

1.測定・計測とは何か

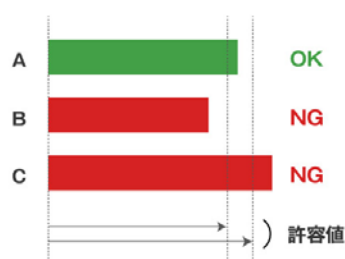
■測定と計測

測定とは測定機を用いて対象となる測定物の大きさの絶対値、あるいは相対的な値を求めることをいいます。また計測とは大きさの測定も含め、対象となる測定物の重さや容積、硬さ、回転数、振動、釣合いを求めることを指します。実務的には測定と計測はほぼ同義語として捉えられていますが、大きさや長さ以外のものを測定する際に「計測」という言葉が多く用いられているようです。まとめると、以下の通り。

「測定」＝量を数値化すること。「計測」＝ある目的のために量を把握すること。

「測定」＝道具を使う。「計測」＝道具を使わない場合もある。

「測定」は「計測」の中の作業の1つ。

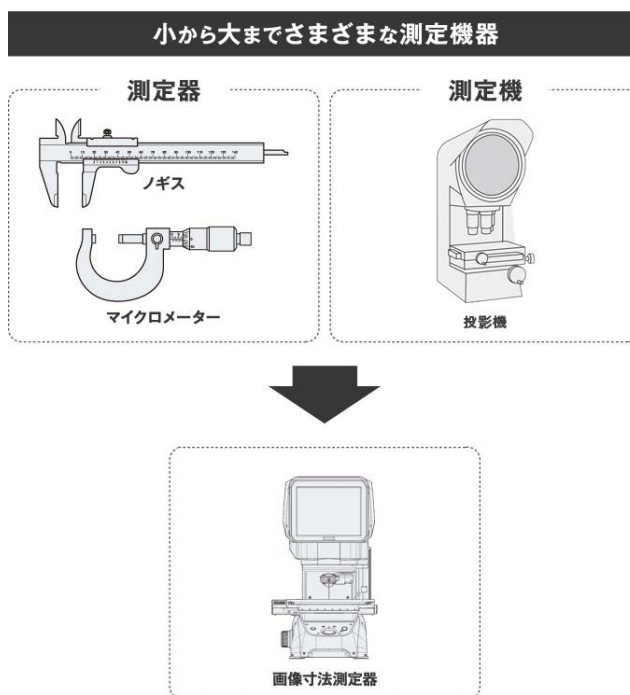


① 正しい測定は検査の基本

日本工業規格（JIS Z 8103）の定義によると、測定が「ある量を、基準として用いる量と比較し数値又は符号を用いて表すこと。」と定義づけられている一方、計測は「特定の目的をもって、事物を量的にとらえるための方法・手段を考究し、実施し、その結果を用い所期の目的を達成させること。」と決められています。これによると、計測は測定よりも広い意味でとらえられていることがわかります。（⇒資料 土木計測）

また、「測定機」と「測定器」の使い分けの厳密な分けはないようですが、おおまかに分けると、モータなどの駆動部を搭載した大型の装置を測定機と呼び、それ以外を測定器とする場合が多いです。

測定機の例としては、三次元測定機を挙げることができます。一方、測定器には、スケールやノギス、マイクロメータなどがあります。もっとも、近年は装置の小型化によって、駆動部やコンピュータを備えた装置を測定器と呼ぶことがあります。

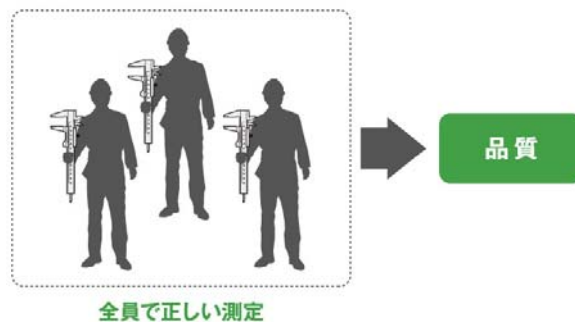


■測定の重要性

正しい寸法測定は物づくりの原点です。材料の調達から加工、組立て、検品、出荷に至るまで、各工程で同一の基準で測定を行なうことで、製品を設計通りに作ることができ、品質を保証することができます。

もし、だれか一人でも測定をおろそかにすると、品質を保つことができなくなります。それによって不良品が混入した場合、歩留まりの悪化につながる上、そのまま完成品として納入された場合、クレームの発生となります。つまり、物づくりのすべての過程において、組織全体のメンバーが正しい測定を行なうことが欠かせません。

正しい測定の基本は、物づくりに携わる人々が測定に対する技術を持つことであり、その上で測定機を正しく管理、使用することにあります。これらは「計測管理」と呼ばれる取り組みであり、品質管理の土台となるものです。近年、計測管理は計測マネジメントシステム (ISO10012) として規格化されています。また、正しい測定を保証するため、計量トレーサビリティの取り組みが進んでいます。



■計量トレーサビリティ

食品の安全を保証するため、原料の栽培から運搬、加工、包装、出荷に至るまで履歴を追跡できる体制が年々強化されています。これを「食品のトレーサビリティ（履歴管理）」と呼びます。現在は消費者本位の時代ですから、万が一製品に不具合などが認められた場合には速やかなりコールが求められます。そうした場合に対してリスク回避手段となるのがトレーサビリティへの対応です。

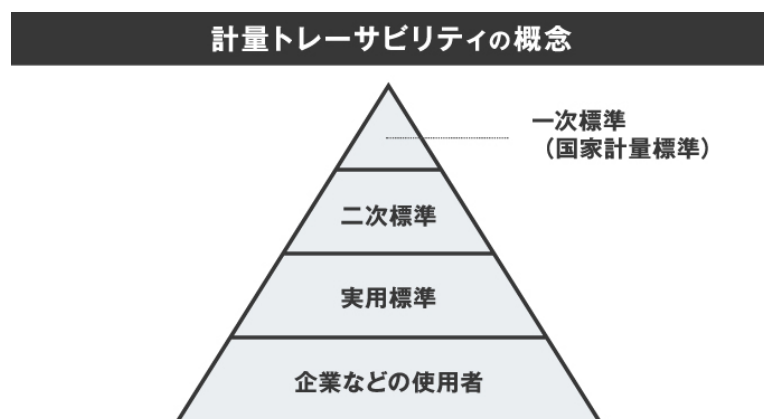
一方、測定の世界でもトレーサビリティの考え方が重視されるようになっていきます。これが「計量トレーサビリティ」という考え方で、日々行っている計測の値が正確であることを証明する取り組みを意味します。

トレーサビリティとは“トレース(追跡)”と“アビリティ(可能性)”を合わせた造語ですが、これは製品の生産情報や流通経路を明確にすることで、その製品の安全性を証明したり、あるいはより正確な品質管理を行ったりすることを指します。

製品不良・リコールを出さない品質管理体制の確立と同時に、万が一の事態のためにはトレーサビリティへの対応が、現代製造業における必須課題であると言っても過言ではないでしょう。そうすると測定・検査工程だけでなく、生産プロセスすべてを包括した、全体最適の測定・検査システムが求められるのではないのでしょうか。

「計量トレーサビリティ」の目的は、使用中の測定機器が、JIS で定めた基準器で校正されていることにあります。「校正されている」とは、国家が正しい基準器とつながりがある

という意味です。つまり、生産などの現場で使用している測定機器が「実用標準」→「二次標準」→「一次標準（国家計量標準）」という流れで、校正の履歴が確認済みである必要があります。これが確立されていて初めて、部品や製品の寸法が正しいと証明されるわけです。



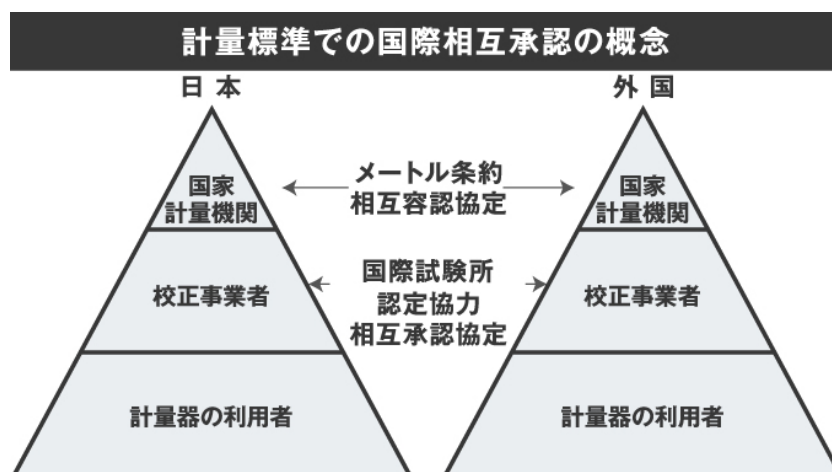
■国際標準化

計量トレーサビリティは、国際度量衡委員会（CIPM）などの国際研究機関による「国際標準」や、各国の研究機関による「各国標準」などに連なっており、経済のグローバル化が進む中で対応が求められるようになりつつあります。

国際度量衡委員会の下には、国際度量衡局（BIPM）という研究組織があり、国際単位系（SI）に関する基盤研究を行っています。

モノづくりのグローバル化が進む中で、国際標準への対応が必須となっています。寸法の測定結果が世界どこでも同じと認められるためには、国際相互承認による計量トレーサビリティが欠かせない時代といえます。

なお、日本では独立行政法人製品評価技術基盤機構が、校正機関の登録・認定を行っています。校正機関の認定制度は、「計量法校正事業者認定制度（Japan Calibration Service System; JCSS）」と称します。



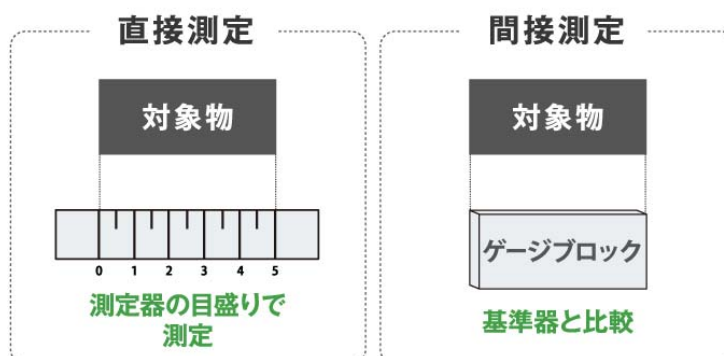
■直接測定と間接測定

直接測定に用いられる測定機の例		間接測定に用いられる測定機の例	
	ノギス		ゲージブロック
	マイクロメーター		ピンゲージ
	三次元測定器		リングゲージ
	表面粗さ測定器		ねじゲージ
	真円度測定機		テーパゲージ
	投影機		高さ基準器
			ダイヤルゲージ

測定には、直接測定と間接測定の2通りの方法があります。

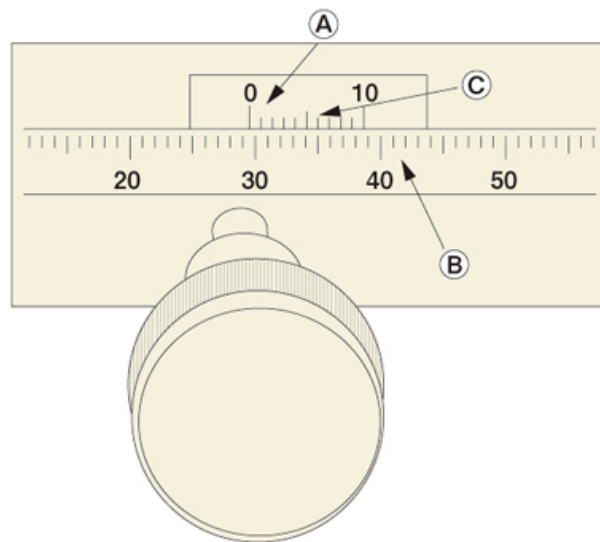
直接測定は、ノギスやマイクロメータ、三次元測定器などの測定機器を用いて対象物の寸法を直接、測る方法です。絶対測定ともいわれます。長さそのものをじかに知ることができ、さらに測定機器の目盛りの範囲で幅広く測定できるというのがその特徴です。ただしその反面、個人差による測定誤差が出やすい、測定に時間がかかるなどの短所もあります。

間接測定とは、ゲージブロックやリングゲージなどの基準器を用いて、それと対象物の差から寸法をダイヤルゲージなどの計測器で割り出す方法です。基準寸法を持ったものと比較する方法であることから、「比較測定」ともいいます。基準器の形状や寸法が決まっている分、測定が容易である一方、測定範囲に限られるデメリットがあります。



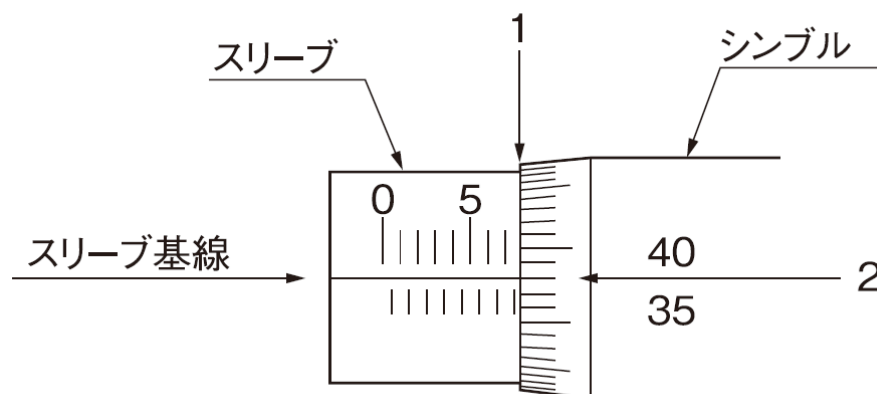
■バーニア目盛の読み取り方

- ① A の副尺の 0 の位置で、B 目盛を使って目視できる mm 単位まで読む。(図の場合 29mm)
- ② A 目盛と B 目盛が直線上になっている(ぴったり一致する) 目盛 C を読み、それを 0.1mm 位の数値とする。(図の場合 0.6mm)
- ③ ①と②の合計がその値となる。(図の場合 29.6mm)



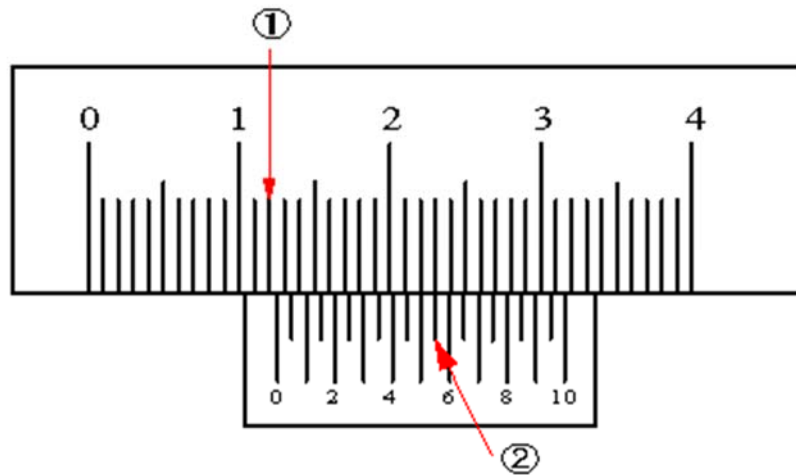
マイクロメーターヘッドの読み取り方 (マイクロメーターヘッド 0.01mm 読みの場合)

- ① シンプル端面の位置がスリーブの何 mm の位置にあるかを 0.5mm 単位で読む。
(下図の場合 7.5mm)
- ② スリーブ基線とシンプルの目盛線が一致している位置のシンプルの値を読む。
(下図の場合 0.38mm)
- ③ ①と②の値を合計した値がステージの現在の位置となる。
(下図の場合 $7.5\text{mm} + 0.38\text{mm} = 7.88\text{mm}$)

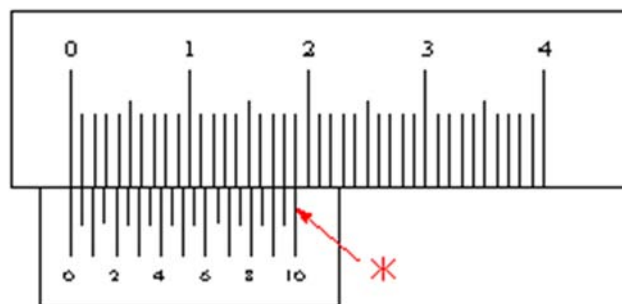


問題 1 次の計測数値を読み取りなさい。

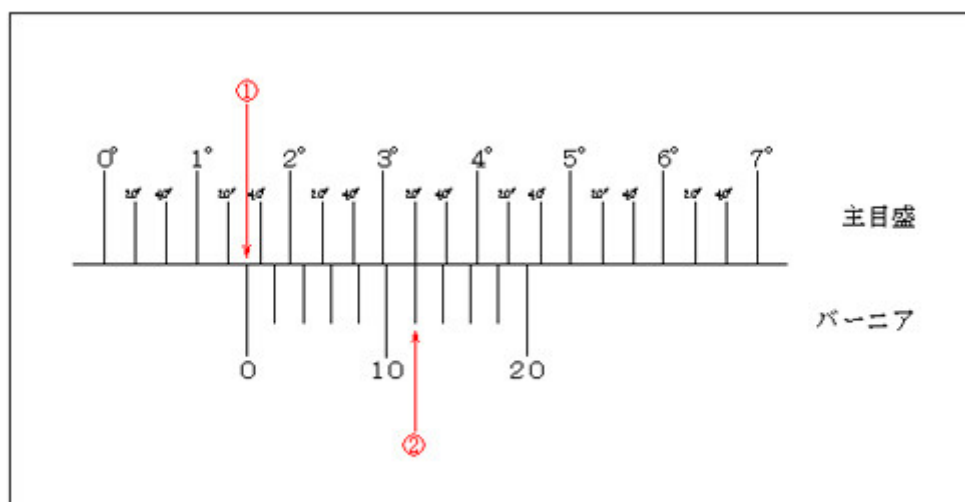
- (1) 主尺①の数値は？
- (2) 副尺②の数値は？
- (3) 計測数値は？



問題 2 次の計測数値を読み取りなさい。




問題 3 次の計測数値を読み取りなさい。




問題 4 次の計測数値を読み取りなさい。


(1)



(2)

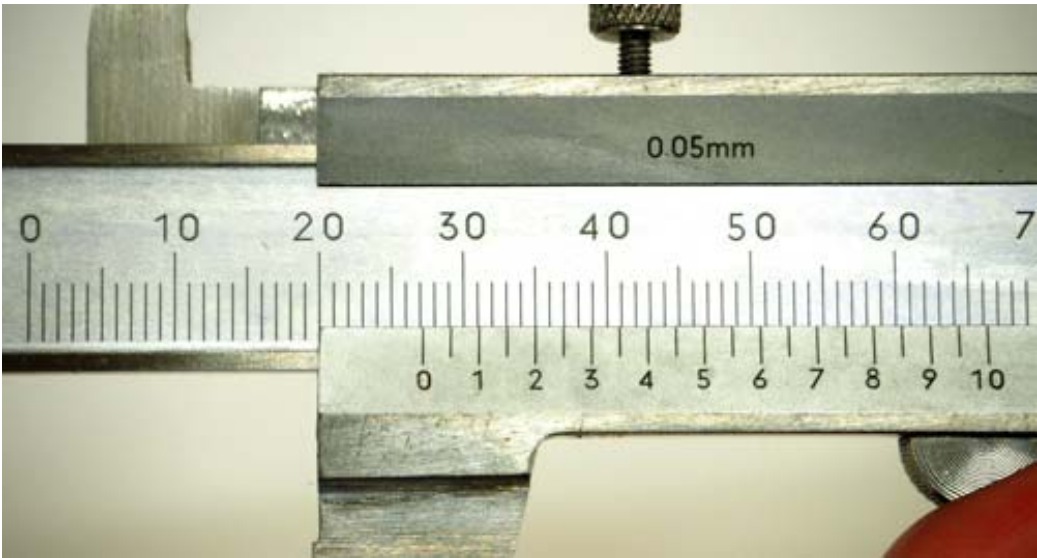


(3)

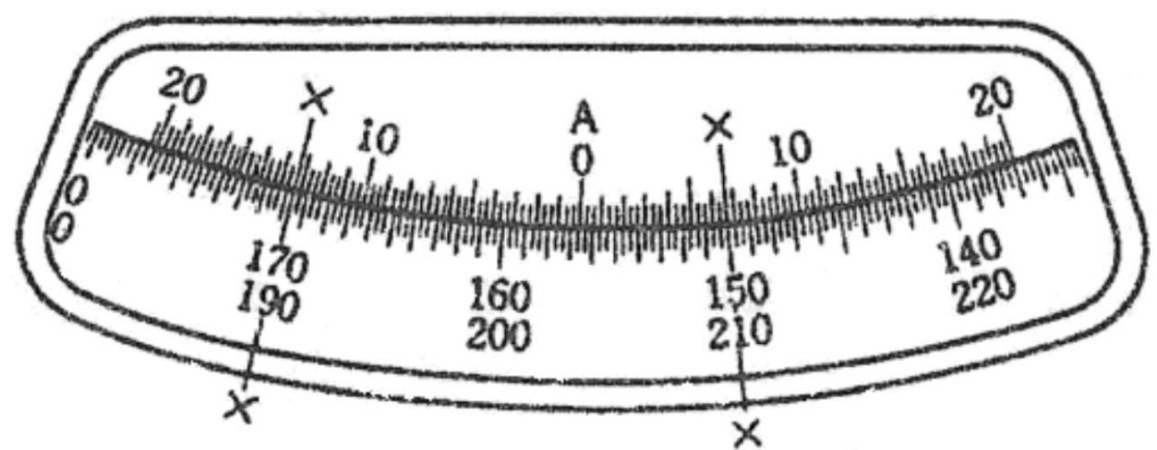


(1)	(2)	(3)

問題 5 次の計測数値を読み取りなさい。



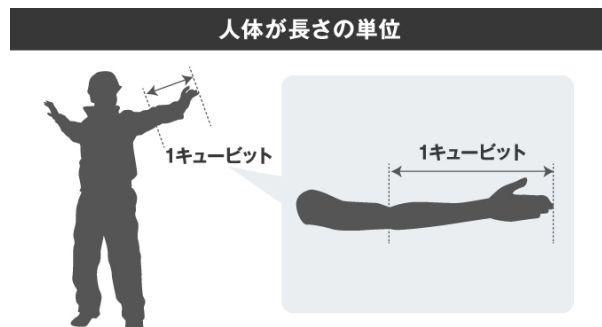
問題 6 次の計測数値を読み取りなさい。ただし、図中の×印の位置で主尺と副尺のメモリが一致している。



■長さの単位の歴史

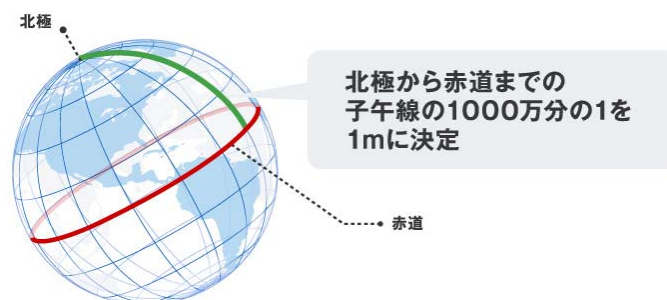
(1) 人体基準

長さの基本単位の決め方は、時代とともに大きく変わってきました。その昔、基準となったのは人体で、例えば古代のメソポタミアやエジプト、ローマなどでは、腕のひじ部分から指先までを1キュービットという単位で表していました。もっとも、その長さは地域によってまちまちで、450～500mmと幅がありました。精密な施工精度で知られるエジプトのピラミッドは、長短2種類のキュービットが用いられていることが判明しています。この時代、長さの原器となったのは、国王などの権力者の身体といわれています。今日においても、ヤードやフット（フィート）、インチは、人体を起源に持つ長さの単位として米国などで用いられています。



(2) 地球基準

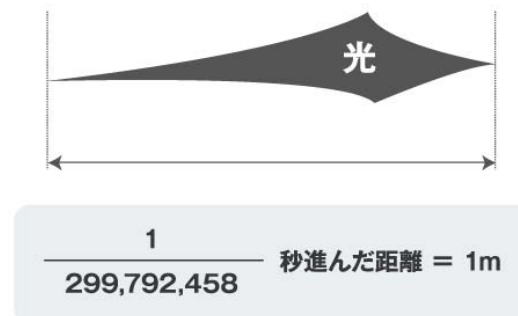
人体基準の長さの単位は数千年にわたって使用し続けられてきました。それが大きく変わったのは200年ぐらい前のことです。大航海時代を経て西欧を中心に工業が盛んになるにつれて、長さの基準を世界規模で統一する必要が生じてきました。単位を統一する議論は17世紀にヨーロッパで起こり、1世紀以上の議論を重ねた後、1791年になってフランスがメートル（ギリシャ語で「測る」の意味）という単位を提唱しました。そのときに基準となったのが、地球の北極から赤道までの子午線の距離で、その1千万分の1を1メートルとしました。その後、19世紀末になって、世界規模で寸法の基準をそろえる必要から、酸化や摩滅の少ない白金イリジウム合金を用いたメートル原器がフランスで作成されました。



(3) 光速基準

地球基準の単位は当初から測量の難しさが指摘されたほか、メートル原器についても製作時の誤差や経年劣化の問題が生じたことから、新たな基準づくりが議論されてきました。1960年に開催された国際度量衡総会（CGPM）では、クリプトン86元素が真空中で放つ橙色の波長をもとに1メートルの長さが規定されました。さらに1983年になって、レーザー

技術の進歩を踏まえて、光の速さと時間をもとに1メートルが決められたのです。この時の「1秒の299,792,458分の1の時間に光が真空中を伝わる距離」が今日の1メートルの定義となっています。



■国際単位系

長さをはじめとする度量衡は、世界中どこでも一量一単位が原則です。そこで前述のように、1960年の国際度量衡総会（CGPM）にて「国際単位系」が定められました。略称の「SI」はフランス語の Le Système International d'Unités（国際単位系）に基づいています。

国際単位系では、長さの場合、m（メートル）がSI単位（基本単位）として用いられます。また、kmの「k（キロ）=10の二乗」のようにSI接頭語がつけられます。

SI基本単位

	名称	記号
長さ	メートル	m

SI接頭語（10の整数倍を表示する記号）

記号	記号	指数表示	単位に乘じる倍数
メガ	M	1×10^6	1,000,000
キロ	k	1×10^3	1,000
-	-	1×10^0	1
センチ	c	1×10^{-2}	0.01
ミリ	m	1×10^{-3}	0.001

この項は、後日詳しく説明します。（⇒「SI単位系」）

■測定値の取扱い

測定や計測においては必ず 10 mm、15 g、20 秒といった数値つまり測定値が出てきます。この測定値は少し難しくいうと物理量というもので、同じ数字であっても数学で扱う数字とはその性質が異なります。

例えば 長さ L の丸棒をスケールで測定した時、測定値が 12.3mm だったとします。

この時の丸棒の長さは

$12.25\text{ mm} \leq L < 12.35\text{ mm}$ の範囲にあることを意味しています。

ここで、もし測定値を 12.30mm とした場合には、

丸棒の長さは、

$12.295\text{ mm} \leq L < 12.305\text{ mm}$ の範囲にあるという意味になります。



このように 12.3 と 12.30 といった数字を有効数字といい、有効数字が何桁であるかによって、その数字の表す意味が異なるのです。

物理量を表す数字にはこのように大切な意味が含まれているので、測定値を記入するときには有効数字が何桁までかを常にはっきりさせておく必要があります。

■測定誤差とその原因

測定における誤差として、次のような例がよく見られます。

測定における誤差

- 1 同一の物を何度か測定したら一回一回測定値が異なった
- 2 何人かで同一の物を測定したらそれぞれ測定値が異なった
- 3 測定機を変えたら測定値が異なった

このような経験は、誰もが多かれ少なかれ経験していることではないでしょうか。このように測定誤差は測定において必ずつきまとうもので、その原因を整理してみると以下の表のようになります。

測定誤差の原因

誤差の種別	原因	例
測定機の固有誤差	測定機の構成上または取扱により起る	目盛の不同、摩擦、測定圧の変化、ねじピッチの不同
測定者の個人誤差	測定者のくせ、熟練程度により起る	目盛の読取りのくせ、取扱い方法のくせ
外部条件による誤差	特に室温、採光による影響	温度変化、照明方法
偶然誤差	種々の条件が重り合って起り原因が判らぬ場合が多い	外圍状況の微変動、測定者の心理的影響

■誤差の種類

長さの誤差は、対象物の真実の値（真値）と測定値の差、または指定した値と測定値の差であり、「誤差＝測定値－真の値」で表されます。現実にはどんなに精密に測定しても真の値を求めるのは困難で、測定値には何らかの「不確かさ（あいまいさ）」が含まれるのは避けられません。

誤差は、それを生み出す条件によって大きく3種類に分類することができます。誤差を防ぐためにはそれぞれの条件に配慮する必要があります。

(1)系統誤差

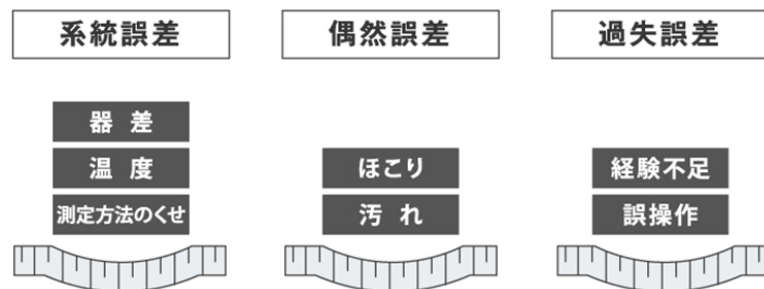
特定の原因によって測定値が偏る誤差。例えば、測定値の個体差による誤差（器差）、温度、測定方法のくせなど。

(2)偶然誤差

測定時の偶然がもたらす誤差。測定器に付着した埃が原因の誤差などが挙げられます。

(3)過失誤差

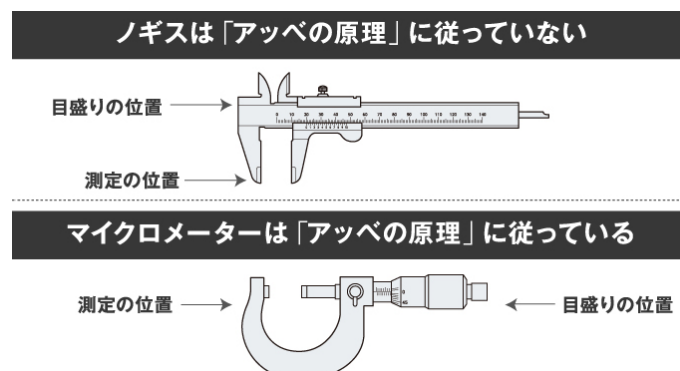
測定者の経験不足や誤操作による誤差のこと。



■アッペの原理

アッペの原理は、寸法を測定する際の精度に関わる原理です。また、測定機器を設計する上で重要な指針となります。その原理とは、「測定精度を高めるためには、測定対象物と測定器具の目盛を測定方向の同一線上に配置しなければならない」というものです。

実際の測定器具に当てはめると、外側マイクロメータの場合、目盛と測定の位置が同一線上にあるのに対して、ノギスは目盛と測定位置が離れていることが分かります。つまり、外側マイクロメータはアッペの原理に従っているのに対して、ノギスは原理に従っていません。そのため、測定の精度は外側マイクロメータの方が高いといえます。



■測定誤差を防ぐために

同一の物について測定回数を多くすれば、より確かな測定値を得ることができますが、忙しい工場のラインでそんなことをしているヒマはありません。実務的には1回の測定でできるだけ正確な測定値が得られるようにしたいものです。そのための方法として次のことが考えられます。

測定誤差を防ぐための方法

- 1 測定機を選択するときに公差が一ランク上のものを選択する
- 2 “測定者の固有誤差”を取り除く工夫を常に行う
⇒ 作業の標準化と作業者の教育 等
- 3 “測定機の固有誤差”を取り除く工夫を常に行う
⇒ 測定機の定期的な校正・メンテナンスと適切な取扱い 等

特に“測定者の固有誤差を取り除くための方法として、”作業の標準化“”作業者の教育“に加えて以下のことが考えられます。

測定誤差を防ぐための方法

- 1 手動による測定をCNC測定機などによる自動測定に変更する
- 2 柔らかい材質や薄物の測定においてレーザーや画像処理など被接触の測定機を採用する
- 3 測定個数が多い場合はインライン仕様の測定機を採用する

現在では測定機の進歩は目をみはるものがあります。常に最新の情報を捉え、その活用を検討していく必要があるでしょう。

■測定機の選び方（測定機を選択するポイント）

測定において重要な役割を占める測定機ですが、その種類や用途、使い方はもちろん測定単位までさまざまです。

測定機を選択には次のようなポイントがあります。

測定機を選択するポイント

- 1 被測定物の求める精度による選択
- 2 被測定物の形状あるいは用途による選択
- 3 被測定物の材質や特性
- 4 測定場所の環境と目的

■公差とは？

測定値と真実の値（真値）との間にはどうしても一定の誤差が生じます。ここで重要なことは、許容される誤差の範囲を明らかにすることです。測定の分野では、許容誤差の最大寸法と最小寸法の差を「公差」もしくは「許し代（ゆるししろ）」と呼んでいます。また、工業規格などの法律が認める誤差の範囲についても公差と呼ぶことがあります。

実際の図面において、「60 (+0.045 -0.000)」と記載されている場合、基準寸法は 60 であり、「+0.045 -0.000」は上限および下限の公差を意味します。この場合、上限値は 60.045、下限値は 60.000 となります。

JIS にて規定されている許容公差は「普通公差」といいます。加工の精度によって、精級 (f)、中級 (m)、粗級 (c)、極粗級 (v) と許容差が定められています。企業によっては普通公差を独自に規定しているところがあります。

実務において公差を設ける理由の一つは、加工コストの兼ね合いです。精度を高めるということは、その分、加工コストがかかるということになります。肝心なことは必要とする機能、品質を実現することであり、それに合わせて公差を設定する必要があります。

■はめあいとは？

公差を設定するもう一つの理由として、軸と穴のように複数の部品を組み合わせる際の寸法差を定める必要があります。これを「はめあい」もしくは「嵌合（かんごう）」と呼びます。はめあいの公差もまた JIS で規定されています。図面の指示をもとに JIS の「はめあい公差表」と照らし合わせて、加工を行なう必要があります。

はめあいを検討する場合、軸を基準とするか、穴を基準とするかで測定の考え方が変わってきます。たとえば、軸の直径を基準として考える際、軸が穴を貫通すればよいという場合は「すきまばめ」とし、穴に軸を差し込んだら固定する場合は「しまりばめ」、両者の中間の基準であれば「中間ばめ」とします。

■求められる品質とコストの両立

多種多様な測定機器をフル活用して、高い品質の製品を安定的に生産していくことがあらゆる製造業に求められるところです。同時に、こうした高い品質を維持するとともにコスト面でも優位性が保てなければ、企業間競争を勝ち残ることはできません。特に現在ではグローバル化が進展しており、ローコストな生産体制を強みとする新興国に勝る生産性が求められています。

■品質確保の意味

計測数値の「検査は付加価値を生まない」のではなく、製品や成果の信頼を確保するものであり、最終的にはその企業の存在意義を問われる事項です。企業活動を継続するために品質を保ち企業の信用性を確保することは必須と言えるでしょう。