	発生し得ると考えられる誤差の集積値	+26 μm -12 μm

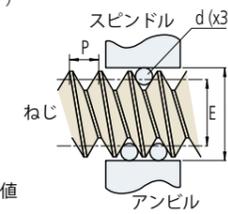
ねじの有効径の測定

三針による方法

ねじの有効径は図のように三針を用いて測定することができます。

(1)および(2)の式で有効径Eを計算します。

メートルねじまたはユニファイねじ(60°)
 $E = M - 3d + 0.866025P$ (1)
 ウィットワースねじ(55°)
 $E = M - 3.16568d + 0.960491P$... (2)



d = 三針の直径
 E = ねじの有効径
 M = 三針を含むマイクロメータの読取値
 P = ねじのピッチ
 (ユニファイねじの場合、インチをミリに換算)

ねじのタイプ	dにおける針の最適サイズ
メートルまたはユニファイねじ(60°)	0.577P
ウィットワースねじ(55°)	0.564P

三針法による主な測定誤差

誤差の原因	誤差除去のための注意事項	起こり得る誤差	注意しても除去が困難な誤差
ピッチ誤差(被測定物)	1. ピッチ誤差の補正を行う $\delta p = \delta E$ 2. 数箇所測定し平均値を採用する。 3. 単一ピッチ誤差を少なくする(工作)。	ピッチ誤差 0.02 mmとして ±18 μm	±3 μm
半角誤差(被測定物)	1. 最適針径を使用する。 2. 補正する必要なし	±0.3 μm	±0.3 μm
測定子の喰い違いによる誤差	1. 最適針径を使用する。 2. 平均直径に近い針を一本側に使用する。	±8 μm	±1 μm
三針径の誤差	1. ピッチに合った規定の測定力を使用する。 2. 測定端面の広さ規定通りとする。 3. 安定した測定力であること	-3 μm	-1 μm
総合測定誤差		最悪の場合 +20 μm -35 μm	注意して測定 +3 μm -5 μm

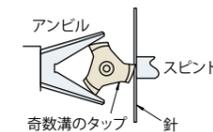
一針による方法

奇数溝のタップは、V溝マイクロメータで一針を用いて有効径を測定できます。測定値M₁を求め(3)または(4)の式でMを計算して求めます。

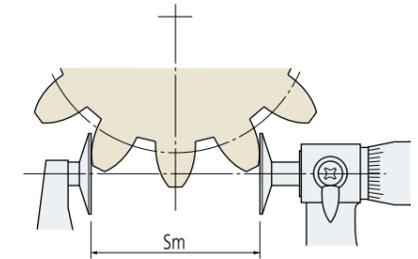
$M_1 =$ 一針測定におけるマイクロメータの読取値
 $D =$ 奇数溝のタップの直径

三ツ溝のタップ: $M = 3M_1 - 2D$ (3)
 五ツ溝のタップ: $M = 2.2360M_1 - 1.2360D$... (4)

次に、このMを(1)または(2)の式に代入して有効径Eを計算します。



またぎ歯厚



またぎ歯厚(Sm)の算出式:

$Sm = m \cos \alpha_0 \{ \pi (Zm - 0.5) + Z \operatorname{inv} \alpha_0 \} + 2Xm \sin \alpha_0$

またぎ歯数(Zm)の算出式:

$Zm' = Z \cdot K(f) + 0.5$ (ZmはZm'に最も近い整数とする)

ここで $K(f) = \frac{1}{\pi} \{ \sec \alpha_0 \sqrt{(1+2f)^2 - \cos^2 \alpha_0} - \operatorname{inv} \alpha_0 - 2f \tan \alpha_0 \}$

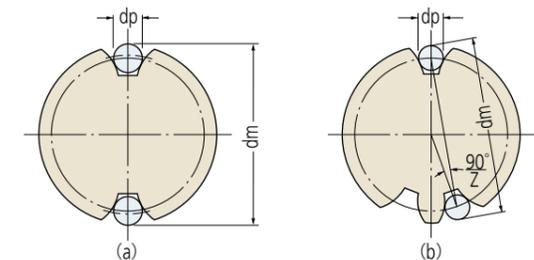
ただし $f = \frac{X}{Z}$

m : モジュール
 α_0 : 圧力角
 Z : 歯数
 X : 転位係数
 Sm : またぎ歯厚
 Zm : またぎ歯数

$\operatorname{inv} 20^\circ = 0.014904$
 $\operatorname{inv} 14.5^\circ = 0.0055448$

歯車の測定

オーバーピン法



偶数歯の場合:

$dm = dp + \frac{dg}{\cos \phi} = dp + \frac{Z \cdot m \cdot \cos \alpha_0}{\cos \phi}$

奇数歯の場合:

$dm = dp + \frac{dg}{\cos \phi} \cdot \cos \left(\frac{90^\circ}{Z} \right) = dp + \frac{Z \cdot m \cdot \cos \alpha_0}{\cos \phi} \cdot \cos \left(\frac{90^\circ}{Z} \right)$

ただし

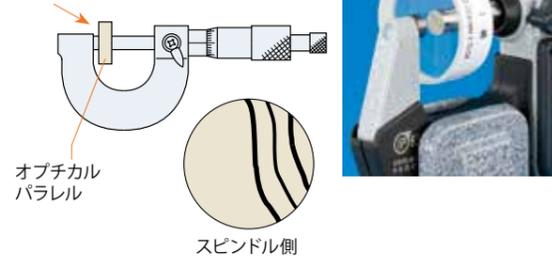
$\operatorname{inv} \phi = \frac{dp}{dg} - \frac{X}{Z} = \frac{dp}{Z \cdot m \cdot \cos \alpha_0} - \left(\frac{\pi}{2Z} - \operatorname{inv} \alpha_0 \right) + \frac{2 \tan \alpha_0}{Z} \cdot X$

φ (inv φ) はインボリュート関数表より求める
 Z : 歯数
 α_0 : 工具圧力角
 m : モジュール
 X : 転位係数

マイクロメータ

オプティカルパラレルの干渉縞の現われ方による平行度の程度

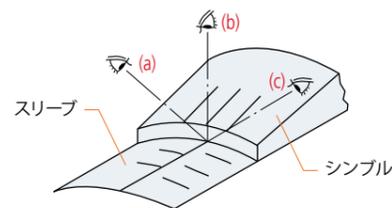
スピンドル側の読取方向



1. アンビルの測定面にオプティカルパラレルを密着させます。
2. マイクロメータの測定力のもとに白色光によるスピンドルの測定面の赤色干渉縞の数を読み取ります。
上の図では $0.32 \mu\text{m} \times 3 = 0.96 \mu\text{m}$ で平行度は約 $1 \mu\text{m}$ となります。

一般的なマイクロメータ使用上の注意

1. 種類、測定範囲、精度などをよく確かめて、使用目的に適した機種を選定してください。
2. マイクロメータと測定物をよく室温になじませてから使用してください。
3. 目盛を読むときは目盛線を斜めから読まないようにしてください。
目盛を斜めから読み取ると、視差の影響で合致する線の位置がズレて見えてしまいます。



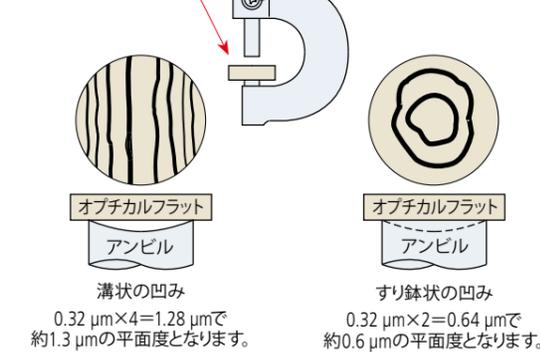
(a) 上から見た場合 (b) 正面から見た場合 (c) 下から見た場合

4. 測定前には、アンビルとスピンドルの両測定面を白紙でよく拭き取り、基点合わせを行ってください。

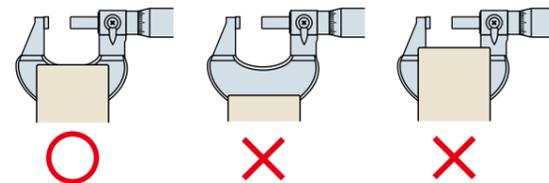


オプティカルフラットの干渉縞の現われ方による平面度の状態と程度

干渉縞を読み取る方向



5. 日常の管理として、スピンドルの外周と測定面のほこりや切り屑等をよく拭き取ってください。また、各部に付着した汚れや指紋を、乾いた布でよく拭き取ってください。
6. 定圧装置を正しく使用し、正しい測定力で測定してください。
7. マイクロメータスタンドへマイクロメータを取り付ける場合、マイクロメータのフレームの中央部を挟みます。このとき、強く締めすぎないようにしてください。



8. マイクロメータを落としたり、ぶつけたりしないでください。また、反動をつけてマイクロメータを回さないでください。

9. マイクロメータを長期間使用せず保管する場合や、油気がなくなつたと感じた場合、防錆油を含ませた布で薄く塗布してください。

10. 保管上の注意

- 直射日光が当たらない場所に保管
- 湿気が少なく、風通しが良い場所に保管
- ほこりが少ない場所に保管
- 床面に直に置かず、ケース等に入れて保管
- 測定面は、 $0.1 \text{ mm} \sim 1 \text{ mm}$ 程度開いて保管
- クランプせずに保管

マイクロメータの性能

マイクロメータの日本産業規格として、JIS B 7502が2016年に改訂発行され、マイクロメータの性能を表す「器差」が「指示誤差」へと変更されています。マイクロメータの指示誤差としては、全測定面接触誤差がもっとも重要な指示誤差といえます。また、指示誤差は、最大許容誤差 (MPE) によって制限されます。つまり、MPEは許容値と同じ意味を持ちます。2016年のJIS規格変更点を含め、代表的な検査の内容を説明します。

全測定面接触誤差の最大許容誤差【JIS B 7502:2016】

外側マイクロメータにおける全測定面接触誤差は、測定範囲の任意位置で測定面の全面と測定対象物とを接触させて測定した場合の指示誤差です。マイクロメータの最小測定長さで定圧装置を使用して基点合わせを行ったあと、JIS B 7506に規定する0級あるいは1級のブロックゲージまたはこれと同等以上のゲージを測定面間に挟み(下図)、定圧装置を使用してマイクロメータの指示値からブロックゲージの寸法を減じることで、全測定面接触誤差を求めることができます。

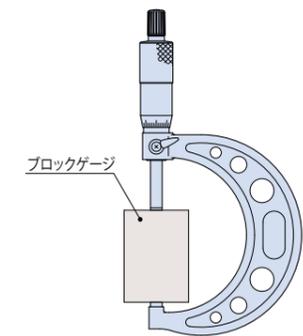


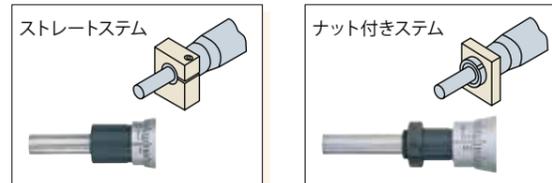
図 全測定面接触誤差の測定

マイクロメータヘッド

選択のポイント

選択のポイントには、測定範囲、測定面、ステム部、読み取り、シンプルの大きさなどがあります。それぞれの内容を参考に、目的にあったマイクロメータを選択してください。

ステム

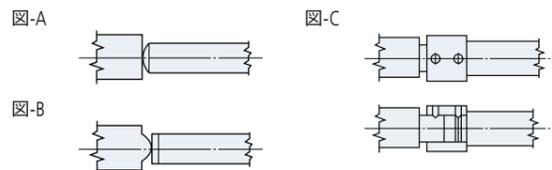


- マイクロメータヘッドを保持する部分で、「ストレートタイプ」と「ナット付タイプ」の形状に分類されます。ステムのサイズは、マイクロメータヘッド本体に合わせ最適な寸法に設計されており、ステム直径には軸の寸法許容差h6を採用しています。
- 各取付け方法には、以下の特長があります。
 - ・「ナット付システム」タイプ：簡単で確実に固定できます。
 - ・「ストレートステム」タイプ：割り締めや接着などの加工が必要になりますが、適用範囲が広く、最終取付け時に、前後位置を微調整できます。
- 汎用的に使用できる数タイプの取付け金具を、別売品としてご用意しています。

測定面



- 測定器として使用されるケースでは、平面タイプが一般的に使用されています。
- 送り装置として使用する際、球面タイプを採用することでマイクロメータヘッド取付け部分の傾きによる誤差を最小限に抑えることができます(図-A)。平面と球面を逆にして、スピンドル側を平面タイプにし、相手に超硬ボール等を取り付ける方法もあります(図-B)。
- 相対位置関係が比較的不安定な場合や、より精度が必要とされる場合は、回転防止装置付きをお勧めします(図-C)。
- ストップのように耐久性が必要とされる場合は、平面対平面タイプが優れています。



スピンドル直進

スピンドル直進タイプは、測定物に対してねじれの影響を与えないため、測定物の回転を防ぎ、変形、摩耗が抑えられます。

スピンドルピッチ

- 標準品(0.5 mmピッチ)
- 1 mmピッチ
位置決めなどで、素早いセッティングができます。また、0.5 mmの読み誤りを防ぐことができます。ねじ山が大きいので耐荷重にも優れています。
- 0.25 mm、0.1 mmピッチ
微動送りや細かい位置合わせに便利です。

定圧装置

- 測定器として使用する場合には、定圧装置付きをお勧めします。
- ストップとして使用する場合や、省スペースを優先する場合には、「定圧装置なし」の使用もご検討ください。



定圧装置付き 定圧装置なし
(ラチェットなし)

クランプ

- マイクロメータヘッドをストップとして使用する場合には、クランプ付きを使用すると、緩みによるトラブルを防ぐことができます。また、クランプ操作によるスピンドルの位置変化を防ぐ構造になっているため、安心してご使用できます。



測定範囲(ストローク)

- 予想されるストロークに対して、余裕のある測定範囲を選んでください。標準形では、5 mm～50 mmまで6段階を準備しています。
- 50 mmを超えるロングストロークが必要な場合には、ゲージブロックを併用することで解決できます(図-D)。



- このカタログでは、シンプルの可動範囲(ストロークエンド)を破線で示しています。シンプル側がその線の位置までストロークエンドの範囲として移動することを、治具設計時に考慮してください。

極微動

- マニピュレータなど、極微動が必要とされる場合には、専用品が用意されています。

シンプル外径

- シンプルの直径は、操作性と位置決めの「細かさ」に大きく影響します。小径のシンプルは素早い位置決めができ、大径のシンプルでは細かい位置決めと読み取りができます。また、大径のシンプルにスピーダを取り付け、操作性を向上させている機種もあります。



読み取り



- 測定器として使用する場合や移動量を指定されている場合には、目盛仕様に注意する必要があります。
- 外側で取り付けるクロメータと同様に、目盛仕様が、「正目盛」で標準タイプです。これは、スピンドルを引く方向で目盛値が増加をします。
- 逆に、スピンドルを押し出す方向で増数になるのが「逆目盛」仕様です。
- 正逆両方向での読み取りを楽にできるのが、「正逆目盛」仕様です。数字の色を各々黒・赤で表示し、読み取りが楽になっています。
- 測定値を直接読み取ることができるカウンタ付きやデジタル表示タイプもあります。読み誤りがないことと、デジタル表示タイプでは、測定データの外部出力により、測定値の記録や統計演算ができます。

取付け金具の自製要領

マイクロメータヘッドの取付けは、ステム部を固定します。精度的に安定し、内部に無理のない方法で取り付ける必要があります。代表的な取付け方法として、次の3種類がありますが、③の方法はあまりお勧めできません。できるだけ①または②の方法をご採用ください。

(単位:mm)

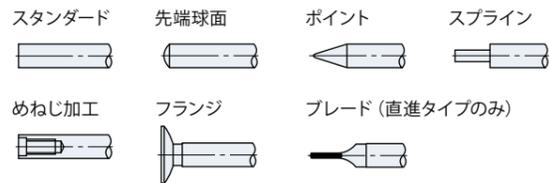
取付け方法	① 締付ナット方式				② スリ割締付方式				③ ねじ止め方式			
留意点												
ステム直径	ø9.5	ø10	ø12	ø18	ø9.5	ø10	ø12	ø18	ø9.5	ø10	ø12	ø18
取付け穴	G7				G7				H5			
はめあい公差(mm)	+0.005～+0.020		+0.006～+0.024		+0.005～+0.020		+0.006～+0.024		0～+0.006		0～+0.008	
注意点	取付け穴に対するA面の直角度に注意する必要があります。直角度0.16/6.5以内であれば、支障なく固定できます。				取付け穴内壁に発生するバリ(スリ割り加工部)に注意してください。				止めねじの大きさはM3×0.5、M4×0.7程度が適当です。ステム部のサロミ加工は90°×0.5以内にし、加工によるステムの変形が発生しないよう、十分注意してください。			

マイクロメータヘッド

特別注文品 (製作例のご紹介)

マイクロメータヘッドは幅広い分野で使用され、お客様のニーズにお応えするため豊富な機種を用意しております。また、特別なニーズにお応えするため、広くカスタム品も製作しております。1個からでも製作いたしますので、お気軽にご相談ください。

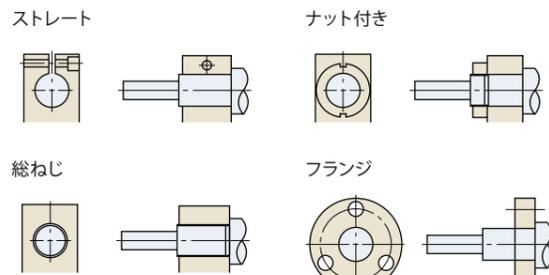
1. スピンドル形状の例



※ロングスピンドルもできます。ご相談ください。

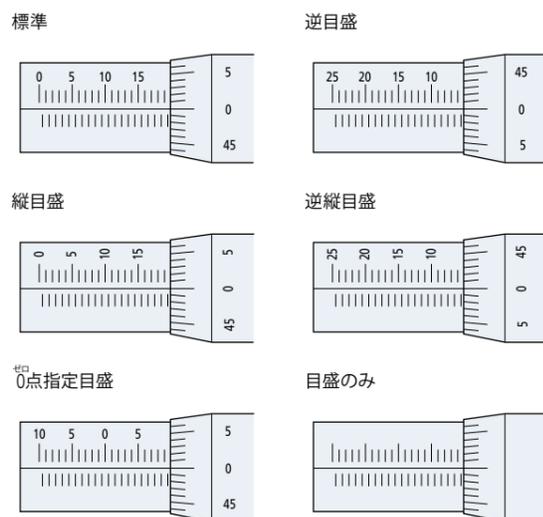
2. ステム形状の例

取付け方や取付け部の形状に合わせて、様々なステム形状に対応いたします。



3. 目盛加工例

逆目盛、縦目盛など様々な目盛加工にも対応できます。加工例にないものでもご相談ください。



4. 指定ロゴタイプ

指定ロゴタイプの表示もできます。

5. カップリング取付け例

モータドライブ取付け用カップリングにも対応できます。



6. シンプル取付け方法

シンプルの取付け方法について、ラチェット・止めねじ・六角穴付きボルトなどができます。



7. スピンドルピッチ加工

スピンドルピッチは0.5 mmが標準になりますが、早送りのできる1 mmや、微動送りの0.25 mm、0.1 mmにすることもできます。また、インチピッチへの加工もできます。ご相談ください。

8. ねじ部オイル

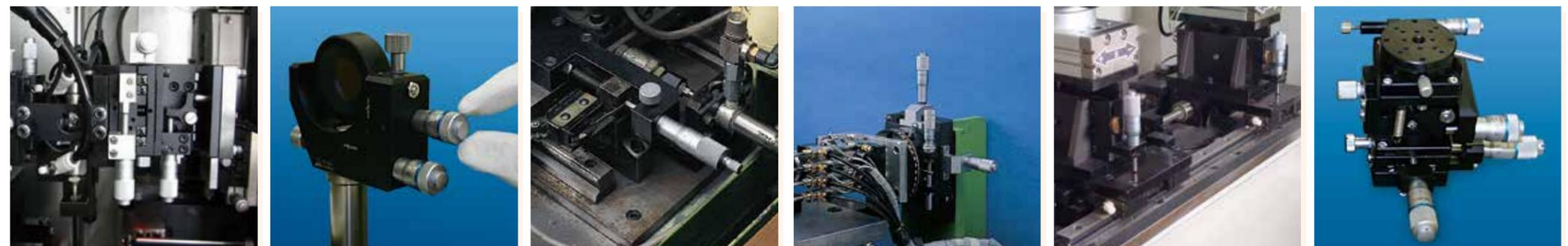
お客様のご指定による潤滑油などにも対応いたします。

9. オールステンレス製

ご希望により、オールステンレス製マイクロメータヘッドも製作いたします。

10. 簡易包装

OEMなど大量のご注文の際には、簡易包装で納品できます。



マイクロメータヘッドの耐荷重

マイクロメータヘッドの耐荷重は取付け方法によって大きく変わります。また、静荷重か、動荷重か、作動させて使用するか、ストップとして使用するか、など使用条件によっても耐荷重は大きく変わります。したがって、何N(kgf)というように定量的に定めることができません。ここでは、ミットヨがお薦めする耐荷重限度(精度保証範囲内で読取装置として使用する場合、手動10万回転以内)と小形マイクロメータヘッドを使用した静荷重試験の結果をご紹介します。

1. 推奨耐荷重限度

		耐荷重限度
標準形	スピンドルピッチ0.5 mm	39.2 N (4 kgf) *
	スピンドルピッチ0.1 mm/0.25 mm	19.6 N (2 kgf)
高機能形	スピンドルピッチ0.5 mm	39.2 N (4 kgf)
	スピンドルピッチ1.0 mm	58.8 N (6 kgf)
	スピンドルピッチ直進式 MHF極微動用(差動機構付き)	19.6 N (2 kgf)

※MHTのみ19.6 N (2 kgf) 程度まで

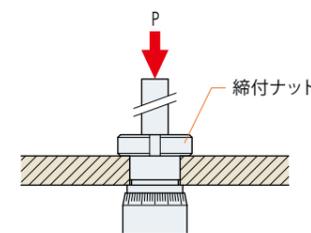
2. マイクロメータヘッドの静荷重試験 (試験には、MHSを使用)

〈試験方法〉

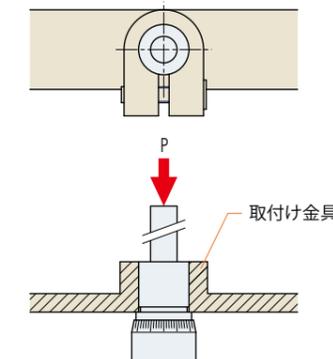
図のようにマイクロメータヘッド本体をセットし、材料試験機で、破損あるいは脱落するまでP方向から荷重をかける。

(試験は精度保証範囲を考慮に入れず、破損あるいは脱落するまで荷重をかけています。)

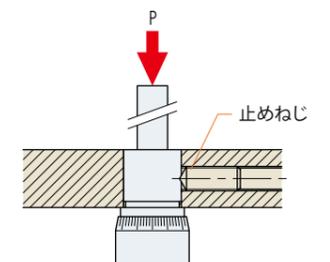
① 締付ナット方式



② スリ割締付方式



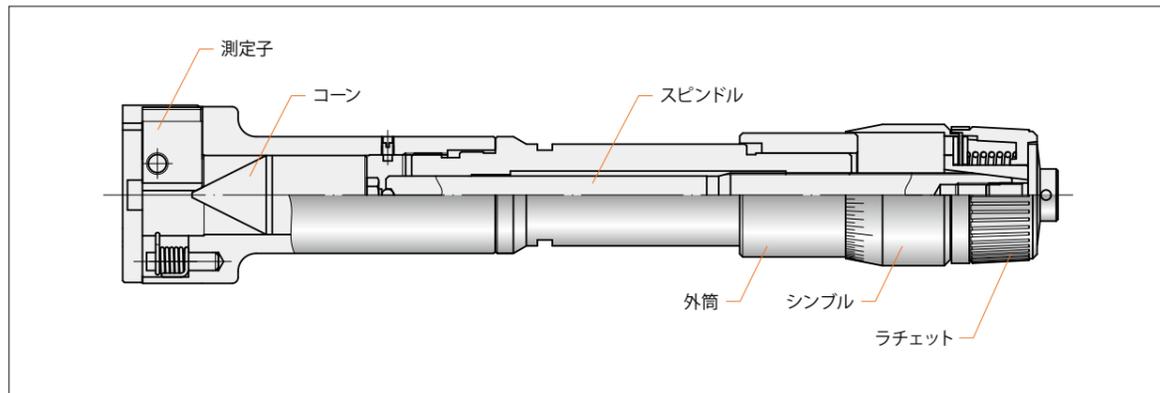
③ ねじ止め方式



取付け方法	破損・脱落荷重
① 締付ナット方式	8.63~9.8 kN (880~1000 kgf) で本体破損
② スリ割締付方式	0.69~0.98 kN (70~100 kgf) で取付け金具から脱落
③ ねじ止め方式	0.69~1.08 kN (70~110 kgf) で止めねじ破損

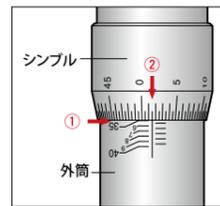
※破損・脱落荷重はあくまで参考値とお考えください。

各部の名称(ホールテスト)



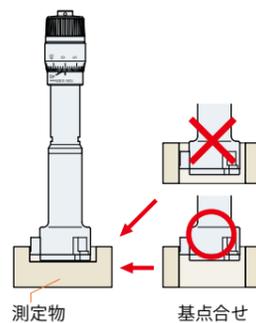
読取方法

目量 0.005 mm
 ① 外筒の読取値: 35 mm
 ② シンプルの読取値: 0.015 mm
 ホールテストの読取値: 35.015 mm



測定位置による測定値の変化

ホールテストの場合、商品の機構上、測定子全面で測定する場合と測定子の先端のみで測定する場合とで測定値が異なります。測定の際は同じ条件で基点合わせを行ってください。測定子先端で測定する場合は、測定子先端で基点合わせを行ってください。



棒形内側マイクロメータの温度変化による測定誤差

測定器は温度変化により、測定に誤差が生じます。内側マイクロメータを直接手に持って測定する場合は、手袋等を用いて防熱カバー部を持って、体温によるマイクロメータの膨張変化を防ぐことが必要です。

寸法偏差(棒形内側マイクロメータ)

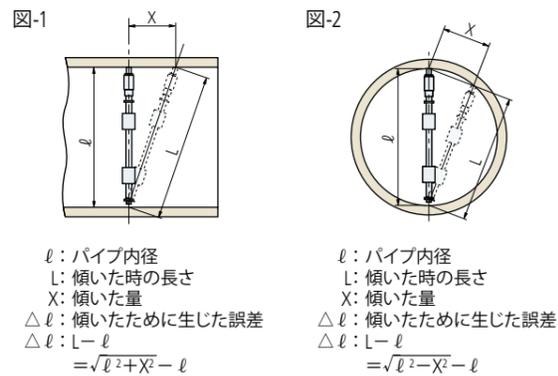
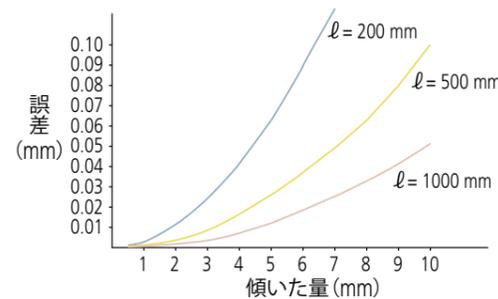
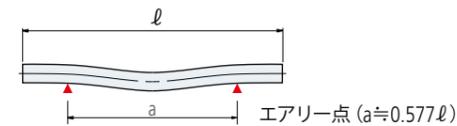


図-1のように穴の軸方向に傾く場合の偏差を算出すると下図のようなグラフ値になります。図-2のような軸穴に対して左右に傾く場合の偏差は、下図のグラフ値とほぼ同じで、マイナス値として表れます。

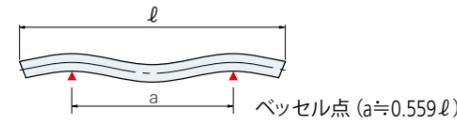


エアリー点、ベッセル点

基準棒や、棒形内側マイクロメータを水平に支持する場合、自重によってたわみが生じます。



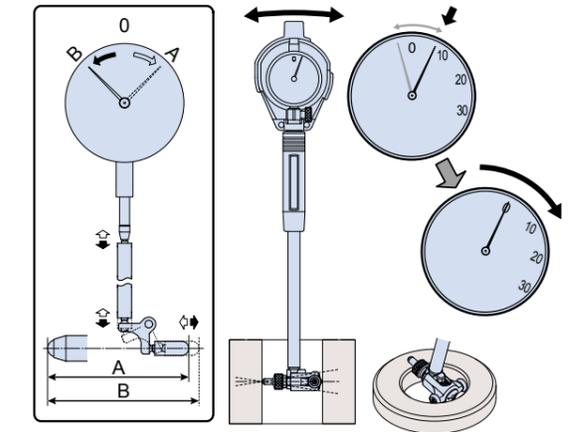
エアリー点は、2点支持において両測定面が最も平行になるような支持点をいいます。



ベッセル点は、2点支持において全長の誤差が最小になる支持点をいいます。

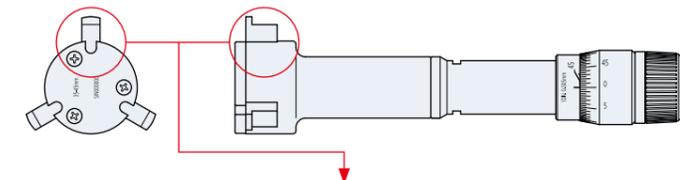
シリンダゲージの基点合わせ

セッティング、円筒マスターゲージによる基点合わせを行います。基準器となるセッティングまたは円筒マスターゲージにシリンダゲージを差し込み、シリンダゲージを揺動させて測定子が最も押し込まれた位置を基点とします。



特別注文品(ホールテスト・ポアマチック)

特殊形状の内径測定が可能な商品を1台からでも製作いたしますので、お気軽にご相談ください。ただし、場合によっては精度保証用のマスターゲージが別途必要になります。ご了承ください。

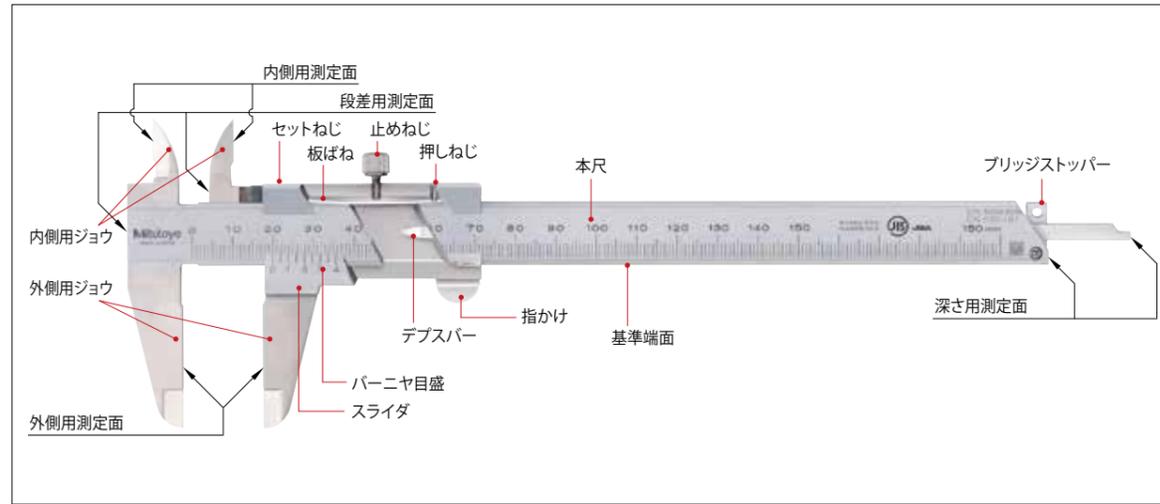


種類	被測定物の形状(例)	測定子先端部の形状(例)	備考
角溝			特殊形状溝の内径を測定できます。
丸溝			■ 製作可能内径: 約φ16 mm以上 (被測定物の形状により異なります。) ■ 段差 l は $W=2$ mm以下の場合: $l=2$ mm以下 $W=2$ mm以上の場合: 標準値 $l=2$ mmとし、その他用途に合わせて変更可能です。
スプライン			■ スプライン、セレーシジョンの溝数は3の倍数に限ります。 ■ ご希望される場合は、被測定物の形状をご提示ください。 ■ 測定範囲が標準品と異なる場合は、別途、検査ゲージのインシャルコストが必要ですよ。
セレーシジョン			
ねじ			■ ねじの有効径を測定できます。 ■ 測定可能ねじは、ねじの種類、呼び寸法、ピッチにより制限があるため、ねじ仕様をご提示ください。

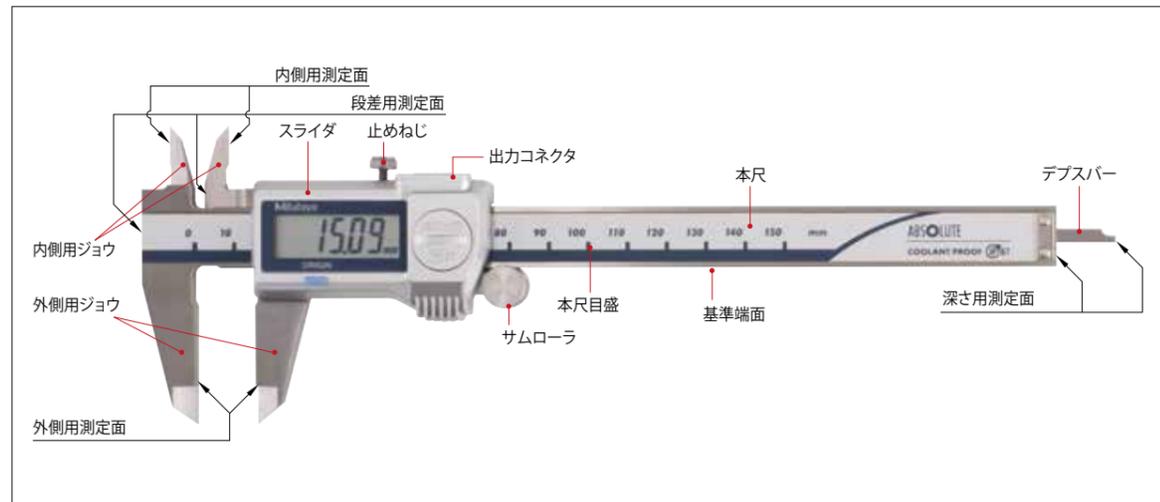
※その他用途に合わせて製作いたします。
 ※価格、納期などは特注内容により異なります。
 ※ご用命の際は、最寄りの当社営業所までご連絡ください。

各部の名称

M形標準ノギス

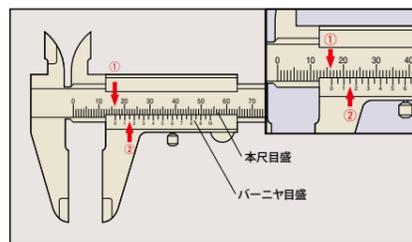


ABSクーラントブルーキャリパ



読取方法

ノギス

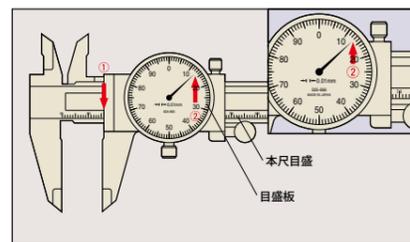


最小読取値: 0.05 mm

- ① 本尺目盛の読取値: 16 mm
- ② パーニヤ目盛の読取値: 0.15 mm

ノギスの読取値: 16.15 mm

ダイヤルノギス



最小読取値: 0.01 mm

- ① 本尺目盛の読取値: 16 mm
- ② 目盛板の読取値: 0.13 mm

ダイヤルノギスの読取値: 16.13 mm

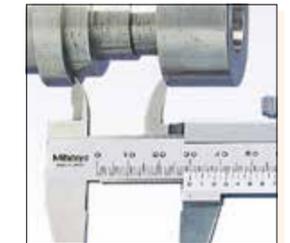
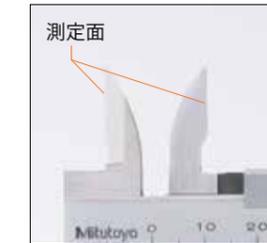
注意) ②0.15 mmは、本尺目盛とパーニヤ目盛が合致している箇所を読み取ります。

測定例

外側測定



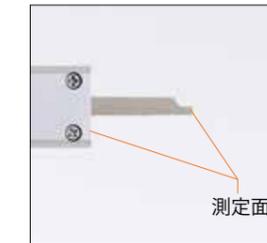
内側測定



段差測定

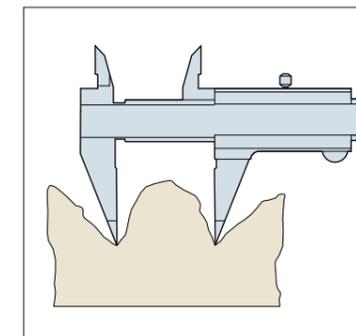


深さ測定



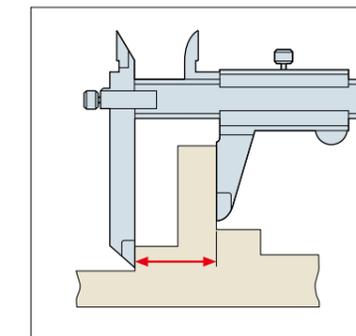
専用ノギス

不定形の狭い寸法間の測定



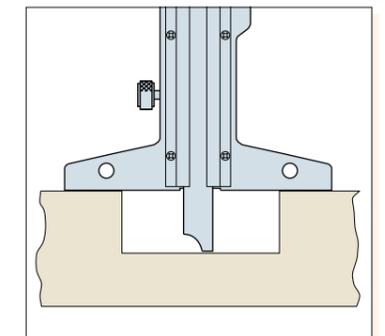
ポイントノギス

段違い部の測定



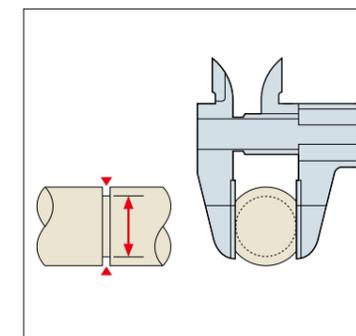
オフセットノギス

深さの測定



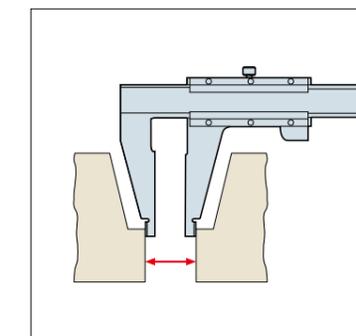
デプスゲージノギス

細溝径などの測定



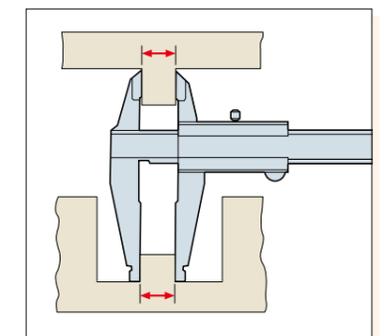
ブレードノギス

通常の外側測定
段違い穴部の内径測定



C形ノギス

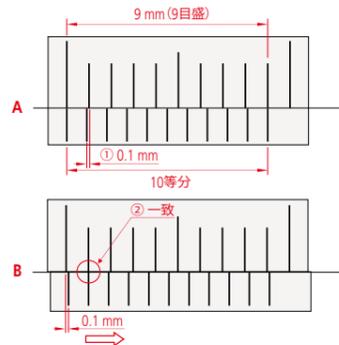
通常の外側測定
段違い穴部の測定



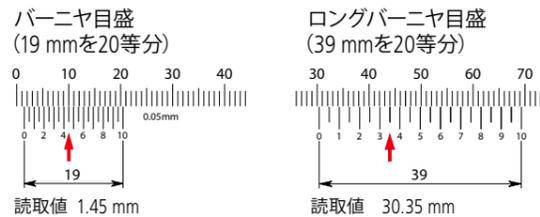
C形ノギス

バーニヤ目盛

ノギスは、歯車やねじなど機械的拡大機構なしで1mmより小さい単位を読み取ることができるバーニヤ目盛をもっています。バーニヤ目盛は本尺目盛と組み合わせて使われ、本尺の(n-1)目盛に対しスライダは同じ幅をn等分しています。例としてn=10の場合は以下ようになります。本尺の(n-1)=9目盛(9mm)を、スライダでn等分つまり10等分したバーニヤ目盛は以下ようになります。このとき、A図のように1目盛の間隔の差は0.1mm…①となり、B図のようにスライダが0.1mm右方向に動いた場合、本尺の2本目の目盛が一致…②し、0.1mm単位を読むことができます。



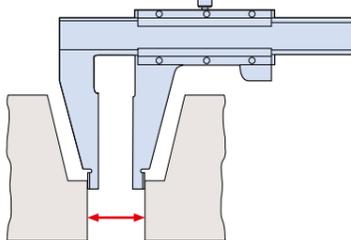
初期のノギスでは、本尺の19目盛を20等分して0.05mm単位を読んでいましたが、狭い範囲の中で一致した線を探す煩わしさがあつたため、1970年代より本尺の39目盛を20等分したロングバーニヤ目盛が一般的に使われています。



0.05mmより細かい単位で読むために、本尺の49目盛を50等分し0.02mm単位を読み取るタイプも登場しましたが、0.01mmをデジタル表示するデジマチックキャリパの登場で現在は数少なくなりました。

長尺ノギスについて

- きわめて大きな測定物を測定する場合、通常はスチールルール(金属製直尺)を使用します。もう少し精度が欲しい場合でマイクロメータを使用する必要がないというとき、長尺ノギスが使用されます。大変手軽に使えて便利ですが、次のことに注意する必要があります。
- ・最小読取値と指示誤差が異なる(詳細は弊社のカatalog値をご参照ください)
 - ・たわみによる測定誤差が出やすいため、ノギスの支持方法に注意が必要
 - ・内側用測定面は基準端面から一番離れているため、測定力に注意が必要
 - ・ロングジョウノギスの場合には、外側用測定面のときでも測定力に注意が必要



M形ノギスの小穴測定

小穴の内径を測定する場合は、構造上の誤差Δdが生じます。

●φD=5mmの場合の誤差量
単位:mm

t ₁ +t ₂ +C	0.3	0.5	0.7
Δd	0.009	0.026	0.047

φD: 真の内径

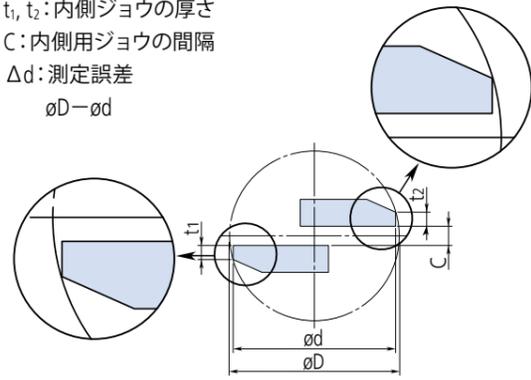
φd: 測定値

t₁, t₂: 内側ジョウの厚さ

C: 内側用ジョウの間隔

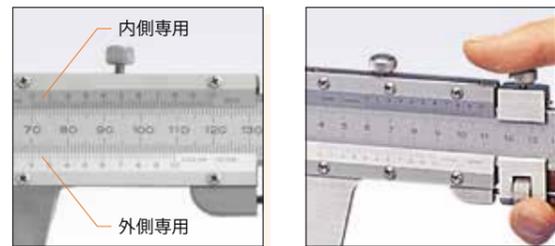
Δd: 測定誤差

φD-φd



CM形ノギスの内側測定

CM形ノギスでは内側測定面はジョウの先端になっているため、測定力に注意が必要です。また、測定面の平行度、ジョウの段違いが問題となります。測定面の円弧の半径は、内側測定部の組み合わせ寸法の1/2以下でなければなりません。M形ノギスと異なり、CM形ノギスでは組み合わせ寸法以下の小孔の測定はできません。ミツトヨノギスでは内側測定の読みは本尺目盛が2段で上段目盛が内側専用となっているため、直読方式となっています。計算が不要となるため、測定ミスも少なくなります。



一般的なノギス使用上の注意

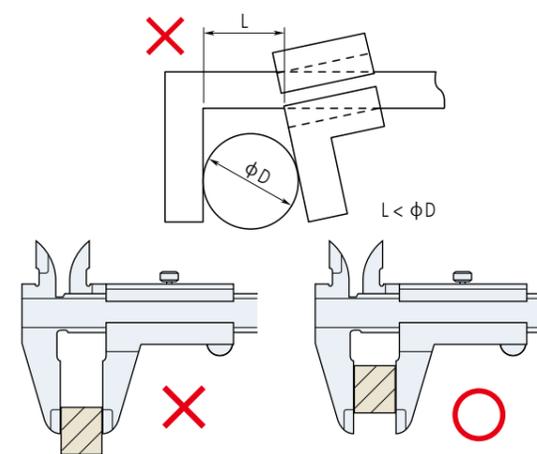
1. ノギスの誤差要因

- ノギスの誤差要因には、主に以下のものがあります。
- ・測定力のかけ過ぎによる誤差
 - ・ノギスと測定物の温度差からの熱膨張による誤差
 - ・小孔の内径測定時の、内側測定面の厚さと内側測定面間とのすき間によって発生する誤差
 - ・目盛精度による誤差
 - ・基準端面の真直度による誤差
 - ・本尺目盛面の平面度による誤差
 - ・ジョウの直角度による誤差

これらの誤差が指示誤差内に入っている場合は、ノギスの問題となりません。

JISの中で、ノギスの構造から生じる誤差要因を十分に承知したうえで使用していただくために、取扱上の注意事項が追加されています。これは測定力に関するもので「ノギスには、定圧装置がないので適正で、かつ均一な測定力で測定をするようにしなければなりません。

とくにジョウの元、または先で測定した場合に誤差が大きくなる危険があるから注意が必要である」と指摘されています。



2. 内側測定

内側ジョウを、可能な限り奥深くまで差し込んで測定してください。

内側測定時は、指示値が最大となった時点の値を読み取ってください。

溝幅測定時は、指示値が最小になった時点の値を読み取ってください。

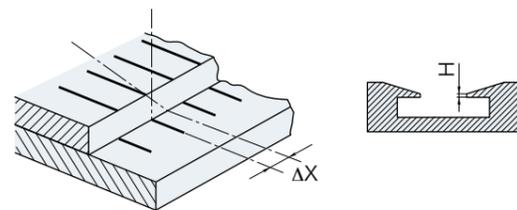
3. 深さ測定

デプス基準面を測定物に密着させて測定してください。

4. 目盛線を読むときの注意(視差)

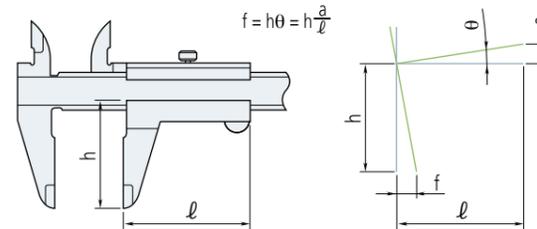
バーニヤ目盛と本尺目盛の合致を見る場合は、バーニヤ目盛線を正面から真っ直ぐ見る必要があります。

バーニヤ目盛線を斜めから見た場合、バーニヤ目盛先端と本尺目盛との段差によって視差が生じます。そのため、合致位置が、下図のようにΔXだけずれた位置に見えて、測定値の読み間違い誤差となります。このため、JISではバーニヤ先端と本尺目盛面の段差を0.3mmと規定しています。



5. 基準端面の曲がり

ノギスのスライダは、案内端面が基準となります。そのため、端面に曲がりがある場合、図示のように測定誤差の原因となります。この誤差はアッペの原理に合致しない誤差と同じ計算式で表せます。



例) 案内面の曲がりによるスライダの蛇行を0.010mm/50mmとし、外側測定子先端を40mmとして計算すると
f = 40mm × 0.01 ÷ 50 = 0.008mm
案内面の曲がりや摩擦により、取扱いの不注意により案内面が曲がったりすると、その影響は無視できなくなります。

6. 測定と温度の関係

ノギスの本体はステンレス鋼で作られています。測定物(鉄系金属)と同等の線膨張係数(10.2±1)×10⁻⁶となっていますが、測定物の材質や室温、測定物の温度によっては、測定精度に影響するため注意が必要です。

7. 取扱いの注意

ノギスの外側測定部分および内側測定部分は鋭利に尖っています。身体を傷つけないよう、取扱いには十分気をつけてください。

デジタルノギスのスケールを傷つけたり、電気ペンで番号などを記入することは避けてください。

ノギスを落としたり、ぶつけたりしないように取扱いにはご注意ください。

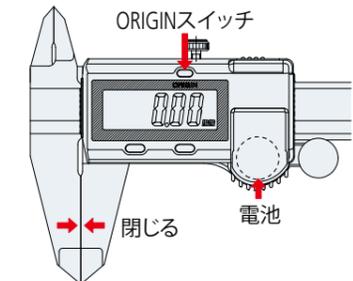
8. 摺動面と測定面の管理

ノギスを使用する前は、乾いた柔らかな布で摺動面および測定面を拭いて、ゴミなどを取り除いてからご使用ください。

9. 使用前の原点確認

ノギスを使用する前は、外側用ジョウ(合口)を閉じて、原点を確認してください。

デジマチックキャリパは、電池を入れたとき、電池を交換したときに、必ず外側用ジョウ(合口)を閉じて、ORIGINスイッチを押して、原点をセットしてください。



10. 使用後の取扱い

ノギスの使用後は、水分(油)を良く拭きとって防錆油を薄く塗布した後、保管してください。

防水タイプのノギスも本体に錆びが発生するため水分の拭き取りが必要です。

11. 保管上の注意

直射日光が当たる場所や高温、低温、多湿な場所は避けて保管してください。

デジタルノギスを3カ月以上使用しない場合は、電池を取り外して保管してください。

ノギスはクランプせずに保管してください。

ノギスの性能

ノギスの日本産業規格 JIS B 7507 で規定しているノギスの性能は、2016年の改正 (JIS B 7507:2016) によって、JIS B 7507:1993 以前の「器差」から、「指示誤差」へと変更されました。ノギスの指示誤差としては、部分測定面接触誤差がもっとも重要な指示誤差といえます。また、指示誤差は、最大許容誤差 (MPE) によって制限されます。つまり、MPE は許容値と同じ意味を持ちます。2016年の JIS 規格変更点を含め、代表的な検査の内容を説明します。

部分測定面接触誤差の最大許容誤差 E_{MPE} 【JIS B 7507:2016】

ノギスにおける部分測定面接触誤差は、外側測定に適用される指示誤差です。

表1に、部分測定面接触誤差の指示値の最大許容誤差 E_{MPE} を示します。

外側用測定面にブロックゲージまたはそれと同等以上のゲージ類を挟み (図1)、測定範囲内の任意位置のジョウに沿った異なる位置で測定し、ノギスの指示値からゲージの寸法を減じることで、外側測定の最大許容誤差 E_{MPE} を求めることができます。

表1 一般的なノギスにおける部分測定面接触誤差の最大許容誤差 E_{MPE}
単位:mm

測定長	目量、最小表示量または最小読取値	
	0.05	0.02
50以下	± 0.05	± 0.02
50を超え 100以下	± 0.06	± 0.03
100を超え 200以下	± 0.07	
200を超え 300以下	± 0.08	± 0.04

注記 E_{MPE} は、真直度、測定面の平面度および平行度によって生じる測定誤差を含む。

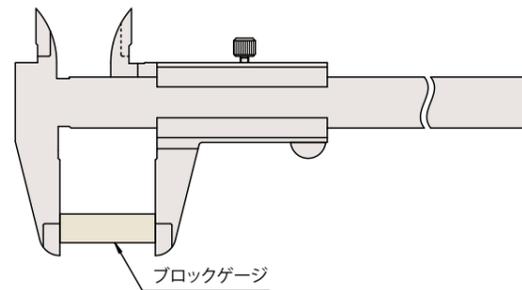


図1 部分測定面接触誤差の測定例

スケールシフト誤差の最大許容誤差 S_{MPE} 【JIS B 7507:2016】

ノギスにおけるスケールシフト誤差は、外側用測定面以外の測定面が使用されている場合の内側測定、深さ測定などの指示誤差です。

内側測定の指示値の最大許容誤差 S_{MPE} は、表1と同値とし、深さ測定の最大許容誤差 S_{MPE} は、表1の値に0.02 mm加算した値とします。

測定範囲内の任意位置で、ブロックゲージまたはそれと同等以上のゲージ類を用いて内側寸法を内側用測定面で測定し (図2)、ノギスの指示値からゲージの寸法を減じることで、内側測定の最大許容誤差 S_{MPE} を求めることができます。

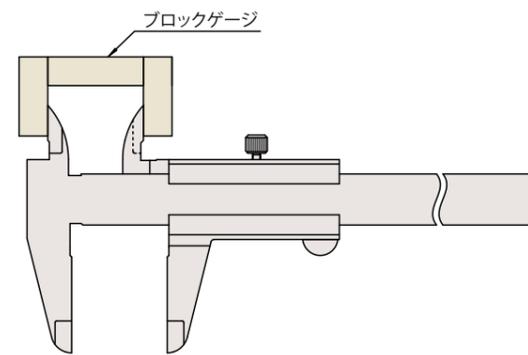


図2 スケールシフト誤差 (内側測定) の測定例

部分測定面接触誤差 E 【ISO 13385-1:2019, JIS B 7507:2022】

ノギスにおける部分測定面接触誤差は、外側測定に適応される指示誤差です。

改正されたISO-2019版では、今までメーカーの基準に任されていた試験点、試験数、試験配置といった試験の方法・基準について、測定範囲毎に数値化されました。(図1・表1)

図1
例) 測定範囲150 mmのノギスでは試験点が5点以上必要となります。

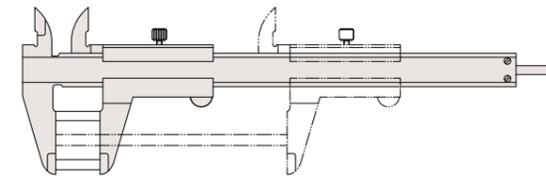


表1 部分測定面接触誤差の試験点の数

測定範囲 (mm)	試験点の最少数
150	5
300	6
1000	7
1000以上	8

さらに改正では、試験の配置として製品の測定範囲の90%以上の点で試験を行うことや、最大/最小点においてジョウの根本と先端で試験を行うことが指示されているため、新たに決められた規格に準拠し試験を行うことが重要となります。

例として150 mmタイプの測定例を示します。ISO13358-1:2019年版では、150 mmの場合、最小試験点数は5ポイントとなります。(表1)

ISO13385-1:2019およびJIS B 7507:2022に準拠するためには、5ポイント以上の試験点が必要です。5ポイント以上の中には最大/最小点での試験と測定部の元と先端での試験が含まれます。これらをすべて合わせ、5ポイントの試験点数とします。

シフト誤差 S

ノギスにおけるシフト誤差は外側用測定面以外の指示誤差です。

ISO13385-1:2019およびJIS B 7507:2022では、外側測定誤差以外の測定誤差 (内側・深さ・段差・内径測定誤差) はすべてシフト誤差となります。シフト誤差に含まれる誤差の種類がより具体的になったことに合わせ、試験点数や試験点の数値も新たに決められました。

(図2、図3・表2)

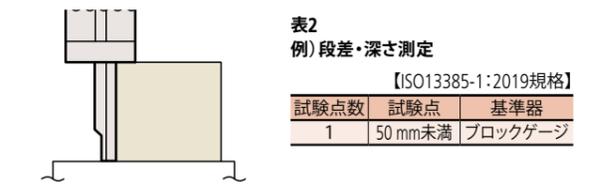


表2
例) 段差・深さ測定
【ISO13385-1:2019規格】

試験点数	試験点	基準器
1	50 mm未満	ブロックゲージ

図2 シフト誤差の測定例-深さ測定

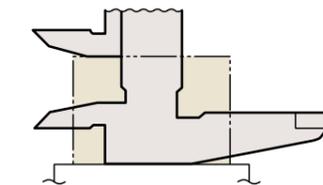


図3 シフト誤差の測定例-段差測定

深さ測定・段差測定の場合、試験点数1点以上、試験点50 mm未満、試験配置はブロックゲージを使用など、より具体的な取り決めがされています。

(表3参照)

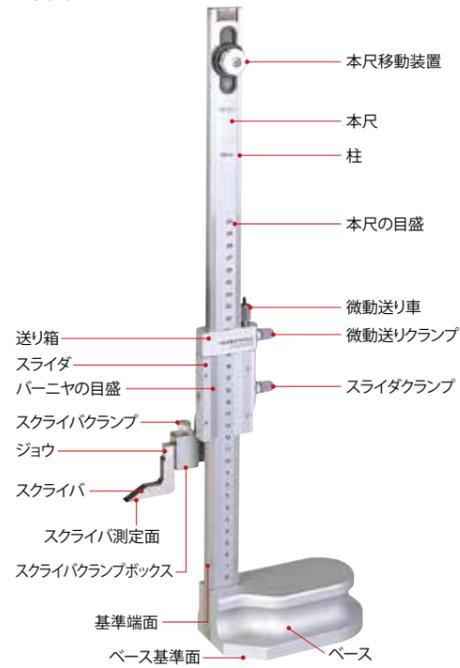
ISO13385-1:2019およびJIS B 7507:2022への対応

ノギスのISO規格ISO13385-1が、2019年8月にISO13385-1:2019として改正発行されました。また、ISO13385-1:2019に基づき、ノギスの日本産業規格 JIS B 7507 が2022年5月に JIS B 7507:2022として改正公示されました。これらの改正においての最大のポイントは、ノギスの精度に関する表記方法・検査方法等がより具体的に数値化されたことです。もちろん、数値化については、測定・検査手段を一定の方法と基準をもって標準的に取り決めたもので、従来までのノギスの品質に影響を及ぼすものではありません。

ハイトゲージ

各部の名称

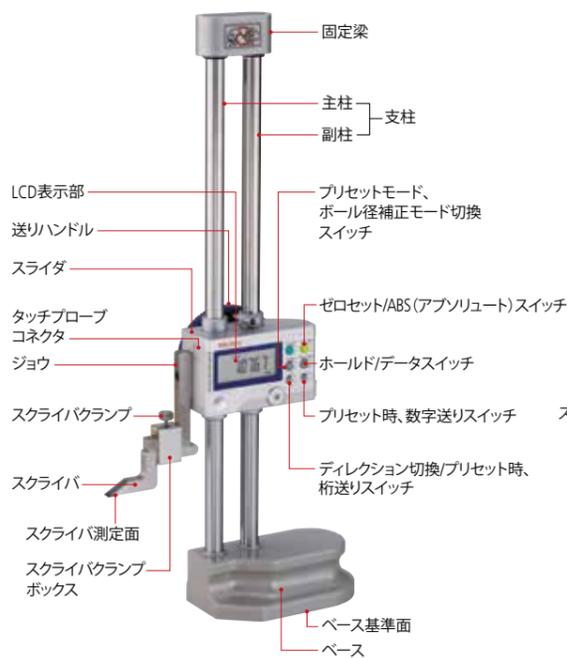
標準ハイトゲージ



直読ハイトゲージ



デジマチックハイトゲージ



オプション品や他の測定機器を取り付けたハイトゲージの様々な使用事例



テストインジケータ取付けによる平面度測定



二点式タッチプローブ取付けによる内幅測定



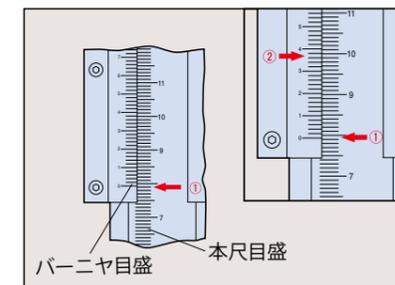
センタープローブ取付けによる多点の間隔測定



デプスアタッチメント取付けによる深さ測定

読取方法

標準ハイトゲージ



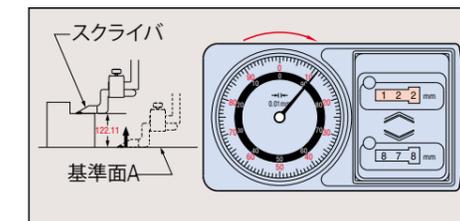
最小読取値: 0.02 mm

- ① 本尺目盛の読取値: 79 mm
- ② パーニヤ目盛の読取値: 0.36 mm

標準ハイトゲージの読取値: 79.36 mm

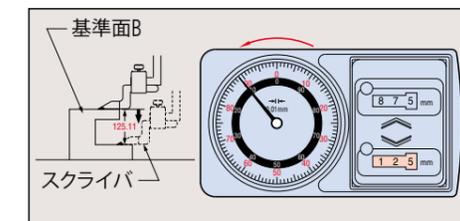
直読ハイトゲージ

零点合せをした基準面Aから上方寸法を読み取りたい場合



- ① カウンタの読取値: 122 mm
 - ② 目盛板の読取値: 0.11 mm
- 直読ハイトゲージの読取値: 122.11 mm

零点合せをした基準面Bから下方寸法を読み取りたい場合



- ① カウンタの読取値: 125 mm
 - ② 目盛板の読取値: 0.11 mm
- 直読ハイトゲージの読取値: 125.11 mm

一般的なハイトゲージ使用上の注意

1. ハイトゲージの誤差要因

本ハイトゲージはアッペの原理に反する測定器のため、以下の誤差要因が考えられます。

- ・視差
- ・測定力のかけ過ぎによる誤差
- ・測定物との温度差による熱膨張による誤差
- ・ハイトゲージの構造から生じる誤差 など。

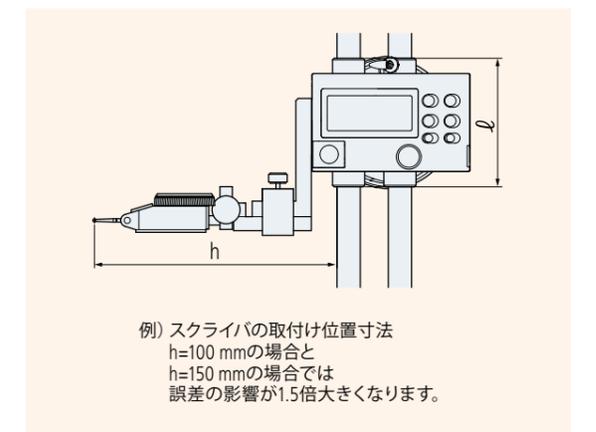
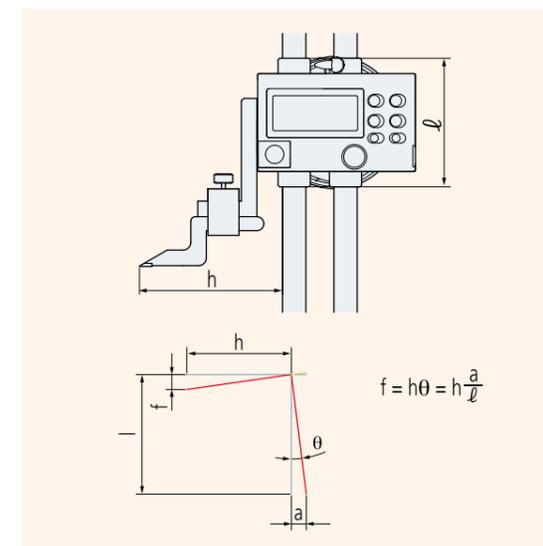
特に、下記の「基準端面の曲がり」と「スクライバの取付け」に関しては、構造と誤差要因を十分に理解してご使用いただくことが必要です。

2. 基準端面(柱)の曲がりとスクライバの取り付け

ハイトゲージのスライダーについても、案内の基準となる端面の曲がりがあると、図示のように測定誤差の原因となります。この誤差は、アッペの原理に合致しない誤差と同じ計算式で表すことができます。

スクライバ(テコ式ダイヤルゲージ)を取り付けると、基準端面の曲がりによる誤差の影響が大きくなるため、取扱いの注意が必要となります。具体的には、以下に注意して取り付けてください。

- ・下記の計算式のh寸法が大きくなるようにする
 - ・スクライバなどを本体から前に出しすぎないように取り付ける
- 標準付属外の長いスクライバやテコ式ダイヤルゲージを使用する場合は、この誤差要因が大きくなるため注意が必要です。



ハイトゲージ

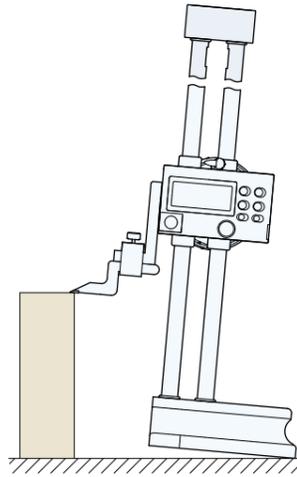
3. ベースの浮き上り

ハイトゲージのスライダは、駆動ハンドルや送り車で移動できます。

測定物にスクライバを当てたあと、過度にスライダを移動させる(測定力をかける)と、定盤からベース底面が浮き上り、測定誤差が生じます。

高精度で測定するには、スライダをゆっくり移動させて、測定物に接触した瞬間に止めてください。

測定の前に、ベース底面にゴミやカエリ(キズなどの突起)がないことを必ず確認してください。



4. 本尺(柱)の倒れによる誤差

JIS規格ではベース基準面(底面)に対する柱の基準端面の直角度が

$$(0.01 + \frac{L}{1000}) \text{ mm} \quad L \text{ は測定長 (単位: mm)}$$

と規定されていますが、例えば L=600 mm では、0.61 mm とあまり厳しい数値ではありません。これは、柱の曲がり様でスライダの傾きが変化することがなく、誤差要因の影響が小さいためです。

5. 測定と温度の関係

ハイトゲージは、複数の材料から構成されています。測定物の材質や室温、測定物の温度によっては、測定精度に影響するため、ご注意ください。

6. ハイトゲージのスクライバ先端部分は鋭利に尖っていません。身体を傷つけないよう、取扱いには十分気をつけてください。

7. デジタルハイトゲージのスケールを傷つけたり、電気ペンで番号などを記入したりすることは避けてください。

8. ハイトゲージを落としたり、ぶつけたりしないように取扱いにご注意ください。

ハイトゲージ使用上の注意

1. スライダの案内となる本尺(柱)の基準面は、いつも清掃を心がけてください。ゴミなどがたまると摺動が重くなり誤差の要因となります。

2. ケガキを行う際は、スライダが動かないように、スライダの止めねじをしっかりと締めて使用してください。(スライダの止めねじを締め付けたとき、スクライバ先端が動くことがあるため、てこ式ダイヤルゲージなどで確認しておくことが重要です。)

3. スクライバ測定面とベース底面の平行度は0.01 mm 以下です。測定前にスクライバやてこ式ダイヤルゲージを取り付ける場合は、取付け面のゴミやカエリがないことを確認し、スクライバ等が測定中に動かないよう、しっかりと固定してください。

4. 本尺目盛を移動できるハイトゲージでは、移動装置で本尺を移動させて、零点を確認したら、固定用のナットをしっかりと締めてください。

5. 視差による誤差は無視できないため、読み取るときは、常に正面から目盛を見てください。

6. 使用後の取扱い

水分(油)を良く拭きとったあとに防錆油を薄く塗布し、保管してください。

7. 保管上の注意

- 保管する場合は、直射日光が当たる場所や高温、低温、多湿な場所は避けて保管してください。
- デジタルハイトゲージを3か月以上使用しない場合は、電池を取り外して保管してください。
- 保護カバーが付属されている場合は、柱のゴミ付着を防止するため、カバーをかけて保管してください。

ハイトゲージの性能

ハイトゲージの日本工業規格として、JIS B 7517が2018年に改正発行され、ハイトゲージの性能を表す「器差」が「指示誤差」へと変更されています。

ハイトゲージの指示誤差としては、高さ測定誤差がもっとも重要な指示誤差といえます。また、指示誤差は、最大許容誤差(MPE)によって制限されます。つまり、MPEは許容値と同じ意味を持ちます。

2018年のJIS規格変更点を含め、代表的な検査の内容を説明します。

高さ測定誤差の最大許容誤差 E_{MPE} [JIS B 7517:2018]

ハイトゲージにおける高さ測定誤差は、ハイトゲージのベース基準面に垂直で、かつ、接触方向が下方向の場合の指示誤差です。

表1に、高さ測定誤差の最大許容誤差 E_{MPE} を示します。精密定盤上に置かれたブロックゲージまたはそれと同等以上のゲージ類を、ハイトゲージのスクライバ測定面で挟んで測定し、(図1)ハイトゲージの指示値からゲージの寸法を減じることで、高さ測定の最大許容誤差 E_{MPE} を求めることができます。

表1 一般的なハイトゲージにおける高さ測定誤差の最大許容誤差 E_{MPE}

測定長	目量, 最小表示量または最小読取値	
	0.05	0.02または0.01
50以下	± 0.05	± 0.02
50を超え 100以下	± 0.06	± 0.03
100を超え 200以下	± 0.07	
200を超え 300以下	± 0.08	± 0.04
300を超え 400以下	± 0.09	
400を超え 500以下	± 0.10	± 0.05
500を超え 600以下	± 0.11	
600を超え 700以下	± 0.12	± 0.06
700を超え 800以下	± 0.13	
800を超え 900以下	± 0.14	± 0.07
900を超え 1000以下	± 0.15	

注記 E_{MPE} は、真直度、測定面の平面度および基準面との平行度によって生じる測定誤差を含む。

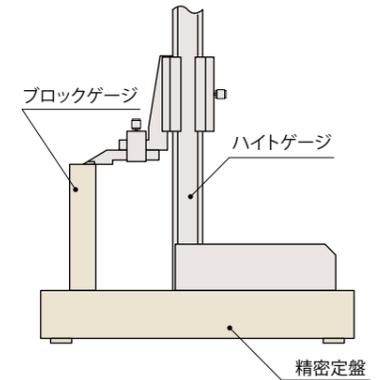


図1 高さ測定誤差の測定例

デプスゲージの性能

デプスゲージの日本工業規格として、JIS B 7518が2018年に改正発行され、デプスゲージの性能を表す「器差」が「指示誤差」へと変更されています。デプスゲージの指示誤差としては、部分測定面接触誤差がもっとも重要な指示誤差といえます。また、指示誤差は、最大許容誤差(MPE)によって制限されます。つまり、MPEは許容値と同じ意味を持ちます。2018年のJIS規格変更点を含め、代表的な検査の内容を説明します。



部分測定面接触誤差の最大許容誤差 E_{MPE} 【JIS B 7518:2018】

デプスゲージにおける部分測定面接触誤差は、深さ測定に適用される指示誤差です。表1に、部分測定面接触誤差の指示値の最大許容誤差 E_{MPE} を示します。精密定盤上に置いた2個のブロックゲージ、またはそれと同等以上のゲージ類の測定面をベース測定面に密着させた状態で、本尺測定面を精密定盤に当てたとき(図1)、デプスゲージの指示値からゲージの寸法を減じることで、深さ測定の最大許容誤差 E_{MPE} を求めることができます。

表1 一般的なデプスゲージにおける部分面接触誤差の最大許容誤差 E_{MPE}

単位:mm

測定長	目量, 最小表示量または最小読取値	
	0.05	0.02または0.01
50以下	± 0.05	± 0.02
50を超え 100以下	± 0.06	± 0.03
100を超え 200以下	± 0.07	
200を超え 300以下	± 0.08	± 0.04
300を超え 400以下	± 0.09	
400を超え 500以下	± 0.10	± 0.05
500を超え 600以下	± 0.11	

注記 E_{MPE} は、真直度、測定面の平面度および基準面との平行度によって生じる測定誤差を含む。

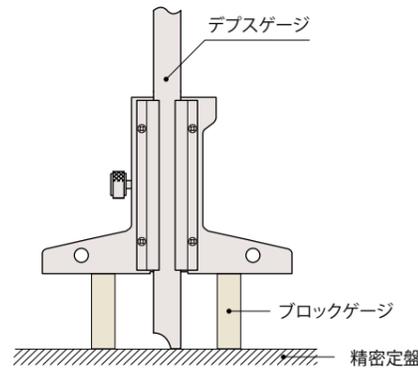
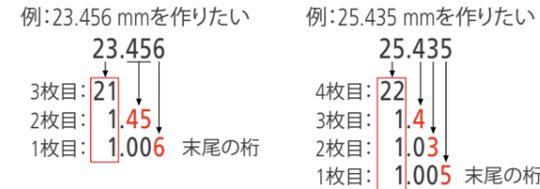


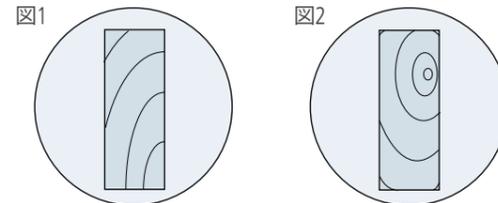
図1 部分測定面接触誤差の測定

密着(リンギング)の方法

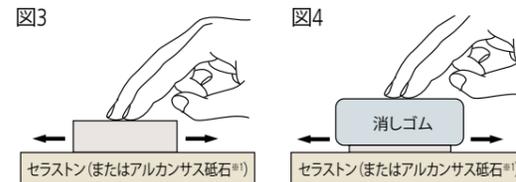
- ①組み合わせるゲージブロックの選定
選定には次の点を考慮してください。
a. 組み合わせの個数をできるだけ少なくしてください。
b. できるだけ厚いゲージブロックを選んでください。
c. 寸法は末尾の桁(最小桁)から選んでください。



- ②ゲージブロックを洗浄液できれいに洗浄します。
- ③測定面のカエリが無いことを確認します。カエリの点検はオプチカルフラットを使用し、次の手順で行います。

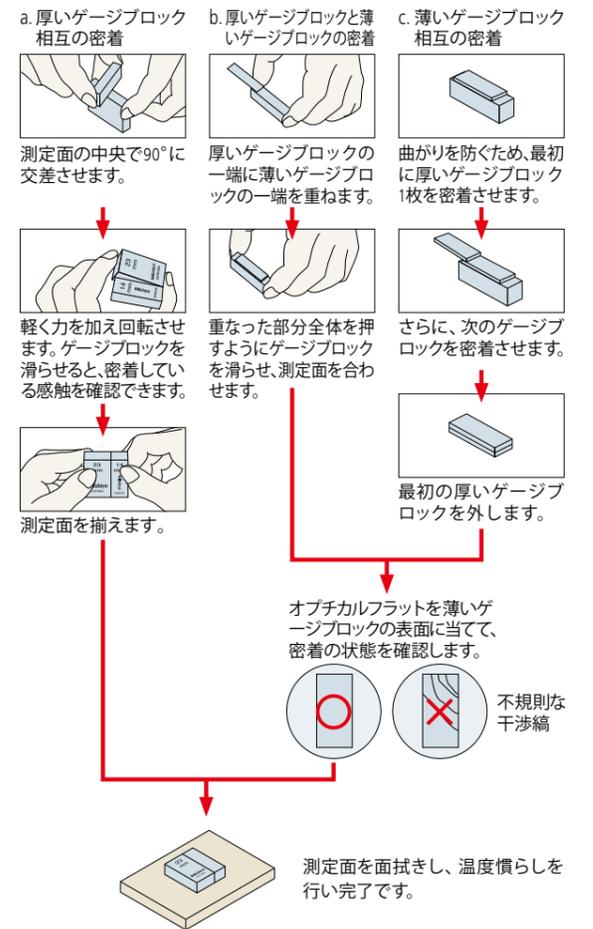


- a. 測定面をきれいに拭いてください。
- b. ゲージブロック測定面にオプチカルフラットを静かに置いてください。
- c. オプチカルフラットを軽くすべらせ、干渉縞が見えることを確認します。(図1、図2)
判断1: ここで干渉縞が見られない場合は、測定面に大きなカエリやゴミなどがあると考えられます。
判断2: 干渉縞が消えればカエリはありません。
判断3: 局部的に縞が残る場合はカエリがあります。オプチカルフラットの位置をわずかに移動させた場合に、縞も一緒に移動したときは、オプチカルフラットにカエリがあることとなります。
- d. オプチカルフラットを軽く押さえ付け、干渉縞の消えることを確認します。
- e. カエリ取りの方法は、下図を参照ください。



- ①ゲージブロックおよびセラストンまたはアルカンサス砥石面^{※1}に付着したゴミ、油膜等を溶剤できれいに拭き取ります。
- ②カエリのある測定面をセラストンまたはアルカンサス砥石面^{※1}に積み重ね、軽い力で静かに10回程度往復運動させます。(図3)
薄いゲージブロックの場合は、均一に力を加えやすい消しゴム等のゴム片を使用すると、作業がしやすくなります。(図4)
- ③オプチカルフラットで確認します。
カエリを除去しきれいなときは、さらに②を行ってください。砥石で除去できるカエリの大きさには限度があります。除去できない場合は、新しいブロックゲージへの交換をお勧めします。
^{※1}: アルカンサス砥石は弊社では取り扱っておりません。

- ④測定面にわずかの油気を加え、均一にのばします。油膜がほとんどなくなるまで拭き取ってください。油は、グリス、スピンドル油、ワセリンなどを使用してください。
- ⑤密着面を静かに重ね合わせます。
密着する寸法によって次の3通りの方法があります。

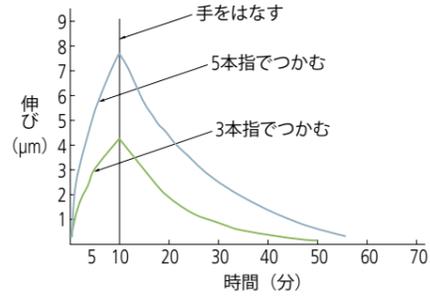


メートルの定義
1983年の第17回国際度量衡総会において、「メートルは1秒の299792458分の1の時間に光が真空中を伝わる長さとする」と決定されました。

ゲージブロック

温度慣らしの時間

100 mmの鋼製ゲージブロックを素手で取り扱ったときの寸法変化を下图に示します。



ゲージブロック校正/検査のご案内

ご購入いただいたゲージブロックは、定期的な校正の実施をお勧めいたします。ミットヨのゲージブロック校正部門は、計量法校正事業者登録制度(JCSS)における登録事業者であると同時に国際MRAにも認定されており、ILAC-MRAロゴとJCSS標準章付の校正証明書を発行することができます。当社は、老舗ゲージブロックメーカーとして蓄積した製造技術および最先端の測定技術を活かし、各種測定機器の校正用標準器として用いられているゲージブロックの校正サービスを、高精度かつ迅速にご提供しております。

1.ゲージブロック「校正/検査」のご依頼について

まずご依頼内容(下記のうちいずれか)のご確認をお願いします。

「JCSS校正」: JCSS技術指針に基づき校正します。

- ・JCSS校正証明書を発行します。
- ・等級判定/合否判定はありません。

「検査」: ミットヨの校正作業標準に基づき検査し、JIS規格と照合して等級判定を実施します。

- ・ミットヨロゴ付きの検査成績書と一般校正証明書を発行します。
- ・等級判定(または指定等級に対する合否判定)を実施します。

2.ゲージブロック「校正/検査」ご依頼時の情報について

ご依頼時には、下記の情報をご提供ください。

「JCSS校正」

- ・単体製品の場合:ゲージブロックのタイプ、材質、サイズ、個数
- ・お客様の正式社名、ご住所
- ・セット商品の場合:不足しているサイズのブロックの「補充」の要/不要

- ・セット商品の場合:セット商品コードNo.、実際に入っている個数
- ・判定結果(JIS等級)の要/不要
- ・セット商品の場合:オプショナルフラット入りの場合、その校正/検査の要/不要

「検査」

- ・単体製品の場合:ゲージブロックのタイプ、材質、サイズ、個数
- ・判定する等級(JIS)
- ・セット商品の場合:指定された等級に落ちていた場合、「入替え」の要/不要

- ・セット商品の場合:セット商品コードNo.、実際に入っている個数
- ・お客様の正式社名
- ・セット商品の場合:不足しているサイズのブロックの「補充」の要/不要

3.発行可能な書類について

JCSS校正証明書

(校正証明書と校正結果が一对になっており、正式社名と住所が必ず記載されます。)

一般校正証明書

(一般校正結果または検査成績書と対で発行します。)

検査成績書

(JIS規格に基づいて、校正結果について判定等級を示します。)

判定結果

(JCSS校正をご依頼の場合で、等級判定のご要望がある場合に発行します。)

等級落ち通知書

(等級判定をご要望の場合、等級落ちしたブロックについて発行します。)

ゲージブロックのトレーサビリティ体系図

(一般の校正結果が、国家標準にトレーサブルであることを証明する体系図です。JCSS校正をご依頼の場合は、JCSS標準により証明されているため、通常は不要です。)

4.書類のみ発行のご依頼について

下記の場合には、ゲージブロック現品なしでも書類の発行が可能です。

- 1)ご購入いただいた新品のゲージブロックで、添付されている検査成績書の日付が1年以内の場合。
- 2)過去に校正・検査をご依頼いただいて、書類の日付が1年以内の場合。

5.書類への特別事項の記載について

お客様のご要望により、当社標準様式にない特別事項の記載についても有償で対応しています。ご依頼時にお申し付けください。

特別事項の例:お客様社内での管理No. など。



6.ゲージブロックアクセサリの校正のご依頼について

ゲージブロックアクセサリセットもゲージブロック同様、校正をお受けします。ホルダなど校正の対象にならないものもあるため、ご注意ください。

校正対象品

- ① ベースブロック
- ② 丸形ジョウ
- ③ 平行ジョウ(B形)
- ④ センターポイント
- ⑤ トラムポイント
- ⑥ 三角
- ⑦ ストレートエッジ
- ⑧ スクライバ

校正対象外品

- ① ホルダ
- ② 長尺GBホルダ
- ③ クランプこま
- ④ 植え込みボルト
- ⑤ 皿小ねじ
- ⑥ 溝付きナット
- ⑦ アジャスタブルタイロッド
- ⑧ タイロッド
- ⑨ ローレットねじ

7.他社製のゲージブロックについて

他社製のゲージブロックについても校正・検査サービスを実施しています。ただし、メーカー名が不明の場合はお受けできません。その他、条件がある場合があるため、詳しくはお問い合わせください。

8.入替え・補充サービスについて(弊社製ゲージブロックセット対象)

検査、またはJCSS校正で等級判定をご依頼の場合、等級落ちしたブロックを特別価格で入れ替えさせていただくことが可能です。また、不足したブロックを特別価格で、補充させていただくことが可能です。ご依頼時にお申し込みが必要です。詳しくは、お取引先の当社様にお問い合わせください。

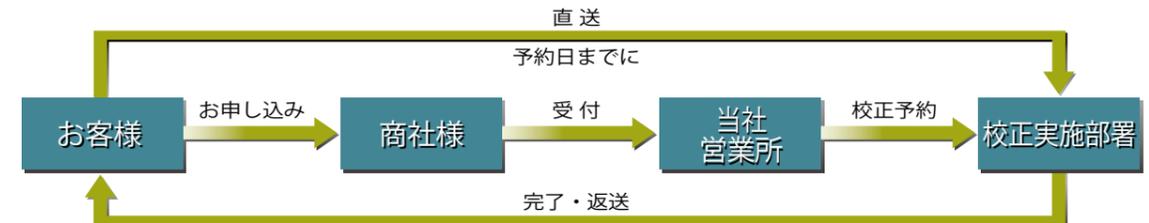
9.納期について

納期は、当社がゲージブロック校正依頼品の現品を預かりしてから約3週間ですが、測定方法や長尺などサイズにより、お時間をいただく場合があります。詳しくは、お取引先の当社様にお問い合わせください。

10.ゲージブロックの校正予約サービスについて

お客様のお手元を離れる期間をできるだけ短くするため、校正を事前に予約できるサービスをご提供しております。お申し込み後、予約日・出荷予定日・現品送付先をご連絡いたしますので、期日までに現品を校正実施部署へ直送してください。校正完了後、お客様に直接ご返送いたします。お申し込みは、ご購入先の当社様へご依頼ください(web申し込み停止中のため)。

※予約状況、ご依頼内容によっては、お客様のご希望に添えない場合があります。



11.校正/検査、各種書類の料金について

ご依頼内容により、様々な組み合わせの料金体系となっています。詳しくは、お取引先の当社様にお問い合わせいただくか、弊社ホームページをご覧ください。

ゲージブロック検査成績書の解説

ゲージブロックの検査成績書・校正証明書の記載項目について、お客様からの問い合わせが多い項目について解説いたします。

1. 「中央寸法の寸法差」とは何ですか？

ゲージブロックの検査は、ゲージブロックの「中央位置」と「側面より1.5 mm内側の4角」の計5か所で測定します。「中央寸法の寸法差」とは「中央位置における寸法」で「実際の寸法－呼び寸法」で示されます。10 mmのゲージブロックで中央の実際の寸法が10.00001 mmであった場合、中央寸法の寸法差は、+0.01 μmです。

2. 「最大寸法の寸法差」とは何ですか？

測定点5点の中で最も大きい測定寸法を示します。5点の中でどの位置が「最大寸法の寸法差」を示すかは検査成績書（校正結果）には示されておりません。

3. 「最小寸法の寸法差」とは何ですか？

測定点5点の中で最も小さい測定寸法を示します。5点の中でどの位置が「最小寸法の寸法差」を示すかは検査成績書（校正結果）には示されておりません。

4. 「寸法差幅」とは何ですか？

「最大寸法の寸法差－最小寸法の寸法差」で、旧JISでの平行度のことで。

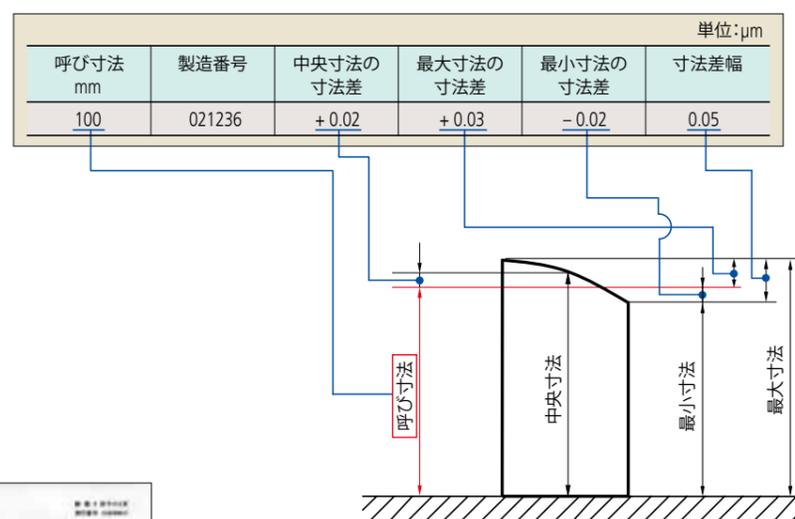
5. ゲージブロックの測定方法は？

「光波干渉測定」と「比較測定」の2種類があります。
 ・「光波干渉測定」
 長さの定義に基づく光の波長を使用することによって直接ゲージブロックの長さを求める方法です。現在行われているゲージブロックの測定では最高の精度が得られる測定方法になります。
 ・「比較測定」
 長さの知られている標準ゲージブロック（校正用ブロックゲージ）との比較によって寸法を求める方法です。
 K級の「中央寸法の寸法差」は光波干渉測定で求め、「寸法差幅」や0、1、2級は比較測定で求めます。

単体の検査成績書



検査成績書の記載例



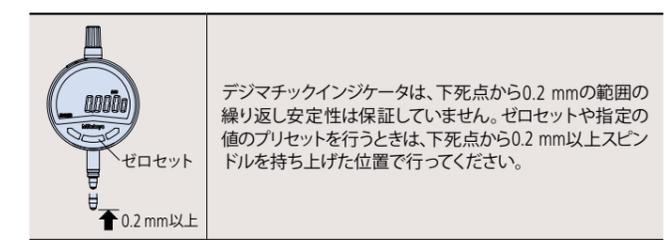
セットの検査成績書



各部の名称



デジマチックインジケータ原点設定について



ダイヤルゲージ・デジマチックインジケータのご使用に際して

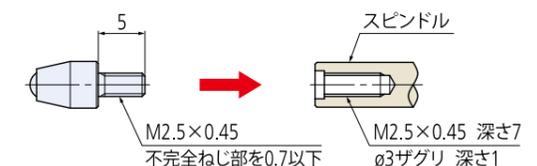
- ・スピンドルへの注油はしないでください。塵埃などを誘引し、作動不良となるおそれがあります。
- ・スピンドルの作動が悪くなった場合は、乾いた布またはアルコールを少量含ませた布でスピンドルの上下摺動面を拭いてください。状況が改善されない場合は、当社での修理対応をお勧めいたします。
- ・校正または測定前は、測定子を上下に動かし、作動が滑らかなことと、ゼロ点の安定性を確認してください。

ダイヤルゲージ・デジマチックインジケータの取付け方法

取付け方式	取付け方法	注意点
ステム取付け方式	<p>ステムねじ止め方法</p> <p>ステムすり割締付方法</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●取付け穴公差: φ8G7 (+0.005~0.02) ●締付ねじ: M4~M6 ●締付位置: ステム下端から8 mm以上 ●最大締付トルク: M5ねじ1点締め時150 N・cm ●締付トルクが強すぎるとスピンドルの作動が悪くなる可能性があるためご注意ください。
耳金締付方式		<ul style="list-style-type: none"> ●用途に応じて耳金の向きを90°変えることができます。(出荷時は縦向き) ●ただし、1シリーズの1部の機種 (No.1911T-10、1913T-10、1003A) は横向きに変えられません。 ●測定面に対しスピンドルが直角になるように固定してください。傾きが大きくなると測定誤差の要因となります。

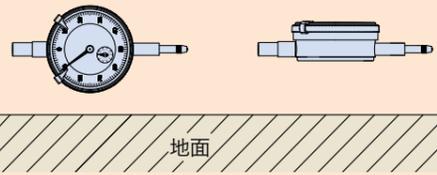
ダイヤルゲージ・デジマチックインジケータ測定子

- ねじ部寸法は、M2.5×0.45 (長さ5) に統一されています。
- 測定子を製作する際は、ねじ根元の不完全ねじ部を0.7以下としてください。



デジマチックインジケータ・ダイヤルゲージ・テストインジケータ

ダイヤルゲージ・デジマチックインジケータの使用姿勢

姿勢	備考
縦姿勢 (測定子下向き姿勢) 	—
横姿勢 (スピンドル水平姿勢) 	スピンドル水平姿勢または測定子上向き姿勢で使用される場合は、測定子下向き姿勢に比べ測定力は低くなります。ご使用前に、必ず作動および、長針またはデジタル表示の戻りを確認してください。 デジマチックインジケータ・ダイヤルゲージの姿勢による作動保証については、総合カタログの各商品紹介ページでご確認ください。
逆姿勢 (測定子上向き姿勢) 	

最大許容誤差

単位: μm

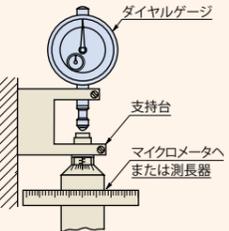
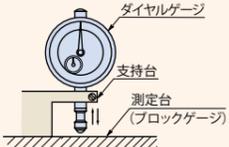
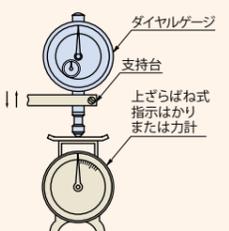
目量 (mm)	外径50 mm以上のダイヤルゲージの計測特性における最大許容誤差 (MPE)									外径50 mm未満のダイヤルゲージおよびバックプランジャ形ダイヤルゲージの計測特性における最大許容誤差 (MPE)										
	0.01			0.005			0.001			0.01			0.005			0.002			0.001	
測定範囲 (mm)	1以下	1を超え3以下	3を超え5以下	5を超え10以下	10を超え20以下	20を超え30以下	30を超え50以下	50を超え100以下	5以下	1以下	1を超え2以下	2を超え5以下	1以下	1を超え3以下	3を超え5以下	5を超え10以下	5以下	1以下	1	1
戻り誤差	3	3	3	3	5	7	8	9	3	2	2	3	4	4	4	5	3.5	2.5	2	
繰り返し精密度	3	3	3	3	4	5	5	5	3	0.5	0.5	1	3	3	3	3	3	1	1	
指示誤差	1/10回転	5	5	5	5	8	10	10	12	5	2	2	3.5	8	8	8	9	6	2.5	2.5
	1/2回転	8	8	9	9	10	12	12	17	9	3.5	4	5	11	11	12	12	9	4.5	4
	1回転	8	9	10	10	15	15	15	20	10	4	5	6	12	12	14	14	10	5	4.5
	全測定範囲	8	10	12	15	25	30	40	50	12	5	7	10	15	16	18	20	12	6	5

※1回転未満ダイヤルゲージのMPEについては、任意の1/2回転および任意の1回転の指示誤差は規定しない。

※最大許容誤差は、JIS B 0680に規定する標準温度20℃における値とする。

※製造業者がダイヤルゲージの計測特性を指定していない場合は、測定範囲内のいかなる位置およびいかなる姿勢でも最大許容誤差 (MPE) および測定力の許容限界 (MPL) の値を満たしている必要があります。

ダイヤルゲージB 7503:2017 (JIS/日本産業規格抜粋)

測定項目	適用機種	測定方法 (固定ゼロ点法)	評価方法 (移動ゼロ点性能評価法)	測定例	
指示誤差	全測定範囲指示誤差	1回転未満ダイヤルゲージ	支持台にダイヤルゲージを保持し、測定子を行き方向へ順次移動させ、次に示す測定点の指示誤差を読み取る ^{※1} 。 ●始点から2回転までは1/10回転ごと ^{※2} ●2回転から5回転までは1/2回転ごと ●5回転から10回転までは1回転ごと ●10回転から50回転までは5回転ごと ●50回転から10回転ごと 次に終点から長針を3目盛以上測定子を押込んだ後に測定子を行き方向へ順次移動させて、行き方向と同一の測定点における指示誤差を読み取る。	行き方向および戻り方向の全測定点における指示誤差に対する最大値と最小値との差を求める。	
	1/10回転指示誤差	および多回転ダイヤルゲージ		始点から2回転までの行き方向および戻り方向において、隣接する1/10回転ごとの測定点に対する指示誤差の差の最大値を求める ^{※3} 。	
	1/2回転指示誤差	多回転ダイヤルゲージ		始点から5回転までの行き方向および戻り方向において、1/2回転ごとの測長範囲に対する指示誤差の最大値と最小値との差の最大値を求める。	
	1回転指示誤差	多回転ダイヤルゲージ		始点から10回転までの行き方向および戻り方向において、1回転ごとの測長範囲に対する指示誤差の最大値と最小値との差の最大値を求める。	
戻り誤差	1回転未満ダイヤルゲージおよび多回転ダイヤルゲージ	全測定点の行き方向および戻り方向の同一測定点における指示誤差に対する差の最大値を求める。			
繰り返し精密度	1回転未満ダイヤルゲージ	支持台にダイヤルゲージを保持し、測定範囲内の任意の位置に測定子を押込んで戻り方向に5回、測定子を急激にまたは穏やかに作動させ、各回の指示値を読み取る。	5回の指示値の最大差を求める。		
測定力	1回転未満ダイヤルゲージおよび多回転ダイヤルゲージ	支持台にダイヤルゲージを保持し、測定子を行き方向および戻り方向に連続かつ徐々に移動させて、始点および終点の測定力を読み取る。	読み取った測定力の最大値 (最大測定力) および最小値 (最小測定力) 並びに同一測定点の行き方向と戻り方向との測定力の差を求める。		

※1: 指示誤差を読み取る方法は、長針を目盛に合わせて測定器の入力量を読む方法、または測定器の移動量に合わせてダイヤルゲージの指示を読む方法のどちらを選択してもよい。

※2: 1回転未満のダイヤルゲージの測定箇所は、10目盛ごとに指示誤差を読む。

※3: 1回転未満のダイヤルゲージの測定箇所は、隣接する10目盛ごとの測定点に対する指示誤差の差の最大値を求める。

ダイヤルゲージ JIS B 7503:2017に対する当社の対応

- 完成品検査は縦姿勢で行い精度保証をしています。また、標準付属の検査成績書に検査データを記載しています。
- 横姿勢、逆姿勢での校正結果をご希望される場合は有償で発行します。

デジマチックインジケータ・ダイヤルゲージ・テストインジケータ

デジタルインジケータゲージ JIS B 7563:2021 (JIS/日本産業規格抜粋)

測定項目	測定方法 (固定ゼロ点法)	評価方法 (移動ゼロ点性能評価法)	測定例
指示誤差	部分測定範囲 行き指示誤差 P_{MPE}	支持台にデジタルインジケータゲージを保持し、測定子を行き方向へ順次移動させ、測定点の指示誤差を読み取る。次に、終点から測定子を0.1 mm以上押し込んだ後に測定子を戻り方向へ順次移動させて、行き方向と同一の測定点における指示誤差を読み取る。	
	全測定範囲 行き指示誤差 E_{MPE}	行き方向の全測定範囲の測定点における指示誤差に対する最大値と最小値との差を求める。 a) 部分測定範囲の測定点は、始点から最小表示量の50倍の範囲を始点を含み6点以上(等間隔が望ましい)とする。 b) 全測定範囲の測定点は、始点および終点を含み11点以上(等間隔が望ましい)とする。	
	戻り誤差 H_{MPE}	c) 指示誤差を読み取る方法は、デジタル表示値に合わせて測定器の入力量を読む方法、または測定器の移動量に合わせてデジタル表示値を読む方法のいずれかを選択してもよい。	
繰返し精密度 R_{MPE}	支持台にデジタルインジケータゲージを保持し、測定範囲内の任意の位置に測定子を押し込んで戻り方向に5回作動させる。測定子の作動は急激および緩やかな両方確認し、各回の指示値を読み取る。	5回の指示値の最大差を求める。	
測定力 MPL	支持台にデジタルインジケータゲージを保持し、測定子を行き方向および戻り方向に連続かつ徐々に移動させて、始点および終点の測定力を読み取る。	読み取った測定力の最大値(最大測定力)および最小値(最小測定力)並びに同一測定点の行き方向と戻り方向との測定力の差を求める。	

デジタルインジケータゲージの最大許容誤差 (MPE)

特性項目	0.01				0.001				0.0005			
	0.5				0.05				0.025			
	15以下	15を超え 30以下	30を超え 60以下	60を超え 100以下	15以下	15を超え 30以下	30を超え 60以下	60を超え 100以下	15以下	15を超え 30以下	30を超え 60以下	60を超え 100以下
部分測定範囲行き指示誤差 P_{MPE} (μm)	20	40	3	5	3	5	3	5				
全測定範囲行き指示誤差 E_{MPE} (μm)	20	40	3	5	3	5	3	5				
戻り誤差 H_{MPE} (μm)	20				3				3			
繰返し精密度 R_{MPE} (μm)	20				2				2			

デジタルインジケータゲージ JIS B 7563:2021に対する当社の対応

- ・完成品検査は縦姿勢で行い精度保証をしています。また、標準付属の検査成績書に検査データを記載しています。
- ・横姿勢、逆姿勢での校正結果をご希望される場合は有償で発行します。

てこ式ダイヤルゲージ B 7533-2015 (JIS/日本産業規格抜粋)

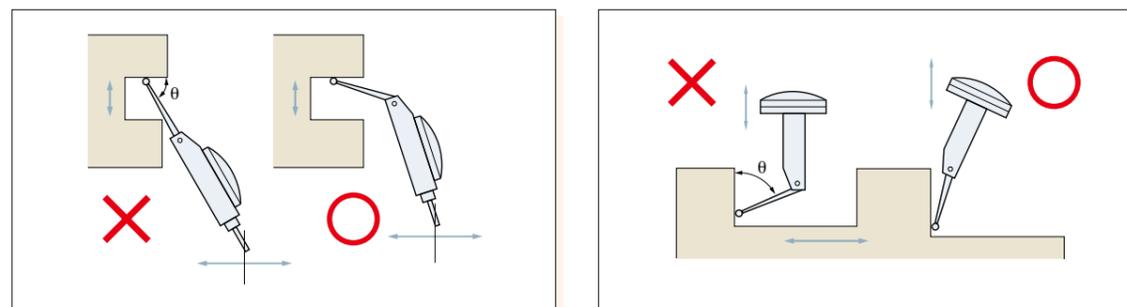
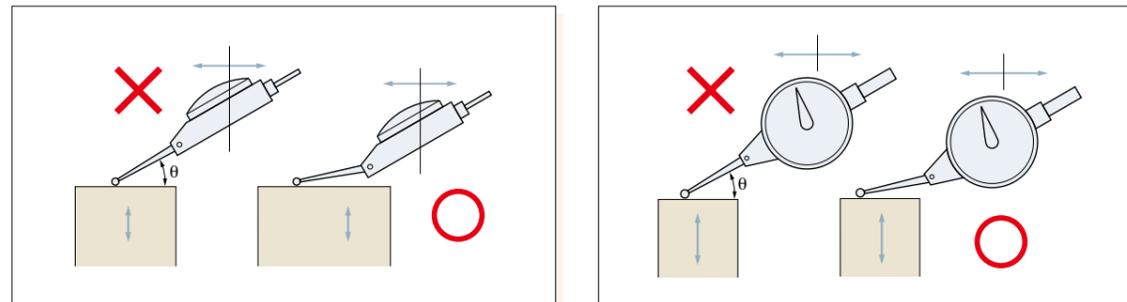
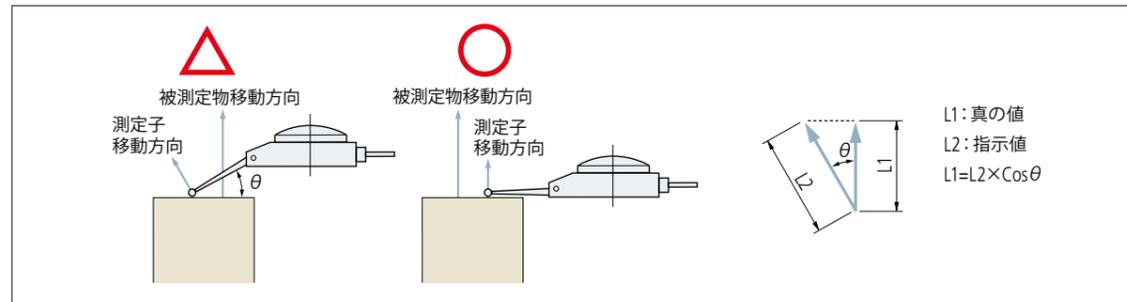
番号	測定項目	測定方法	測定箇所	評価方法	説明図
1	全測定範囲行き指示誤差	てこ式ダイヤルゲージを保持し、測定子静止点付近に指示および指示誤差をゼロとなるように定めた起点を基準点とした後、測定子を行き方向へ移動させ、各測定点の指示誤差を読み取る。次に測定子を測定範囲の終点から3目盛以上移動させたのちに測定子を戻り方向に移動させて、行き方向と同一の測定点における指示誤差を読み取る。(行き方向とは、てこ式ダイヤルゲージの測定子に対する反測定力方向、戻り方向とは測定力方向をいう。)	起点から終点までの行きと戻り両方向で10目盛ごと	行き方向の全測定点における指示誤差に対する最大値と最小値との差を求める。	
2	10目盛指示誤差	起点から終点までの行き方向において、隣接した10目盛ごとの測定点に対する指示誤差の最大値を求める。		起点から終点までの行き方向において、固定ゼロ点法で測定した、1回転ごとの測長範囲に対する指示誤差の最大値と最小値との差の最大値を求める。	
3	1回転指示誤差	全測定点の行きと戻りの同一測定点における指示誤差に対する差の最大値を求める。		全測定点の行きと戻りの同一測定点における指示誤差に対する差の最大値を求める。	
4	戻り誤差	測定子が測定台上面に平行となるように、てこ式ダイヤルゲージを保持し、測定範囲内の任意の位置で5回測定子を急激にまたは緩やかに作動させて、そのときの各回の指示の大きさを読み取る。		5回の測定値の最大差を求める。	
5	繰返し精密度	てこ式ダイヤルゲージを保持し、測定子を行き方向および戻り方向に連続かつ徐々に移動させて、測定範囲の測定力を読み取る。	測定範囲内の起点と終点	測定力の大きさに対する最大値および最小値を求める。	

●最大許容誤差および許容限界

目量 (mm)	0.001/0.002				0.01			
	1回転		多回転		1回転		多回転	
測定範囲 (mm)	0.3以下	0.3を超え 0.5以下	0.5を超え 0.6以下	0.5以下	0.5を超え1.0以下 $L_1 \leq 35$	1.0を超え $35 < L_1$	1.6以下	1.6以下
指示誤差 (μm)	全測定範囲行き	4	6	7	6	9	10	16
	1回転	—	5	5	—	—	—	10
戻り誤差 (μm)	10目盛	2	2	2	5	5	5	5
	1回	3	4	4	4	4	5	5
繰返し精密度 (μm)	1	1	1	3	3	3	3	3
測定力 (N)	最大	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	最小	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

テストインジケータの角度誤差

測定子はできるだけ水平にして使用ください。



テストインジケータの測定子を測定面に当てるとき、角度によって誤差が発生します。測定子を測定面に当てるときは、図の角度θをできるだけ小さくするようにセットしてください。θの値により測定値が異なってきます。θの値による測定値の補正は表に従って行います。

[真の値=測定値×補正值]

角度	補正值
10°	0.98
20°	0.94
30°	0.87
40°	0.77
50°	0.64
60°	0.50

補正例
テストインジケータの読みが0.002 mmの場合
 $\theta = 10^\circ$ $0.002 \text{ mm} \times 0.98 = 0.00196 \text{ mm}$
 $\theta = 20^\circ$ $0.002 \text{ mm} \times 0.94 = 0.00188 \text{ mm}$
 $\theta = 30^\circ$ $0.002 \text{ mm} \times 0.87 = 0.00174 \text{ mm}$

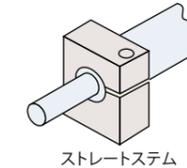
●てこ式ダイヤルゲージ B7533:2015に対する弊社の対応

- 完成品検査は、以下の対応で精度保証をしています。
- ・縦形、傾斜形、垂直形：ダイヤル面を上にした姿勢で検査を実施
 - ・横形：ダイヤル面を縦にした姿勢で検査を実施
- また、標準付属の検査成績書に検査データを記載しています。
 ・上記以外の姿勢での校正結果を希望される場合は有償で発行します。

ヘッド

ストレートステム

「ストレートステム」タイプは、取付けに割り締めなどの加工が必要で、締め過ぎないように注意する必要があります。適用範囲が広く、最終取付け時に、前後位置を微調整できます。



スラストステム

「スラストステム」タイプは、ステム部に取り付ける場合、ステム締付機構が不要です。平板に穴開けすることで、ナット付きステムとして直接取り付けることができます。



測定力

測定力とは、測定時に測定物に作用する力のことをいいます。リニヤゲージヘッドの場合、ストロークエンドの位置における力をニュートン(N)で表します。

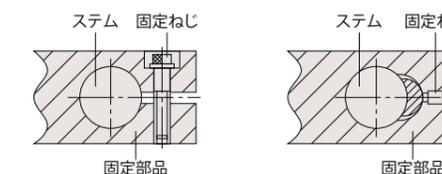
ゲージヘッド取付け時の注意

- ステム部を測定器の取付け部あるいはスタンドなどに差し込んで固定します。
- ステム部を強く締め過ぎると、作動に支障をきたすおそれがあるためご注意ください。
- ステム部にねじを直接当てて取り付けしないでください。
- 固定は、必ずステム部で行ってください。
- ゲージは測定面に対して垂直になるように取り付けてください。傾けて取り付けると測定に誤差が生じます。
- ケーブルを通してゲージに力が加わらないようにご注意ください。

LGHシリーズ取付けの注意

LGHシリーズの固定は、専用スタンドやその他の装置にステムを差し込んで行います。

固定側の推奨穴径：15 mm $^{+0.024}_{+0.014}$



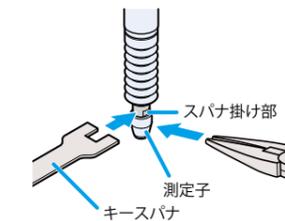
- 固定用穴は、測定方向と平行になるように加工してください。LGHシリーズが傾いた状態で取り付けられると、測定誤差の原因となります。
- 固定の際に、ステムを強く締め付けると摺動が悪くなるため、過度に締め付けないようにしてください。
- LGHシリーズを移動するような測定方法の場合、ケーブルが引っ張られたり、本体に無理な力が加わったりしないように取り付けてください。

測定子の交換

測定子を交換する際は、必ず付属の測定子交換用キースパナを使用して、スピンドルを固定してください。スピンドルを通してセンサ内部に力が加わると、センサの破損や作動不良の原因となるおそれがあります。

取外し手順：

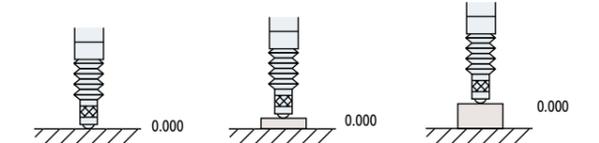
1. 付属の測定子交換用キースパナをスピンドル先端のスパナ掛けに当て(下図参照)、スピンドルが回らないように固定する。
 2. 柔らかい布で測定子を包む。
 3. 布の上から、ペンチなどで測定子を挟み、取り外す。
- 取り付けは、取り外しと逆の手順で取り付けてください。



表示部

ゼロセット

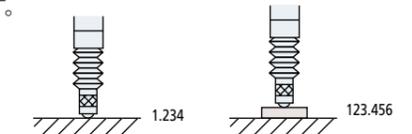
任意の位置で表示値を0(ゼロ)にできます。



注：下死点から0.2 mmは精度保証対象外のため、スピンドルを0.2 mm以上持ち上げた位置でゼロセットしてください。

プリセット

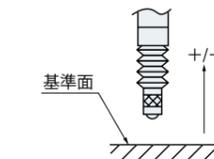
表示部に任意の数値をセットし、その数値からの計数を行います。



注：下死点から0.2 mmは精度保証対象外のため、スピンドルを0.2 mm以上持ち上げた位置でゼロセットしてください。

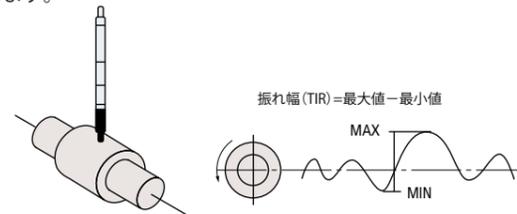
ディレクション切り替え

ゲージの移動方向を(+)/(−)方向のいずれかに設定できます。



MAX、MIN、TIRモード

測定中の最大値 (MAX)、最小値 (MIN)、振れ幅 (TIR) をホールドします。



公差判定

測定値に対し公差値を自由に設定し、選別・判定が可能です。3段公差、5段公差が選択できます。

オープンコレクタ出力

トランジスタのコレクタ出力により、外部の負荷を駆動する信号です。

デジマチックコード

ミツトヨの各種データ処理装置と測定器の出力とを結ぶための通信形式で、ミツトヨ商品専用のフォーマットとなっています。

BCD出力

2進化10進表現によりデータを出力する方式です。

RS-232C出力

EIA規格によるシリアル通信インターフェースで、データを双方向に伝送できます。伝送手順については、各機器の仕様をご確認ください。

CC-Link

三菱電機株式会社が開発した新しいオープンフィールドネットワークで、Control & Communication Link の略称です。制御と情報を同時に扱うことができる高速フィールドネットワークになります。

PROFINET

PROFINET は、PROFIBUS & PROFINET International で管理され、仕様が公開されている産業用のEthernet規格です。

EtherNet/IP

EtherNet/IP は、ODVA (Open DeviceNet Vendor Association, Inc.) で管理され、仕様が公開されている産業用のEthernet規格です。

EtherCAT

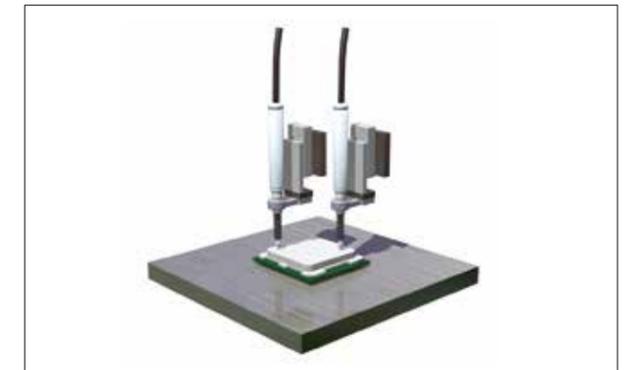
EtherCAT は、ドイツのBeckhoff Automation GmbHが開発したEthernetをベースとした高速で高効率な通信を実現する産業用オープンネットワークシステムです。

測定例

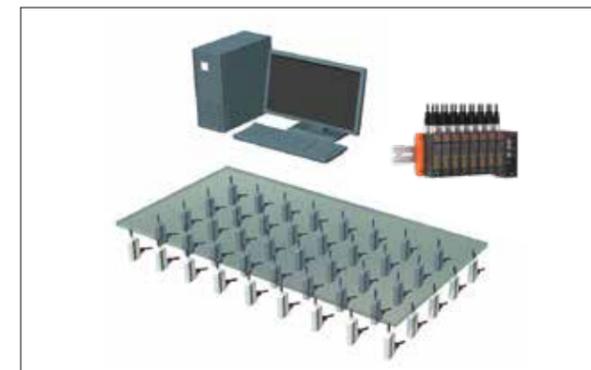
■ ロールギャップ検知



■ チップ平行度測定



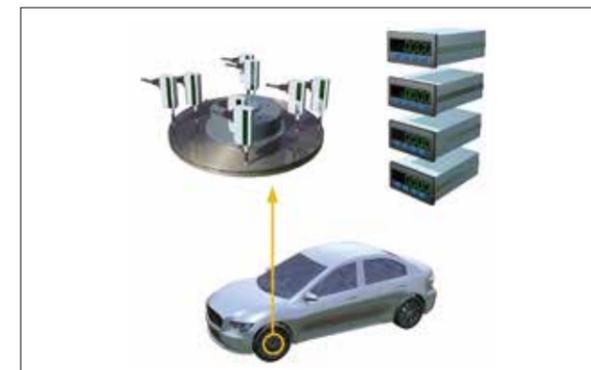
■ FPD基板多点測定



■ カムシャフト変位量測定



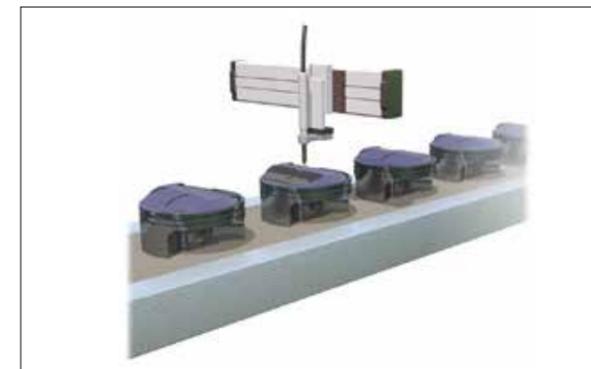
■ ブレーキディスク多点測定



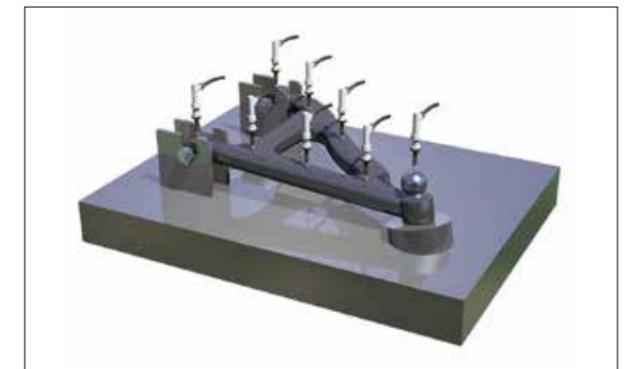
■ 加工機工具長測定



■ ワーク判別



■ 検査治具



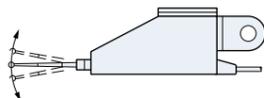
プローブ

長さの変化量を変換するもので、コイルとコアの間に生じる電気的変化を利用して測定します。

てこ式と平行移動式

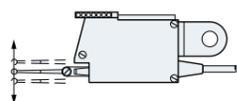
レバーヘッドの測定方式には、「てこ式」と「平行移動式」があります。

- ・「てこ式」: 測定子が板ばねを支点にして円弧運動するため、測定範囲によっては誤差が大きくなる
- ・「平行移動式」: 測定子が平行移動するため、円弧誤差はない。



てこ式

MLH-521 (正逆レバーで上下からの測定可能)
MLH-522 (片側のみ測定可能)

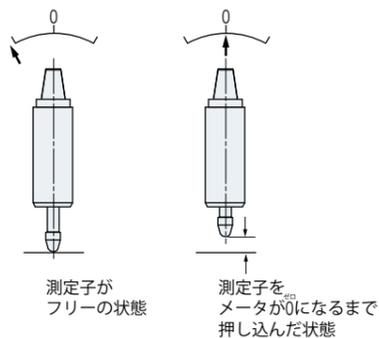


平行移動式

MLH-326 (上部ダイヤルで測定方向切り替え可能)

ブリトラベル

電気マイクロメータ用プローブの測定子が、フリーの状態から0を指示するまでの距離をいいます。



測定子がフリーの状態

測定子をメータが0になるまで押し込んだ状態

測定力

測定力とは、測定時に測定物に作用する力のことをいいます。電気マイクロメータの指示値が0の点における測定子が、測定物に作用する力をニュートン(N)で表します。

デジマチックコード

ミツトヨの各種データ処理装置と測定器の出力とを結ぶための通信形式で、ミツトヨ商品専用のフォーマットとなっています。

オープンコレクタ出力

トランジスタのコレクタ出力により、外部の負荷を駆動する信号です。

比較測定

直線範囲が狭い測定器で、直線範囲以上のサイズを正確に測定したい場合に、測定物の基準寸法となるサイズの基準ゲージを作り、基準ゲージの寸法と測定物がどれだけ差があるかを比較測定し、本来の寸法を知る方法です。

直線性

プローブに与えられた変位量に対し、比例した表示をするかどうかの割合です。

0点

測定しようとする品物の基準となる点をいい、比較測定においては、基準ゲージの基準値をいいます。

感度

電気マイクロメータのアンプの入力信号に対する出力信号の比をいいます。与えられた変位量通りの表示をした場合、正常な感度といえます。

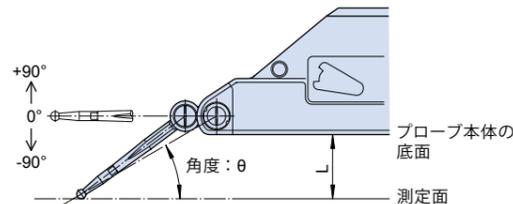
公差設定

測定した値が公差内にあるかどうかで分類する場合、その公差値を電気マイクロメータにセットする必要があります。この限界点のセットを公差設定といいます。

■レバーヘッドの角度

測定前に、プローブの感度調整が完了していることを必ず確認してください。また、測定子の傾きを変更すると測定値に差が生じます。そのため、測定は測定子の傾きを感度調整した状態で行う必要があります。難しい場合は、角度をつけない状態(角度=0°)で感度調整して、測定時に、実際の測定子の傾きに応じて測定値を補正(測定値×補正係数)してください。

Tips 補正係数による補正は、感度調整した場合に比べて精度が劣ります。



角度: θ	測定面との距離: L ^{※1}	補正係数
0°	—	1.00
10°	約3.1 mm	約0.98
20°	約8.8 mm	約0.94
30°	約13.9 mm	約0.87
40°	約18.3 mm	約0.77
50°	約21.6 mm	約0.64
60°	約23.8 mm	約0.50

※1: 出荷時に装着された球径 $\phi 2$ の超硬測定子を使用している場合の値です。球径 $\phi 1$ ($\phi 3$)の超硬測定子をお使いの場合には、 $\phi 2$ との球径の差の1/2を減算(加算)してください。

互換性について

LSM-Aシリーズと旧機種(LSM-AシリーズではIDユニットが廃止になったためLSM-6000、LSM-6100、LSM-6200、LSM-5000、LSM-5100、LSM-5200、LSM-500、LSM-500N、LSM-500H、LSM-500Sシリーズ)との互換性はありません。

測定物と測定条件について

可視光レーザーと不可視光レーザーの違い、および測定物の形状や表面の粗さによって、測定誤差を生じることがあります。この場合、既知の形状や表面粗さが同じ値のマスターを極力ご使用いただき、キャリブレーションを必ず行ってください。測定条件によって測定値が大きくばらつく場合は、測定回数をできるだけ多くすることで精度の高い測定が可能です。

ノイズ対策について

誤動作防止のため、本装置の信号ケーブルと中継ケーブルを、高圧線やサージノイズが発生するケーブルと同一配線にしないでください。また、必ずアース(接地)をしてください。

コンピュータとの接続について

USB2.0で本装置とコンピュータを接続する場合、プラグアンドプレイに対応しているため、ドライバーソフトウェア等のインストールは不要です。

安全上の注意点

本装置は測定用に低出力の可視レーザー光を使用しており、JIS C 6802「レーザ製品の安全基準」のクラス1に相当します。測定部には下図に示すようなクラス1の警告、説明ラベルが貼られています。

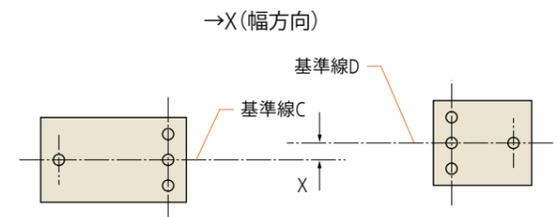


ベースを取り外しての再取付けについて

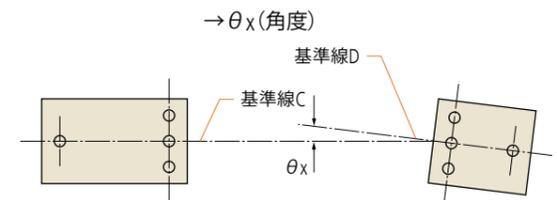
発光部・受光部間のレーザー光軸のずれによる測定誤差をできるだけ少なくするために、発光部と受光部の取付けは以下のようにしてください。

水平面内の光軸合わせ

a. 基準線CとDの平行ずれ

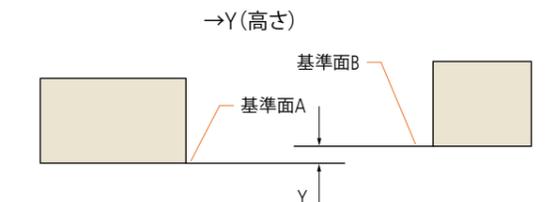


b. 基準線CとDの角度ずれ

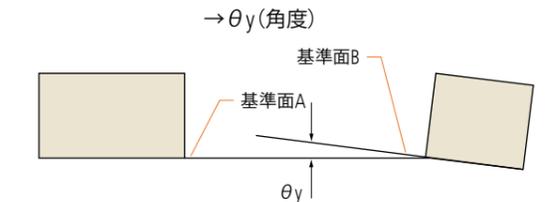


水平面内の光軸合わせ

c. 基準面AとBの平行ずれ



d. 基準面AとBの角度ずれ



各光軸合わせの許容範囲

適用機種	発光部～受光部間距離	XおよびY	θ_x および θ_y
LSM-30-A	130 mm以下	1 mm以内	0.4° (7 mrad) 以内
	350 mm以下	1 mm以内	0.16° (2.8mrad) 以内

レーザスキャンマイクロメータ

■測定例

カテーテル・マグネットワイヤ測定



ローラベアリング測定



ローラーの外径・振れの同時測定



フィルム・シートの厚み測定



※写真のレーザー光はイメージです。

■システム構成



スケールユニット

用語解説

- アブソリュート
直前に測った座標値に関係なく、固定された原点からすべての位置座標を測定するような測定系をいいます。
- インクリメンタル
直前に測った位置からすべての変位を測定するような測定系をいいます。
- 原点オフセット
座標系の原点を、ある固定した原点に対してずらす機能です。この場合は、永久的な原点が記憶されていることが必要です。
- 原点復帰
機械上に取り付けられたリミットスイッチを利用して、各軸を減速させながら機械固有の位置へ精度よく停止させる機能です。
- シーケンス制御
あらかじめ定められた順序に従って、制御の各段階を逐次進めていく制御です。
- 数値制御
工作物に対する工具の位置を、それに対応する数値制御で指令する制御です。
- バイナリー出力
2倍単位で桁上げが生じる2進数 ($2^0, 2^1, 2^2, 2^3, \dots$) です。
- RS-232Cインターフェース
比較的近くの伝送装置間のデータのやりとりをするためのシリアル・インターフェースの一種で、1969年アメリカのEIAで制定された規定です。主にPCと外部機器とを接続する場合に使用する通信手段です。
- ラインドライバ出力
動作速度が数十～数百nsと速く、伝送速度が数百mと比較的長いのが特長です。リニヤスケールシステムではNCコントローラとのI/Fに差動電圧計ラインドライバ (RS422A準拠) が用いられます。
- BCD
10進数の各桁を構成する0～9の数値を、4ビットのバイナリーで表現する方式です。データは出力のみの単方向で、出力形態はTTLまたはオープンコレクタです。
- RS-422
平衡型のインターフェース規格です。平衡型というのは、行きと復りどが、完全に対称になるように構成されたものです。RS-422は伝送に優れ、電源が+5Vの単電源で可能という点でも優れています。
- 指示精度
スケールを最大ストローク送ったときの(測定値) - (真値)の最大値をいいます。測長ユニットにはISOのような国際規格がないため、各社まちまちの精度表示が採られています。カタログ表示値は、レーザー測長器を基準として求めた弊社のスケール精度表示方法です。
- 狭範囲精度
スケールに刻まれた目盛格子は、種類により異なりますが、通常1ピッチ20 μm を使用しています。この1ピッチ内を分解能のピッチ間隔 (例えば1 μm) で測定した精度をいいます。

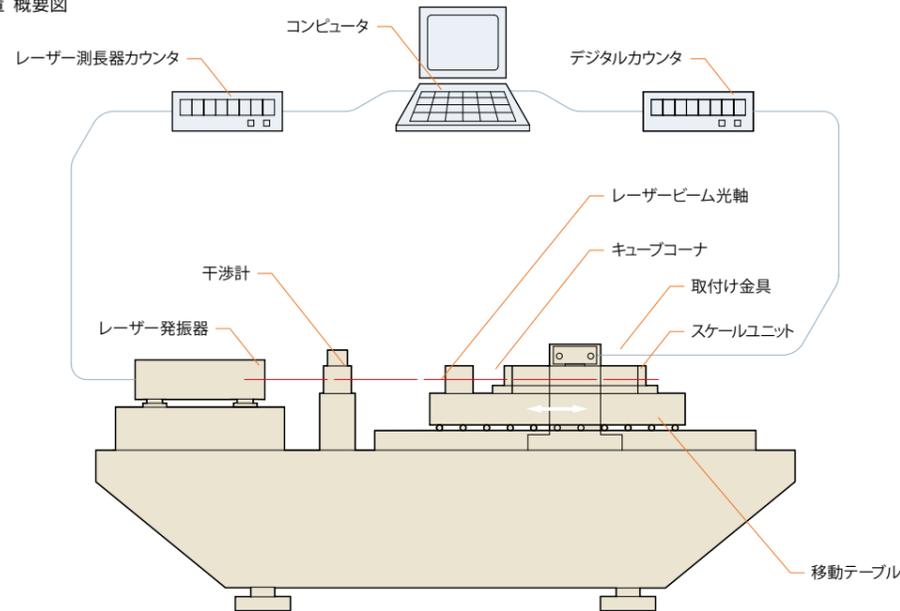
スケールユニット

リニヤスケールの精度

指示精度

リニヤスケールの精度は、下図のような精度検査装置において、リニヤスケールによる測定値とレーザー測長器による基準値を一定間隔で比較することで値付けされます。検査環境は20℃で、この温度での精度となります。その他の検査条件、規格値は、社内規格に準じて検査が行われます。

精度検査装置 概要図



各測定点における精度(誤差)の値は、次ページの式に基づき求められます。

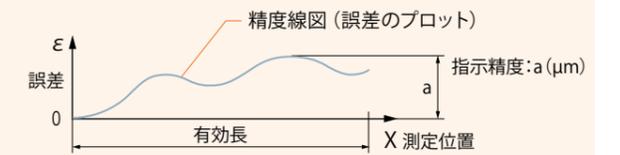
$$\text{誤差} = \text{レーザー測長器の基準値} - \text{リニヤスケールによる測定値}$$

「精度」または「誤差」の表現は、ここでは同じ意味合いで用いられています。有効長における各測定点の誤差をグラフにプロットしたものを精度線図と呼びます。

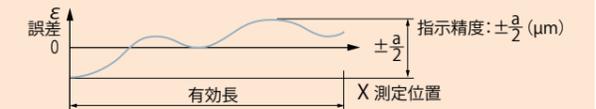
その精度線図を基にして、誤差の最大値と最小値の範囲でリニヤスケールの指示精度を表記します。表記方法には次ページの2通りあります。

① 誤差の最大値と最小値の範囲の大きさを a で表記 a が指示精度となります。この規格値は、 $(\alpha + \beta L) \mu\text{m}$ という換算式で示されます。ここで L は有効長 (mm)、 α 、 β は機種ごとに設定された係数です。

例えば、指示精度の規格値 $(3 + \frac{3L}{1000}) \mu\text{m}$ 、有効長 1000 mm のリニヤスケールでは、 a は $6 \mu\text{m}$ となります。



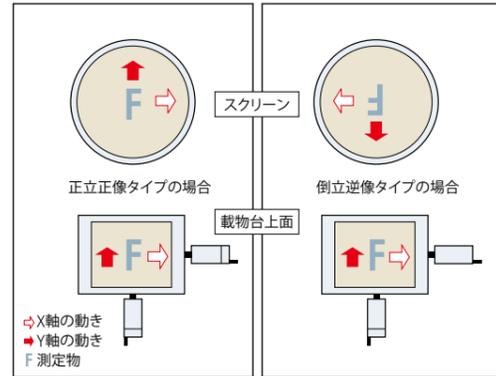
② 誤差の最大値と最小値の範囲の大きさを $\pm a/2$ で表記 誤差の最大値と最小値の中心値を 0 として、最大値を $+a/2$ 、最小値を $-a/2$ で表記し、誤差の範囲の大きさを $\pm a/2$ で表記します。この表記は主にセパレート形スケールユニットに適用します。



①と②の表記において、①の a 、②の $\pm a/2$ は同じ指示精度の規格値となります。リニヤスケールは、一定ピッチの目盛をもつ直線スケールを基準にして、移動量、変位量を検出しています。目盛を検出することで、目盛と同ピッチの2相正弦波信号が得られ、それらを電気回路で内挿することで、直線スケールの目盛より細かい読み取りもできるようになっています。内挿とは2相正弦波を補間し、分解能に相当するパルス信号に分割することです。例えば、目盛ピッチが $20 \mu\text{m}$ の場合、 $1 \mu\text{m}$ 分解能での読み取りが可能です。ここで、この内挿処理の正確さによって、目盛ピッチ範囲内で誤差が生じます。これを内挿精度と呼びます。リニヤスケールの指示精度の規格値は、前記一定間隔で検査した誤差と内挿精度を含めたものが対象となります。

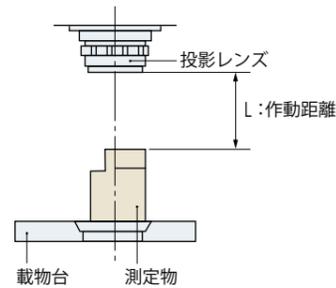
正立正像と倒立逆像

正立正像とは、スクリーン上の投影像が載物台上の測定物と、上下・左右の向きおよび移動方向ですべて一致する像のことをいいます。また、下図のように上下・左右の向きおよび移動方向が逆の場合を倒立逆像といいます。



作動距離

焦点を合わせたときの、投影レンズ先端から測定物上面までの距離(空間)のことをいいます。本カタログでは符号のLが相当します。



倍率精度

ある呼び倍率をもつ投影レンズで、基準となる寸法(基準スケールの使用長さ)をスクリーンに拡大投影させたとき、その投影像の実測値と基準となる寸法との比率のことをいい、下記の式で算出できます(測定精度とは異なります)。

$$\Delta M(\%) = \frac{L - lM}{lM} \times 100$$

ΔM: 倍率精度
L: スクリーン上に投影された基準物の像の実測点
l: 基準の寸法(標準スケールの使用長さ)
M: 投影レンズの倍率
呼び倍率: 投影レンズに表示された倍率(公称倍率ともいいます。)

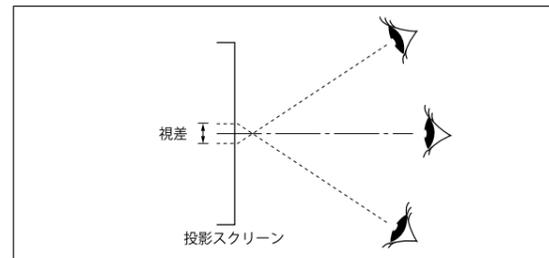
照明方法

■ 透過照明…測定物を透過光で観察する照明方法で、特に、輪郭部を拡大投影・測定する場合に使用します。

- 垂直反射照明…測定物の表面に垂直光を当てる照明方法で、表面形状の観察・測定する場合に使用します。(ハーフミラーもしくはハーフミラー内蔵式投影レンズを併用)
- 斜め反射照明…測定物の表面に斜めから光を当てる照明方法で、像のコントラストが強調され立体的かつシャープに観察できます。ただし、寸法測定する際、誤差が生じやすくなるため注意が必要です。(斜め反射鏡併用、PJ-H30シリーズは本体標準)

視差

読み取りに際し、視線の方向によって生じる誤差のことをいいます。



視野直径

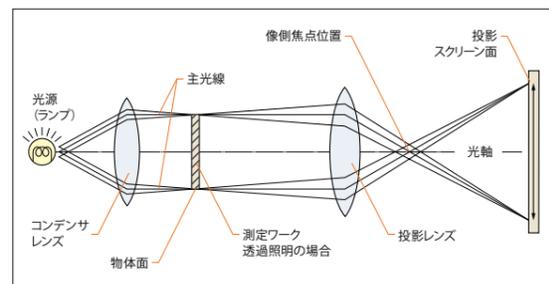
スクリーン上に映し出される測定物の直径・範囲のことをいいます。

$$\text{視野直径}(\text{mm}) = \frac{\text{投影機のスクリーン径}(\text{mm})}{\text{使用する投影レンズの倍率}}$$

(例題) φ500 mmのスクリーン径で、投影レンズ5×を使用した場合
(例) $\frac{500(\text{mm})}{5(\times)} = 100(\text{mm})$
φ100 mmの範囲が投影スクリーンいっぱいに映し出されます。

テレセントリック光学系

テレセントリック光学系は、像側焦点位置に絞りを設けることで、主光線が光軸と平行になる原理を用いたものです。光軸方向にピントをずらしても、像がボケるだけで像自体の大きさが変わらないことが特長です。測定投影机・測定顕微鏡では、絞りを置代わりに、コンデンサレンズの焦点位置にランプのフィラメントを置いて、平行光線で照明して同様の効果をもたせています。(下図参照)



開口数(NA=Numerical Apertureの略)

開口数NAは、対物レンズの分解能、焦点深度、像の明るさ等を決める重要な値です。開口数NAは次の式で表され、数値が大きいほど高解像で、焦点深度の浅い像が得られます。

$$NA = n \cdot \sin \theta$$

nは、対物レンズ先端と試料との間の媒質がもつ屈折率で、空気の場合は $n = 1.0$ となります。
θは、対物レンズの一番外側を通る光線の、レンズの中心(光軸)に対する角度です。

分解能(R=Resolving powerの略)

ごくわずかに離れた点または線を見分けることができる最小の間隔を分解能といい、解像限界を表します。分解能(R)は、開口数NAと波長λで決まります。

$$R = \frac{\lambda}{2 \cdot NA} (\mu\text{m})$$

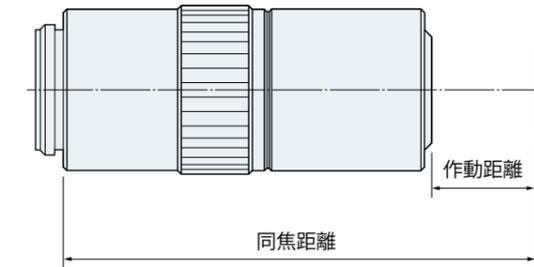
λ = 0.55 μm (基準波長)

作動距離(W.D.=Working Distanceの略)

焦点が合ったときの試料上面から対物レンズ先端までの距離をいいます。

同焦距離

焦点が合ったときの試料上面から対物レンズの取り付け位置までの距離をいいます。

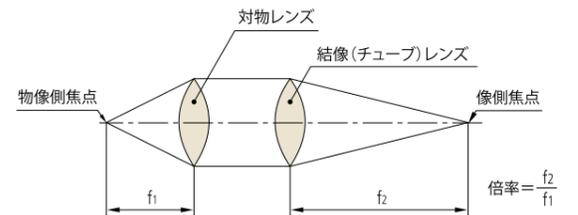


焦点

光学系において、無限遠物点に対する共役点です。物体空間に無限遠物点がある場合の焦点を像焦点といい、像空間に無限遠物点がある場合の焦点を物体焦点といいます。物体焦点を前側焦点、像焦点を後側焦点ともいいます。

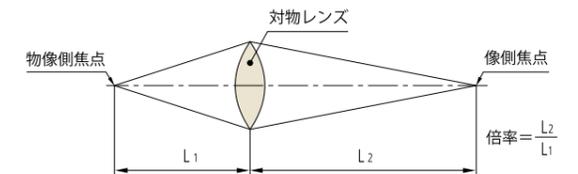
無限遠補正光学系

対物レンズと結像(チューブ)レンズを使って像を作る光学系を、無限遠補正光学系といいます。



有限補正光学系

対物レンズ単独で像を有限な位置に作る光学系を、有限補正光学系といいます。



焦点距離(f=focal lengthの略)

主点から焦点までの距離で、f1は対物レンズの焦点距離、f2は結像(チューブ)レンズの焦点距離です。倍率は、対物レンズの焦点距離と結像(チューブ)レンズの焦点距離との比で決まります(無限遠補正光学系の場合)。

$$\text{対物レンズの倍率} = \frac{\text{結像(チューブ)レンズの焦点距離}}{\text{対物レンズの焦点距離}}$$

(例) $1 \times = \frac{200(\text{mm})}{200(\text{mm})}$ (例) $10 \times = \frac{200(\text{mm})}{20(\text{mm})}$

焦点深度 (DOF=Depth of Focusの略)

顕微鏡で焦点を合わせたとき、その面の前後にピント面をずらしても、なお鮮明に見える範囲をいいます。開口数が大きいほど焦点深度は浅くなります。

$$DOF(\mu m) = \frac{\lambda}{2 \cdot (NA)^2} \quad \lambda = 0.55 \mu m (\text{基準波長})$$

(例) M Plan Apo100×のNAは0.7

$$\text{このときの焦点深度は} \frac{0.55(\mu m)}{2 \times 0.7^2} = 0.6(\mu m)$$

明視野照明と暗視野照明

明視野照明は、対物レンズを垂直に照明して試料を観察する照明方法です。

暗視野照明は、対物レンズの外側から試料を照明し(光軸に対して傾いた光線で試料を照明する)、傷のない平らな部分は暗くし、凹凸や傷のある部分のみを明るく輝かせて観察する照明方法です。

アポクロマート対物レンズとアクロマート対物レンズ

- アポクロマート対物レンズは、3色の光(赤緑青)について色収差(色のにじみ)補正を行ったレンズです。
- アクロマート対物レンズは、2色の光(赤青)について色収差補正を行ったレンズです。

倍率

光学系によって生じる物体の拡大像の大きさと、物体の大きさの比をいいます。横倍率、縦倍率、角倍率とありますが、一般に倍率という場合は、横倍率をいいます。

主光線

光軸外の物点から出て、レンズ系の開口絞りの中心を通る光線です。

開口絞り

レンズ系において、光線束を制限する絞りです。明るさ絞りともいいます。

視野絞り

光学機器の視野を制限する絞りです。

テレセントリック系

主光線が焦点を通るように配置された光学系で、焦点合わせの誤差によって結像倍率に変化が生じません。

正立正像

光学系による拡大像が、載物台上の測定物と上下左右の向きおよび移動方向ですべて一致する像のことをいいます。

視野数 (F.N.=Field Numberの略)・実視野・モニター表示倍率

試料面でどれくらいの範囲が観察されるかは、接眼レンズの視野絞りの直径によって決まり、この直径をmmで表した値を視野数といいます。実視野は、実際に対物レンズで拡大観察されている物体面での範囲のことをいいます。実視野は、以下の式で算出できます。

(1) 顕微鏡で観察できる被検物の範囲(直径)

$$\text{実視野 (mm)} = \frac{\text{接眼レンズの視野数}}{\text{対物レンズ倍率}}$$

$$\text{(例) 1×レンズの実視野は} 24(\text{mm}) = \frac{24(\text{mm})}{1}$$

$$10×\text{レンズの実視野は} 2.4(\text{mm}) = \frac{24(\text{mm})}{10}$$

(2) モニタ観察範囲

$$\text{モニタ観察範囲 (mm)} = \frac{\text{カメラ撮像素子の大きさ(縦×横)}}{\text{対物レンズの倍率}}$$

形式	対角長	長辺(横)	短辺(縦)
1/3型	6.0	4.8	3.6
1/2型	8.0	6.4	4.8
2/3型	11.0	8.8	6.6

撮像素子の大きさ 単位:mm

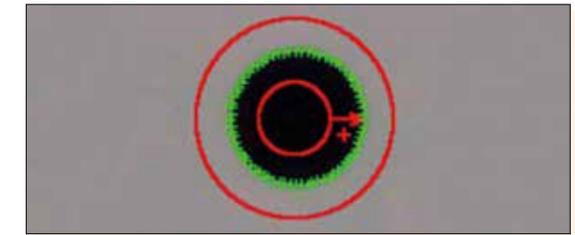
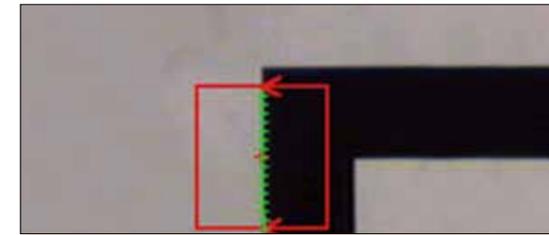
(3) モニタ表示倍率

$$\text{モニタ表示倍率} = \text{対物レンズの倍率} \times \frac{\text{モニタ上の表示対角線長 (mm)}}{\text{カメラの撮像素子の対角線長 (mm)}}$$

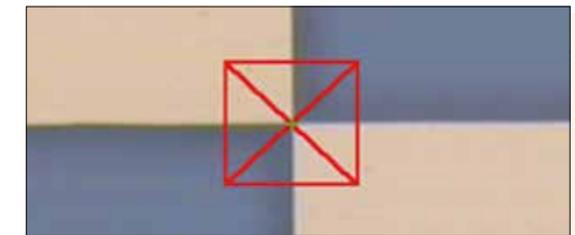
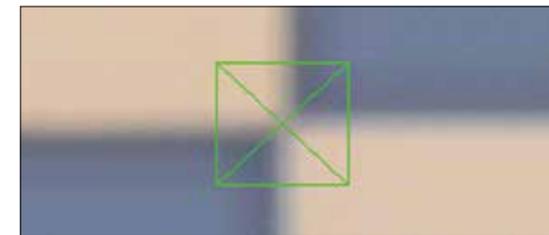
画像測定

画像測定機では、主に次の処理を行っています。

- エッジ検出
XY平面内の測定



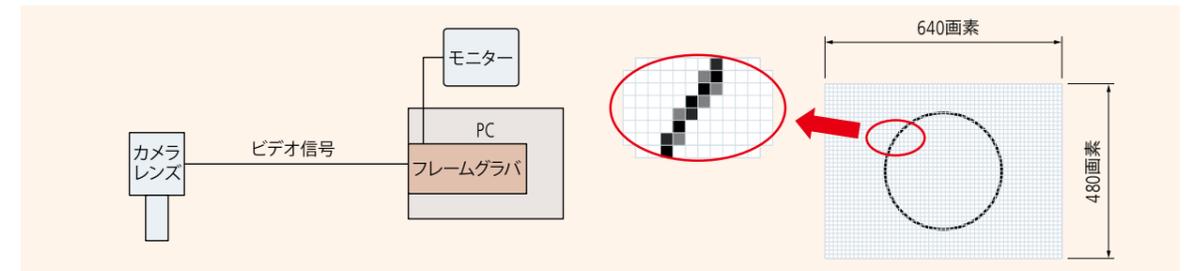
- オートフォーカス
ピント合わせ/Z測定



- パターン認識
アライメント/位置決め/欠損チェック

画像の記憶

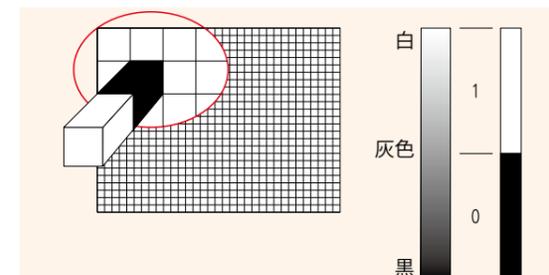
画像は、1つ1つの画素の濃淡が集まって構成されています。目の細かい方眼紙に、1マスずつ塗りつぶして絵にしているのと同じです。



グレースケール

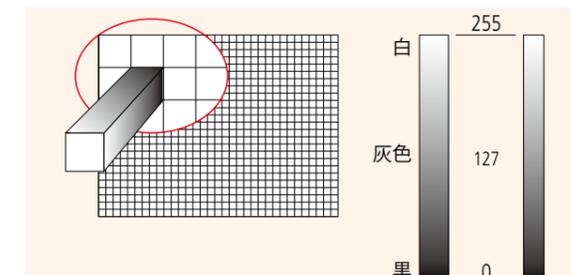
コンピュータは、画像を内部で数値に置き換えて扱っています。その数値は画素ごとに管理されています。この数値をどのくらいおのしい値で管理するかによって、画質が変わってきます。階調の種類には、2値化と多値化があり、一般的には256階調(グレースケール)で管理されます。

2値化



あるレベル以上の明るさはすべて白とし、それ以下はすべて黒としています。

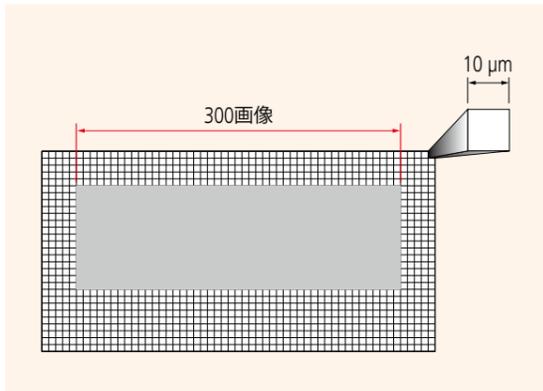
多値化



黒から白の間を256分割して濃度を表現します。そのため、忠実な画像が表示できます。

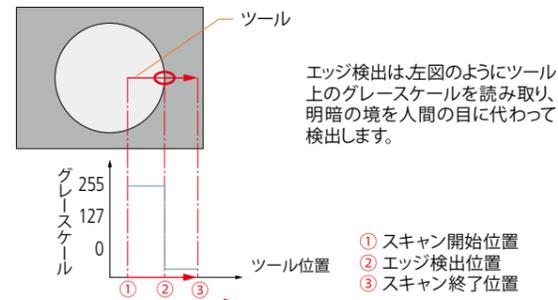
寸法計測

画像自体は、画素で構成されています。したがって、測定の範囲内にいくつの画素があるかをカウントし、それに、1画素の大きさを掛ければ長さに換算することが可能です。例えば下図のような四角いワークを例に、全長が300画素あったとします。撮影倍率時の画素サイズが10 μmと仮定すると…
10 μm×300画素=3000 μm=3 mm となります。



エッジ検出

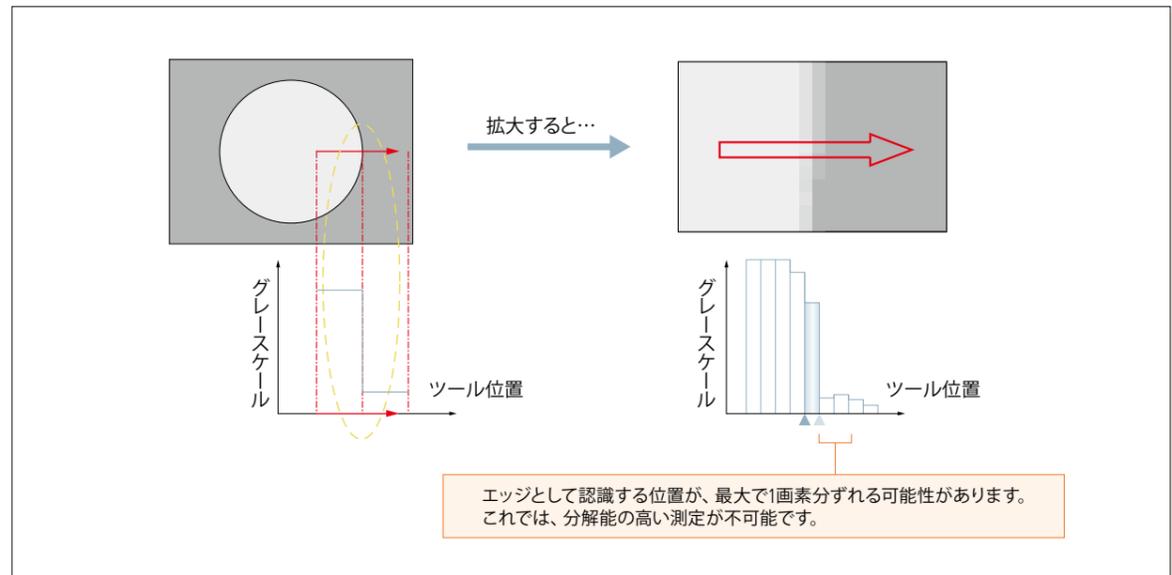
ワーク端面(エッジ)を、画素からどのようにして検出しているのかを、以下の白黒画像を例に説明します。エッジ検出は、ある任意の範囲から行われます。この範囲を視覚的に表したものがツールと呼ばれ、ワーク形状や測定内容に合わせ、複数用意されています。



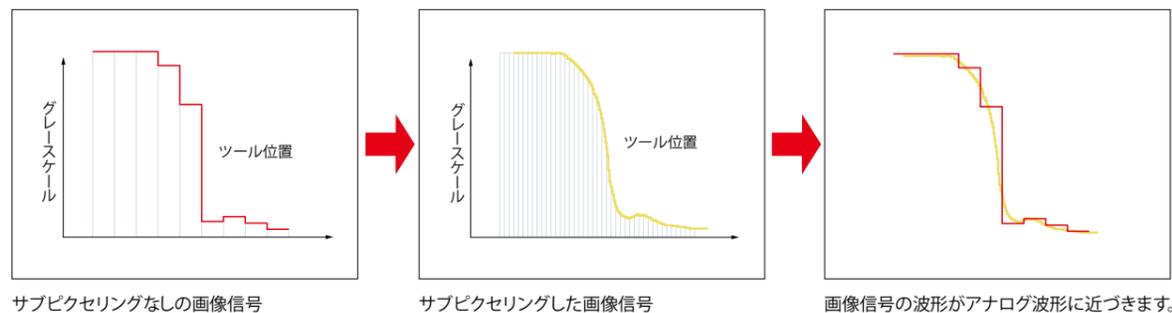
画素もつグレースケールの例

244	241	220	193	97	76	67	52	53	53
243	242	220	195	94	73	66	54	53	55
244	246	220	195	94	75	64	56	51	50

高分解能測定

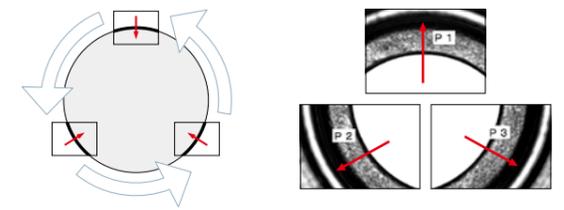


エッジ検出の分解能を高めるための処理として、サブピクセル処理を行います。隣接する画素情報から補間曲線を求めてエッジを検出させます。これにより、1画素よりも高い分解能で測定できます。



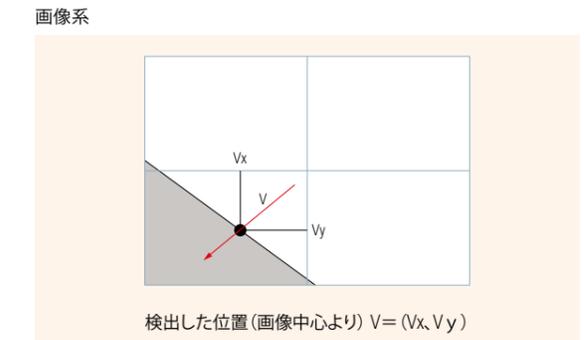
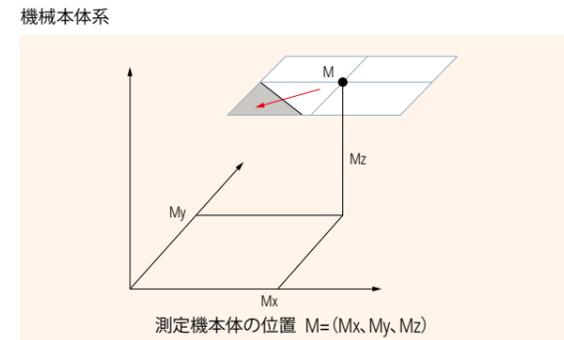
複数画面による測定

測定部位の大きさによっては、1画面内に収まらない場合があります。測定できません。そのような場合でも、カメラとステージを制御して複数の画像を撮影し、取得した位置情報を内部で管理することで測定を可能にします。右図のように大きなサイズの円でも、ステージを移動しながらエッジを検出していくことで測定が可能です。



測定点の求め方

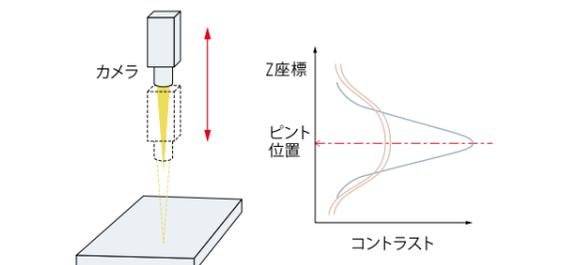
このように、一つひとつの測定位置を実データとして管理しながら測定するため、1画面に収まらない寸法でも問題なく測定が可能です。



実際の座標値は $X = (M_x + V_x)$ $Y = (M_y + V_y)$ $Z = M_z$ となります。

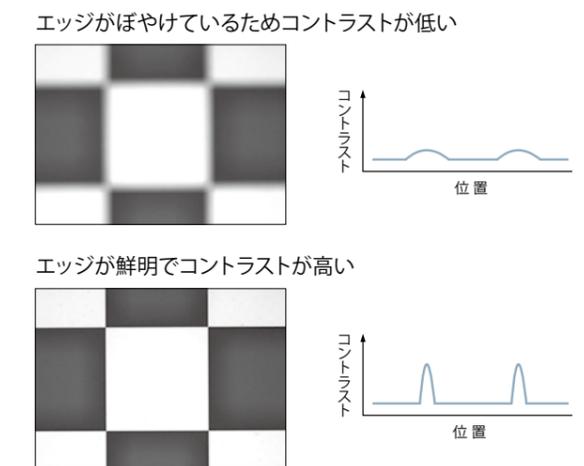
オートフォーカスの原理

カメラの画像内からだけでは、平面測定は行えますが、高さ測定は行えません。そのため、通常は、高さ測定のオートフォーカス(AF)機構を備えています。ここでは、一般的な画像を用いたAFの仕組みについて説明します。



Z軸を上下に移動しながら、画像を解析します。解析時のコントラストとピントの関係を示します。
 ・コントラストが鮮明に見える場合：コントラストがピークで、ピントが合っている
 ・コントラストがぼやけて見える場合：コントラストが低く、ピントがずれている

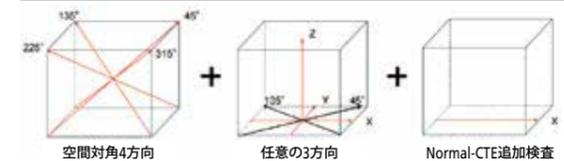
ピントによるコントラストの変化



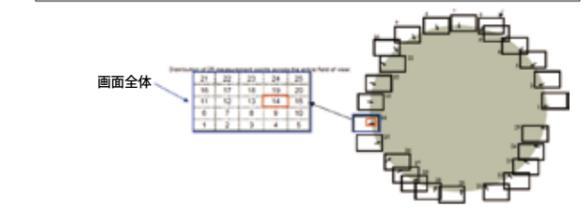
ISO10360-7 (JIS B 7440-7:2015) の概要

画像測定機専用の受入検査国際規格ISO10360-7 (JIS B 7440-7:2015)。いくつかの検査項目がありますが、その中から、長さ測定誤差Eとプロービング誤差P_{F2D}の検査方法について説明します。

長さ測定誤差 E
 7つの異なる位置で5つの異なる長さを3回繰り返し測定 (計105回)
 測定位置は、測定空間4対角と任意の3方向
 (初期設定: 各軸に平行 E_x, E_y, E_z)
 寸法標準器の熱膨張係数αが2×10⁻⁶/K以下のとき、8~13×10⁻⁶/Kの基準器での測定が追加される。



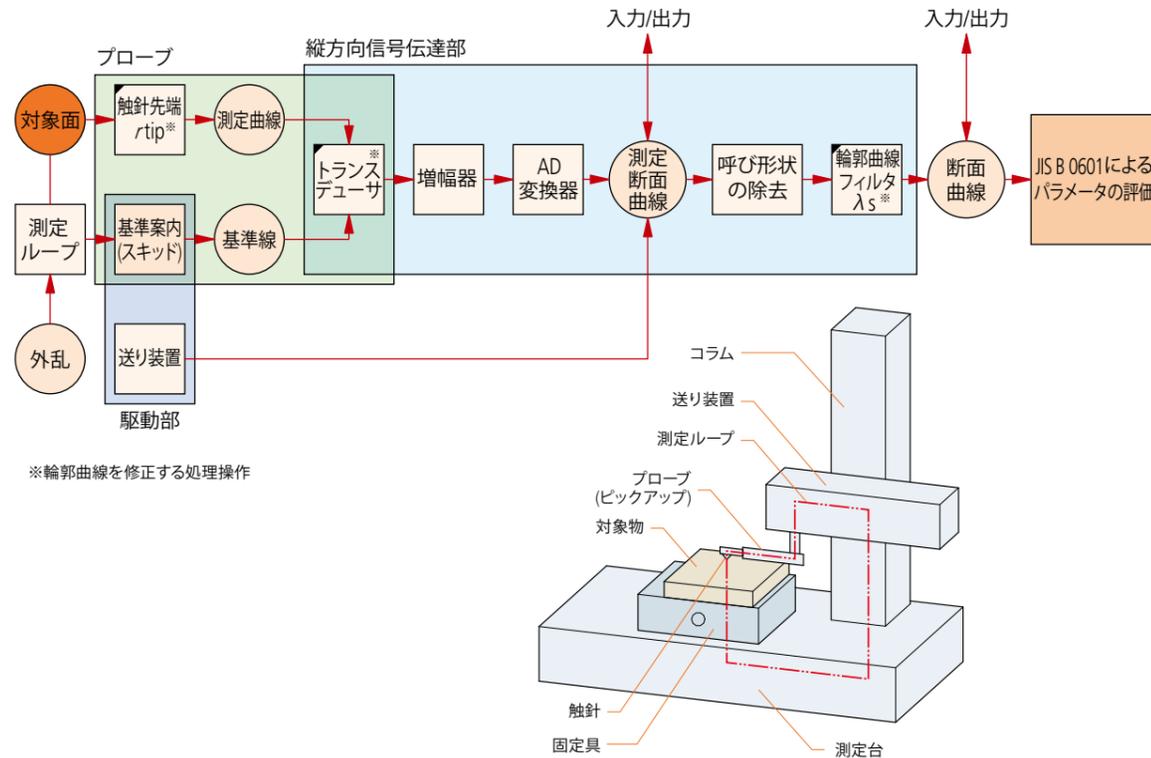
プロービング誤差 P_{F2D}
 視野内の25の異なる場所を用いて基準円を円周均等に25点 (14.4°ピッチ) 測定したときの、25点から計算される最小二乗円の中心から各測定点までの距離の幅 (Max-Min)。



サーフテスト(表面粗さ測定機)

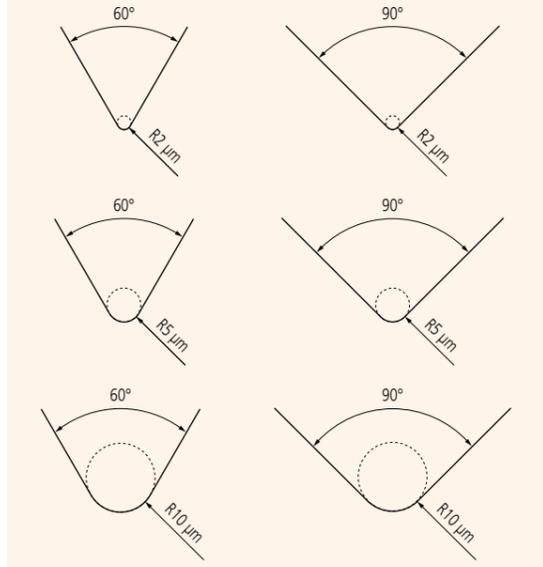
- JIS B 0601:2013 製品の幾何特性仕様(GPS)-表面性状:輪郭曲線方式-用語、定義及び表面性状パラメータ
- JIS B 0634:2017 製品の幾何特性仕様(GPS)-フィルタ処理-線形の輪郭曲線フィルタ:ガウシアンフィルタ
- JIS B 0633:2001 製品の幾何特性仕様(GPS)-表面性状:輪郭曲線方式-表面性状評価の方式及び手順
- JIS B 0651:2022 製品の幾何特性仕様(GPS)-表面性状:輪郭曲線方式-触針式表面粗さ測定機

触針式表面粗さ測定機 JIS B 0651:2022/ISO3274:1996, Cor1:1998



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° , 90°
 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(変位の中央位置)における測定力: $0.75\ \text{mN}$
 測定力変化の割合: $0\ \text{N/m}$

標準特性値: 触針の平均値における静的測定力		
触針の先端曲率半径の呼び値 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 $\text{mN}/\mu\text{m}$
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、特殊な構造のプロープでは、 $4.0\ \text{mN}$ とする。

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 $Ra > 0.5\ \mu\text{m}$ または $Rz > 3\ \mu\text{m}$ 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が生じない。

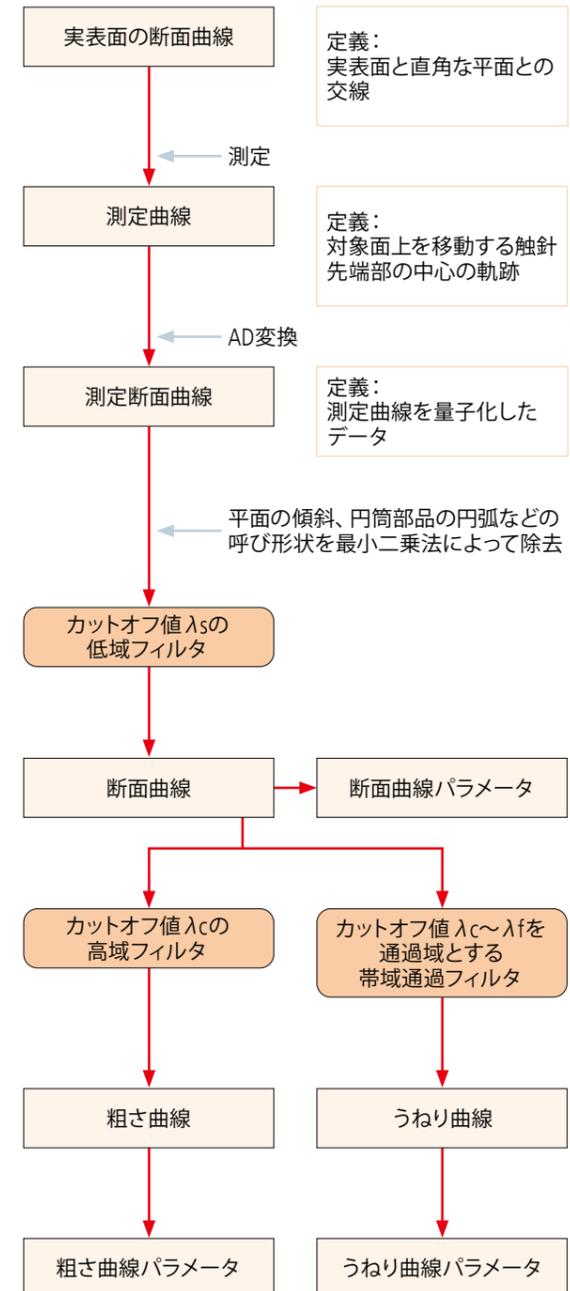
注2 カットオフ値 λ_s が $2.5\ \mu\text{m}$ および $8\ \mu\text{m}$ の場合、推奨先端半径をもつ触針の機械的フィルタ効果による減衰特性は、定義された通過帯域の外側にある。したがって触針の先端半径または形状の多少の誤差は、測定値から計算されるパラメータの値にはほとんど影響しない。特別なカットオフ比が必要な場合には、その比を明示しなければならない。

位相補償フィルタの特性

JIS B 0634:2017/ISO16610-21:2011

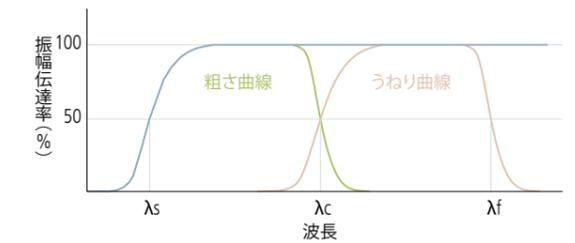
輪郭曲線のためのフィルタは、位相遅れ(輪郭曲線が波長に依存してひずむ原因)のない位相補償フィルタです。位相補償フィルタの重み関数は、カットオフ値で50%の振幅伝達率となる正規(ガウス)分布です。

データ処理の流れ



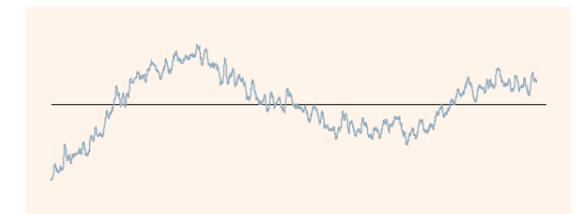
輪郭曲線の種類

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



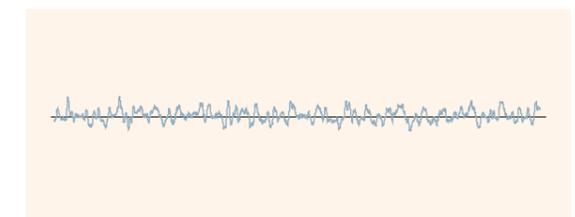
断面曲線

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



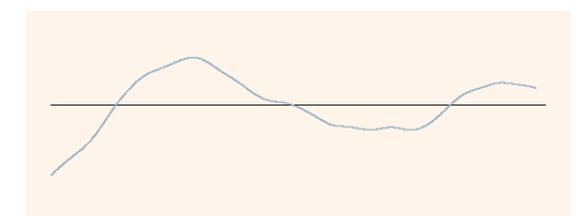
粗さ曲線

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です。 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します。



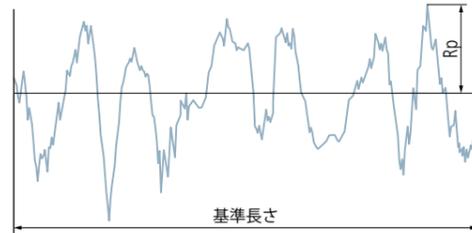
サーフテスト(表面粗さ測定機)

パラメーターの定義

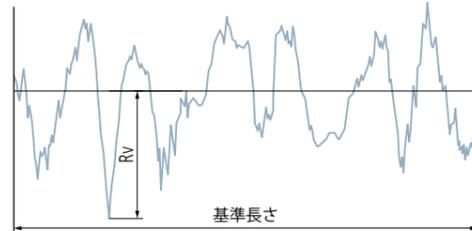
JIS B 0601:2013 (ISO 4287:1997, Amd.1:2009)

高さ方向のパラメータ(山および谷)

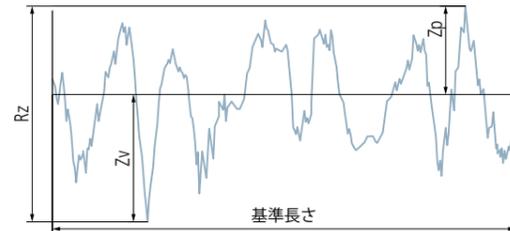
断面曲線の最大山高さ P_p
 粗さ曲線の最大山高さ R_p
 うねり曲線の最大山高さ W_p
 基準長さにおける輪郭曲線の山高さ Z_p の最大値



断面曲線の最大谷深さ P_v
 粗さ曲線の最大谷深さ R_v
 うねり曲線の最大谷深さ W_v
 基準長さにおける輪郭曲線の谷深さ Z_v の最大値



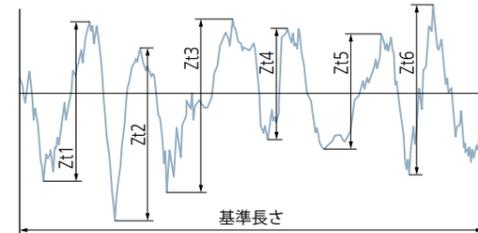
断面曲線の最大高さ P_z
 粗さ曲線の最大高さ R_z
 うねり曲線の最大高さ W_z
 基準長さにおける輪郭曲線の最大山高さ Z_p と最大谷深さ Z_v との和



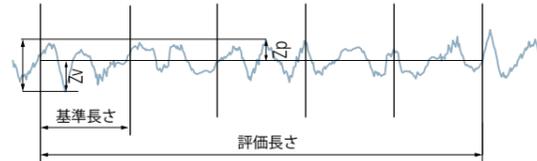
! 旧JIS規格やISO4287:1984では、記号Rzは「十点平均粗さ」を指示するために使われていました。新旧規格による測定値の差が無視できるほど小さいとは限らないため、注意が必要です。(図面の指示は、新旧どちらの規格で指示されているのか確認が必要)

断面曲線要素の平均高さ P_c
 粗さ曲線要素の平均高さ R_c
 うねり曲線要素の平均高さ W_c
 基準長さにおける輪郭曲線要素の高さ Z_t の平均値

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



断面曲線の最大断面高さ P_t
 粗さ曲線の最大断面高さ R_t
 うねり曲線の最大断面高さ W_t
 評価長さにおける輪郭曲線の山高さ Z_p の最大値と谷深さ Z_v 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 P_a
 粗さ曲線の算術平均高さ R_a
 うねり曲線の算術平均高さ W_a
 基準長さにおける $Z(x)$ の絶対値の平均

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

l は l_p, l_r, l_w

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

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

l は l_p, l_r, l_w

断面曲線のスキューネス P_{sk}
 粗さ曲線のスキューネス R_{sk}
 うねり曲線のスキューネス W_{sk}
 P_q, R_q, W_q 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

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

上記の式は R_{sk} の定義です。 P_{sk} および W_{sk} も同様になります。 P_{sk}, R_{sk} および W_{sk} は、偏り度(高さ方向の確率密度関数の非対称性の尺度)です。

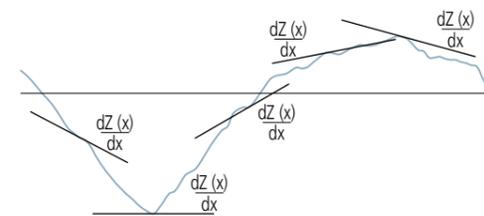
断面曲線のクルトシス P_{ku}
 粗さ曲線のクルトシス R_{ku}
 うねり曲線のクルトシス W_{ku}
 P_q, R_q, W_q の四乗によって無次元化した基準長さにおける $Z(x)$ の四乗平均

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

上記は R_{ku} の定義です。 P_{ku} および W_{ku} も同様になります。 P_{ku}, R_{ku} および W_{ku} は、縦座標値の確率密度関数の鋭さの分量です。

複合パラメータ

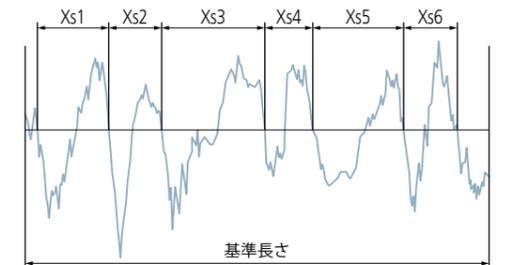
断面曲線の二乗平均平方根傾斜 $P_{\Delta q}$
 粗さ曲線の二乗平均平方根傾斜 $R_{\Delta q}$
 うねり曲線の二乗平均平方根傾斜 $W_{\Delta q}$
 基準長さにおける局部傾斜 dz/dx の二乗平均平方根



横方向のパラメータ

断面曲線要素の平均長さ P_{Sm}
 粗さ曲線要素の平均長さ R_{Sm}
 うねり曲線要素の平均長さ W_{Sm}
 基準長さにおける輪郭曲線要素の長さ X_s の平均

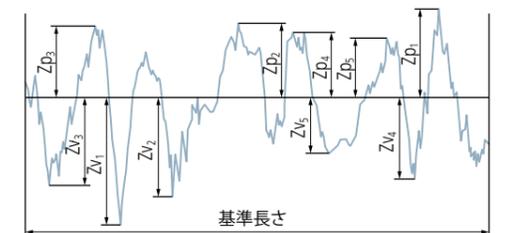
$$P_{Sm}, R_{Sm}, W_{Sm} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{s_i}$$



JISだけのパラメータ

十点平均粗さ R_{zJIS}
 カットオフ値 λ_c および λ_s 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

$$R_{zJIS} = \frac{(Z_{p1} + Z_{p2} + Z_{p3} + Z_{p4} + Z_{p5}) + (Z_{v1} + Z_{v2} + Z_{v3} + Z_{v4} + Z_{v5})}{5}$$



記号	用いた輪郭曲線
R_{zJIS2}	測定したままの輪郭曲線による
R_{zJIS4}	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 R_{a75}
 測定曲線に減衰率12db/octでカットオフ値 λ_c 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

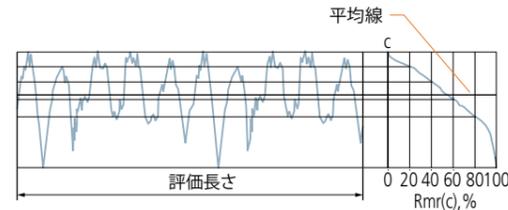
$$R_{a75} = \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} |Z(x)| dx$$

サーフテスト(表面粗さ測定機)

負荷曲線と確率密度関数と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

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

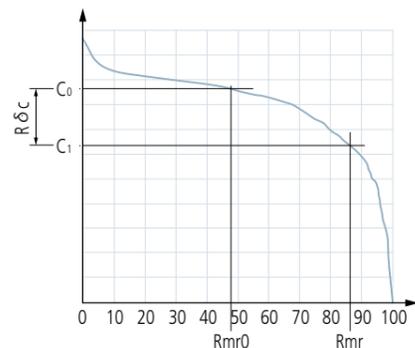
断面曲線の切断レベル差 $P\delta c$

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つの切断レベル間の垂直距離

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



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

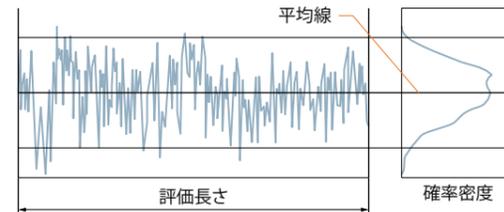
基準とする切断レベルc0と輪郭曲線の切断レベルRdelta cによって決まる負荷長さ率

$$Pmr, Rmr, Wmr = Pmr(c1), Rmr(c1), Wmr(c1)$$

ここで $c1 = c0 - R\delta c$ ($P\delta c$ または $W\delta c$)
 $c0 = C$ ($Pmr0, Rmr0$ または $Wmr0$)

確率密度関数(振幅分布曲線)

評価長さの範囲で得られる高さZ(x)の確率密度関数



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Ra, Rq, Rsk, Rku, RΔq並びに負荷曲線および確率密度関数と関連するパラメータの基準長さ

Ra (μm)	基準長さ lr (mm)	評価長さ ln (mm)
(0.006)<Ra≤0.02	0.08	0.4
0.02<Ra≤0.1	0.25	1.25
0.1<Ra≤2	0.8	4
2<Ra≤10	2.5	12.5
10<Ra≤80	8	40

表2 非周期的な輪郭曲線の粗さパラメータRz, Rv, Rp, Rc, Rtの基準長さ

Rz, Rz1max (μm)	基準長さ lr (mm)	評価長さ ln (mm)
(0.025)<Rz, Rz1max≤0.1	0.08	0.4
0.1<Rz, Rz1max≤0.5	0.25	1.25
0.5<Rz, Rz1max≤10	0.8	4
10<Rz, Rz1max≤50	2.5	12.5
50<Rz, Rz1max≤200	8	40

- 1) Rzは、Rz, Rv, Rp, Rc, Rtを測定するときに使用する。
- 2) Rz1maxは、Rz1max, Rv1max, Rp1max, Rc1maxを測定するときだけに使用する。

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Rsm測定のための基準長さ

Rsm (mm)	基準長さ lr (mm)	評価長さ ln (mm)
0.013<Rsm≤0.04	0.08	0.4
0.04<Rsm≤0.13	0.25	1.25
0.13<Rsm≤0.4	0.8	4
0.4<Rsm≤1.3	2.5	12.5
1.3<Rsm≤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1 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

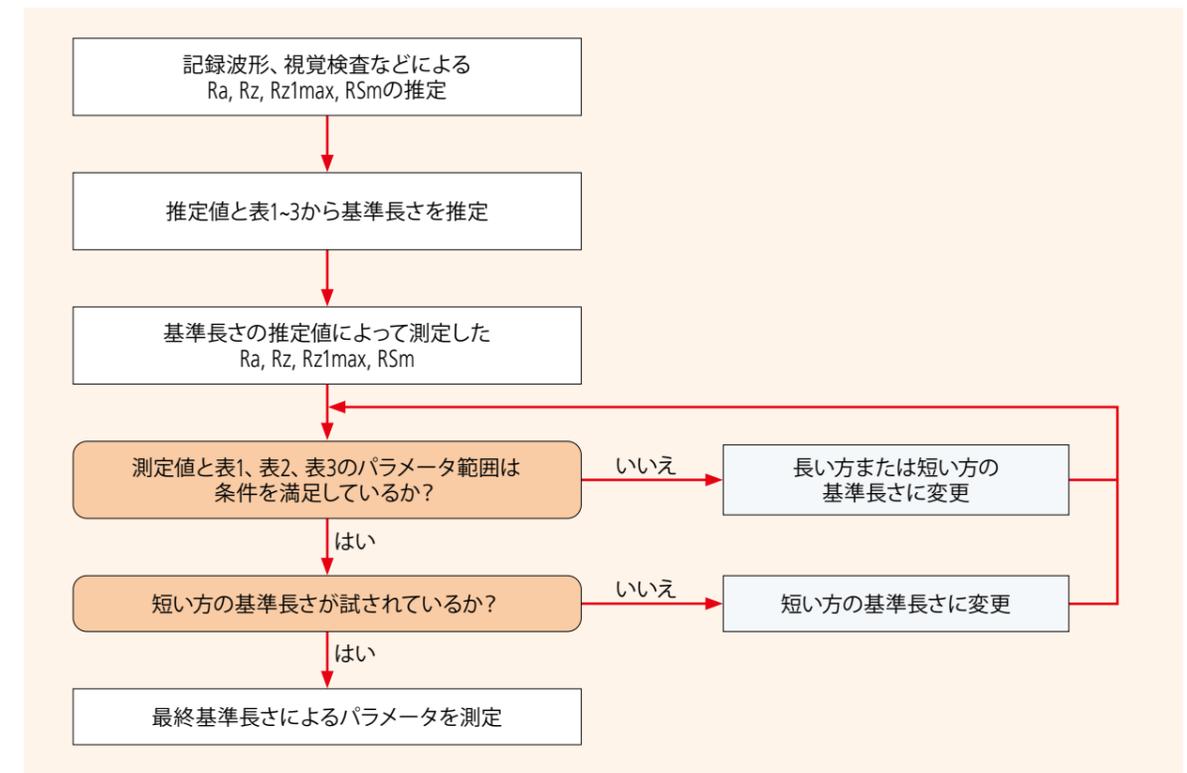
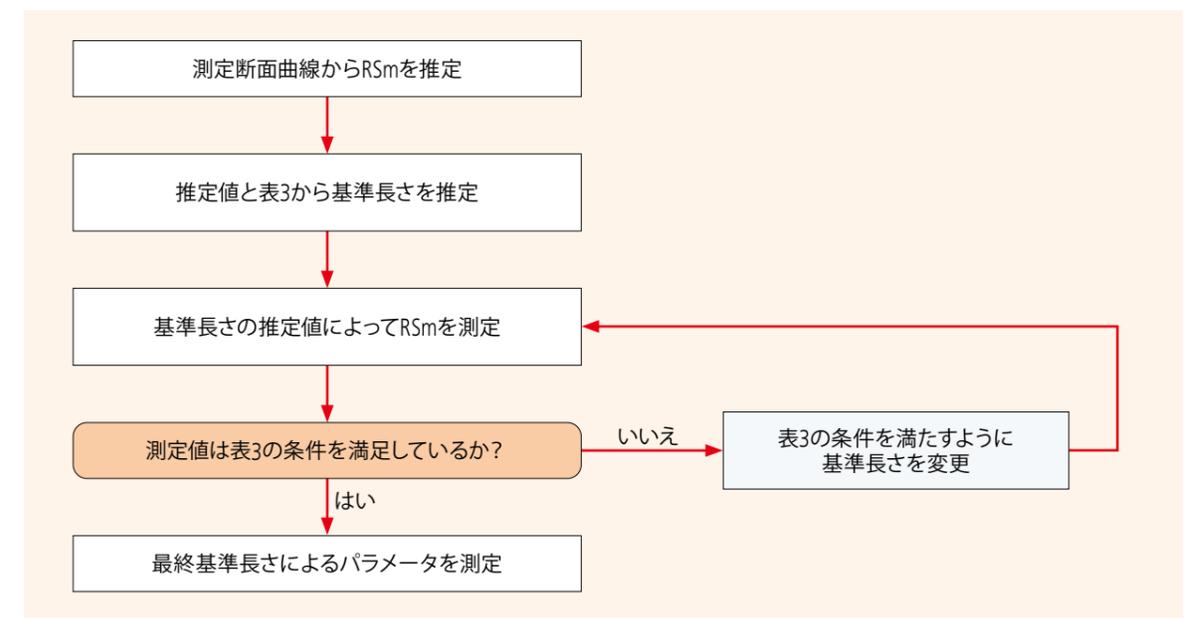


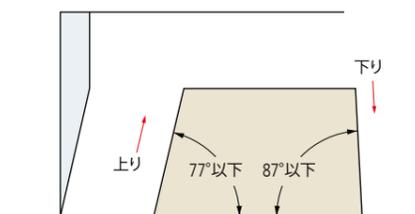
図2 基準長さの指定がない場合の周期的な面における基準長さ決定手順



コントレーサ(輪郭形状測定機)

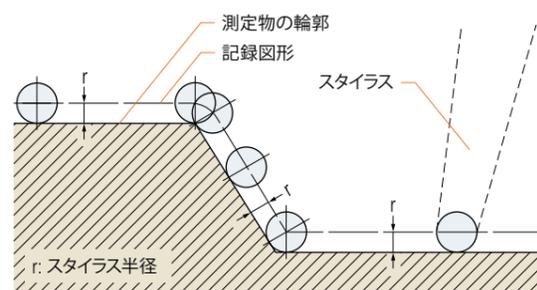
追従角度

スタイラス送り方向に対して、スタイラスが測定物の形状に上り、下りできる限界角度を追従角度といいます。スタイラス先端角度が12°の片角スタイラス(図)の場合は、上り77°、下り87°になりますが、円すいスタイラス(30°円すい)になると、さらに限界傾斜が緩やかになります。見かけ上77°の場合でも、上り斜面の表面粗さの影響によって、77°以上の斜面が部分的に存在します。測定力にも影響します。



スタイラス半径補正

スタイラスの先端半径(0.025 mm)により、記録図形は、測定物の表面上を転がるボールの中心の軌跡となります。このスタイラスの先端半径をデータ処理上で補正することにより、正確な測定値と、形状記録を得ることができます。



精度

X軸・Z軸の検出部はスケールを内蔵しているため、百分率による倍率精度表示ではなく各軸の指示精度で表示されています。

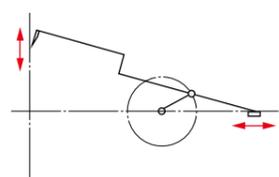
円弧作動・直線作動

スタイラスの上下運動時に、スタイラス先端が描く軌跡には、円弧と直線があります。直線の場合は、機械的構造が複雑となり、円弧の場合はスタイラスの上下変位量が大きいと、円弧歪(δ)によって、記録図形に歪を生じます。(下図<円弧歪の項>参照)

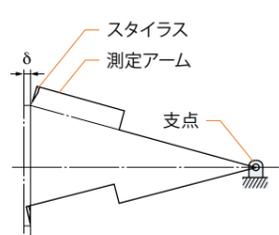
円弧歪

スタイラスが円弧運動すると、記録図形のX軸方向に歪による誤差が生じます。円弧歪を補正する手段としては、

①機械的に補正する方法



②電氣的に補正する方法



δ: 円弧歪

③ソフトウェア演算によって補正する方法があります。上下方向に変位量が大きい測定物を高精度に測定する場合には、円弧歪補正が必要です。

Z軸検出方式

X軸駆動検出については、デジタルスケールによる検出が一般的ですが、Z軸検出方式としては、アナログ方式(差動トランスなど)とデジタルスケール方式があります。アナログ方式は、測定倍率や測定レンジによってZ軸分解能が変化しますが、デジタルスケール方式は、スケールの分解能に従います。一般的には、デジタルスケール方式の方が高精度です。

安全装置

輪郭形状の急斜面、バリなどによって、スタイラス先端に過負荷が発生した場合、スタイラス破損防止のため、自動的に動作停止し、警報ブザーで、過負荷状態を知らせます。一般的には、送り方向(X軸方向)の負荷と上下方向(Z軸方向)の負荷に分けて、安全装置が装備されます。

輪郭形状解析方法

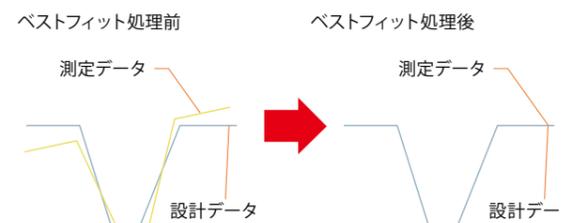
測定動作が完了した後、輪郭形状を解析する手段としては、以下の二通りがあります。

データ処理部と解析プログラム

データ処理部は、測定された輪郭形状をデータ処理部へリアルタイムに入力します。解析プログラムは、マウスやキーボードを使って解析を行います。角度、半径、段差、ピッチ等は数値でダイレクトに表示され、座標系を組み合わせた解析も簡単に行うことができます。スタイラス半径補正をした図形が、記録図形としてプリンタに出力されます。

ベストフィット

測定された輪郭形状データに基準がある場合は、基準によって設計値照合を行います。基準がない場合や、形だけを照合したい場合は、設計データと測定データでベストフィットを行います。



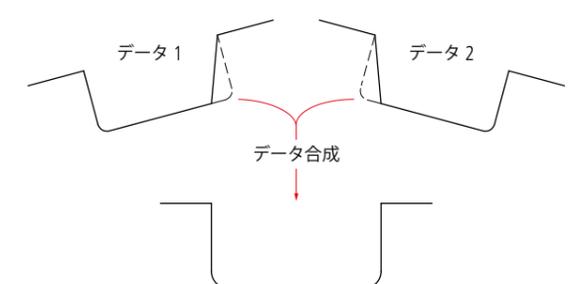
ベストフィットは、設計データと測定データの両データから偏差量を求め、その二乗和が最小になる座標系を求めて、設計データに対して、測定データを重ね合わせます。

設計値照合

図形に指示された寸法の解析より、“形”として設計データと比較し、その偏差を表示・記録します。また、マスタとなる測定物を設計データに変換して、測定データとの比較を行います。特に、形状が商品機能を左右する場合や、形状が組み合わせ部品に影響する場合には、設計値照合が多く利用されています。

データ合成

スタイラス追従角度の制限により、従来は複数箇所に分割して測定・評価していた形状において、共通要素(線、点)同士を重ねることで、あたかも一つの図形として合成する機能です。実際の形状イメージでの表示が可能になり、各種解析も通常通り行うことができます。



主な測定例



非球面レンズ形状測定



ベアリング内外輪形状測定



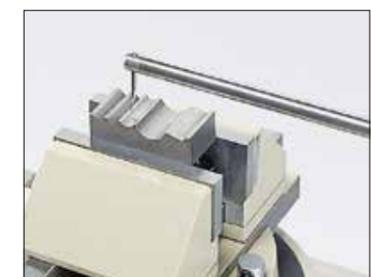
内歯車歯形測定



雌ねじ形状測定



ねじ溝形状測定



ゲージ測定

ラウンドテスト(真円度測定機)

JIS B 7451:1997 真円度測定機

JIS B 0621:1984 幾何偏差の定義及び表示

JIS B 0021:1998 製品の幾何特性仕様(GPS)-幾何公差の表示方式-形状、姿勢、位置及び振れの公差表示方式

JIS B 0682-1:2017 製品の幾何特性仕様(GPS)-真円度-第1部:用語及びパラメータ

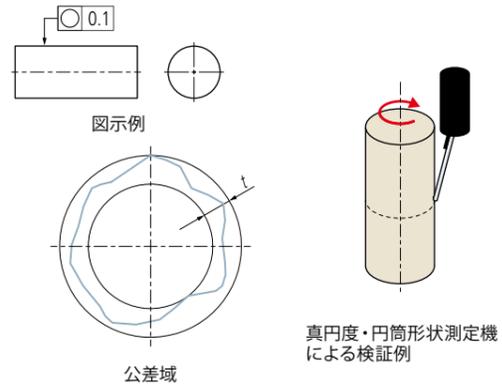
JIS B 0682-2: 製品の幾何特性仕様(GPS)-2017 第2部:仕様オペレータ

JIS B 0683-1/-2:2017 製品の幾何特性仕様(GPS)-真直度-第1部:用語及びパラメータ/第2部:仕様オペレータ

JIS B 0684-1/-2:2017 製品の幾何特性仕様(GPS)-平面度-第1部:用語及びパラメータ/第2部:仕様オペレータ

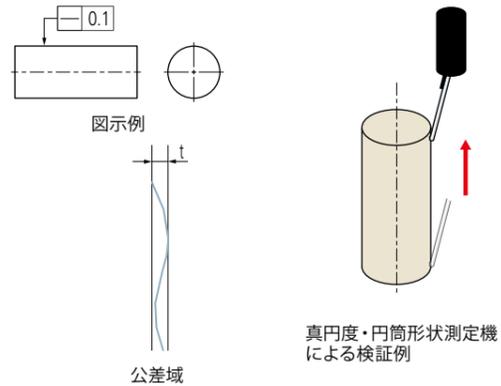
○ 真円度

幾何学的に正しい円と比較した場合の、円形形体の狂いの大きさ



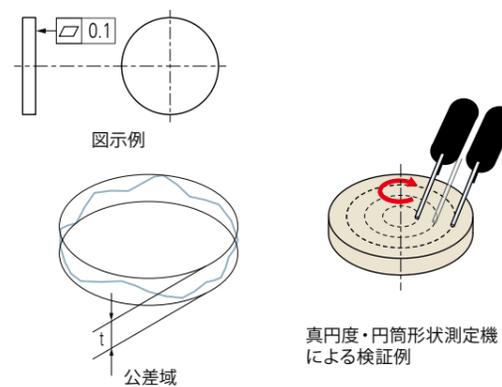
— 真直度

幾何学的に正しい直線と比較した場合の、直線形体の狂いの大きさ



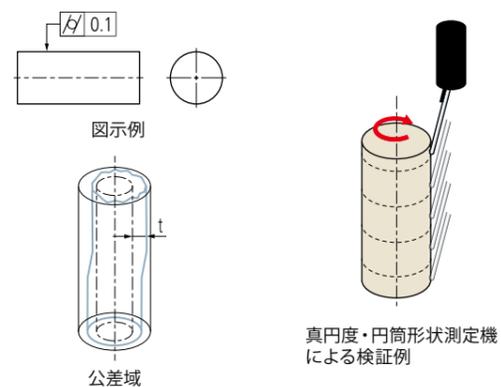
□ 平面度

幾何学的に正しい平面と比較した場合の、平面形体の狂いの大きさ



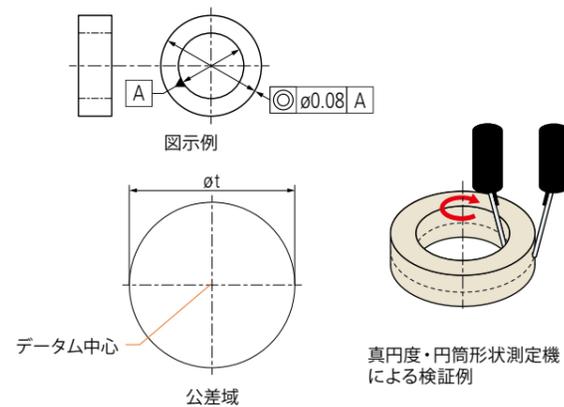
∅ 円筒度

幾何学的に正しい円筒と比較した場合の、円筒形体の狂いの大きさ



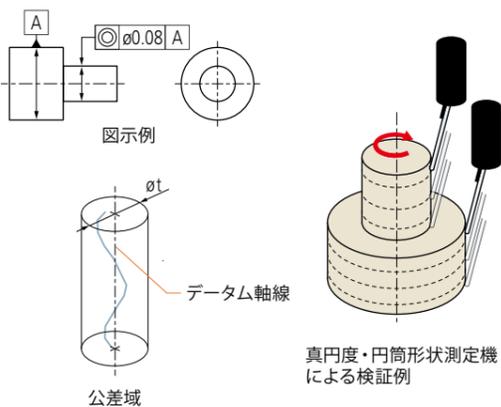
◎ 同心度

データム円の中心に対する、円形形体の中心位置の狂いの大きさ(平面形体の場合)



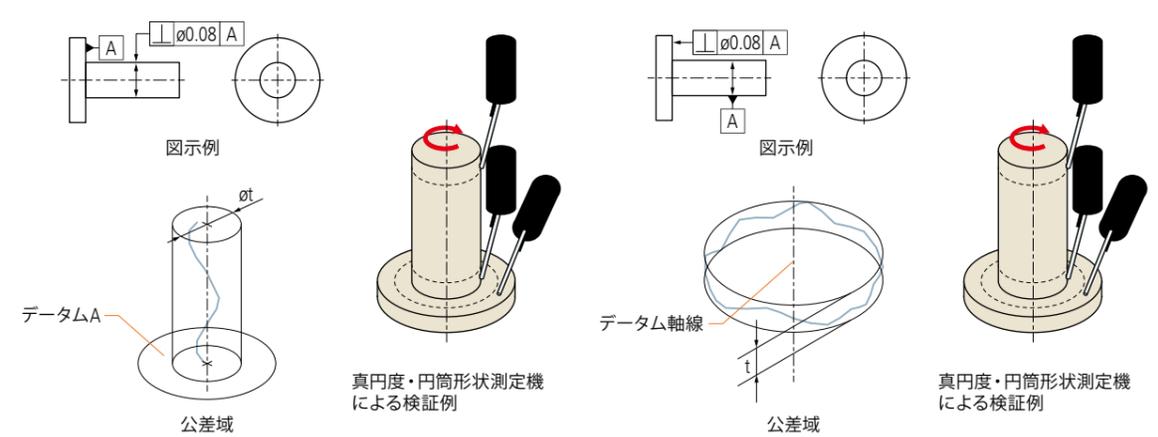
◎ 同軸度

データム軸直線と比較した場合の、同一直線上にあるべき軸線の狂いの大きさ



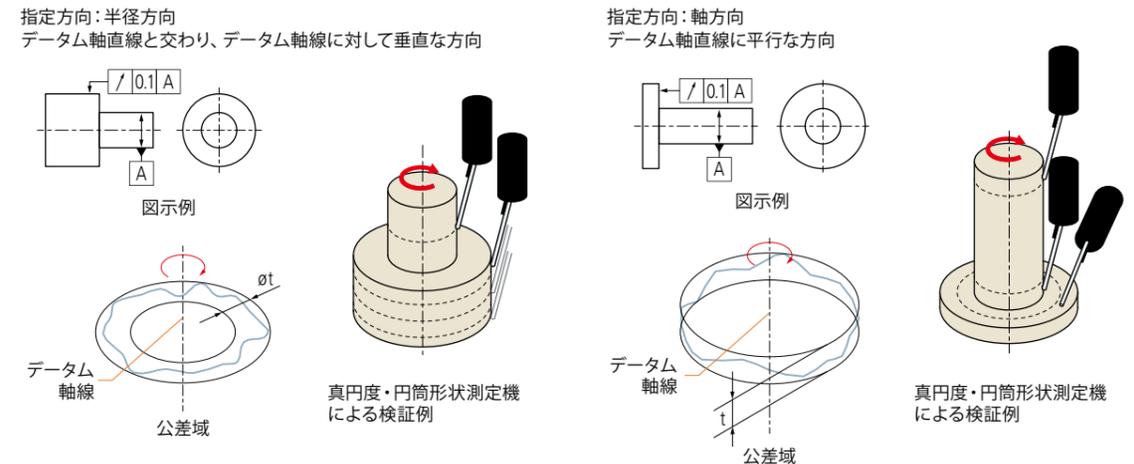
⊥ 直角度

データム直線、またはデータム平面に対して直角な幾何学的直線、または幾何学的平面から直角であるべき直線形体、または平面形体の狂いの大きさ



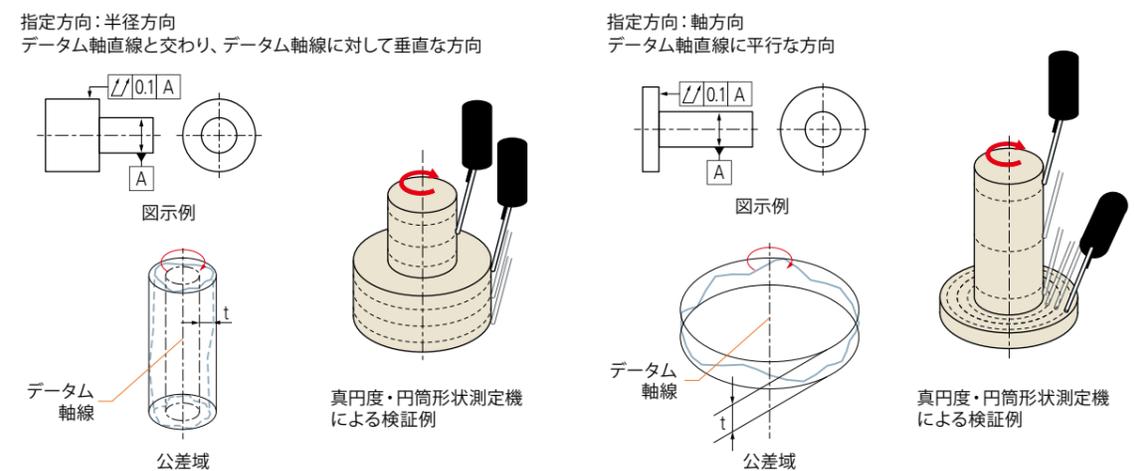
/ 円周振れ

データム軸線を軸とする回転面をもつべき対象物、データム軸線に対して垂直な円形平面であるべき対象物を、データム軸直線を中心に回転させたとき、その表面が指定した位置、または任意の位置で指定した方向に変位する大きさ



// 全振れ

データム軸直線を軸とする円筒面をもつべき対象物、データム軸線に対して垂直な円形平面であるべき対象物を、データム軸直線を中心に回転させたとき、表面が指定した方向に変位する大きさ

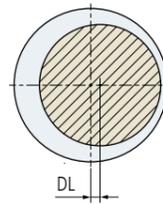


ラウンドテスト(真円度測定機)

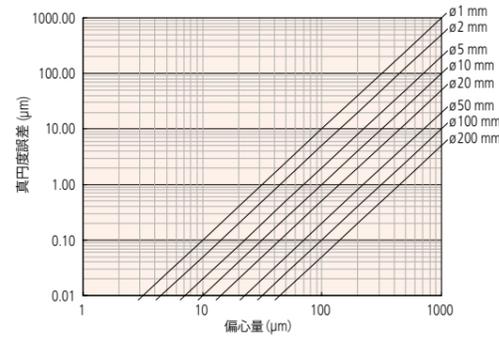
測定前の調整について

心出し調整

偏心による測定誤差を防ぐには、心出し調整が必要になります。心出し調整は、測定する対象物筒所の中心と測定機の回転軸とを一致させて行います。



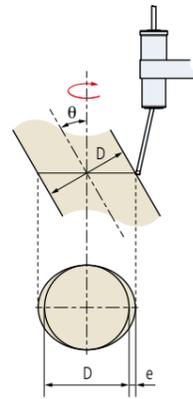
偏心補正機能がある測定機の場合



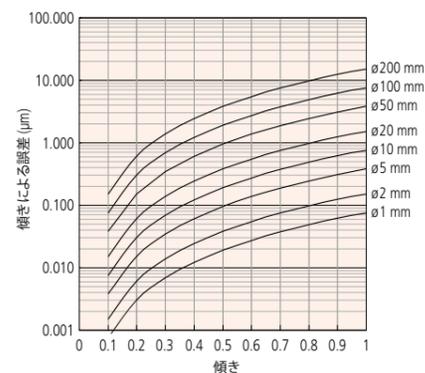
図：偏心率と真円度誤差

水平出し調整

回転軸に対する対象物の軸の傾きは、測定する筒所の横断面が楕円として現れる原因となります。水平出し調整は、対象物の軸と回転軸とを平行に調整させて行います。



傾きと楕円誤差

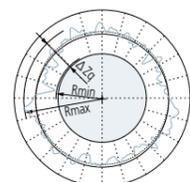


図：傾きと楕円誤差

真円度の評価方法

半径法によって真円度を評価するには、その中心を明確に定義する必要があります。評価方法としては、以下の4つがあります。

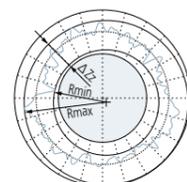
LSC最小二乗中心法



真円度の値を示すときの記号 ΔZq

測定図形に対して、偏差の二乗和が最小となる円を一つ当てはめ、その円の中心座標位置を測定図形の中心と考え、これに同心で測定図形に内接および外接する二円の半径差を真円度とする方法

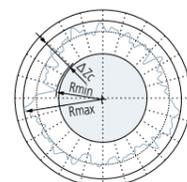
MZC最小領域中心法



真円度の値を示すときの記号 ΔZz

測定図形を挟む二円の同心円の半径差が最も小さくなるように二円の中心座標の位置を探し出し、この中心座標を測定図形の中心と考え、このときの二円の半径差を真円度とする方法 (JIS B 0621で規定されている方法)

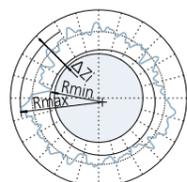
MCC最小外接円中心法



真円度の値を示すときの記号 ΔZc

測定図形に外接する円を決定し、その円の中心を測定図形の中心と考え、それと同じ中心をもち、測定図形に内接する円を描き、二つの円の半径差を真円度とする方法

MIC最大内接円中心法



真円度の値を示すときの記号 ΔZi

測定図形に内接する円を決定し、その円の中心を測定図形の中心と考え、それと同じ中心をもち、測定図形に外接する円を描き、二つの円の半径差を真円度とする方法

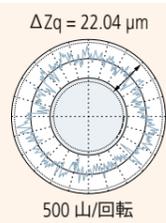
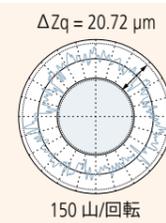
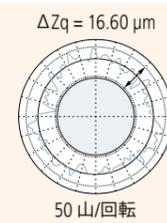
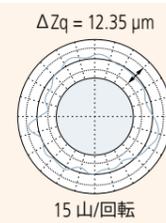
フィルタのカットオフ値の違いによる真円度値の差

フィルタのカットオフ値が異なると真円度値にも大きく影響するため、使用用途に適したフィルタを設定する必要があります。

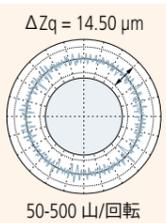
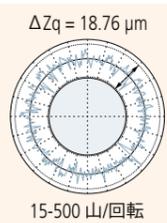
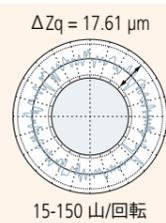
フィルタなし



低域フィルタ



帯域フィルタ



真円度の評価方法

半径法によって真円度を評価するには、その中心を明確に定義する必要があります。評価方法としては、以下の4つがあります。

LSC最小二乗中心法	MZC最小領域中心法
測定図形に対して、偏差の二乗和が最小となる円を一つ当てはめ、その円の中心座標位置を測定図形の中心と考え、これに同心で測定図形に内接および外接する二円の半径差を真円度とする方法	測定図形を挟む二円の同心円の半径差が最も小さくなるように二円の中心座標の位置を探し出し、この中心座標を測定図形の中心と考え、このときの二円の半径差を真円度とする方法 (JIS B 0621で規定されている方法)
真円度の値を示すときの記号 ΔZq	真円度の値を示すときの記号 ΔZz
MCC最小外接円中心法	MIC最大内接円中心法
測定図形に外接する円を決定し、その円の中心を測定図形の中心と考え、それと同じ中心をもち、測定図形に内接する円を描き、二つの円の半径差を真円度とする方法	測定図形に内接する円を決定し、その円の中心を測定図形の中心と考え、それと同じ中心をもち、測定図形に外接する円を描き、二つの円の半径差を真円度とする方法
真円度の値を示すときの記号 ΔZc	真円度の値を示すときの記号 ΔZi

記号および用語 JIS B 0682-1:2017 付属書A

記号	用語 [英文名 (参考)]
LSCI	最小二乗基準円 Least squares reference circle
LSCY	最小二乗基準円筒 Least squares reference cylinder
LSLI	最小二乗基準直線 Least squares reference line
LSPL	最小二乗基準平面 Least squares reference plane
LCD	円筒度曲面の偏差 Local cylindricity deviation
LFD	平面度曲面の偏差 Local flatness deviation
LRD	真円度曲線の偏差 Local roundness deviation
LSD	真直度曲線の偏差 Local straightness deviation
MICI	最大内接基準円 Maximum inscribed reference circle
MICY	最大内接基準円筒 Maximum inscribed reference cylinder
MCCI	最小外接基準円 Minimum circumscribed reference circle
MCCY	最小外接基準円筒 Minimum circumscribed reference cylinder
MZCI	最小領域基準円 Minimum zone reference circles
MZCY	最小領域基準円筒 Minimum zone reference cylinder
MZLI	最小領域基準直線 Minimum zone reference lines
MZPL	最小領域基準平面 Minimum zone reference planes
UPR	1周当りの山数 (アンジュレーション数) Undulation per revolution

パラメータおよび記号 JIS B 0682-1:2017 付属書A

記号	用語	基準 ^(注)			
		最小領域	最小二乗	最小外接	最小内接
CYLt	円筒テーパ測定値	—	○	—	—
STRsq	母線方向の真直度測定値	—	○	—	—
STRlc	母線方向の局部真直度測定値	—	○	—	—
CYLp	円筒度曲面の山高さ測定値	—	○	—	—
FLTp	平面度曲面の山高さ測定値	—	○	—	—
RONp	真円度曲線の山高さ測定値	—	○	—	—
STRp	真直度曲線の山高さ測定値	—	○	—	—
CYLt	円筒度測定値	○	○	○	○
FLTt	平面度測定値	○	○	—	—
RONt	真円度測定値	○	○	○	○
STRt	真直度測定値	○	○	—	—
CYLv	円筒度曲面の谷深さ測定値	—	○	—	—
FLTv	平面度曲面の谷深さ測定値	—	○	—	—
RONv	真円度曲線の谷深さ測定値	—	○	—	—
STRv	真直度曲線の谷深さ測定値	—	○	—	—
CYLq	二乗平均平方根円筒度測定値	—	○	—	—
FLTq	二乗平均平方根平面度測定値	—	○	—	—
RONq	二乗平均平方根真円度測定値	—	○	—	—
STRq	二乗平均平方根真直度測定値	—	○	—	—
STRsa	中心軸線の真直度測定値	○	○	○	○

(注) パラメータを求める基準 (基準円、基準円筒、基準直線、基準平面など)。

規格によるフィルタの違い

	2CR	位相補償 (ガウシアンフィルタ)
JIS	B7451: 1997	B0682-2: 2017
減衰率	75%	50%

硬さの定義

(1) ビッカース硬さ

ビッカース硬さは、任意の試験力で試験できる最も応用範囲の広い試験方法です。特に9.807 N以下の微小硬さの応用分野は非常に多くなっています。ビッカース硬さは、ダイヤモンド正四角錐(対面角 $\theta = 136^\circ$)に試験力F(N)を加えて試料に押し込んだ後、圧子を取り去ったときのくぼみの対角線長さd(2方向の平均、mm)から計算される圧子と試料との接触面積S(mm²)で試験力F(N)を割った値です。kは、定数(1/g=1/9.80665)です。

$$HV = k \frac{F}{S} = 0.102 \frac{F}{S} = 0.102 \frac{2F \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} = 0.1891 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F: N \\ d: mm \end{matrix}$$

ビッカース硬さの誤差は、次の式で求めることができます。なお Δd_1 は顕微鏡の誤差、 Δd_2 はくぼみ読み取りの誤差、aは圧子先端の対向面によって生じる稜線の長さ、 $\Delta \theta$ の単位は度です。

$$\frac{\Delta HV}{HV} \approx - \frac{\Delta F}{F} - 2 \frac{\Delta d_1}{d} - 2 \frac{\Delta d_2}{d} - \frac{a^2}{d^2} - 3.5 \times 10^{-3} \Delta \theta$$

(1) ヌーブ硬さ

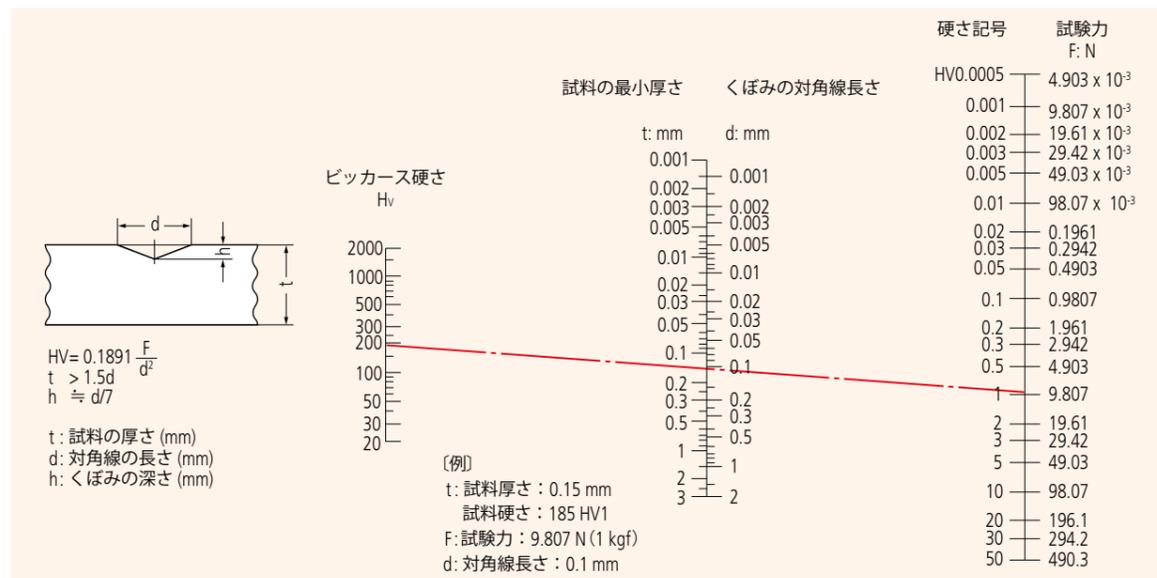
ヌーブ硬さは、172°30'の対稜角と130°の横断面をもつ菱形のダイヤモンド四角錐に試験力Fを加えて試料に押し込んだ後、圧子を取り去ったときのくぼみの長い方の対角線長さd(mm)から計算されるくぼみの投影面積A(mm²)で試験力を割った値です。ヌーブ硬さは、微小硬さ試験機のビッカース圧子をヌーブ圧子に交換することにより測定できます。

$$HK = k \frac{F}{A} = 0.102 \frac{F}{A} = 0.102 \frac{F}{cd^2} = 1.451 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F: N \\ d: mm \\ c: 定数 \end{matrix}$$

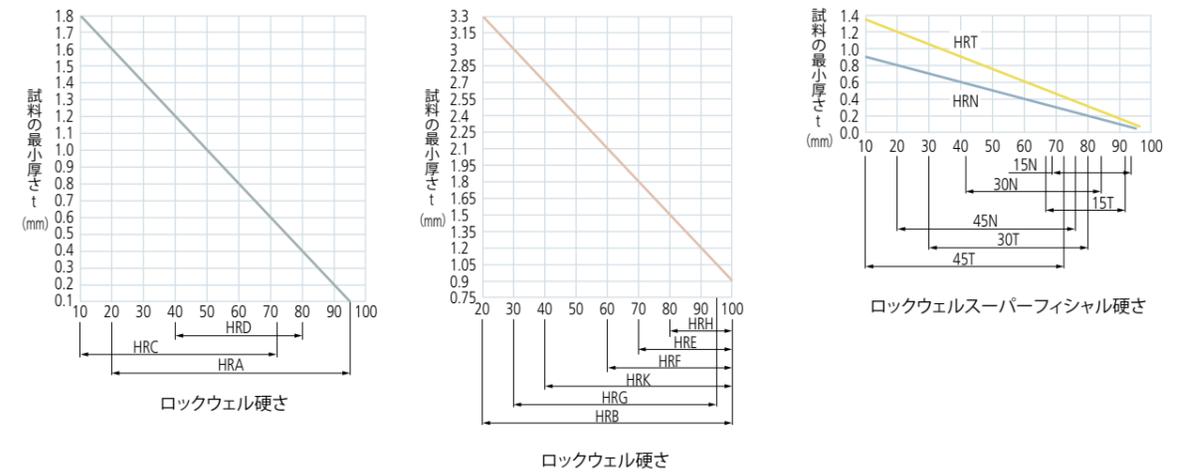
(3) ロックウェルおよびロックウェルスーパーフィシャル硬さ

ロックウェルおよびロックウェルスーパーフィシャル硬さは、ダイヤモンド圧子(先端の円錐角120度、先端の曲率半径0.2 mm)または球圧子(鋼球または超硬合金球)を用いて、まず初試験力を加え、次に試験力を加え、再び初試験力に戻したとき、前後2回の初試験力における圧子の侵入深さの差h(μm)から硬さ算出式で求めます。初試験力が98.07 Nのときを、ロックウェル硬さといい、初試験力が29.42 Nのときを、ロックウェルスーパーフィシャル硬さといいます。なお圧子の種類、試験力および硬さ算出式の組み合わせに固有の記号を設けて、スケールといいます。JISでは、スケールまたは硬さについて規定しています。

ビッカース硬さと試料最小厚さの関係



ロックウェル/ロックウェルスーパーフィシャル硬さと試料最小厚さの関係



ロックウェル硬さの種類

スケール	圧子	試験力(N)	用途
A	ダイヤモンド	588.4	超硬合金、薄鋼板
D		980.7	肌焼鋼
C		1471	鋼(100 HRB以上~70 HRC以下)
F	直径1.5875 mm球	588.4	軸受けメタル、焼鈍鋼
B		980.7	黄銅
G	1471	硬アルミ合金、ベリリウム銅、リン青銅	
H	直径3.175 mm球	588.4	軸受けメタル、砥石
E		980.7	軸受けメタル
K		1471	軸受けメタル
L	直径6.35 mm球	588.4	プラスチック、鉛
M		980.7	
P	1471		
R	直径12.7 mm球	588.4	プラスチック
S		980.7	
V	1471		

ロックウェルスーパーフィシャル硬さ試験機の種類

スケール	圧子	試験力(N)	用途
15N	ダイヤモンド	147.1	浸炭、窒化等の鋼の薄い表面硬化層
30N		294.2	
45N		441.3	
15T	直径1.5875 mm球	147.1	軟鋼、黄銅、青銅等の薄板
30T		294.2	
45T	441.3		
15W	直径3.175 mm球	147.1	プラスチック、亜鉛、軸受け合金
30W		294.2	
45W		441.3	
15X	直径6.35 mm球	147.1	プラスチック、亜鉛、軸受け合金
30X		294.2	
45X	441.3		
15Y	直径12.7 mm球	147.1	プラスチック、亜鉛、軸受け合金
30Y		294.2	
45Y		441.3	

三次元測定機

ミツトヨの三次元測定機は、以下の4タイプがあります。安定性、精度、測定速度、測定物の固定の利便性等の特長があります。

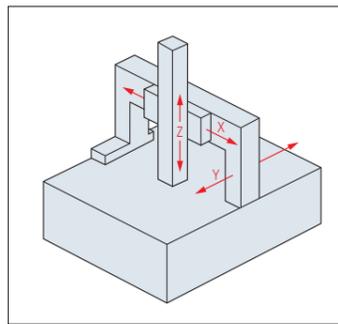
門移動型三次元測定機

本タイプの測定機は、以下で構成されています。

- ・ベースによって支えられた門型構造上を水平移動するキャリッジ(X軸)
- ・ベース上を水平移動する門型構造(Y軸)
- ・キャリッジに取り付けられた垂直移動のラム(Z軸)

測定物はベース上に置きます。

本構造は、三次元測定機の多くの機種に採用され、高精度、高速、高加速度を実現しています。小型～大型機種までラインアップしています。



門固定型三次元測定機

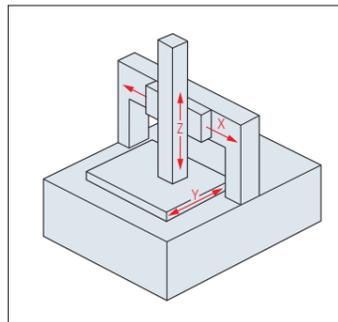
本タイプの測定機は、以下で構成されています。

- ・ベースに堅く結合された門形構造上を水平移動するキャリッジ(X軸)
- ・ベース上を水平移動するテーブル(Y軸)
- ・キャリッジに取り付けられた垂直移動のラム(Z軸)

測定物は移動テーブル上に置きます。

門移動による誤差が排除され、より高精度化を図ることができます。

本構造は、ミツトヨの超高精度CNC三次元測定機 LEGEXシリーズに採用され、世界最高クラスの精度を誇ります。



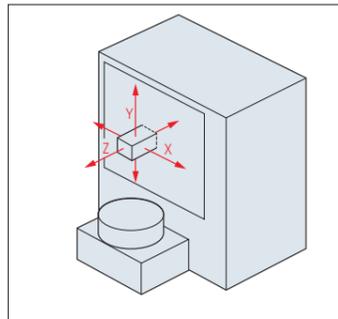
アーム横型三次元測定機

本タイプの測定機は、以下で構成されています。

- ・ベース上を水平移動する支柱(X軸)
- ・ベースによって支えられた支柱上を垂直移動するキャリッジ(Y軸)
- ・キャリッジに取り付けられた水平移動のラム(Z軸)

測定物はベースと一体化したテーブル上に固定します。

本構造は、ミツトヨのインライン対応CNC三次元測定機 MACH-3Aシリーズに採用され、ラインサイド・インラインに対応するための高速駆動、省スペース化、耐久性を実現しています。



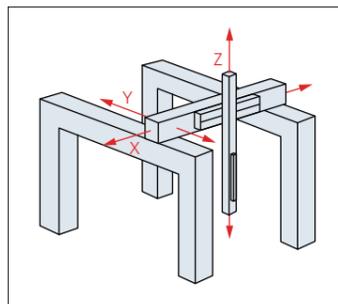
ブリッジ・フロア型三次元測定機

本タイプの測定機は、以下で構成されています。

- ・ベースによって支えられた門型構造上を水平移動するキャリッジ(X軸)
- ・ベース上を水平移動する門型構造(Y軸)
- ・キャリッジに取り付けられた垂直移動のラム(Z軸)

測定物は床面に固定します。

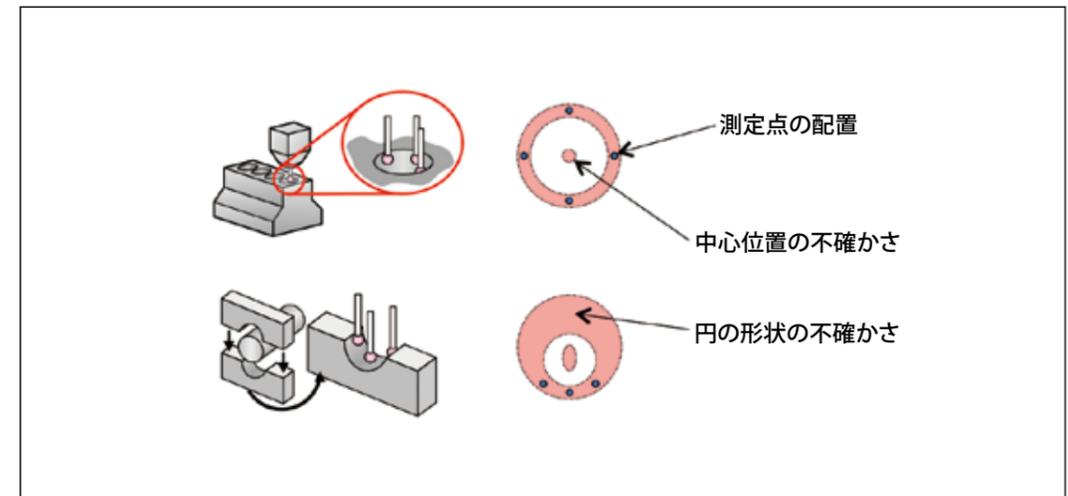
本構造は、ミツトヨの超大型CNC三次元測定機に採用され、測定テーブルには載らない大型・重量物の測定物を高精度に測定できます。



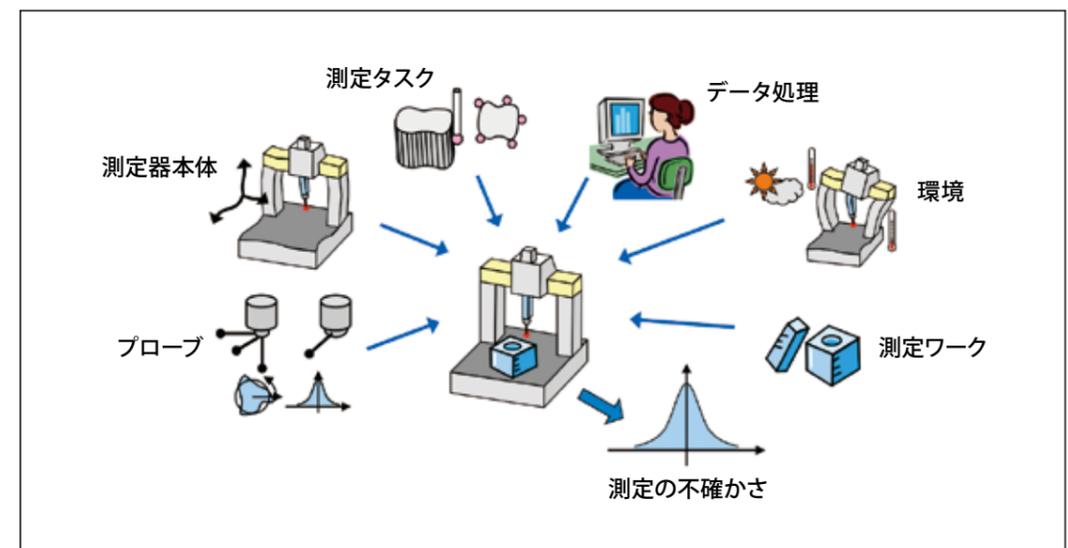
三次元測定機の測定の不確かさ

測定結果の信頼性を客観的に評価する尺度として、測定の不確かさがあります。JIS B 0641-1:2001 (ISO 14253-1:1998)では、測定機の検査結果や製品の測定結果を仕様と照らし合わせる際に、不確かさを考慮することが提唱されています。しかしながら、三次元測定機によって、工業製品を測定する際の測定の不確かさを推定することは簡単ではありません。

測定の不確かさ推定は、不確かさを生じる要因をひとつひとつ定量化し、それらが測定結果に伝搬する過程を明らかにする必要があります。三次元測定機は、測定点の配置やデータムの定義など、測定物をどのように測定するか(測定タスク、または測定戦略)を、パートプログラムによって図面指示や測定者の意思により自由に設定できます。しかし、このことが、不確かさ要因の結果への伝搬の過程を明らかにすることを難しくします。円測定の例を見ても、測定点の数を1点変更する、または、測定点の配置を変えるだけで、伝搬の過程が変わり、不確かさ計算をやり直すことにつながります。また三次元測定機は考慮すべき不確かさの要因が多く、それらの相互への影響も複雑です。このようなことから、三次元測定機は、測定の不確かさ推定に関して、一般的な方法を示すことが現実的ではありません。



三次元測定機による円測定の例



三次元測定機の測定の不確かさを生じさせる主な要因

三次元測定機

三次元測定機の性能評価方法

三次元測定機の性能評価として、2003年にJIS B 7440シリーズが改訂発行され、2013年および2022年に一部規格が改正されています。2013年および2022年の規格変更点を含め、代表的な検査の内容を説明します。

表1 JIS B 7440(2003)シリーズ

名称	規格番号	発行時期
1 用語	JIS B 7440-1(2003)	2003/3
2 長さ測定 ^{※1}	JIS B 7440-2(2013)	2013/10
3 ロータリーテーブル付三次元測定機	JIS B 7440-3(2003)	2003/3
4 シングルおよびマルチスタイラス測定 ^{※2}	JIS B 7440-5(2022)	2022/10
5 ソフトウェア検査	JIS B 7440-6(2004)	2004/3

※1 2013年に改訂
※2 2022年に改訂

最大許容長さ測定誤差 $E_{0,MPE}$ 【JIS B 7440-2(2013)】

寸法標準器を用いて、指定された長さの両端を挟み込む形で、図1の7方向各5試験長さ測定を3回繰り返し行います。それによって得られた105個の長さ測定の不確かさを含む結果すべてが、製造業者の示した規格値よりも小さい場合、その三次元測定機の性能が検証されたこととなります。合否判定は、不確かさを考慮して行うよう記述されています。この測定における最大許容誤差(規格値)は、マイクロメートル(μm)を単位として、以下3つのうちのいずれかで表します。

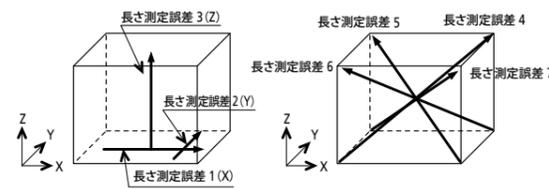


図1 長さ測定誤差測定方向

$$M_{0,MPE} (MPE_E) = A + L/K \leq B$$

$$M_{0,MPE} (MPE_L) = A + L/K$$

$$M_{0,MPE} (MPE_B) = B$$

A : 製造業者によって提供される定数(μm)
 K : 製造業者によって提供される無次元の定数
 L : 測定された長さ(mm)
 B : 製造業者によって示された規格の上限値(μm)

※JIS B 7440-2(2003)で、測定位置は任意の7方向とされていましたが、JIS B 7440-2(2013)で、は空間4方向を必須とし、各軸と平行な測定を推奨と位置づけています。

JIS B 7440-2(2013)では、以下の項目が追加されています。

最大許容長さ測定誤差、Z軸スタイラスオフセットが150 mmにおける長さ測定誤差 $E_{150,MPE}$ 【JIS B 7440-2(2013)】

JIS B 7440-2(2013)では、7方向の長さ測定に加え、プローブをオフセットさせ、YZ面もしくはXZ面对角に対して、2本長さ測定を行います。

※スタイラスのオフセットは、150 mmをデフォルトとして行います。

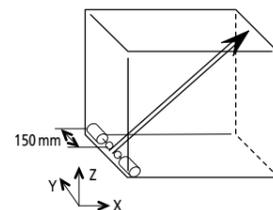


図2 Z軸スタイラスオフセットが150 mmにおける長さ測定誤差

長さ測定の繰り返し範囲の最大許容限界 $R_{0,MPL}$ 【JIS B 7440-2(2013)】

3回繰り返し長さ測定を行った各々の測定値の組について、2回の繰り返し測定のばらつき幅を評価し、繰り返し範囲 R_0 を計算します。

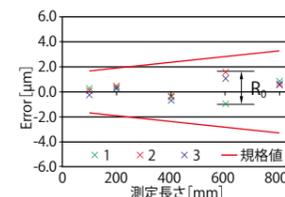


図3 長さ測定の繰り返し範囲

- 最大許容回転軸半径方向誤差 MPE_{FR} 【JIS B 7440-3(2003)】
- 最大許容回転軸接線方向誤差 MPE_{FT} 【JIS B 7440-3(2003)】
- 最大許容回転軸軸方向誤差 MPE_{FA} 【JIS B 7440-3(2003)】

図4のように、ロータリーテーブル上に2本の基準球を設置し、 0° および $+方向$ へ7か所、 $-方向$ に7か所の合計15位置にロータリーテーブルを回転させ、二つの基準球の中心座標をそれぞれ測定します。このとき、基準球中心座標の半径方向成分・接線方向成分・回転軸方向成分それぞれのばらつき(範囲)+基準球の形状の不確かさの値が、規格値以下であれば、合格となります。

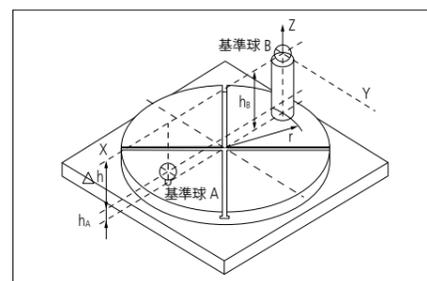


図4 ロータリーテーブル付三次元測定機の評価

最大許容シングルスタイラス形状誤差 $P_{FTU,MPE}$ 【JIS B 7440-5(2022)】

本測定はJIS B 7440-2(2003)寸法測定に含まれていましたが、2013年の改訂で、JIS B 7440-5(2013)シングルおよびマルチスタイラス測定での記述に変更されました。測定方法についての変更はなく、以下の手順で実施されます。

検査用標準球上の目標点(図5:25点)を測定し、そのすべての測定点から、最小二乗球の中心を計算します。さらにその25の測定点に対して、最小二乗球の中心からの距離 R をそれぞれ計算し、 $R_{max} - R_{min}$ を求め、その値に「スタイラスチップの形状の不確かさ」と「検査用標準球の形状の不確かさ」を合成した拡張不確かさの値を加えた値が、規格値以下であれば、合格となります。

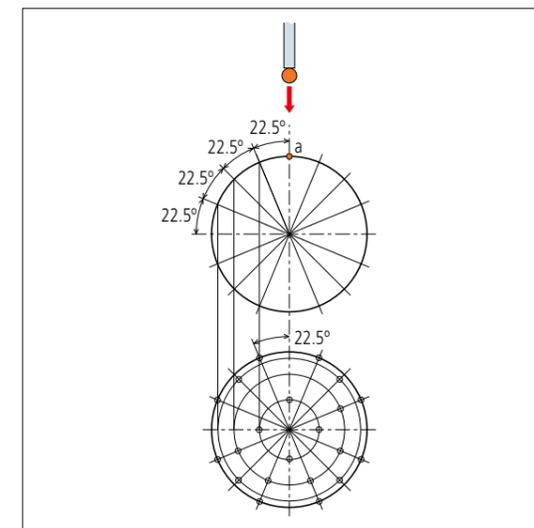


図5 最大許容シングルスタイラス形状誤差

株式会社ミットヨ

本社 川崎市高津区坂戸 1-20-1 〒213-8533

お問い合わせは

仙台営業所	仙台市若林区卸町東 1-7-30	〒984-0002	電話 (022)231-6881	ファクス (022)231-6884
郡山営業所	仙台市若林区卸町東 1-7-30 (※1)	〒984-0002	電話 (024)931-4331	ファクス (022)231-6884
宇都宮営業所	宇都宮市平松本町 796-1	〒321-0932	電話 (028)660-6240	ファクス (028)660-6248
水戸営業所	水戸市元吉田町 260-3	〒310-0836	電話 (029)303-5371	ファクス (029)303-5372
伊勢崎営業所	伊勢崎市宮子町 3463-13	〒372-0801	電話 (0270)21-5471	ファクス (0270)21-5613
さいたま営業所	さいたま市北区宮原町 3-429-1	〒331-0812	電話 (048)667-1431	ファクス (048)667-1434
新潟営業所	新潟市中央区新和 1-6-10 リファーレ新和1F-B	〒950-0972	電話 (025)281-4360	ファクス (025)281-4367
川崎営業所	川崎市高津区坂戸 1-20-1	〒213-8533	電話 (044)813-1611	ファクス (044)813-1610
東京営業所	川崎市高津区坂戸 1-20-1 (※1)	〒213-8533	電話 (03)3452-0481	ファクス (044)813-1610
厚木営業所	厚木市中町 2-6-10 東武太朋ビル2F 富士駐在所 電話 (0545)55-1677	〒243-0018	電話 (046)259-6400	ファクス (046)259-6404
諏訪営業所	諏訪市中洲 582-2 上田駐在所 電話 (0268)26-4531	〒392-0015	電話 (0266)53-6414	ファクス (0266)58-1830
浜松営業所	浜松市中央区和田町 587-1	〒435-0016	電話 (053)464-1451	ファクス (053)464-1683
安城営業所	安城市住吉町 5-19-5	〒446-0072	電話 (0566)98-7070	ファクス (0566)98-6761
中部オートモーティブ	安城市住吉町 5-19-5	〒446-0072	電話 (0566)98-7070	ファクス (0566)98-6761
名古屋営業所	名古屋市昭和区鶴舞 4-14-26	〒466-0064	電話 (052)741-0382	ファクス (052)733-0921
金沢営業所	金沢市桜田町 1-26 ドマーニ桜田	〒920-0057	電話 (076)222-1160	ファクス (076)222-1161
大阪営業所	大阪市住之江区南港北 1-4-34	〒559-0034	電話 (06)6613-8801	ファクス (06)6613-8817
神戸営業所	神戸市西区丸塚 1-25-15	〒651-2143	電話 (078)924-4560	ファクス (078)924-4562
京滋営業所	草津市大路 2-13-27 辻第3ビル1F	〒525-0032	電話 (077)569-4171	ファクス (077)569-4172
岡山営業所	岡山市北区田中 134-107	〒700-0951	電話 (086)242-5625	ファクス (086)242-5653
広島営業所	東広島市八本松東 2-15-20	〒739-0142	電話 (082)427-1161	ファクス (082)427-1163
福岡営業所	福岡市博多区博多駅南 4-16-37	〒812-0016	電話 (092)411-2911	ファクス (092)473-1470
センシング営業課	川崎市高津区坂戸 1-20-1	〒213-8533	電話 (044)813-8236	ファクス (044)822-8140
地震機器課	川崎市高津区坂戸 1-20-1	〒213-8533	電話 (044)455-5021	ファクス (044)822-8140

(※1) 営業所の業務につきましては記載の住所で行っております。

M³ Solution Center

UTSUNOMIYA	宇都宮市下栗町 2200	〒321-0923	電話 (028)656-1607	ファクス (028)660-6248
TOKYO	川崎市高津区坂戸 1-20-1	〒213-8533	電話 (044)813-1611	ファクス (044)813-1610
SUWA	諏訪市中洲 582-2	〒392-0015	電話 (0266)53-6414	ファクス (0266)58-1830
ANJO	安城市住吉町 5-19-5	〒446-0072	電話 (0566)98-7070	ファクス (0566)98-6761
OSAKA	大阪市住之江区南港北 1-4-34	〒559-0034	電話 (06)6613-8801	ファクス (06)6613-8817
HIROSHIMA	呉市広古新開 6-8-20	〒737-0112	電話 (082)427-1161	ファクス (082)427-1163

計測技術者養成機関…各種のコースが開催されています。詳細は弊社営業所にご連絡ください。

ミットヨ計測学院	川崎市高津区坂戸 1-20-1	〒213-8533	電話 (044)822-4124	ファクス (044)822-4000
----------	-----------------	-----------	------------------	--------------------

キャリアブレーションセンター…商品の検査・校正・保守・修理をお受けしています。

宇都宮	宇都宮市下栗町 2200	〒321-0923	電話 (028)656-1432	ファクス (028)656-8443
川崎	川崎市高津区坂戸 1-20-1	〒213-8533	電話 (044)813-8214	ファクス (044)813-8223
広島	呉市郷原町一ノ松光山10626番62	〒737-0161	電話 (0823)70-3820	ファクス (0823)70-3833

カスタマーサポートセンター…商品に関する各種のお問合せ、ご相談をお受けしています。

電話 (0570)073214	ファクス (044)813-1691
-----------------	--------------------

ホームページ

<https://www.mitutoyo.co.jp>

弊社商品は外国為替および外国貿易法に基づき、日本政府の輸出許可の取得を必要とする場合があります。製品の輸出や技術情報を非居住者に提供する場合は最寄りの営業所へご相談ください。



株式会社 ミットヨ

川崎市高津区坂戸1-20-1 〒213-8533

<https://www.mitutoyo.co.jp>

