

長さ測定の精度と信頼性

近年、測定機器の高精度化・高機能化が進んでいますが、正確な測定をするには、使用する測定機器の構造・特性・使用方法や、測定時の温度や測定力などの条件等が、測定結果にどのように影響するか正しく理解しておく必要があります。

長さの測定

長さに限らず、物を測るということは、「ある量を、基準として用いる量と比較し、数値または符号を用いて表すこと」と定義されています。長さの場合、基準として用いる量はメートルで、「1秒の1/299,792,458の間に真空中を光が伝わる行程の長さ」と決められています。

では、普段使用している測定器が示す値は、本当に正しいのでしょうか？例えば、ノギスやマイクロメータで考えてみます。ノギス、マイクロメータは接触式の測定器なので、被測定物との接触により測定面が摩耗したり、特定の長さだけを測り続けることで、駆動系の一部だけが摩耗したりすることがあります。このような状態になった測定器では、正確な測定はできません。

測定結果の信頼性を確保するには、使用する測定器の示す値がどのくらい正確であるのか精度をチェックする必要があります。この作業を校正と呼びます。校正は、対象となる測定器よりも精度の高い測定器により行われ、校正に用いた高精度の測定器は、より高精度の測定器で校正されます。このように、測定器の精度チェックの履歴をたどると、最終的に国家標準(国際標準)までたどり着くことができることをトレーサビリティと呼んでいます。

表1 誤差の分類

		誤差の種類		主な対策
誤差	系統誤差	測定結果に「かたよりの原因」によって生じる誤差	器差	機器の精度管理・校正
			測定条件	補正計算
			個人誤差	教育・訓練
偶然誤差	偶	突き止められない要因によって起こり、測定値の「ばらつき」となって現れる誤差	微小のゴミ、振動など	多数回測定による平均

測定の信頼性

ある長さを測定する場合、誤差といわれるものが必ず生じます。この誤差とは、「測定値から真の値を引いた値」と定義されています。誤差は、その発生要因より表1のように分類することができます。

○温度の影響

物体の長さは温度によって変化し、物体の長さの変化は次の式で表されます。

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

ΔL :長さの変化(mm) L :物体の長さ(mm)

α :線膨張率(/) Δt :温度変化()

例えば、アルミニウムの場合、長さが100mmで1℃の温度差があると

$$\Delta L = 23.8 \times 10^{-6} / \text{mm} \times 100 \text{mm} \times 1 = 2.38 \mu\text{m}$$

$$L = 100 \times 23.8 \times 10^{-6} \times 1 = 0.00238 \text{mm} = 2.38 \mu\text{m}$$

となります。

長さ測定では、標準温度は20℃となっており、精密な測定を行う場合、可能な限り標準温度に近づけて測定する必要があります。特に、標準(測定機器)と被測定物の温度や材質が異なる場合には、熱膨張および収縮による誤差に注意する必要があります。

測定の際の注意事項(温度に関するもの)

- 1)できるかぎり恒温室で測定する。または温度変化の少ない部屋で測定する。
- 2)被測定物を測定室に搬入したら、十分に温度ならしをする。
- 3)測定の際には手袋などを使用し、測定機器および被測定物に直接触れない。
- 4)照明や周辺機器からの排気熱に注意する。

○変形の影響

物に力が加わると、それがたとえ硬い金属でも、わずかではありますが変形します。これを弾性変形と呼び、測定時にこの影響を考慮する必要があります。主な弾性変形の形態に、次のようなものがあります。

フックの法則による変形

被測定物に測定力が加わると圧縮力により縮みが発生します。

ヘルツの法則による変形

測定子と被測定物の接触点では局所的な弾性変形(ヘルツの弾性接近量)が生じます。球、円筒、平面が相互に点接触または線接触する際に発生し、変形量は測定力の大きさや接触部の形状により異なります。

自重によるたわみ

長い被測定物を水平に置くと、支持点の位置によりたわみが問題となることがあります。

ブロックゲージの両測定面の平行を保つには、支持点の位置を0.2113L(エアリー点)とします。また標準尺の目盛面のように中立軸面の変形を最小に保つには、0.2203L(ベッセル点)の位置で支持する必要があります。

○読み取りによる影響

分解能

肉眼や顕微鏡などによって目盛を読み取る際の誤差は、測定の誤差と深いかわりがあります。

人間の眼の分解能(近接した2点を識別する能力)は、正常な眼の場合明視距離250mmにおいて約0.06mm(視角50秒)、また2直線のずれを認識する能力は、0.02mm(視角15秒)、最良状態で0.01mm(視角8秒)といわれています。

人間の眼の分解能には限界があるため、それ以上の分解能を必要とするときには、ルーペや顕微鏡などの光学機器が用いられます。しかし、これらもレンズの収差や光の波動性による回折現象のために分解能には限界があります。

視差

同一平面上にない目盛線を読み取るとき、目盛

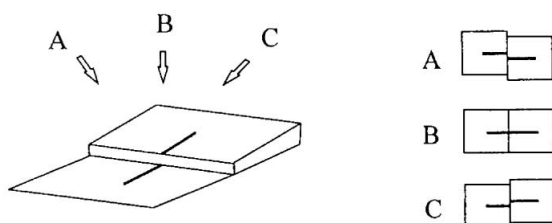


図1 視差による誤差

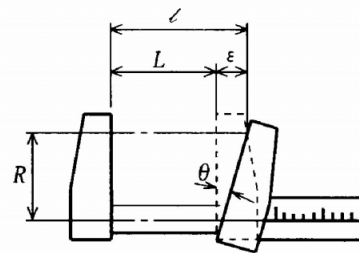
線を垂直に観測しないことによって生じる誤差を視差(パララックス)といいます。

○幾何学的な影響(測定機器の構造)

Abbe(アッベ)の原理

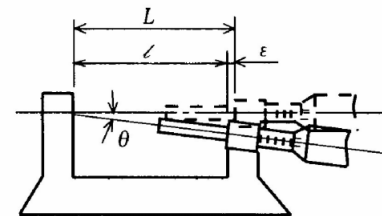
被測定物と測定器の目盛線とを同一直線上に置いたとき、測定の誤差を最も小さくすることができます。

マイクロメータはアッベの原理に基づいた構造ですが、ノギスはそうではないため、マイクロメータに比べて誤差が大きくなる可能性があります。



$$\begin{aligned}\epsilon &= R \tan \theta \\ &\approx R \theta\end{aligned}$$

図2 ノギス型構造の誤差



$$\begin{aligned}\epsilon &= L - l \\ &= L - L \cos \theta \\ &\approx L - L(1 - \theta^2/2) \\ &\approx L \theta^2/2\end{aligned}$$

図3 マイクロメータ型構造の誤差

測定機器の選択と精度

実際の測定においては、被測定物の大きさ、形状、材質、それに必要とする精度などを考慮して、最適な測定機器を選択する必要があります。また、選んだ測定機器の特徴や正しい使用方法を十分に理解して使用することが重要となります。

事業化支援部製品化支援室 <西が丘本部>

中村弘史 TEL03-3909-2151 内線434

E-mail:nakamura.hiroshi_1@iri-tokyo.jp