

中小企業向け測定基礎 研修テキスト

社団法人 日本計量振興協会

はじめに

経済社会が大きく変化し、規制緩和、グローバル化が進んでいる中、100年に一度といわれるような金融破綻による大不況や中国等の発展途上国の品質向上の追い上げもあり、我が国の産業の底辺にある中小企業の体質の強化が急務な状況にあります。計量測定は産業の基盤ですから、その基礎知識、技術、トレーサビリティ等の理解や実践を普及させるための対応の一つとして基礎研修が必要になります。

多くの中小企業は、測定に関する知識や認識不足による品質低下の懸念や、計量管理が不十分なために設備がうまく稼働していないことが散見されるので、中小企業を対象とした測定の役割や測定方法の知識・技術をベースとした測定基礎講習会を開催することは効果的と考えています。

計量計測管理の講習会の開催状況を品質管理と比べると、品質管理は毎日のようにどこかで開催されていますが、計量管理の講習会は非常に少ない状況です。さらに、職場でのOJTについては、愛知県計量士会が昨年開催した計量ワークショップに参加した134名のアンケート結果をみると、先輩の約34%が後輩に測定の指導をしているというデータが出ており、30年前はほとんどの先輩が後輩にマイクロメータの使い方などを理解するまで教えていたことに比べますと指導の度合いが低下しているので計量講習会の効果は大きいと予測しています。

計量計測管理の講習会の難しい点は、説明の仕方を簡略化すると測定を簡単であると誤解して測定作業を軽んじてしまうし、正確に説明すれば物理、数学、統計などの知識が必要になるので理解されません。この点を解決するために中小企業の方の意見を努めて取り入れて平易な表現になるようにしました。このテキストを用いて、大企業で納入業者の品質管理や計量計測管理の指導を行う部門の方々、計量士の小グループ、計量機関・団体等により、中小企業向けの計量計測研修会が全国各地で活発に展開されることを期待しています。

最後に、このテキストを作成するにあたって、中小企業の計量計測の実情に対する経験と情報を活用され、執筆と編集にご苦勞をいただいた委員並びにご協力いただいた関係各位のご努力に心から感謝申し上げます。

平成 23 年 3 月

中小企業向け計量計測基礎研修検討委員会

委員長 日高鉄也

目次

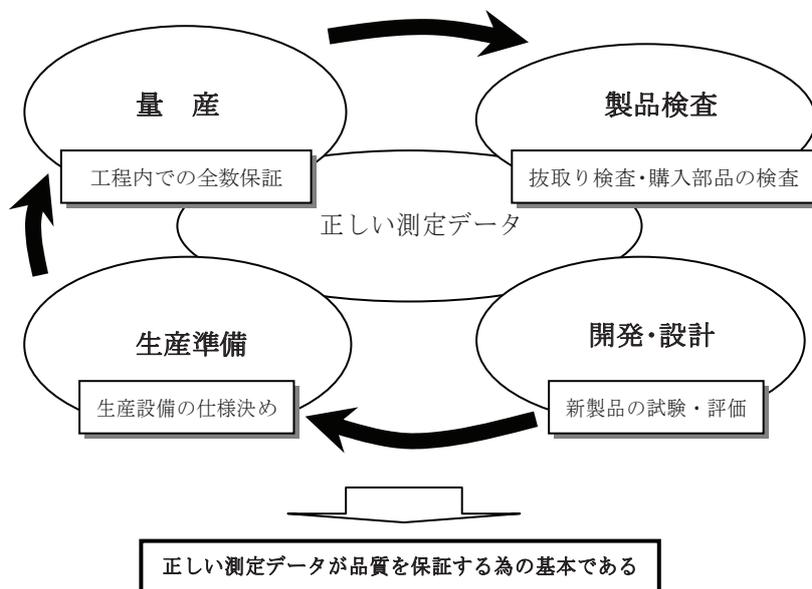
はじめに	
第1章 測定の基礎	1
1.1 測定の重要性	1
1.2 測定とは	1
1.2.1 測定の種類	2
1.2.2 計量単位	2
1.3 測定値の信頼性とトレーサビリティ	3
1.3.1 測定値の信頼性	3
1.3.2 トレーサビリティ制度	3
第2章 測定器の基礎知識と使い方	5
2.1 長さ	5
2.1.1 ノギス	5
2.1.2 外側マイクロメータ	7
2.1.3 ゲージ	9
2.2 質量と質量計	12
2.2.1 質量の計り方と質量計（はかり）	12
2.2.2 はかりの選び方	14
2.2.3 使用上の注意事項	15
2.2.4 はかりの自主検査	16
2.2.5 質量計（はかり）と計量法	17
2.2.6 正しい計量結果を得るために	18
2.3 温度	19
2.3.1 温度の計測に関して	19
2.3.2 熱電対について	19
2.3.3 測温抵抗体	21
2.3.4 温度センサ使用上の注意	23
第3章 測定器の管理	25
3.1 測定器の選択	25
3.2 測定作業の整理・整頓	26
3.3 品質保証国際規格 ISO 9001 が求める測定器の管理	28
第4章 測定のべからず集、失敗例	31
4.1 ノギス	31
4.2 マイクロメータ	33
4.3 ゲージ	35
4.4 質量計（はかり）	37
4.5 熱電対	37
4.6 測温抵抗体	38
4.7 温度の校正	39
参考、引用文献及び参考規格	41

第1章 測定の基礎

第1章 測定の基礎

1.1 測定の重要性

製造業において、製品の開発・設計から量産に至るまでの各々のステップで、“測定”は欠かせない作業であり、“測定”によって得られたデータを基に次のアクションを起します。



製造業の各工程における測定作業

特に現在ではグローバル化が進む中で海外への輸出も多く、品質問題を出した時のロスコストは企業存続に関わる重要な問題であり、正しい測定による“不良品を作らない、流さない”が大事なこととなってきます。

正しい測定データを得る為には、①正しい計測機器を使って測る ②正しい測り方で測る ③適正な環境の下で測る ことが大切であり、たかが“ノギスでの測定”と思わずに、慎重な測定作業を心掛けて下さい。

1.2 測定とは

生産現場では、顧客から指定された、または、標準化された図面に従って製品を生産するために、加工中の製品が図面どおりにできていることを測定により確認し、できていない場合は、加工と測定を繰り返し行って製品を仕上げています。

測定は、このように製品の状態をデータ（数値）で表すために、生産工程や品質管理の作業のなかで実施されていますが、適正な測定を常時行うためには、得られるデータの役割と影響などを考慮すると共に、本章で説明する測定の仕組みと、次章以下で説明する具体的な測定方法を理解することが大切です。

測定のしくみは JIS 規格や計量法などで定められていますが、ここでは日常業務に役立つように実務的に説明します。なお、JIS や計量法などは通常、国際規格にも対応しているので、顧客の要求やグローバル化にも十分対応できます。

1.2.1 測定の種類

測定の種類は、基準量との比較方法として直接測定と間接測定に分けられます。

(1) 直接測定

測定したい物理量を基準量と直接比較して測定することです。具体的には、ノギス、マイクロメータなどの目盛りを基準として製品の寸法を測ることです。

(2) 間接測定

測定したい物理量と一定の関係にある幾つかの量の測定から測定値を導くことです。具体的には、ガラス温度計は温度変化に伴ってアルコールの膨張の程度が変化することを利用して目盛りが作られて、そのことで現在の温度を知ることができます。

1.2.2 計量単位

量を測定する際に、比較の基準として用いる一定の大きさの量を[単位]といいます。物理量を表す世界共通の単位系として、国際単位系 (SI) が用いられています。SI の7つの基本単位である時間 (s)、長さ (m)、質量 (kg)、電流 (A)、熱力学温度 (K)、物質量 (mol)、光度 (cd) と、それらを組み合わせた SI 組立単位を用いて全ての物理量の単位を表すことができるようになっています (参考 1 参照)。ここでは、基本単位のうち、長さ、質量そして温度について、それぞれの単位の定義について説明します。

(1) 長さ m (メートル)

長さの単位「メートル」の定義は、「2 億 9979 万 2 458 分の 1 秒の時間に光が真空中を伝わる距離」と、1983 年メートル条約加盟国が参加する国際度量衡総会 (CGPM) で決められています。

(2) 質量 kg (キログラム)

質量の単位「キログラム」の定義は、1889 年に「国際キログラム原器の質量を 1kg とする」と、CGPM で決められています。国際キログラム原器は、白金 90 % とイリジウム 10 % の合金製で、直径 39 mm、高さ 39 mm の円筒形をしており、パリの国際度量衡局 (BIPM) が保管しています。メートル条約加盟国には、この国際キログラム原器との比較によって値付けされた複製のキログラム原器が配布されます。わが国では、1890 年に受領した複製が日本国キログラム原器として役割を担っており、独立行政法人産業技術総合研究所が保管しています。

(3) 温度 K (ケルビン)

現在、温度の単位「ケルビン」の定義は、1954 年に「すべての分子の運動が停止する絶対零度を 0 K、水の三重点の熱力学温度 (0.01 °C) の 1/273.16 倍を 1 K」と、CGPM で決められています。ここで、三重点とは、気体と液体と固体がバランスよく共存するポイントのことです。

しかし、わたしたちの日常生活では、セルシウス度 (°C) が一般的に使われています。セルシウス度とは、水の凝固点を 0 度、沸点を 100 度とする定義です。°C と K の関係は以下のとおりです。

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273.15 \quad \text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$$

1.3 測定値の信頼性とトレーサビリティ

1.3.1 測定値の信頼性

測定値の信頼性は、測定器の信頼性と、測定者の知識や習熟度などの測定に関する様々な要因が合わさったものといえます。

これまで、測定の信頼性の表現として「誤差」「精度」「繰り返し性」などという用語が、国・技術分野ごとで異なって使われてきていました。

国際的な貿易が拡大する中で、各国で測定データを相互利用するための国際的合意の必要性が生じ、国際度量衡委員会の主導で測定値の信頼性の表現法や算出法の統一が行われることとなり、1995年、国際標準化機構（ISO）より「測定における不確かさの表現ガイド」(GUM)が発行され、測定値の信頼性を表す国際的な定義として「不確かさ」(uncertainty) という概念が導入されました。

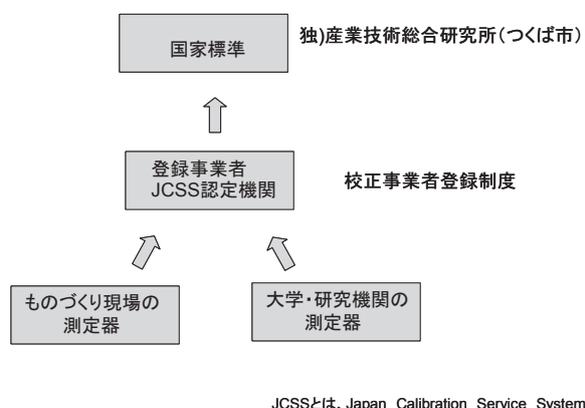
不確かさとは、「測定値のばらつき」の程度を表すことにより、測定値の信頼性の程度を表すものです。不確かさの評価は、まず対象とする測定の様々なばらつきの要因を特定し、ばらつき要因によってどのくらい測定値がばらつくかを求めます。そして、求められた個々のばらつきを合成してばらつきの全体的な大きさとしての不確かさを求めます。不確かさを求めるためにどのようなばらつきの要因を取り上げたかを明確に示す表（バジェットシートと呼ばれる）を作成することで、測定の内容が分かって測定方法などの改善の手がかりを掴むことができます。

1.3.2 トレーサビリティ制度

「計量トレーサビリティ」とは、測定器による測定結果が、校正の途切れない連鎖で国家標準や国際標準に関係づけられていることを表す性質です。例えば、「測定結果は、計量トレーサビリティ (traceability) が確保されている」という使われ方で、測定結果の信頼性を表しています。

計量トレーサビリティ制度は、図に示すように国家標準（特定標準器）を定め、産業界などの測定器が計量トレーサビリティを確保できる仕組みであり、計量法に定められています。すなわち、測定器は、校正事業者が保有する標準器（実用標準器）によって校正され、その標準器は、より正確な（不確かさがより小さい）標準器（特定二次標準器）によって校正され、さらに、特定二次標準器は国家標準の特定標準器によって校正される仕組みとなっています。

このように、測定器が校正の連鎖によって国家標準に辿り着けることが確かめられている場合、この測定器は国家標準にトレーサブル (traceable) であるといえ、測定値の信頼性が証明されることとなります。そして、認定された登録校正事業者を利用することによって、途中の校正の連鎖を意識することなくトレーサビリティが確保されることとなります。



JCSSとは、Japan Calibration Service System

測定値のトレーサビリティ体系図

第2章 測定器の基礎知識と使い方

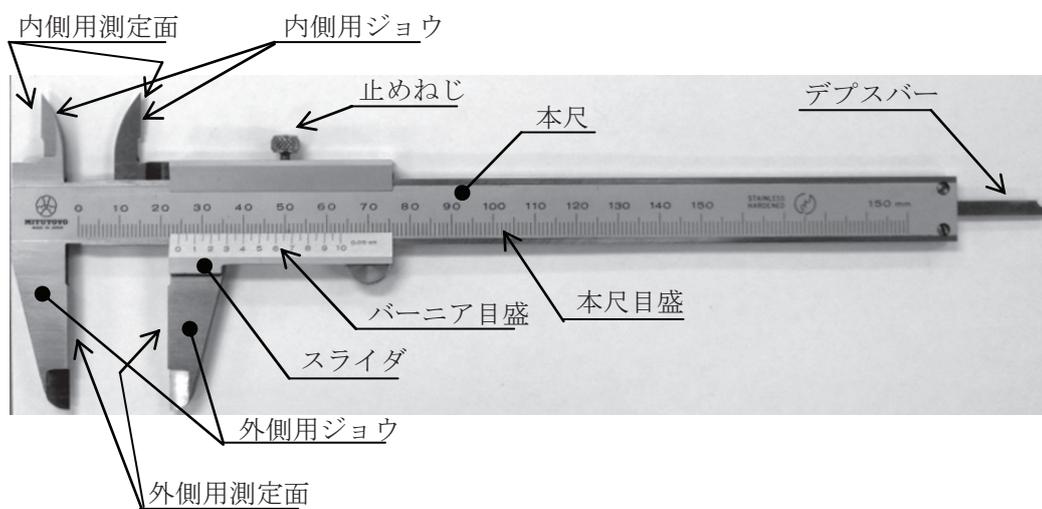
第2章 測定器の基礎知識と使い方

2.1 長さ

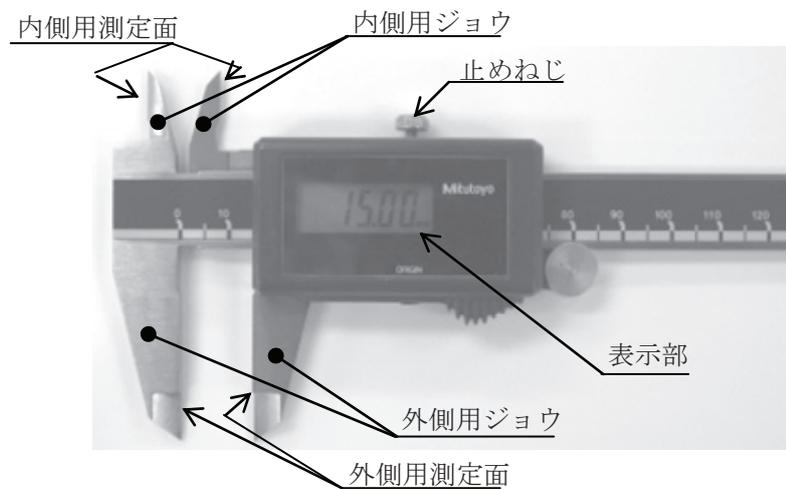
2.1.1 ノギス

(1) 基礎知識

ノギスは、図のように外側用および内側用の測定面のあるジョウを一端にもつ本尺を基準に、それらの測定面と平行な測定面のあるジョウをもつスライダが滑り、各測定面間の距離を本尺目盛、およびバーニア目盛またデジタル表示によって読み取ることができる測定器です。近年ではデジタル表示のノギスは、測定値の読み間違いがなく、最小読取が小さい等、その利便性により主流になっています。



アナログ型



デジタル型

(2) 性能

JIS B 7507 では、ノギスの器差の許容値が定められています（参考 2 参照）。

器差とは、測定器（ノギス・マイクロメータ）の読みから示すべき真の値を引いた値です。

(3) 使用方法

①使用前の注意

- ・ノギスに付着したごみ、汚れおよび油分などを、ガーゼ等を用いて拭き清めます。
- ・スライダは、作動範囲全域にわたって滑らかで、緩みがなく作動し、有害な遊びがないこと。動きが滑らかでない時は、すべり面およびスライダ内部にごみが付着していないか、すべり面に傷、突起（カエリ）がないかを確認します。ごみの場合はよく拭き取り、傷、カエリなどの場合は油砥石で軽く落としてください。
- ・零点が合っているかどうかを確認します。本尺およびスライダの外側用ジョウの測定面を合わせ、隙間がないことを確認します。



隙間がない状態（良い例）



隙間がある状態（悪い例）

②使用上の注意

- ・内側用ジョウを痛めないように大事に取り扱いましょう。コンパスやディバイダの代わりなど、本来の用途以外には使用しないでください。
- ・ノギスは「アッペの原理※1」を満たしていない。よって、スライダの歪み誤差を減らすため、被測定物はできるだけ本尺に近いジョウの根元の部分で測定します。
- ・測定力は親指をスライダの指かけにかけて、軽くすべらせる程度にします。ノギスには定圧装置がないので、不必要な測定力を加えないようにしてください。
- ・目盛を読むときは、必ず正面に目を置き視差（P35 参照）のないように読み取ります。
- ・内側測定では、内側用ジョウをできるだけ深く入れます。内径測定の場合は最大値を、溝幅測定の場合は最小値を読み取ります。
- ・小さな穴の径を測定するときは、実際の穴径よりも小さい値を示すので、注意が必要です。

※1 アッペの原理…被測定物と測定器の目盛線とを同一直線上に配置し、測定の誤差を最も小さくすることができるという寸法測定精度に関する原理。

③使用後の注意

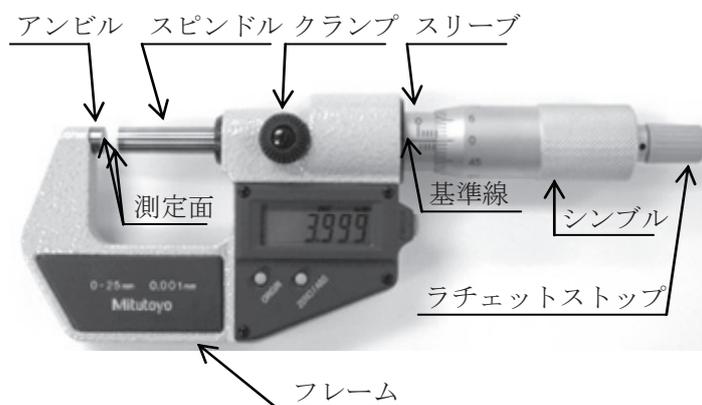
- ・ごみ、汚れ、油分などを、ガーゼ等を用いて拭き清めます。
- ・腐食防止のために、防錆油等をすべり面に塗布します。
- ・直射日光の当たらない、湿気の少ない場所に保管します。

2.1.2 外側マイクロメータ

(1) 基礎知識

①構造

外側マイクロメータは、のような形状であり、半円形またはU字形をしたフレームの一方に固定測定面（アンビルと呼ぶ）を設けて、この測定面に垂直に移動するスピンドルの端面が移動測定面になっていて、このスピンドルの移動量を示すための目盛りが 0.5 mm 刻みでスリーブに、0.01 mm 刻みでシンブルに付けてあります。



外側マイクロメータの名称

②測定方法

アンビルとスピンドルの測定面で測定物を一定の測定力で挟んで、その時のスリーブとシンブルの目盛りで測定値を得ます。デジタル表示のマイクロメータは、デジタルの表示が測定値になり簡単に測定値が得られます。

③スピンドルのねじと目盛りの関係

スピンドルの移動は、極めて精密な 0.5 mm ピッチのねじによっておこなわれます。そして、シンブルの目盛りは 50 等分してあります。0.5/50=0.01、したがって、シンブルの 1 目盛りは 0.01 mm となります。

(2) 性能

JIS B 7502 では、20℃における外側マイクロメータの性能が定められています(参考 3 参照)。

(3) 使用方法

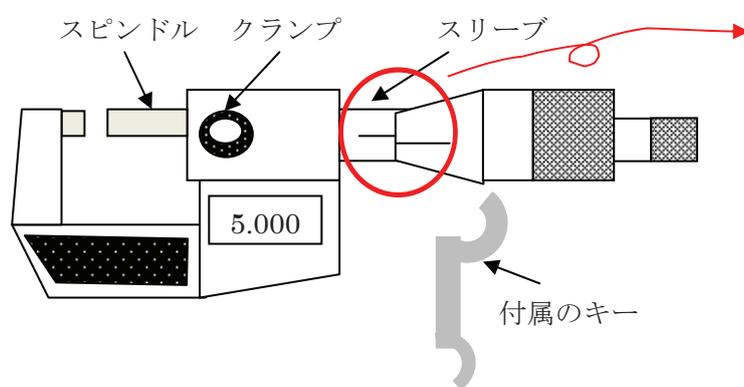
①使用前の注意

- ・マイクロメータ全体のごみ、汚れおよび油分などを、ガーゼ等を用いて拭き清めます。特に、アンビル、スピンドルの測定面は、良く拭き清めます。
- ・両測定面に紙片を軽く挟んで引き抜き測定面についたゴミ、汚れおよび油分などを拭き取ります。これは、測定中にも時々行うと良いでしょう。
- ・作動範囲全域にわたり滑らかで、緩みなく作動することが大切です。
- ・零点が合っているかどうかを確認します。

②零点の調整

零点が合っているかどうかを確認します。ラチェットストップを用いてスピンドルを回転させ、スピンドルとアンビルが接触して止まるまで軽く回して、マイクロメータのスリーブの基準線とシンプルの零線が合っているかどうかを調べます。

- ・狂っている場合の一般的な調整方法は、狂いが $\pm 0.02 \text{ mm}$ 以内のときはクランプでスピンドルを固定し、スリーブを付属のキーで回して図のように調整します。
 - ・狂いが $\pm 0.02 \text{ mm}$ 以上の場合、クランプでスピンドルを固定し、ラチェットスクリューを付属のキーでゆるめ、シンプルを自由に動くようにします。次にシンプルの目盛線の0をスリーブの基準線に合わせ、この位置でラチェットスクリューを締めてシンプルとスピンドルを固定します。
 - ・この場合、 $\pm 0.02 \text{ mm}$ 以内の誤差が再び生じた時は上記の方法で調整します。
- なお、調整法は測定機メーカーによって異なる場合がありますのでメーカーの使用説明書を良く読むことが必要です。



付属のキーを使って零点を調整する

マイクロメータの零点調整

③使用上の注意

- ・測定力を一定にして測定するために、ラチェットストップを使用して測定します。スピンドルを静かに回転させ測定面に被測定物が接してからラチェットストップを2~3回転した程度で測定値を読みとります。なお、測定面を急激に強く被測定物にあててはいけません。
- ・読み取り方は、スリーブの基準線と合致しているシンプルの目盛を垂直に観測します。その際、視差に注意してください。
- ・より正確にマイクロメータで測定を行う場合は、被測定物と近似寸法のブロックゲージ^{※2}

などによりマイクロメータの器差を測定し、測定値を補正します。

- ・回転軸等の測定を行う場合、回転中に測定を行わないでください。測定面の摩耗の大きな原因となります。
- ・加工中、あるいは加工直後は加工品の温度がかなり上昇している場合があるので注意しましょう。
- ・大形マイクロメータを長時間使用する場合、手で直接支持すると手の温度の影響で無視できない誤差を生じるので、手袋を使用してください。
- ・大形マイクロメータは垂直にして使用する場合と、水平にして使用する場合とでは、歪みによって誤差を生じるので、測定時の姿勢で零点を点検してから使用します。

※2 **ブロックゲージ** 製造現場で用いる長さの基準であるブロックゲージは、耐久性のある材料で作られ、長方形断面で平行な測定面を持つ端度器である。その測定面は他のブロックゲージと良く密着する性質を持っています。このことにより、一般的には0.005mm刻みで基準寸法をセットできます。ブロックゲージの寸法はゲージの測定面上の面から他の測定面に密着させた同一材質、同一表面状態の基準平面までの距離であらわれます。主な材料は特殊ダイス鋼、クロムカーバイド等で熱膨張係数は10℃～30℃の範囲では $(11.5 \pm 1.0) \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と定められています。つまり100mmで温度が1℃上昇すると約0.001mm(1μm)伸びます。

④使用後の注意

- ・ごみ、汚れ、油分などを、ガーゼ等を用いて拭き清めます。
- ・アンビル、スピンドルには、腐食防止のため防錆油を塗布します。
- ・使用后、アンビル、スピンドルの両測定面を接触させておくと腐食や狂いの原因となるので、必ず離して保管してください。
- ・直射日光の当たらない、湿気の少ない場所に保管します。

⑤ノギスとマイクロメータの使いわけ

- ・ノギスよりも精度よく寸法測定をしたい場合
- ・測定範囲はノギスより小さい
- ・ノギスより測定に時間がかかる

2.1.3 ゲージ

(1) 基礎知識

ゲージとは、穴又は軸の最大実体寸法を基準とした測定面と、最小実体寸法を基準とした測定面とを持つものであり、このゲージを使えば、加工した部品の外径寸法や内径寸法などが許容範囲内で加工されたのかどうかを簡単（短時間）にチェックできます。

最大実体寸法を基準とした測定面を持つ側を通り側といい、最大実体寸法は、穴の場合は最小許容寸法に等しく、軸の場合は、最大許容寸法に等しくなります。

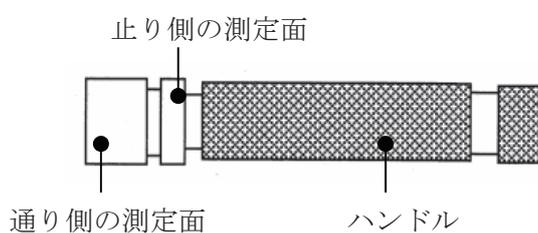
最小実体寸法を基準とした測定面を持つ側を止り側といい、最小実体寸法は、穴の場合は最大許容寸法に等しく、軸の場合は、最小許容寸法に等しくなります。

(2) 種類

種 類	用 途
プラグゲージ	穴の検査に用いる
リングゲージ	軸（丸棒）の検査に用いる
挟みゲージ	軸（丸棒）の検査に用いる
巾ゲージ	巾寸法の検査に用いる
高さゲージ	高さ寸法の検査に用いる
ねじゲージ	平行ねじやテーパねじの検査に用いる

(3) プラグゲージ

①種類

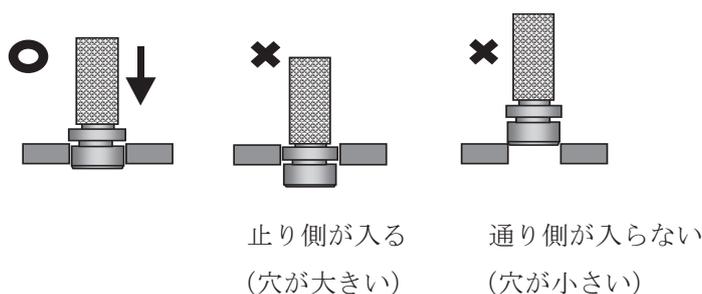


②使用方法

- ・使用前に、部品及びゲージの測定面に付着した切粉および油分などを、ガーゼ等を用いて拭き取ります。
- ・通り側及び止り側のゲージを部品に挿入して、通り側がスムーズに穴を通り、止り側が穴を通らなければ、その穴は合格となります。

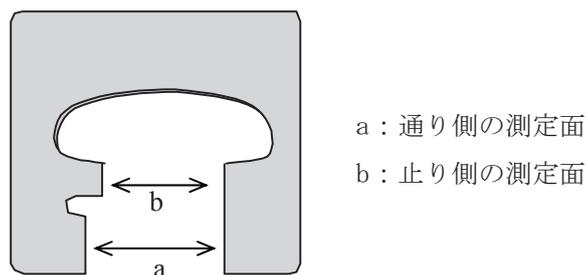
③使用上の注意

- ・ゲージを部品に挿入する時の力は、ゲージの自重程度で挿入してください。



(4) 挟みゲージ

①名称



a : 通り側の測定面

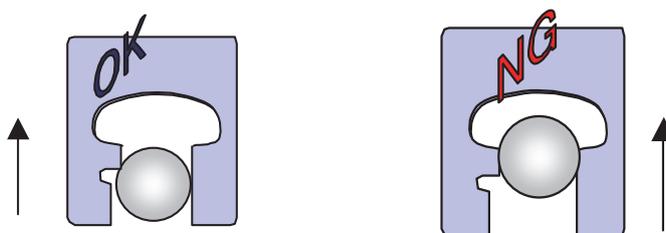
b : 止り側の測定面

②使用方法

- ・使用前に、部品及びゲージの測定面に付着した切粉および油分などを、ガーゼ等を用いて拭き取ります。
- ・通り側及び止り側のゲージを部品に挿入して、通り側がスムーズに部品を通り、止り側が部品を通らなければ、その部品は合格となります。

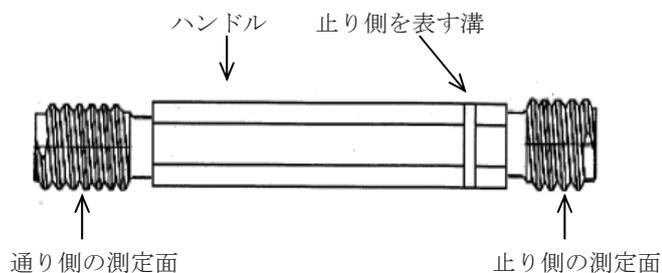
③使用上の注意

- ・ゲージを部品に挿入する時の力は、ゲージの自重程度の力で挿入してください。



(5) ねじゲージ

①名称

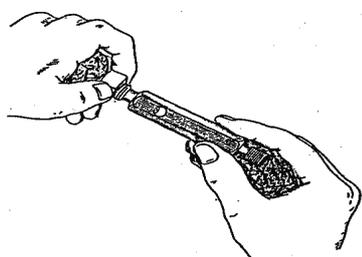


②使用方法

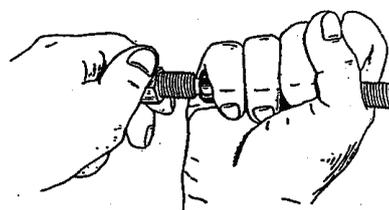
- ・使用前に、部品及びゲージの測定面に付着した切粉および油分などを、竹ブラシなどで取り除きます。
- ・通り側及び止り側のゲージを部品にねじ込み、通り側がスムーズにねじ込まれ、止り側が2回転以上ねじ込まれなければ、そのねじは合格となります。

③使用上の注意

- ・ゲージを部品のねじにねじ込んでいく時の力は、鉛筆を持って字を書く時の力程度の感覚でねじ込んでください。



正しい持ち方



正しくない持ち方

③使用後の注意

- ・ごみ、汚れ、油分などを、ガーゼ等を用いて拭き取ります。
- ・腐食防止のために、防錆油等を測定面に塗布します。
- ・直射日光の当たらない、湿気の少ない場所に保管します。

2.2 質量と質量計

2.2.1 質量の計り方と質量計（はかり）

(1) 質量の計り方

物の重さを計るということは、その物の「質量」を計るとのことです。「質量」とは物体が有する固有の量のことで、物体が置かれている周囲の物理的条件に関係のない一定のもので、「質量」の単位のキログラムは基本単位の一つになっています。

「質量」はそれを直接計ることはできません。そこで、既知の質量の物体と比較して未知の質量を計るとか、力（重量）を計って換算するとかの方法がとられます。つまり、地球の重力による力を利用して質量を計るわけです。これらの比較する道具や力（重量）を検出する道具が質量計（はかり）です。既知の質量の物体としては分銅があり、比較する道具としては手動天びんなどがあります。また、力（重量）の検出方法は機械式（てこ式、ばね式、など）と電気式（電気抵抗線式、電磁式、など）があります。

なお、はかりは、自動はかり（計量結果を得るまでに人手を必要としないはかりや計る物が動いている状態で計量が行われるはかりなど）と、非自動はかり（計量結果を得るまでに人手を必要とするはかりで、計る物が静止している状態で計量が行われるはかり）に分けられます。以下に、非自動はかりの使用上の注意事項や点検方法、また、計量法との関わりなどについて述べます。

(2) はかりの主な種類

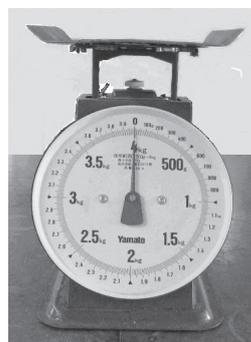
はかりは、その構造から、機械式はかりと電気式はかりに分けられ、次の種類のようなものがあります。

はかりの種類

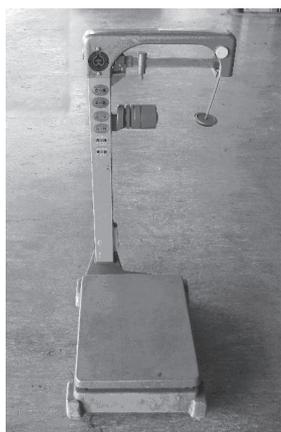
機械式はかり	電気式はかり
手動天びん	電気抵抗線式はかり（ロードセル式）
等比皿手動はかり	電磁式はかり（電磁力平衡式）
台手動はかり	音叉振動式はかり
ばね式はかり	



電気式はかり



ばね式はかり



台手動はかり



等比皿手動はかり（上皿天びん）

(3) はかりに関する用語

はかりに関する用語にはいろいろなものがあります。主なものは次のとおりです。

用語	定義または説明
計量器	計量をするための器具、機械または装置
はかり	物体に作用する重力を利用して、その物体の質量を測定するために使用する計量器 その操作方法に従って、自動はかりと非自動はかりに分けられる。
非自動はかり	計量結果を得るための計量過程において分銅調整等の操作者の介入を必要とするはかり 計量値を得るまでの過程において、静止状態において計量を行うもので、特定計量器として計量法の規制対象となる。
自動はかり	計量結果を得るための計量過程において分銅調整等の操作者の介入なしで自動的に行われるはかり（ホップスケール、コンベアスケールなど）
電気式はかり	電子装置を組み込んだはかり
ひょう量（Max）	最大計量能力
最小測定量（Min）	この値未満では大きな相対誤差を生じる可能性がある値（最小測定量未満では計量しない方がよい）
計量範囲	最小測定量とひょう量との間の範囲
目量（e）	最小表示値（補助的に目量より小さい値を表示するはかりもある）
はかりの計量値	はかりが表示する質量の値
はかりの器差	はかりの表示値から質量の真の値を引いた値
検定公差	計量法の検定において適用する器差の許容値
使用公差	計量法の使用中の検査において適用する器差の許容値

※ 詳細は、計量法及び JIS B 7611-1, 2, 3、(非自動はかり) JIS B 7609 (分銅) を参照してください。

(4) はかりに使用される質量の計量単位

計量単位	記号	定義
トン	t	キログラムの 1.000 倍
キログラム	kg	国際キログラム原器の質量
グラム	g	キログラムの 0.001 倍
ミリグラム	mg	キログラムの 0.000001 倍

※ この他に特殊の計量にのみ使用できる計量単位として (mom : もんめ、ct : カラット、oz : トロイオンス) があります。

2.2.2 はかりの選び方

(1) 「はかる物」に応じた「はかり」の使用

はかりには、いろいろなひょう量、目量、計量範囲のものがあります。これらを使用して計量を行う際には、何を計るのか、どのような形状のものを計るのか、計量する物の重さはどのくらいか、などとともに、どのくらいの正確性をもって計るのかを考えてはかりを選ぶ必要があります。

はかりは、その構造や性能から担保できる計量値の正確性が決まります。使う側が求める計量値が、使用するはかりの計量範囲にある場合であっても、そのはかりの目量が、計量する製品の規格値や許容される計量誤差に比べて大きいときは、そのはかりは使用目的として不適当ということになります。また逆に目量が小さければ小さいほど正確性が高いと考えて、過度に目量の小さいはかりを使用することは経済性や効率性、作業性などからみて不適当です。

(2) 重力加速度の影響

手動天びんや台手動はかりなどのてこを使ったはかりは、つりあいをとる方式のために重力の影響は考えなくてもよいこととなります。しかし、ばね式はかりや電気式はかり（つる巻きばねやロードセルなどを利用したはかり）は、地球の重力による力を利用して計るため、重力の影響を受けます。重力加速度は緯度や高度など場所によって異なり、その値は赤道に近いほど、また、高いほど小さくなります。このため、例えば札幌の重力加速度で調整し使用していたはかりを鹿児島に移動した場合は、はかりの表示値に約 1/1,000 の違いが生じます。つまり、目量が 1g のはかりであれば、札幌で 1,000g と表示したものが鹿児島では 999g と表示されることとなります（参考 4 参照）。したがって、はかりを遠隔地に移動した場合は移動した場所で分銅を載せて器差を確認し、必要があれば器差を調整し直す必要があります。また、はかりを購入する際は、はかりの使用場所の重力加速度に応じて調整を行ったはかりであることをメーカーに確認しましょう。

なお、精度が高いはかりは、あらかじめ使用場所を限定したはかりを使用することや、内蔵分銅によるスパン調整装置または重力変化の影響を補正する装置を有するはかりを使用することが必要です。

2.2.3 使用上の注意事項

(1) 使用場所の環境

はかりは、急激な温度変化や高い湿度を避け、また、つりあいを安定させるためには、風や振動の影響がない場所で使用する必要があります。また、電磁式はかりでは、磁気の影響を受けないようにすることが大切です。なお、高精度のはかりで微量物質の測定をする場合などは、空気の対流や塵埃、振動や磁気の影響を受けない専用の部屋と空調も必要となる場合があります。

(2) 使用する前に

①堅牢で安定した台の上、水平状態にある固い場所に設置して使用します。(クレーンスケールや棒はかりなどのように吊る方式のはかりもあります。)

電磁式はかりの場合は大理石などの台の上に置き、精度の高いはかりは防振台上に設置します。

②水平な状態にして使用します。水平装置が付いているものは水平を調整します。

③電気式はかりは、温度ドリフトを防ぎ安定状態にするため、使用前(一般的に30分以上前)に電源を入れておきます。高精度の電磁式はかりなどは常時通電が必要です。

また、電源の複数接続は避けるようにします。

④はかりの周囲を整理整頓し、はかりの載せ台に計量する物以外の物が接触したり、異物が載ったりしないようにします。

⑤はかりを持ち運びするときは、ぶつけたり、落としたりして、衝撃を与えないようにします。

(3) 計量するときの注意

①零点を確認します。はかりの載せ台に何も載っていない状態において、ばね式はかりでは指針が零を指していること、電気式はかりでは表示が零となっていること、台手動はかりなどでは目盛りさおが正しくつりあっていること、を確認します。

②はかる物は、載せ台や載せ皿の中央付近に載せるようにします。

偏った載せ方は、外部との接触や計量する物の落下、また、偏置誤差を生じる原因になる恐れがあります。

③はかる物は、載せ台に静かに載せ、衝撃荷重はかけないようにします。

④はかりのひょう量を超える荷重をかけないようにします。構造に影響をもたらす恐れがあります。

⑤はかりに表記された最小測定量未満の計量はしないようにします。

⑥落ち着いて丁寧に計ることを心がけましょう。

(4) はかりの点検

はかりは、年月が経過するとしだいに老朽化し劣化します。それに伴い誤差などを生じるおそれがあります。そこで、日ごろの作動状態の点検、定期的な検査などが必要となります。

作動状態の点検の目安には次のようなものがあります。

①機械式はかり

- ・ はかりの台や皿、はかりの内部に付着物や異物が挟まったりしていないか
- ・ 使用するおもりに、錆びや付着物、かけたところはないか

- ・ 指針や目盛りさおの動きの状態は円滑か、引っかかりや止まることなどがいいか
- ・ はかり全体や載せ台、載せ皿に緩みや異常なところはないか
- ・ 零点調整をすることができるか
- ・ 零点変化の程度（零点設定後、荷重を載せ降ろして零の戻りをみます。）

②電気式はかり

- ・ はかり全体や載せ台、載せ皿に緩みや異常なところはないか
- ・ 表示に異常な動きや不安定なところはないか
- ・ 零点変化の状態（零点設定後、荷重を載せ降ろして零の戻りをみます。）
- ・ 通常と異なる計量値を示すことはないか

(5) 精度の高い電気式はかりの使用上の注意

塵埃や異物、振動などの影響を多く受けるため、定期的な整備を行うなど特に注意が必要です。表示値が安定しない、表示値がゆっくり減少または増加するような現象がみられるときは、測定物の取り扱い上の問題（測定物が湿気を吸収・蒸発、測定物や測定容器が静電気を帯びている、測定物や測定容器が磁気を帯びている。）によることが考えられるので、注意が必要です。また、スパン調整装置または重力補正装置を有するはかりは、それを調整してから使用するようになります。

(6) はかりの使用（作業前、計る前）

計る前に次のことを心がけましょう。

整理・整頓	はかりの周囲を 整理・整頓
清掃	はかりとはかりの周囲を 清掃
水平	はかりの 水平 状態を点検
零点	はかりの 零点 を確認
習慣	整理・整頓、清掃、水平、零点の確認を 習慣 に

2.2.4 はかりの自主検査

使用頻度が高いはかりや品質に影響を及ぼす計量を行っているはかりなどについては、使用者が自ら定期的にそのはかりの自主検査をすることも必要です。自主検査は、計量法で規定された検定や定期検査の方法に即して行うことも一つの方法ですが、現場の使用実態に合わせて検査周期や検査方法などを定め、簡略化して行う方が効率的です。次にその一つの例を示します。

①分銅の準備

はかりの自主検査を行うには分銅が必要です。分銅は質量が既知の計量器で、質量の標準としての役割や質量測定、また、はかりを検査するために使用します。

分銅には、計量法の検定・検査に使用する基準分銅、JCSS の校正証明書付き分銅、JIS マーク付き分銅、メーカーの証明書付き分銅、などがあり、その構造や許容誤差などはそれぞれ計量法や JIS で定められています。基準分銅は計量法で持つことができる者が限られているので、一般には基準分銅以外の分銅を準備して自主検査に使用することになります。自主検査に使用する分銅は、一般的なはかりの場合は JIS B 7609:2008 [分銅（最大許容誤差）] に定められた M 1 級の許容誤差の分銅を準備することで検査ができます。（精度の高いはかり

の場合は、E級やF級クラスの分銅が必要となります。)

②自主検査の方法

常時、同じ質量のものを計量している場合は、その質量と同じ質量値の分銅を一つ用意して、はかりの同じ質量の表示値について定期的に検査をする方法があります。また、計る質量が一定していないときは、使用頻度の高い3箇所程度の質量と同じ質量値の分銅を用意し、はかりのその3箇所の質量の表示値について検査を行う方法もあります。

なお、計量法の検定や使用中検査の方法に準じて自主検査を行う方法もあります。この場合は準備する分銅も数が多くなり、また、検査方法の習得が必要となり、検査時間も一定多くかかることとなります。

③適合基準

適合基準は、計量法の検定公差または使用公差（計量法で引用する JIS B 7611-2:2009）を準用する方法があります。また、必要とする計量値の正確性や製品の規格値などに応じて、自主的に適合基準を決めることも必要です。例えば、適合基準を±1目量以内や±2目量以内とする方法、また、分銅の表す質量とはかりの表示値が同じ場合を適合とする方法などがあります。

④検査周期

検査周期は、使用実態や使用頻度、そのはかりの安定性と重要度に応じて、6ヶ月に1回、また、1年に1回などと決めることとなります。

2.2.5 質量計（はかり）と計量法

(1) 特定計量器と検定

計量法は、計量器の中で、取引または証明における計量に使用されるもの及び使用される可能性が高いもの、また、一般消費者の生活に使用されているもの、を「特定計量器」として定め、その構造、性能や器差について基準を設けています。特定計量器を取引または証明における計量に使用するときは、例外を除き、「検定証印」または「基準適合証印」が付されたものでなければならないことになっています。

検定証印は「検定」に合格した特定計量器に付されるもので、検定とは、特定計量器が、計量法で定める構造に係る技術上の基準に適合しているかどうか、器差が検定公差内にあるかどうか、を検査し認定することです。はかりの検定は、都道府県知事が行います。

また、基準適合証印は、経済産業大臣が指定した一定の品質管理能力を有する特定計量器の製造事業者が、計量法の技術基準と検定公差に適合した特定計量器に付すことができるもので、検定証印と同じ効力を有します。

質量計は、次のものが「特定計量器」として定められています。

①「非自動はかり」のうち、次のもの

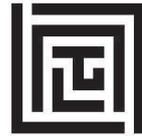
- ・目量が10 mg以上であって、目量の数が100以上のもの（②、③を除く。）
- ・手動天びん及び等比皿手動はかりのうち、表記された感量が10 mg以上のもの
- ・自重計（貨物自動車に取り付けて積載物の質量の計量に使用する質量計）

②表す質量が10 mg以上の分銅

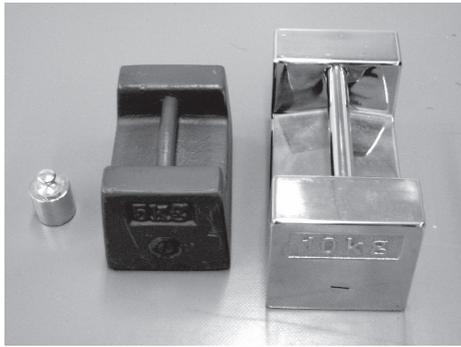
③定量おもり及び定量増おもり



検定証印



基準適合証印



分 銅



定量増おもり

(2) はかりの定期検査

特定計量器には、検定合格後の有効期間が定められているものがあります。検定に合格しているはかりであっても、繰り返して使用しているうちには性能等が劣化してきます。そこで、使用中のはかりが、一定の基準以上の器差や性能を維持しているかどうかを確認するために定期検査制度が設けられています。はかりを取引や証明に使用している者は、2年ごとに都道府県知事または特定市町村の長、都道府県知事や特定市町村の長が指定した指定定期検査機関、が行う定期検査を受けなければなりません。この定期検査は、計量士（計量の専門的知識と技術を有する者：国家資格）が行う検査（代検査）に代えることができます。

なお、取引または証明に使用しているはかり（検定証印または基準適合証印が付されているもの）は、自主検査を行っている又は行っていないに関わらず、計量法に基づく定期検査を受けなければならないことになっています。

2.2.6 正しい計量結果を得るために

質量を計るということは、一部の高精度の質量測定や微量の測定を除いて一般的に熟練とか特に技術を必要とするものではありません。はかりを用いれば誰でも比較的容易に計量することができます。しかし、基本的な使い方は心得ておかなければなりません。併せて必要に応じて自主検査を行うことや計量法との関わりを理解して、正しい計量結果を得るようにすることが大切です。

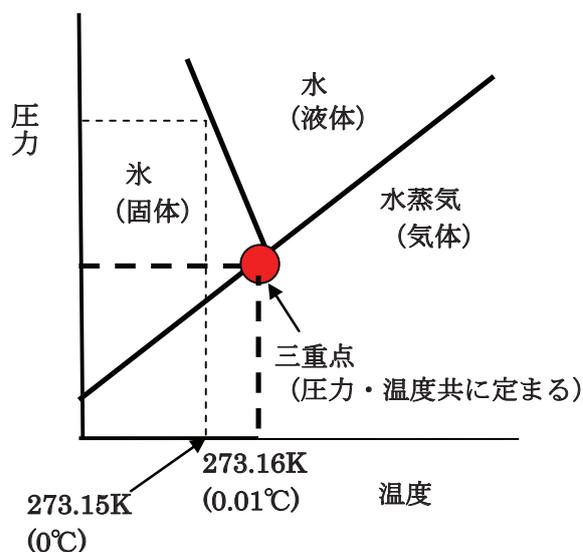
2.3 温度

2.3.1 温度の計測に関して

温度とは、寒い暖かいなどの度合いを数値で表したものであり、分子の運動の度合いとも言えます。温度には下限が存在し、0 [K] (= -273.15 °C) で、どんな分子運動も静止した状態となります。この状態を絶対零度と言います。

私たちの日常生活では温度の単位はセルシウス度と呼ばれる°Cが一般的ですが、現在の国際単位系では、温度の単位はケルビン (K) です。氷点 (0°C) よりも「水の三重点 (氷と水と水蒸気が共存する温度 (0.01°C))」の方が再現性が良く、この熱力学温度を 273.16K とすることに国際的に

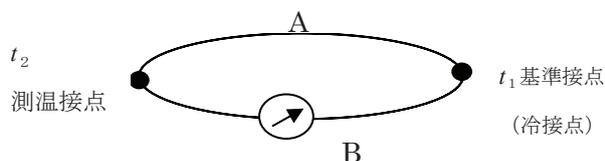
定義されました。



2.3.2 熱電対について

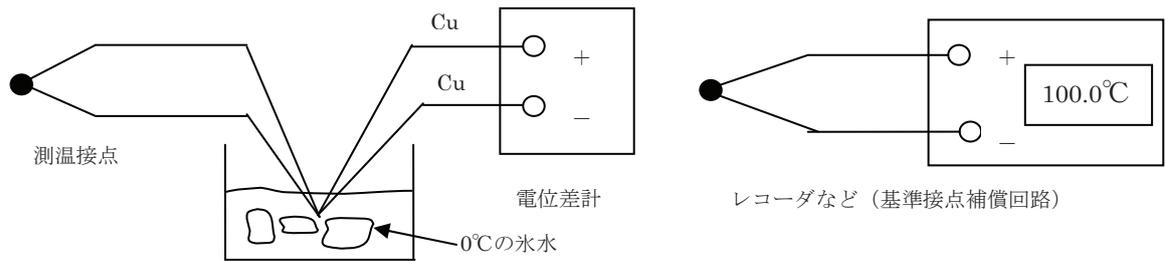
(1) 熱電対とその測定原理

種類の異なる2本の均質な導体 A、B の両端を電気的に接続し右図のような閉回路を作り、この両端に温度差 t_1 、 t_2 を与えると回路中に電流が流れます。この



の現象は一般にゼーベック効果と呼ばれています。この回路に電流を起こさせる電力を熱起電力と呼び、その極性と大きさは2種類の導体の材質 (A と B) と両端の接合点の温度 (t_1 と t_2) のみによって定まることが確認されています。導体の太さや長さ、両端部分以外の温度には無関係です。通常は、温度を測定する側と反対側になる端部を一定温度 (0 °C) に保ち、熱起電力を測定することであらかじめ分かっている熱起電力と温度の関係から測定対象の温度を知ります。この測定する側の接点を測温接点または熱接点と呼び、反対側の一定温度に保つ接点を基準接点または冷接点と呼びます。

実際に熱電対を温度センサとして使用する場合は、測温接点側を温度の測りたい箇所に設置し、反対側を電圧計に接続することになります。ただし、そのままでは基準接点温度が一定にならないため、基準接点となる部分を氷水の中に入れて 0 °C とするか、温度補償回路の内蔵された計測器 (レコーダなど) を使用します。



(2) 熱電対の3法則

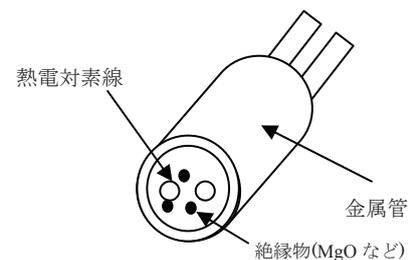
熱電対の基本的な法則として次の3法則が確かめられています。

<p>均質回路の法則</p>	<p>素線が均質な材料であれば、局所的な加熱によっても熱起電力に影響はありません。</p>
<p>中間金属の法則</p>	<p>素線の間中部に異種金属を接続した場合も、その両端の温度が等しければ熱起電力の変化は起こりません。</p>
<p>中間温度の法則</p>	<p>基準温度を任意に選んだ場合でも、熱起電力の加減算のみで正しい起電力を求めることができます。</p> $V = V_1 + V_2$

(3) 熱電対の構造

熱電対とは、+脚素線と-脚素線とを溶接して、測温接点を形成したのですが、絶縁性をもたせるため被覆を施すか、セラミック製絶縁管を通して使用します。保護管に挿入して使用する保護管付熱電対と、絶縁管の代わりに絶縁粉末を充填して、保護管と素線を一体化したシーす熱電対があります。

シーす部分の断面は、右図に示すように素線、絶縁材および保護管を一体化した構造です。絶縁材には酸化マグネシウム (MgO)、酸化アルミニウム (Al₂O₃) などの粉末が充填され、気密状態にしてあります。保護管材質には、ステンレス、インコネル (耐食性、耐熱性にすぐれた材料) などが、使用条件により選定されます。



(4) 熱電対の種類と特性

ここでは、代表的な熱電対 K、T の特長を示します。JIS C 1602 および JIS C 1605 に規定されています。

種類	特長	クラス	旧階級	測定温度	許容差 (°C)
K (CA)	<ul style="list-style-type: none"> ・+側にクロメル、-側にアルメル使用 ・工業用に広く使用されている 	1	0.4	-40°C以上+375°C未満	±1.5
				375°C以上 1000°C未満	$\pm 0.004 \times t $
		2	0.75	-40°C以上+333°C未満	±2.5
				333°C以上 1200°C未満	$\pm 0.0075 \times t $
T (CC)	<ul style="list-style-type: none"> ・+側に銅、-側にコンスタンタン使用 ・200°C以下でK熱電対よりも熱起電力が安定している 	1	0.4	-40°C以上+125°C未満	±0.5
				125°C以上 350°C未満	$\pm 0.004 \times t $
		2	0.75	-40°C以上+133°C未満	±1.0
				133°C以上 350°C未満	$\pm 0.0075 \times t $

(5) 熱電対の使用上の注意事項

熱電対の現場での測温時には、次の諸事項に注意しないと測定誤差が生じ、JISの許容差を逸脱した誤った温度を測定するため、製品検査において品質などに大きな影響を及ぼします。

①寿命と劣化

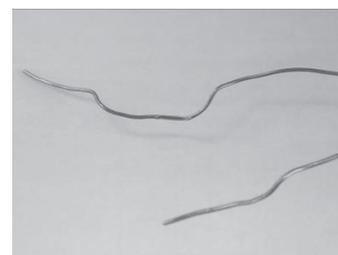
熱電対素線は、他の金属と同様種々のガスや金属蒸気に反応して、金属組織は変化しやすく、使用開始時には誤差が少なく特性の良好な熱電対であっても、変質劣化して熱起電力が変化します。この状態になるまでの時間を寿命と呼んでいます。

②応答速度

被測温物に熱電対を挿入した場合、測温接点が被測温物の温度に安定（熱平衡）するまでの時間が必要です。この時間を遅れといい、遅れの度合を応答と言います。

③挿入長と折り曲げ半径

被測温物に熱電対を挿入する場合、挿入長が短いと保護管および熱電対素線などの熱伝導により、測温接点が外界の温度の影響を受けて測温誤差を生じます。シース熱電対は絶縁管を使用しないため、曲げることができますが、温度勾配の大きい箇所では曲げると寄生熱起電力が発生する原因となるので、このような箇所での曲げることは避ける必要があります。



また、同一箇所を繰り返して曲げると、ねじれや変形を加えることになり、特性変化が起こるので避けなければなりません。

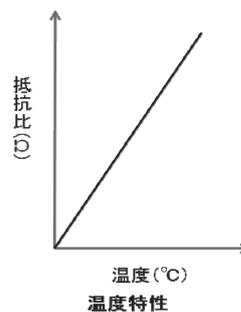
④他には、K熱電対でショートレンジオーダーリング（短範囲規則格子変態）による誤差もあります。これは、クロムを含む合金線を使用するK電対の場合300～350°C近傍で使用すると結晶構造が変化して短時間で熱起電力が変化する現象です。このような場合は、電気炉などで熱電対を焼鈍する（シース外径1mmなら500°Cで30分間）と購入時の熱起電力に簡単に戻すことができます。

2.3.3 測温抵抗体

(1) 測温抵抗体の測定原理

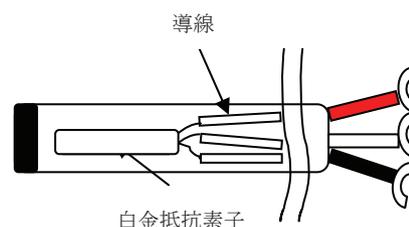
一般に金属材料は周囲温度の変化に比例して、電気抵抗が変化します。通常は温度の上昇とと

もに抵抗値が増加します。この特性を利用して、抵抗値を測定することで温度を知るものが測温抵抗体です。白金は、直線性、再現性に優れている金属で測温素子に用いられます。



(2) 測温抵抗素子

測温（抵抗）素子は、抵抗素線と巻棒から構成され、温度の変化量を電気信号（抵抗変化）に変換する重要な部分であるため、製造の良否により測温抵抗体の特性や安定性が決まってしまう。極細の白金線を0℃で100Ωになるようにコイル上に巻き、細い穴を持つセラミックに封入したり、ガラス芯体に巻き付けたりして製造されています。温度と抵抗との関係は、素線用金属の純度によるほか、抵抗素線の巻きかた、加工後の熱処理等により影響されます。



(3) 内部導線の形式

導線形式としては下図に示すような3形式があります。

2 導線式		導線抵抗が抵抗値に加算されるため、導線抵抗を小さくするか、導線抵抗をあらかじめ知っておく必要があります。高抵抗の場合に使用されます。
3 導線式		工業用として使用される測温抵抗体のほとんどがこの形式です。導線は、材質、線径、長さ及び電気抵抗が等しい3本の線が用いられ、3本の導線の温度分布が等しくなるように使用します。導線抵抗の除去対策はブリッジ回路などが受信計器側に施されています。
4 導線式		導線抵抗には影響されずに抵抗値の計測ができるため、標準温度センサ等高精度の計測時に使用されます。通常、定電流を流し電位差により抵抗値を計測します。

(4) 測温抵抗体の使用上の注意

測温抵抗体を使って温度測定する場合には、次の諸事項によって誤差を生じるので注意が必要です。

① 挿入長さ

測定対象へ測温抵抗体を挿入する長さが短いと、保護管や内部導線の熱伝導などにより外界の温度の影響を受けます。挿入長さが十分であるかどうかの確認は、測温抵抗体の定位置での温度値と定位置から少し引き出したり、差し込んだりしたときの温度値を比較し、変化しなければ挿入長さが十分なことがわかります。

②自己加熱

電気抵抗を測定するには、抵抗線に電流を流さなければ抵抗の測定はできませんが、抵抗線に電流を流すと、流した電流によってジュール熱が発生し抵抗線が加熱されます。これを自己加熱といいます。自己加熱は数式で表すと測定電流の二乗に比例しますが測温抵抗体の構造によって決まり、周囲条件により変化します。

1997年改正の JIS C 1604 では測定電流の規定電流は、0.5mA、1mA、2 mA となりました。

2.3.4 温度センサ使用上の注意

(1) 指示値の変化

温度は長さ、重さなどと違って前回校正した値と今回校正した指示値がよく変わるものです。ガラス製温度計はそうではありませんが、温度センサとレコーダの組み合わせ校正などでは校正する度に前回と温度指示値が変化します。これは白金抵抗体に比べて熱電対のほうが顕著です。いずれにしても、センサの劣化により熱起電力、抵抗値が変化するので、校正時には十分に注意が必要です。

(2) 温度センサの断線

断線によるトラブルは、熱電対、測温抵抗体を問わずに多く起こります。その原因としては、シース部分の折り曲げで起こる金属疲労によるものが一番多いでしょう。無理な折り曲げ、シース部分の押しつぶしは極力避けるべきです。また、不完全な断線（どこかで短絡している）の時にレコーダにつなぐと、温度センサは室温を表示しますので、断線していないじゃないかと勘違いします。そのようなときは、レコーダの電源を入れた状態でギューと温度センサを握ると温度が高くなる（だいたい 30 °C 前後、人間の体温による違いがあります。）ので確認するとよいでしょう。

(3) 指示計などの設定違い

温度センサは受信器（レコーダ、温調器など）に接続されて初めて温度を知ることができます。受信器の示している温度が通常予測される温度とかなりかけ離れていることにより異常の発見ができます。受信器の取扱い説明書を良く読んで接続ミス、設定ミスをなくすことが大事です。よくある設定ミスとしては、

- ・熱電対と測温抵抗体の違い
- ・熱電対の種類の設定違い
- ・Pt センサと JPt^{※3}センサの違い

などです。

また、熱電対と記録計を組み合わせたときに記録計の指示値が不安定なことがあります、その場合は記録計にアースをつなぐことによって解決できます。

(4) 挿入長さによる温度センサの違い

これも熱電対に多くみられるものですが、温度センサを油槽で校正するときセンサの挿入長さによって温度が変化するということがありました。設定値に対して挿入長さが短いほど差が大きく、長いほど差が小さい傾向であるので、十分に温度センサを深く挿入して校正し

た方が精度良く測定できます。

※3 JPt…1989年のJIS改訂で R_{100}/R_0 値 1.3916が1.3850に変更されたことにより、旧規格JIS C 1604-1981の Pt_{100} を JPt_{100} と名称を変更し、1995年の改正で廃止された。

第3章 測定器の管理

第3章 測定器の管理

3.1 測定器の選択

(1) 測定器の種類による選択

測定器は、値段が高い物ほど機能や性能が優れているが、反面、取扱い方が難しく校正や修理など保守管理にお金がかかるので必ずしも高価なものばかりが良いとは言えません。

大事な事は測定器が使用する目的に対して適切な物であって、かつ精度によって適切なものを使うことにあります。また、その測定器の正しい測定方法を知っていなければ、その価値を發揮できずに本来持っている能力を引き出せないで終わってしまいます。

したがって、測定器の購入担当者には、製品・部品の検査・校正で必要となる精度を把握し、要求を満たせるような選択がせまられます。

つまり、適切な測定を行うためには、適切な能力の測定器を選択することが必要です。

例を挙げると、

① ノギスとマイクロメータの適切な使用方法

ある製品のシャフトの径を測定し、その許容差が $5.00 \pm 0.01 \text{ mm}$ であったとします。それを検査員は、デジタルノギスで測定し、 4.99 mm で検査成績書を作成し、顧客に提出しました。後日顧客から次のような指摘がありました。「デジタルノギスはせいぜい $\pm 0.02 \text{ mm}$ の精度であるので、ここはマイクロメータ使用して測定すべきではないか?」。検査員はデジタルノギスでも 0.01 mm の数値が出るのでそのまま測定してしまいましたが、ここはノギスの10倍以上精度が取れるマイクロメータで測定する方が適当です。

② 電子天びんでの物の測定

検査担当者が電子天びんで物を測定する場合、それが許容差の中に入っているのが合格とする事例を考えます。

ひょう量 600 g 、目量 0.1 g の電子天びんを使用して、ある部品を測定したら 99.7 g でした。その部品の許容差は、 $99.7 \sim 100.3 \text{ g}$ で下限ギリギリでしたが合格としました。

しかし、実際にこの電子

天びんで 99.7 g は

$99.65 \text{ g} \sim 99.74 \text{ g}$ の

間にあることを理解し

ていないといけません。

したがって、このよう

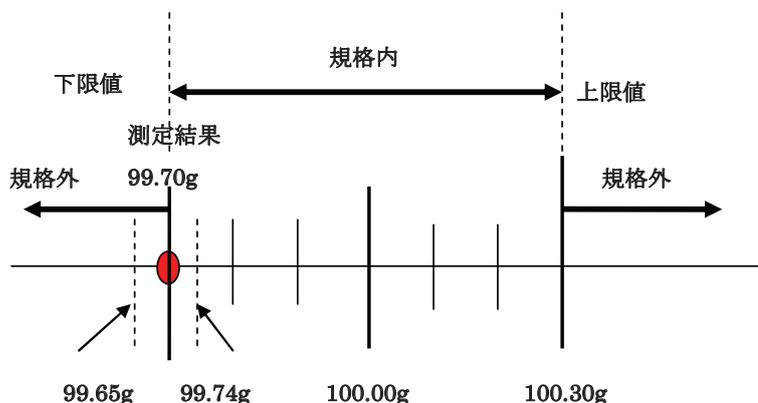
な場合は、目量 0.01 g

の電子天びんを選択す

るのが妥当であり、測

定器管理担当者の指導

・助言も必要となります。



(2) 測定方法による測定器の選択

測定器の管理を行っている、検査員から「測定器がないから検査ができない」と言われます。“検査できない”ということはイコール“出荷できない”ということであり、直ちに生産部長から事情説明を求められることもしばしばあります。組織では、そうならないために同じ種類の測定器を複数台所有していますが、高価な測定器は2～3台しか無いものもあり、使用状況のやりくりで四苦八苦することもあります。そうならないためには、測定方法は必ずしも一つに決まっているわけではないということを理解する必要があります。

例えば、長さの測定で、あるシリンダの内径を測定する測定器にはエアーマイクロメータ、ホールテスタ、シリンダゲージなどがあります。レーザ外径測定器の代わりにデジタルリニアゲージなどを使用して検査を行うこともできます。また、力の測定で、環状ばね型力計が無い場合は、代わりに載せていくのが大変であるがウエイトを載せていって検査を行うこともできます。

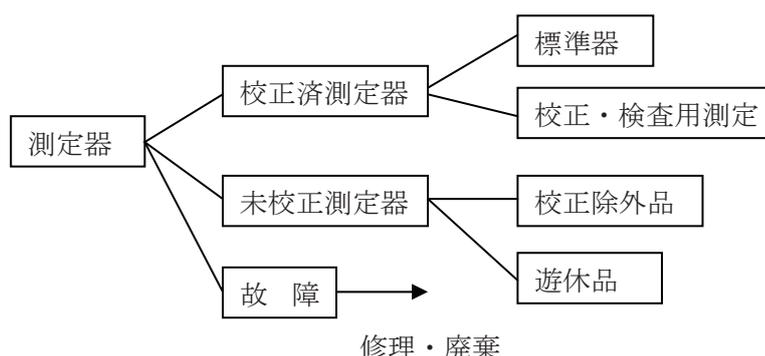
しかし、それを行うには日頃から訓練が必要です。例えば、測定器取扱講習会などを行って確認します。ある円柱のワークを用意し、それを金属製金尺、ノギス、マイクロメータ、ダイヤルゲージ、工具顕微鏡、外径測定器、輪郭形状測定器などの様々な長さ測定器を実際に使用させることにより、測定の方法は一つでなく、いろいろな方法があることを体験として確かめてもらうことが大切です。

3.2 測定作業の整理・整頓

「ものづくり」に測定器は欠かせません。測定器に5S管理を導入することで生産能力効果が高くなります。

測定器の5Sとは、(1)整理、(2)整頓、(3)清掃、(4)清潔、(5)しつけのことをいいます。

(1) 整理…良品・不良品、不要品及び故障品の識別管理を行う。



要するに測定に使用できるかできないかの識別管理を行うことが大切です。使用できる測定器には精度管理（定期的な校正）を行うことはいまでもありません。組織にとって測定器は大切な備品であるので、台帳を作成し、管理を行います。半年に1回は測定器の“棚卸し”を行うと良いでしょう。また、測定器の状態を把握する上でもデータベースソフトを活用すると備品管理の効率化が図れます。

(2) 整頓…取りやすく、また置きやすくする配置を心がけます。

一般的には測定器保管棚を利用して管理を行います。

①置き方の工夫

- ・誰でもわかるように置き場所を表示します。
- ・棚に番号を付ける事によって番地で管理します。

例) A11、D32 の①など。また、測定器にも棚番号をテープなどを貼り識別できるようにします。

- ・測定器の種類、特性、使用頻度、精度等に注意して置き場を決めます。

②探さない工夫

- ・誰が持ち出したのかわからない。

→これが測定器管理者として一番問題となるので、貸出の管理方法の工夫が必要です。

- ・測定器の名札を作ります。
→名札をかける場所を作ります→利用者の名前の場所を作ります→利用者は、名札をかけて借ります

- ・パソコンを使用してデータベース管理を行います。
測定器の管理番号、貸出者名、貸出日、返却日などを入力します
→返却時に必ずパソコンに入力し、返却処理を行います。
- ・測定器の付属品（ケーブル類）、校正成績書、取扱説明書（簡易説明書で可）なども測定器の近くに用意します。ケーブル類は小さなループを作り、識別札をつけると分かりやすいでしょう。

棚 A		
A11	A12	A13
A21	A22	A23
A31	A32	A33



(3) 清掃…製品及び測定器に付着している異物を丁寧に掃除します。

①掃除道具

- ・ウエス、アルコール、ガソリン、箒、ちり取り、ゴミ箱など

②測定器保管場所の掃除

- ・長く使用していない測定器や棚板に埃がたまっていることがないように、定期的な清掃が必要です。

③測定器専門の掃除道具の用意

- ・高額な測定器には専門の掃除道具がついている場合が多く見られます。例えば光学顕微鏡や輪郭測定器及びブロックゲージなど。ブロックゲージのカエリ取りにはアルカンサス砥石を使用します。

(4) 清潔…整理、整頓、清掃された状態を維持します。

①測定器の精度を低下させないような活動が必要です。

それには、まず習慣づけから始めましょう。

→使用後に必ず清掃させます。取扱マニュアルの中にもその項目を入れ、測定器を返却するときには清掃を実施してから返却させることを徹底します。

②製品加工の現場では、ノギス、マイクロメータ、ダイヤルゲージなどは作業員がマシン油などを使用するので測定器がかなり汚れています。また、管理識別シールなども剥がれて識別ができなくなってしまうことが多くあります。このようなことが無くなるように指導していくことも測定器管理担当者としての使命です。

現場作業員の中でリーダーを決め、その方に一任するとうまくいくことが多いようです。

(5) しつけ…大切に使う習慣を付けます。

①測定器の使用

測定器を使用していて異常を認めたら直ちに上司に報告するとともに、測定器の管理部署に報告します。管理部署は、すぐにその測定器を使用できないように回収を行い、調整・修理のアクションを起こし、異常回復に努めます。

②測定器の移動

製品の校正・検査で使用する測定器は、遠方での持ち出しが余儀なくされます。そのため、多くは宅配便にて梱包され、輸送されています。輸送中の振動・温度変化によっては故障の原因になることが多々あります。そこで測定器は、組織全員でを使用することを念頭に置かなければならないでしょう。自分だけ使用できれば良いという考えでは、その組織の測定器管理はつとまりません。

それには、

- ・測定器の異常を直ちに連絡できる体制になっているか？
 - ・輸送はエアークッションなどで巻いてクッションを入れて送っているか？
 - ・測定器にロック機構があるのはきちんとロックされているか？
 - ・測定器を貸し出した時と返却した時のチェックリストはあるか？
 - ・無理な使用方法、または違う使用方法で使われていないか？→作業方法は大丈夫か？
- などの項目を遵守することにより、組織の測定器の管理能力は向上し、全体的に組織の品質・生産性が向上することにつながることを理解することが必要です。

3.3 品質保証国際規格 ISO 9001 が求める測定器の管理

ISO 9001 でのトレーサビリティに関する要求事項としては、規格項目 7.6「監視機器及び測定器の管理」に「測定値の正当性が保証されなければならない場合には、測定器に関し、次の事項を満たさなければならない。定められた間隔または使用前に、国際または国家計量標準にトレーサブルな計量標準に照らして校正もしくは検証、またはその両方を行う。」とあり、トレーサビリティを証明する書類が産業界で必須事項となっています。このトレーサビリティを証明する書類については、測定器の校正証明書、検査成績書、トレーサビリティ体系図が 3 点セットでよく発行されています。しかし、JCCS（計量法校正事業者登録制度）校正証明書では、国家標準につながっていることは明白なためトレーサビリティ体系図は必要ありません。

使用する測定器すべてを管理対象とする必要はなく、管理の対象となるか否かの決定（線引き）が重要です。すなわち、管理はするが校正は行わないものの位置づけも必要であり、識別を強化することで問題はないと考えられます。例えば、電気テスターなどは、検査で導通チェックや 100V 電源を測定することが多いので点検のみでも充分です。

(1) 校正の頻度

校正対象とした測定器は定期的に校正を行わなければなりません。校正の周期は、その測定器が規格などで周期が決まっていない限り、組織で自由に決めて良いでしょう。精度があまり変わらない物に関しては校正周期を常識的な範囲で長くしても構いません。

(2) 校正の方法

測定器の校正には、コストがかかりますので法的な規制のある場合や、標準器の高額ものや校正技術の高度なもの及び、重要保安部品など顧客の信頼に影響を与える測定器は外部に校正依頼して、それ以外は規格項目 6.2.2「教育訓練の要求事項」を満たすように校正要員を養成し、必要な校正設備を購入して社内校正をおこなうと良いでしょう。社内校正をきっかけに ISO 9001 と、測定及び 5 S の知識技能が向上できます。

(3) 校正外れへの対応

校正を行って不合格になった場合、その機器で実施した製品検査などの結果の妥当性を再評価し、記録する必要があります。前回の校正までさかのぼって検査結果を見直すことは現実的でないので、リスクが非常に小さいと予測できる場合などは、それまでその不合格の測定器を使用したことによる“不具合などの発生”を確認しても良いでしょう。

(4) 不確かさの表記

ISO 9001 では、すべての測定結果に対して不確かさが表記されていなくても、測定器が国家標準につながっていれば良いが、「計量のトレーサビリティの公式な定義」では、「不確かさがすべて表記された切れ目のない比較の連鎖を通じて、通常は国家標準または国際標準で決められた標準に関連づけられ得る測定結果または標準の値の性質」(JISZ 8103 : 2000 計測用語)とあります。今後は ISO 9001 で要求されない「測定の不確かさ」に関し、平成 23 年春頃に JIS 制定される予定の ISO 10012 (計測マネジメントシステム—測定プロセス及び測定機器の要求事項)では、計量確認及び測定プロセスの実現の項に測定の不確かさが要求されているので計測関係者には注目すべきシステムであると思われます。

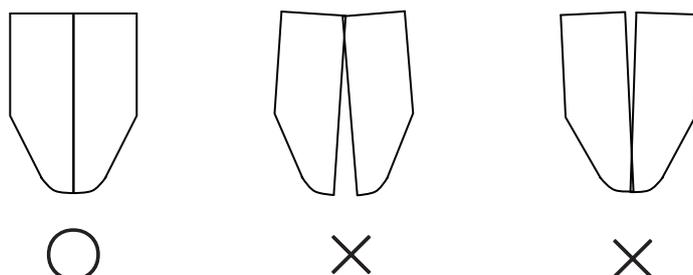
第4章 測定のべからず集、失敗例

第4章 測定のべからず集、失敗事例

4.1 ノギス

(1) 零点確認を怠るべからず

☞測定前に、本尺とスライダの外側用ジョウの測定面を合わせ、隙間がなく零点があつてい
ることを確認します。また、デプス測定 of 零点も忘れずに確認します。



失敗事例

◇ある製品の試作品ができたので、検査するのにノギスを使って測定した。

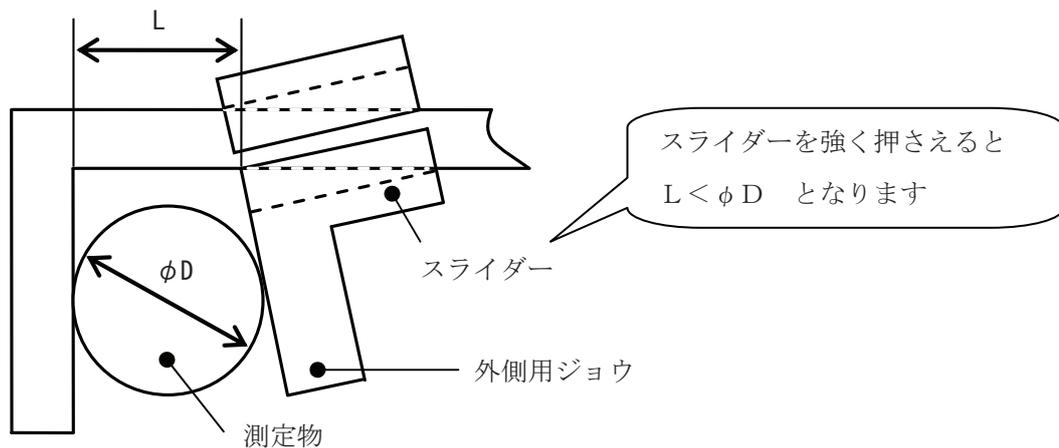
- ①ノギスの本尺及びスライダの外側用ジョウの測定面を密着させ、隙間がないことと零点が合っていることを確認した。
- ②試作品の段差をノギスのデプスを使用して測定した。
- ③製品の図面公差を満足していたので、問題ないと判断しお客さんにその試作品を納めた。
- ④しばらくして、段差の寸法が 0.05 mm 図面公差から外れているとお客さんから連絡が入った。
- ⑤お客さんから試作品を引き取って再度測定したが、測定値はお客さんに納める前に測定したデータと同じであった。
- ⑥なぜお客さんとの測定値が違うのか、原因を調査しようと別のノギスで測定したところ、お客さんの測定値と同じ測定値が得られた。
- ⑦2つのノギスの何が違うのか調べてみると、最初の測定に使ったノギスのデプスバーが磨耗しており、零点が 0.1 mm ズレていることが分かった。

教訓

デプスを使用する場合は、測定前にデプスの零点も忘れずに確認する。

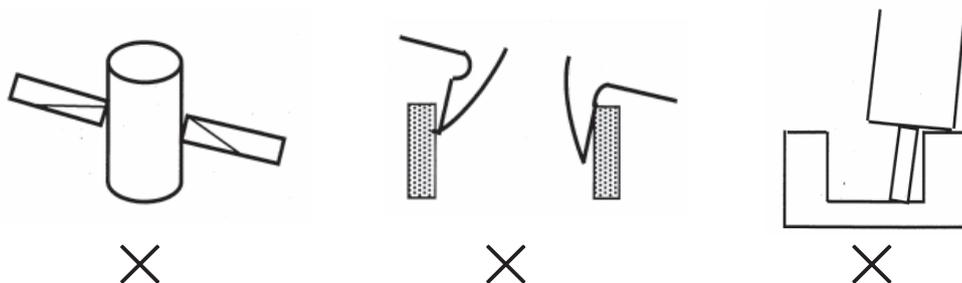
(2) スライダを強く押さえて測定するべからず

☞力が強すぎるとノギスが歪み誤差が生じる為、スライダに軽く力を加え滑らかに押し当てます。



(3) ノギスを傾けて測定するべからず

☞ ノギス本体は、測定物と平行、垂直の状態とし、下記のような測定は避けて下さい。



失敗事例

◇ある部品の中寸法を測定するのにノギスを使って測定した。

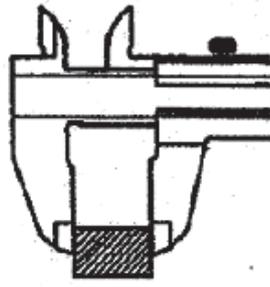
- ① ノギスの本尺及びスライダの外側用ジョウの測定面を密着させ、隙間がないことと零点が合っていることを確認した。
- ② 部品の中寸法 (220 mm) をノギスの外側用ジョウを使用して測定した。
- ③ 部品の図面公差を満足していたので、問題ないと判断し後工程に製品を流した。
- ④ しばらくして、部品が組み付けられないと後工程から苦情がきた。
- ⑤ 部品を再度測定した結果、後工程からの苦情の通り、寸法が短いことが分かった。
- ⑥ なぜ最初の測定と今回の測定で、測定値が違ってきたのか確認したところ、最初の測定では、ノギスを斜めに傾けて測定していることが分かった。

教訓

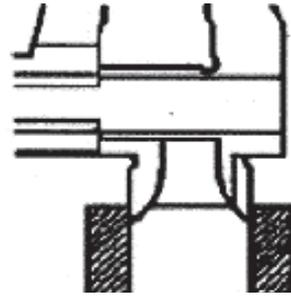
特に測定する寸法が長くなる場合は、ノギスが傾かないように注意する。

(4) ジョウの先端で測定するべからず

☞ アップの原理に基づく誤差を抑えるために、出来る限り本尺に近いジョウの根元で測定します。



×



×

(5) 目盛を読む時は、斜めから読むべからず

☞目盛を見る位置によって、本尺の目盛とバーニヤの目盛の重なる位置が変わってくる（視差）ため、目盛の正面から読取ります。

(6) 内側のジョウは、コンパスやけがきに使うべからず

☞ジョウの磨耗や変形させるような使い方は避けて下さい。

(7) 使用後の保管は、外側のジョウを密着させて保管するべからず

☞ジョウを密着させておくと、熱膨張による変形や腐食の原因となります。

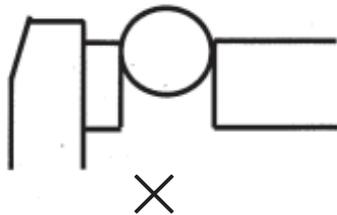
4.2 マイクロメータ

(1) 零点確認を怠るべからず

☞測定前に、アンビルとスピンドルの測定面を密着させ、零目盛があっていることを確認します。

(2) アンビルとスピンドルの隅で測定するべからず

☞アンビルとスピンドルの測定面の中央で測定物を挟み、測定します。



失敗事例

◇仕入先が納めた部品の検査で、巾寸法を外側マイクロメータで測定した。

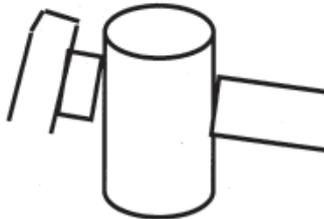
- ①アンビルとスピンドルの測定面を密着させ、零点が合っていることを確認した上で部品の巾寸法を測定した。
- ②測定した結果、部品の図面公差ぎりぎりではあったが、公差は外れていなかったため、問題ないと判断して組付け工程に投入した。
- ③その後、部品の組付け具合がいつもと違くと、組付け工程から連絡が入った。
- ④部品を再度測定したが、最初の測定値とほぼ同じであった。
- ⑤同僚に同じ部品を測定してもらおうと、寸法不良であると言われ、自分が行った測定方法のどこに問題あるのか、同僚に測定を見てもらった。
- ⑥同僚から、マイクロメータのアンビルとスピンドルの測定面の隅で測定していると言われ、測定面の中央と隅とでは測定値が異なることが分かった。
- ⑦マイクロメータのアンビルとスピンドルの平行度が悪いことが分かった。

教訓

マイクロメータでの測定では、アンビルとスピンドルの測定面の中央で測定する。

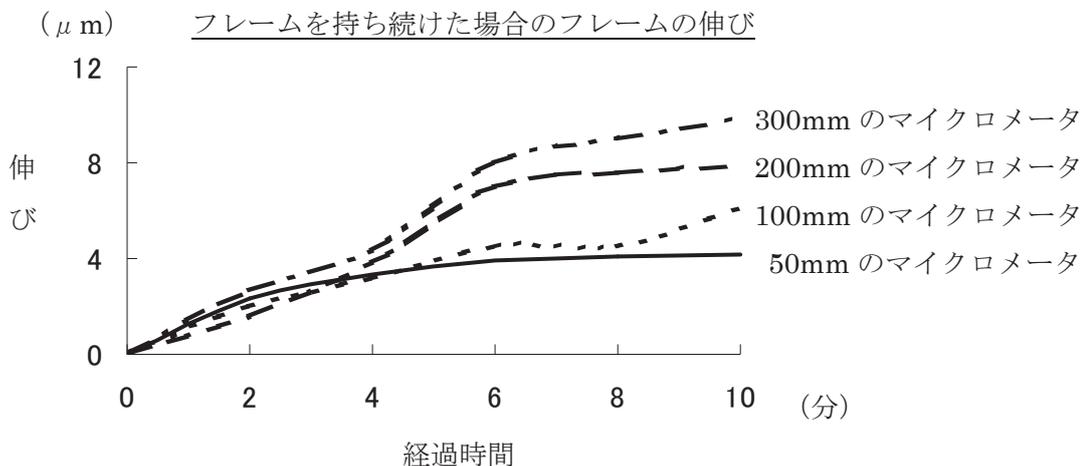
(3) マイクロメータを傾けて測定するべからず

☞マイクロメータは、測定物と平行の状態ですべて測定します。



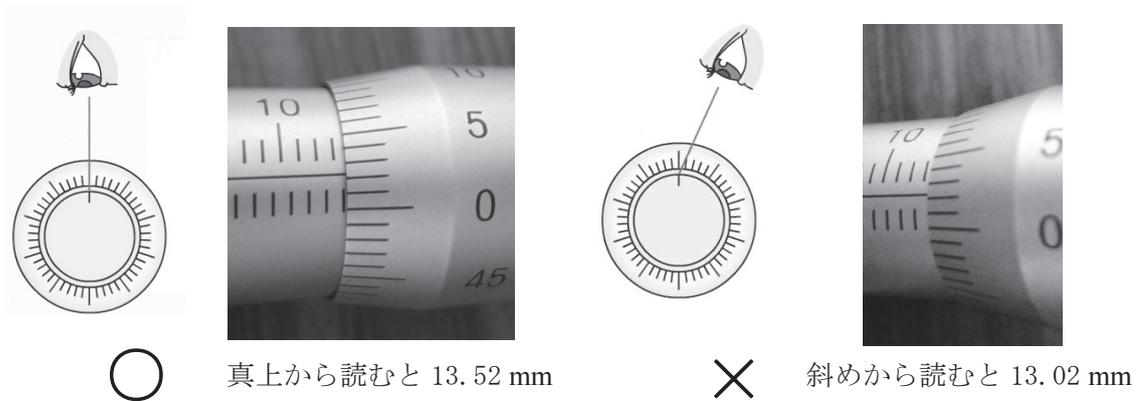
(4) フレームを長い時間持つて測定するべからず

☞体温によるフレームの膨張で零点が変化する為、手袋をするか又は長い時間持たないように注意します。



(5) 目盛を読む時は、斜めから読むべからず

☞目盛を見る位置によって、シンプル目盛の示す位置が変わってくる（視差）ため、目盛の正面から読取ります。



(6) 目盛を読む時に、スリーブ目盛の 0.5 mm を見落とすべからず

☞測定値が 0.5 mm 変わってくる為、見落とさないように注意します。

失敗事例

◇NC 旋盤で部品を加工する工程で、段取り替えした後の加工部品の寸法を外側マイクロメータを使って測定した。

- ①アンビルとスピンドルの測定面を密着させ、零点が合っていることを確認した。
- ②部品の外径寸法を測定した。
- ③部品の図面公差を満足していたので、段取り替えに問題ないと判断して、量産に入った。
- ④次の日になって、得意先に納めた部品全てが寸法不良であると得意先から連絡が入った。
- ⑤得意先に出向いて寸法を確認すると、得意先の言う通り寸法不良であった。
- ⑥なぜ段取り替えの後の寸法確認では問題なかったのに、不良品が造られたのか調査してみると、NC 旋盤に入力する補正值を間違えて入力していたことが分かった。
- ⑦更にマイクロメータでの寸法確認では、0.5 mm の目盛を見落としていたことも分かった。

教訓

マイクロメータを使った測定では、0.5 mm の目盛を見落とさないように注意する。

(7) 使用後の保管は、アンビルとスピンドルの測定面を密着させて保管するべからず

☞アンビルとスピンドルを密着させておくと、熱膨張による変形や腐食の原因となります。

4.3 ゲージ

(1) ゲージの点検・清掃を怠るべからず

☞ゲージの測定面に付着した油や切粉などを拭き取り、ゲージ部にキズや打痕などが無いかを確認してから使わないと誤判定につながります。

失敗事例

◇Aさんは検査業務が担当で、加工工程で加工された部品の抜取り検査を行っており、1つの加工工程から部品を抜取り、ねじゲージを使ってねじ穴を検査した。

- ①ゲージの通り側がスムーズに通らなかったため、不合格と判断して加工工程の責任者に報告した。
- ②責任者は、加工工程で使っているねじゲージで検査したところ、合格であった。
- ③Aさんが自部署が持っているねじゲージで再度検査を行ったが、前回と同様に不合格であり、加工工程の責任者に報告した。
- ④責任者は、ゲージに問題ないかを確認したところ、ゲージの先端部のねじ山がつぶれていることを発見した。

教訓

ゲージを使う前には、ゲージの測定面の清掃とサビ、キズ、打痕、変形がないか確認する。

(2) 強い力で挿入するべからず

☞力を強く入れすぎると、誤判定やゲージの磨耗につながります。

- ・プラグゲージ、はさみゲージ：ゲージの自重程度の力で挿入します。
- ・ねじゲージ：鉛筆を握って字を書く時の力でねじ込んでいきます。

(3) 斜めに挿入するべからず

☞プラグゲージによる検査では、部品の軸芯に対してゲージの軸芯が一直線になるようにゲージを挿入しないと、誤判定につながります。

(4) 1箇所だけの検査で終わるべからず

☞はさみゲージによる検査では、部品の数箇所について検査しないと、誤判定につながります。

失敗事例

◇加工された製品の外径寸法について、はさみゲージを使って検査した。

- ①ゲージの通り側がスムーズに通る、止まり側が通らなかったため、合格と判断して後工程に部品を流した。
- ②その後、後工程から寸法がおかしいと連絡が入り、再度確認したところ不合格であった。
- ③製品の検査部位の1箇所のみ検査し合格と判定したが、数箇所検査したところ、製品が楕円になっており、不合格の箇所があった。

教訓

はさみゲージは、部品の両端、中央とそれぞれ90度回転させた部位を確認する。

4.4 質量計（はかり）

(1) 載せ台に激しくものを載せるべからず

☞載せ台に激しく載せると、零点のズレが生じたり、電子式のはかりでは重量検出部の故障につながります。

(2) 振動及び風のある場所での測定をするべからず

☞振動や風により、数値が安定しないことや正確な測定ができません。

(3) 水平が出ていない状態での測定をするべからず

☞はかりの支点や重量検出部への荷重が垂直に加わらないことで、正確な測定ができません。
又、水平状態が保てるような頑強な設置台の上で使用します。

(4) 載せ台の隅で測定するべからず

☞はかりは偏置誤差（載せる位置による誤差）がある為、載せ台の中央に載せます。

(5) 電子式のはかりは、電源を入れてすぐに測定するべからず

☞電子式のはかりは、自己過熱により通電直後は内部温度が安定しない為、電源投入後 60 分以上経過してから測定します。

失敗事例

◇成形工程で成形した部品を重量で管理している。（規格：1800g±100g）

①成形された部品を電子式のはかりに載せ、測定値を確認したら規格内であったので、得意先に部品を出荷した。

②その後、得意先から重量が規格を外れると連絡が入り、電子式のはかりを持って得意先に選別にいった。

③得意先の現場の床に電子式のはかりを置いて、指摘された部品を測定したところ、合格であった為、得意先の責任者に話したが、はかりの使い方がおかしいのではと言われた。

- ・電源投入後すぐに測定しても問題ないのか？
- ・はかりを床において測定しているが、水平はでているのか？
- ・載せ台の中央で測定しなくてよいのか？

④上記の指摘された3点ともに問題があった。

教訓

はかりを使う時は、べからず (1) ~ (5) に注意して測定する。

4.5 熱電対

(1) 熱電対の使用温度範囲を間違えるべからず

☞熱電対には種類・素線の太さの径により常用限度が決められているので、使用を間違えて温度を上げてしまうと熱電対が断線して使用できなくなるおそれがあります。

(2) 熱電対の許容差を間違えるべからず

☞熱電対は、種類やクラスによって許容差が異なります。よって、測定したい物の精度を考えて熱電対の選定を行わないと正確な測定ができません。

(3) 熱電対の指示計器の選定を間違えるべからず

- ☞熱電対は、それだけでは測定できず温度を表示するには変換指示計器が必要となります。そこで熱電対と指示計器の組合せを誤ると正確な測定はできないので組合せを確認します。また、記録計などは多種類の熱電対と接続が可能なので設定を間違えないように注意してください。

(4) 熱電対の補償導線の種類を間違えるべからず

- ☞熱電対は、補償導線を使用することにより測定現場と計測器の場所が遠隔でも使用可能となります。その時に使用する補償導線にも種類があります。したがって、熱電対と補償導線の組み合わせを間違えると正しい値を示さないので、注意が必要です。

失敗事例

◇誰かから譲り受けた熱電対 10 本組（シース外径Φ1.6mm アメリカ製）があった。補償導線が茶色だったため T 熱電対だと思って記録計に赤い端子を+側に黄色の端子を一側につないだ。ある温度に設定された温度槽の中に熱電対 10 本を入れ、その熱電対に熱をかけると温度が下がる方向にシフトし、+,-端子を逆にしたら今度は温度が上がる方向にシフトしたのでそのまま使用した。温度槽の温度を一定にして記録計の指示値を見ると、値が表す温度に対してかなり低く表示した。そこで記録計を K 熱電対に設定し直したら温度槽の温度に近い値になった。よく調べてみると、このセンサは、ASTM E230 の熱電対の規格で作られた K 熱電対であり、この規格のつなぎ方からすると、茶色の補償導線の+側を黄色に、一側を赤に接続しなければならなかった。

教訓

熱電対の補償導線には、使用される熱電対の種類によって違っており、また外国の規格は日本の規格と異なるので使用の際は、十分な注意が必要である。

4.6 測温抵抗体

(1) 測温抵抗体の使用温度範囲を間違えるべからず

- ☞熱電対もそうですが測温白金抵抗体にも使用温度範囲が決まっています。その温度範囲を超えるとセンサが破損するおそれがあります。

(2) 測温抵抗体の許容差を間違えるべからず

- ☞測定温度に対する許容差がクラス A, B により決められています。

(3) 測温抵抗体の種類と構造を間違えるべからず

- ☞測温抵抗体には Pt と JPt の違い、また 2, 3, 4 線式の違いがあります。したがって、指示計器に接続するときは注意が必要です。

(4) 測温抵抗体の抵抗素子の位置の確認を怠るべからず

- ☞シース熱電対の場合は、先端付近に素線があります。しかし、シース測温抵抗体の抵抗素子は先端から数 mm ところに挿入されています。そこで、この測温抵抗体を何かに接触させて測定したい場合は、抵抗素子の位置を確認しないと誤差を生じる可能性があります。

(5) 測温抵抗体を急激な温度変化または衝撃をかけるべからず

- ☞測温抵抗体を急に温めたり冷ましたり、または、機械的な振動や衝撃をかけると、抵抗素

子を壊してしまう恐れがあるので避けるべきです。したがって、温度槽の中に測温抵抗体を入れるときは徐々に気をつけながら入れてください。逆に温度槽から抜くときも同じように気をつけなければなりません。

4.7 温度の校正

(1) 温度センサを校正しないで使用するべからず

☞温度センサを長期間使用すれば必ず経年変化が現れ、指示値が変化してきます。そうならないために定期的に温度槽の中に標準温度計と比較測定したい温度センサを入れ、校正を行うことによって器差を知る必要があります。

失敗事例

◇新品の白金測温抵抗体をデジタルマルチ温度計との組合せで、300℃～800℃まで100℃ステップで外部校正機関に依頼して校正を行ってもらった。

校正結果は、下表の通りであった。

設定温度 ℃	0	300	400	500	600	700	800
指示温度 ℃	2.5	302.6	402.5	502.5	603.0	703.0	802.9

白金測温抵抗体の使用温度より高い温度をかけたため、かなり指示温度がずれてしまった。0℃のときの指示温度2.5℃を各指示温度から差し引くと器差がかなり良くなり、正常であったら精度が良い温度センサであっただろうと考えられます。

ここで、白金測温抵抗体はせいぜい600℃までしか使用できないことを知らずに800℃まで校正に出してしまい、新品の白金測温抵抗体の性能を駄目にしてしまった。

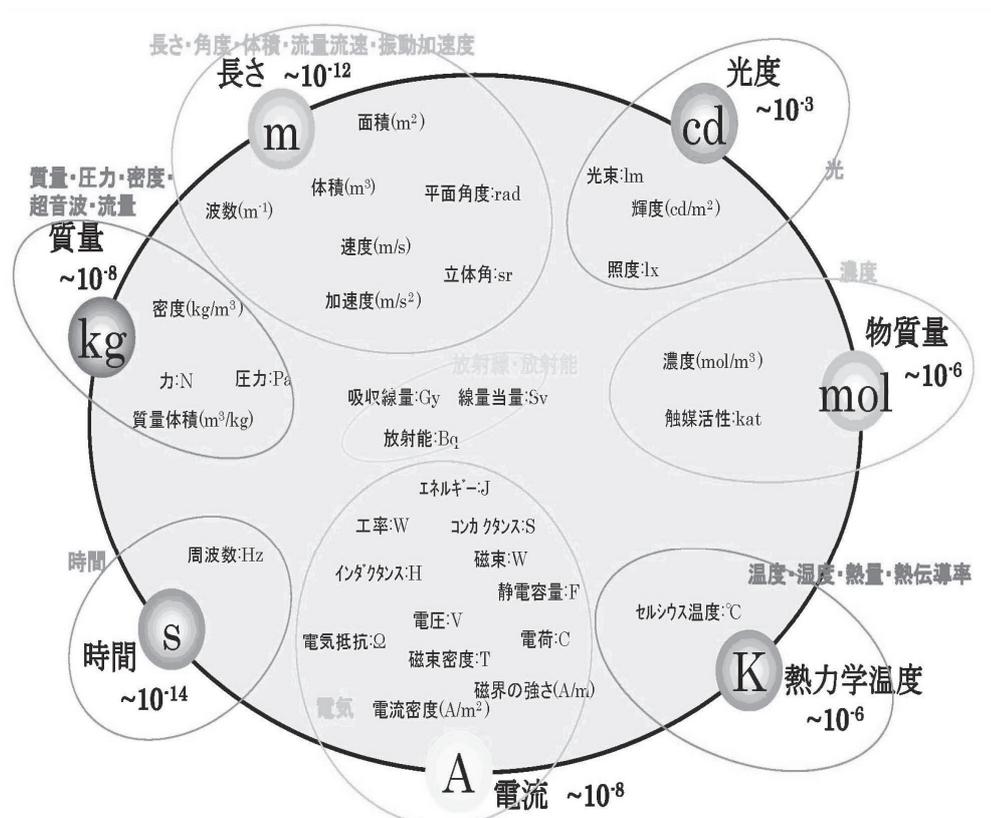
教訓

熱電対や白金測温抵抗体などの温度センサを使用する場合は、使用温度範囲を確認してから使用すること。

参考、引用規格及び参考文献

【参 考】

参考 1 : 基本単位系



参考 2 : ノギスの器差の許容値 (JIS B 7507)

単位 mm

測定長	目量, 最小表示量又は最小読取値	
	0.1または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	

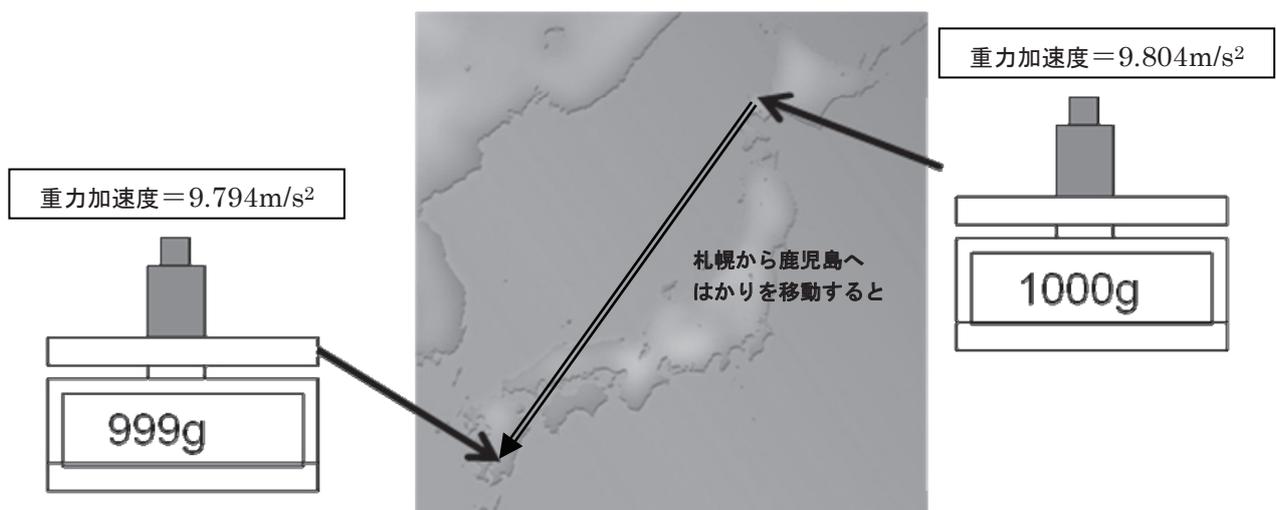
備考1. この表の値は, 20°Cにおけるものとする。

2. この許容値は, 測定面の真直度及び平行度によって生じる測定誤差を含む。

参考3：外側マイクロメータの性能（JIS B 7502）

測定範囲 mm	測定面の 平面度 μm	測定面の 平行度 μm	器差 μm	スピンドル の送り誤差 μm	測定力 N	測定力の ばらつき N	フレームの たわみ 荷重10 N当たり μm	
0～25	0.6	2	±2	3	5～15	3	2	
25～50								
50～75								
75～100								
100～125		3	±3				4	
125～150								
150～175		4	±4				6	
175～200								
200～225								
225～250		1	4				±5	8
250～275								
275～300			5				±6	9
300～325								
325～350								
350～375	6		±7	12				
375～400								
400～425								
425～450								
450～475								
475～500	7	±8	14					
				15				

参考4：使用場所に対応した重力加速度



【引用規格及び参考文献】

第1章

- 1) 計量標準総合センター：<http://www.nmi.j.jp/library/traceability/>
- 2) 中野英俊：トレサビリティ概論、計測と制御、48-4、300、(2009)

第2章

- 1) JIS B 7507、ノギス、(財)日本規格協会 (2008)
- 2) JIS B 7502、マイクロメータ、(財)日本規格協会 (2008)
- 3) 測定の基礎と測定機器の精度管理、東京都立産業技術研究所 (2003)
- 4) (社)日本計量振興協会編：計量関係法令例規集、第一法規出版 (株) (2001)
- 5) はかりの知識、東京都計量検定所 (2010)
- 6) 主任計量者テキスト、(社)埼玉県計量協会 (2006)
- 7) JIS B 7611-2、非自動はかり、(財)日本規格協会 (2009)
- 8) JIS B 7609、分銅、(財)日本規格協会 (2008)
- 9) (社)日本電気計測器工業会編：新編 温度計の正しい使い方、日本工業出版 (2007)
- 10) 計量管理 Vol.46-No.1、計測入門講座 温度計 (その1～その3)、(社)日本計量振興協会 (1997)
- 11) 風岡 学：接触温度センサの基礎、株)岡崎製作所 (2010)

第3章

- 1) 山口 徹、伊林洋志、新沢陽介、江口忠登美、磨田光夫：現場技術者のための計測技術入門、(財)日本規格協会 (2008)
- 2) 日高鉄也：品質向上のための測定の日常点検、愛知県計量士会 (2009)

中小企業向け計量計測基礎研修検討委員会

委員長	日高計量士事務所	日高 鉄也
委員	金井計量管理事務所	金井 一榮
	地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター	中西 正一
	アイシン精機株式会社	橋本 康志
	財団法人日本穀物検定協会	廣瀬 幸造
	独立行政法人産業技術総合研究所	松田 次郎
	株式会社東洋精機製作所	溝口 義浩
	株式会社イノアックコーポレーション	渡辺 雪宣
	事務局	社団法人日本計量振興協会 専務理事
社団法人日本計量振興協会 事業部長		倉野 恭充
社団法人日本計量振興協会 事業部課長		鶴崎由美子

不許複製

中小企業向け測定基礎研修テキスト

平成23年3月

発行 社団法人日本計量振興協会
中小企業向け計量計測基礎研修検討委員会
〒162-0837 東京都新宿区納戸町 25 番 1 号
TEL. 03-3269-3259/FAX. 03-3268-2553

印刷 第一資料印刷株式会社
〒162-0818 東京都新宿区築地町 8-7
TEL. 03-3267-8211/FAX. 03-3267-8222

このテキストは、オートレースの補助金を受けて作成したものです。