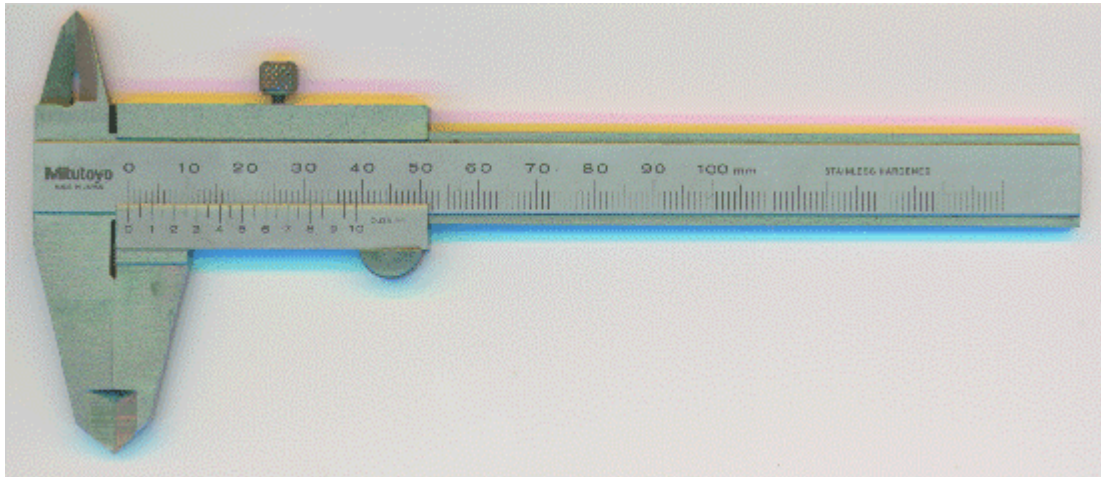


参考資料

目次

- 1 . ノギスの使い方
- 2 . マイクロメーターの使い方
- 3 . その他計測用機器例
- 4 . 測定数値の取り扱い
- 5 . 重量計測における重力加速度の影響
- 6 . 船体計測例（国内での基本計測）
- 7 . 船体計測例（国際大会）
- 8 . 材料制限
- 9 . F R P
- 1 0 . 金属（アルミ、チタン）

ノギス(vernier)



ノギスとは、スケール(鋼尺)とパスを一体化した測定器で、機械加工では、非常に多く使われますが、測定器としては、低精度なものに属します。

だからといって、ノギスの精度が決して悪いわけではありません。測定器は、図面で指示された必要な加工精度が測定できればいいのです。

ですからノギスは、実際に図面上で指示された寸法が、0.05mm までの精度で十分な切削加工において、非常に有用な測定器なのです。

[ノギスの原理]

ノギスは、英語では「バーニヤ」といいます。日本語に訳せば「副尺」という意味です。(じゃ、何故ノギスというの?という人は[ここ](#)を見てね)

そう、ノギスは、このバーニヤ(副尺)によって、測定しているといってもいいでしょう。つまり、バーニヤの細かい目盛と、スケール(本尺)の荒い目盛を組み合わせ、その目盛の差でノギスは小さな数値を読みとることができるようになっているのです。

さて、これがどういう原理なのかというと、たとえば、ここに1mm 刻みのスケールがあるとしましょう。このスケールの9目盛分、つまり9mm 分を10等分した(1目盛が0.9mm ということになりますね)ものを用意します。

前者が本尺で、後者が副尺となります。

本尺の目盛0と副尺の目盛0を合わせてみると、本尺の1目盛目と副尺の1目盛目との間には、0.1mm ずつのずれ($1.0\text{mm} - 0.9\text{mm} = 0.1\text{mm}$)があることが分かります。(図1参照)。

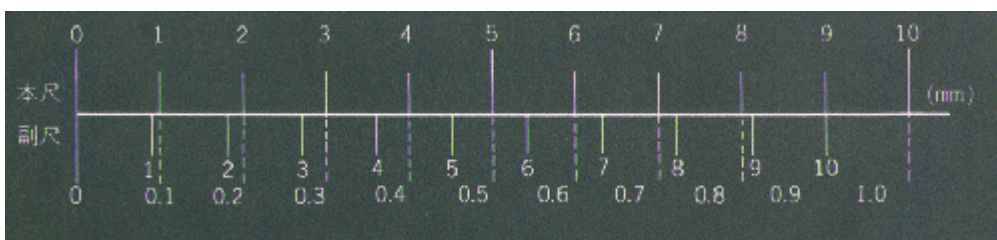


図1

ここで、副尺の0を右にずらして、本尺の1mmと合わせてみます。すると、副尺の方が、0.1mm短いのですから、本尺の目盛0と副尺の目盛0の間に隙間が0.1mmできます。もう少しずらして、本尺の4目盛目と副尺の4目盛目を合わせると、ずれは0.4mmになります(図2)。

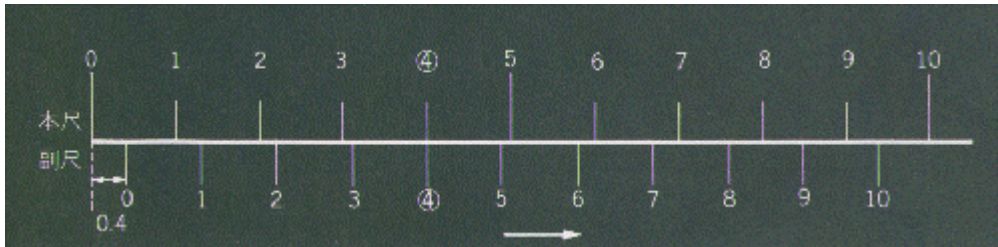


図2

解かりましたか?このようにして、本尺よりも目盛を小さくとした副尺を利用し、本尺との差で小さい寸法を読みとる、これがノギスの原理なのです。

実際のノギスにおいては、19目盛(19mm)を20等分したものを使用しています。つまり、副尺の1目盛は、 $19/20 = 0.95\text{mm}$ になります。よって、本尺との差 0.05mm ($1\text{mm} - 0.95\text{mm}$) までの数値を読むことができるというわけです。

最近では、本尺の39mmを40等分(1目盛0.05mm)し、副尺の目盛感覚を広くしたロングバーニヤ形式が多く使用されています。

[目盛の読み方](図3参照)

測定をする前に目盛が読めないと困りますから、よく覚えてくださいね。

まず、副尺の目盛0よりも左にある本尺の目盛を読みとります(図3では、12mm)。次に本尺の目盛と副尺の目盛が一致する部分の、副尺目盛(図3では0.45mm)を読み、その2つの値を足したものが、測定値(12.45mm)となります。

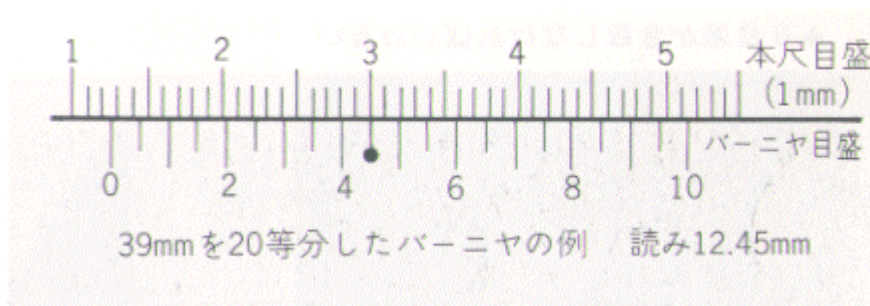


図3

[実際の測定]

ノギスには、測定面が4つあります。古い(昭和50年以前の)ノギスを使っていた人は、3つの間違えだろ?と言われるかもしれませんが、最近のノギスは、測定面が4つあるんです。(図4)

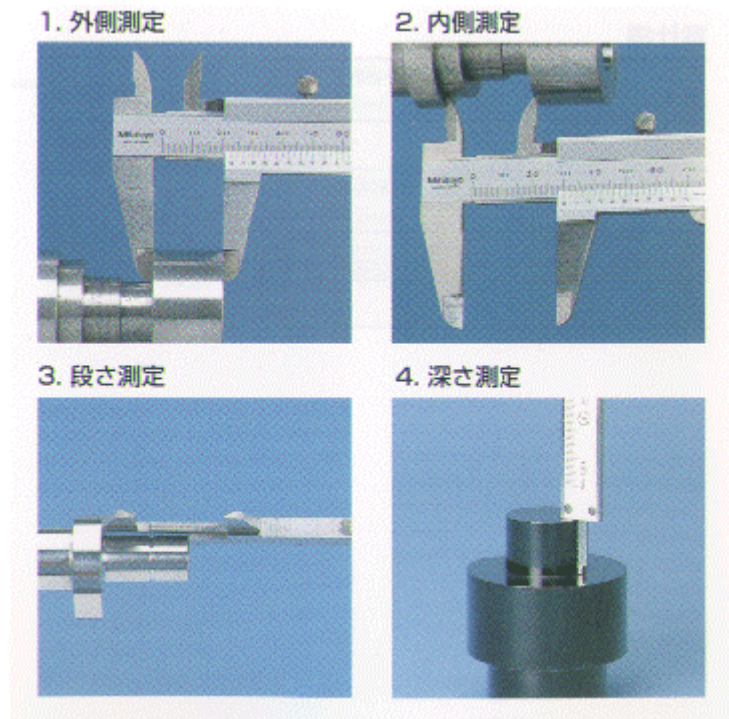


図4

それでは、各測定面の使い方を見てみましょう。

●外側の測定

外側を測定する時はジョウの部分を使います。ジョウの根もとの部分を使うのが正しい測り方です。

また、ノギスのジョウ先端は薄溝などの測定に都合の良いよう、薄く作られていますので、摩耗しやすい場所です。できるだけ先端を使わないようにしましょう。

測定するときは、必要以上に測定力をかけないようにしてください。かけすぎると、誤測定を起こしやすくなります。

●内側の測定

内側(穴など)測定するときは、クチバシの部分を使います。

●穴深さの測定

穴の深さなどを測定するときは、デプスバーを使います。

●段差の測定

これは以外と知られていませんが、本尺と副尺の端面にできる段差を利用して、段差の測定が出来ます。昭和 50 年頃まで副尺の端面は丸くなっており(図8参照)、段差測定ができないため、デプスバーを用いて測定していました。

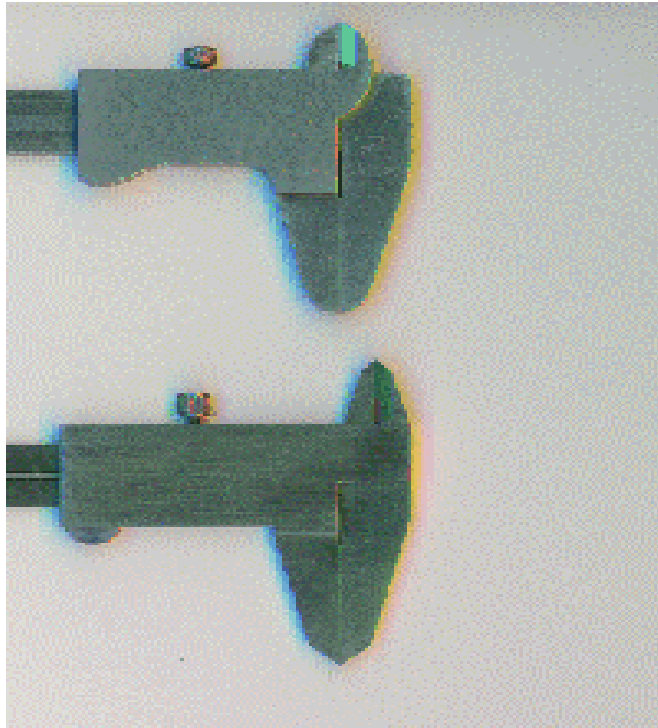
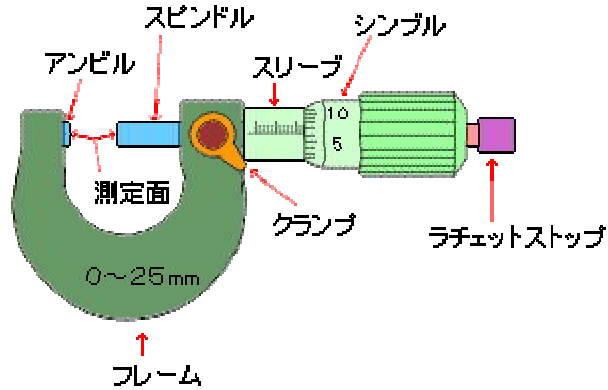


図8(上が旧式, 下が新式)

マイクロメータ

特徴としてはノギスと違い最小目盛り0.01で確実に読みとる事が出来ます。

マイクロメータの各部の名称



分解した状態

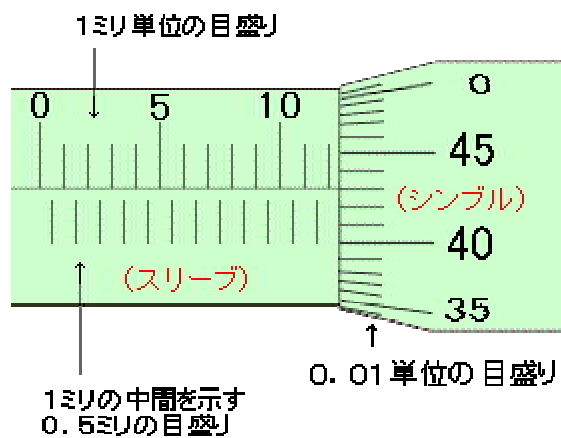


メモリの読み方例

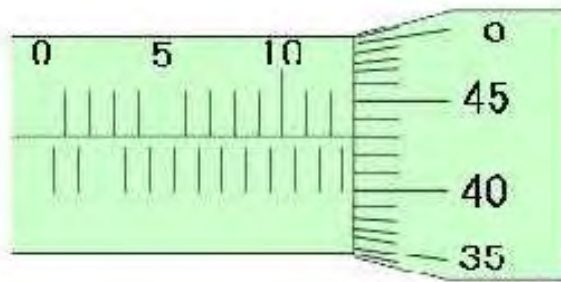
外測マイクロメータの場合

マイクロメータのシンプルとスピンドルは一体で回転するようになっており1回転0.5ミリ正確に動きます。シンプルの外周には50等分した目盛りが刻まれており最小単位1目盛り0.01ミリになっています。

スリーブとシンプルの目盛りは下図のようになっており下図の場合の読み取り値は12.430ミリとなります。



下図の場合は12.930ミリとなります。

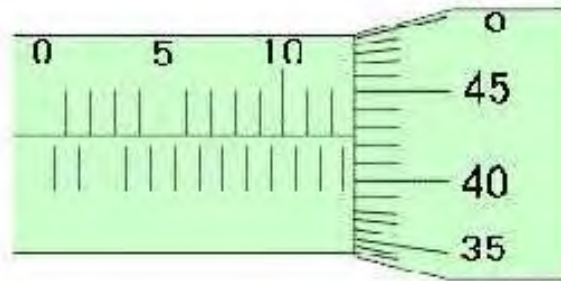


上図の場合スリーブの0.5ミリの目盛りが見えているのでシンプルの目盛りに0.5たして測定値にします。

目盛り線が合わない場合の読み取り方

下図のような場合千分台はだいたいしか分かりませので目測でおおよその値を読取ります。

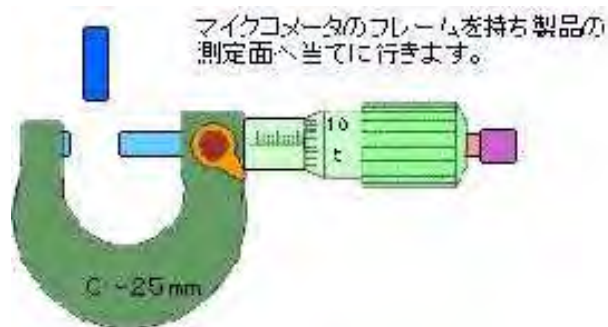
例 12.925ミリ



測定の仕方

基本的にはノギスと変わりませんが最小読み取り単位0.01ミリという事もあり測定時間があまり長引くと体温がマイクロメータに伝わり熱膨張して実際の寸法と異なる場合がありますので十分注意してください。

ア. 外側マイクロメータ



実際測定する場合は、切粉又は粉塵が製品と測定面の間に入っている場合があるので、製品を挟んだら少しずつずらすようにして滑らせて、異物が無い事を確認してラチェットを回して方が宜しいかと思えます。

実際の測定作業(厚み1.2ミリ)

被測定物に測定面を合わせるときは、シンプルをゆっくり回しますが、測定面に傾きがあると正しい値はできません。接触させる時は前後上下に揺さぶるようにし、安定する姿勢を見つけます。1回では信頼性が低いので、複数回行い同じ値になる事の確認をするのが望まれます。

測定結果



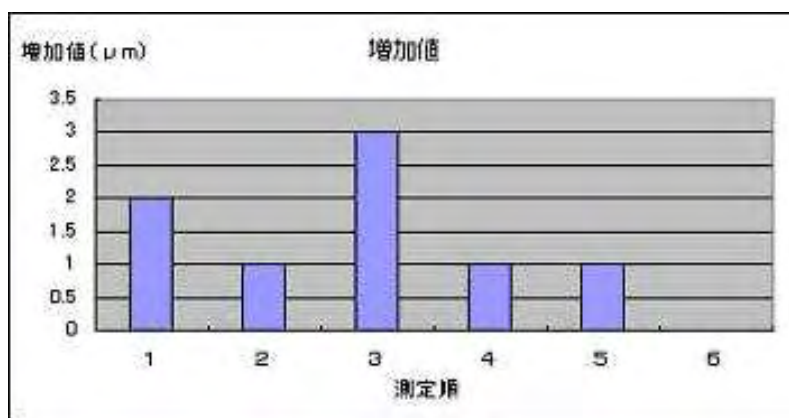
測定値は13.996ミリになります。

イ、以外のマイクロメータ

基本的にはノギスと同じと考えて宜しいかと思いますが読み取り精度がノギスの数倍高いのでなるべく測定時間を短くして熱による誤差を少なくしましょう。

ウ、ラチェット使用時の精度

だいぶ使っている内径測定用3点マイクロメータ(10~12)で、ラチェットを2まわして測定した場合、どの程度のバラつきが出るか、0.001読み取れるマイクロメータで試してみました。測定面にしっかり確実にあててからラチェットを回したのですが、最大3 μ m大きくなったのもありました。



ラチェットの回す回数ですが、メーカーによって1~2回転、または2回転のように違いがあり、特に決まりがないようです。経験から精密に測定した場合は、測定面にガタ無くしっかり当ててから、ラチェットのカチカチ音が2回ほど音がする程度で(回さない)止めた方が安定すると思います。



上から
トランシット

これは水平レベルと水平角度を計測できるもの
ハル計測の水準出しに使用

超音波板厚計

プローブ(振動子)を積層のゲルコート面に当てて超音波の反射時間で板厚を計測
470の船体板厚計測にしようしているもの

キャリパー

ノギスやマイクロメーターではかれない懐の深い物の厚さを測る道具
CBやRBの厚さ計測に使用

測定値の取り扱い

物理量を測定する際には、器具を正しく扱い、細心の注意を払うことが常に求められる。しかし、いかに注意深く測定しても、測定値にはある程度の不確かさ(誤差)が含まれてしまう。したがって、測定されたデータを解析したり、応用したりするときには、常に誤差に関する正しい理解が必要となる。ここでは、誤差が生じる諸原因、誤差を含むデータの扱い方を学ぶ。

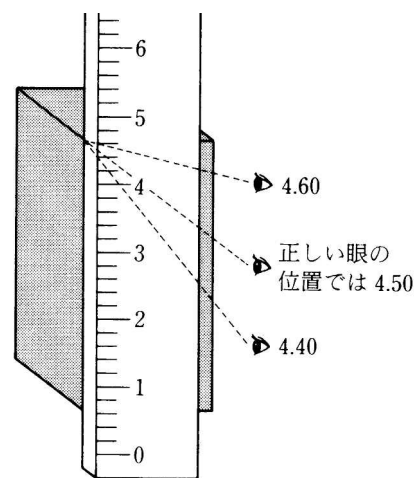
§ 1 さまざまな誤差

1.1 個人誤差

目盛の読み取りの誤りや、記録や計算におけるミス、あるいは個人的な癖によって誤差が生じることがある(学生実験では非常に多いので注意!)。これを個人誤差という。細心の注意を払っていれば、個人誤差はかぎりなくゼロに近づけることができる。以下に、主な注意点を列挙しておく。

1. 目盛は正面から読む

目盛スケールを斜めから読むと正しい値は得られない。これを視差という(右図参照)。特に、棒温度計は大きな視差を生じやすいので、正面から読むように注意せよ。また水平に置いてある指針型の計器(電流計や電圧計など)を読むときには、目を針の真上に持ってくること。



眼の位置による読みの違い。

図 0 - 1

2. 勝手に四捨五入しない

測定値を勝手に四捨五入してはいけない。電卓を用いて計算する場合には、計算の途中で四捨五入したり切り捨てたりせず、最終結果を出してから、有効な桁数を吟味して四捨五入を行う(有効数字の項を参照)。もちろん、目盛の読み取りの段階で、必要な桁まで読み取らないのは、重大な過失である。

3. 前の測定値に引きずられない

2回以上の測定を行う際には、前の測定値に影響されてしまうことがよくある。複数の人が測定する場合も同様である。複数回測定を行う際には、とりあえず、前回の測定値のことは忘れて、初心に戻って測定したほうが良い。(測ってしまってから、前回の値と比較することはかまわない。そうすることで大きな誤りを早めに発見できることもある。)

1.2 系統誤差

特定の測定器、あるいは特定の測定方法に固有の誤差が生じることがある。これを系統誤差という。測定器の許容誤差(しばしば精度とも言われる)のように、その器具を使う以上受け入れざるを得ない誤差と、器具の不具合などによって生じる補正可能な誤差とがある。

1. 主な測定器の許容誤差

物差： 金属製の直尺(1級) 1 m尺で 0.2 mm、2 m 尺では 0.3 mm。プラスチックの物差の場合は熱膨張が精度に大きく影響する。プラスチックの熱膨張率は約 10^{-4}K^{-1} であるから、気温が 10 変化すると、長さは 10^{-3} 変化する。これは 30cm の物差で 0.3mm、1m 尺ならば 1mm にあたる。

ストップウォッチ： アナログ式のもので 10^{-3} 、デジタルのものでは約 10^{-5} 程度である。ただし、人がボタンを押す際に 0.1~0.2 秒程度の誤差が入る。10 秒程度の時間をストップウォッチで測定するときには、ボタンを押す誤差のほうが問題となる。

電気計器： 指針型の計器には等級が表記されている。たとえば、2.5 級とあれば、2.5%の誤差がありうることを示している。

デジタル機器： 一般に最後の桁に ± 1 の誤差があると考えてよい。

測定器具別 測り方のルール

(1) ものさし(目盛を直読する器具)

最小目盛の1/10を目分量で読む。

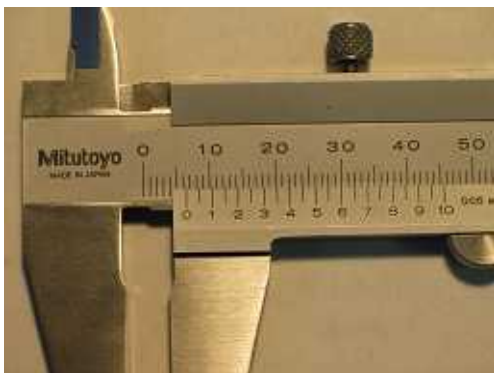
(例) 最小目盛が1mmのものさしの場合, 0.1mmの桁まで読む。

(2) ノギス(副尺のある器具)

ものさしの「目分量」を副尺を用いて補う。ふつう, 最小目盛の1/20, つまり, 0.05mmまで読める。

(3) マイクロメータ

ネジの原理で, 直線移動距離を回転の周の長さにおきかえることにより, 高精度で長さを測ることができる。ふつう0.5mmで1回転するネジが切っている。1周に50目盛がふってあるので, 1目盛は0.01mmに相当する。ものさしと同様, 1目盛の1/10まで目測する。つまり, 最小読み取り長さは0.001mmとなる。



2 . 機器のゼロ点

機器のゼロ点は使っているうちにずれてくる。測定に際してゼロ点をチェックするのは、測定者の義務である。ゼロ点がずれていることがわかったら、調整できるものはその場で調整し、そうでないものについては、読み取った値にゼロ点補正をほどこす。

1 . 3 偶然誤差

同じ測定者が同じ器具を使って同じ条件のもとで繰り返し測定を行ったとしても、その測定値にばらつきが生じることがある。これは、測定条件の予測不能な変動から生じる。このような誤差を偶然誤差という。偶然誤差を生じる原因にはたとえば、次のようなものがある。

測定温度の予測不可能な変動・電源電圧の予測不可能な変動・実験装置の不規則的な振動・周囲の空気の不規則な流れ など

偶然誤差の生じる原因は確率的である(そうでない場合は、系統誤差になる)。したがって、多数回の測定をして平均をとることによって、影響を小さくすることができる。

(注)テーマ7の放射性元素の崩壊のように、現象そのものが確率的な場合にも測定値にばらつきが生じる。このばらつきは誤差とは言えないが、偶然誤差と同様の取り扱いが可能である。

§ 2 絶対誤差と相対誤差

真の値と測定値との差を絶対誤差(あるいは単に誤差)、絶対誤差を真の値(または測定値)で割ったものを相対誤差という。たとえば、約10cmの長さを1mmの正確さで測定したとすると、この測定値の絶対誤差は1mm、相対誤差は 10^{-2} である。一方、約1kmの距離を1mの正確さで測定した場合、絶対誤差は1mであり前者の測定より格段に大きい、相対誤差は 10^{-3} となり、前者より小さい。このふたつの測定のどちらが「高精度」と言えるだろうか? 答えは後者である。精度とは、相対誤差の「小ささ」を言い、たとえば「現在

の 10 倍の精度で測定せよ」と言われたら、現在の 1/10 の相対誤差の測定を要求されたことを意味する。なお、真の値がわからないときには、絶対誤差の代わりに、測定器の許容誤差や測定値のばらつきの大きさを測定値で割ったものを相対誤差とすることもある。

例: 0.05mm まで読み取ることのできるノギスを用いてビスの直径を測定して $d=4.95\text{mm}$ を得た。この測定値の相対誤差はいくらか。

A: この場合、真の値はわからない。測定器の許容誤差は 0.05mm であるから、相対誤差は、 $0.05/4.95 \sim 10^{-2}$ である。

§ 3 有効数字

実験で扱う数値には 2 通りある。厳密な数値と測定値である。厳密な数値とは、たとえば、半径 r の円の円周を与える式、 $2\pi r$ における 2 のような数値である。この数値は厳密に 2 であり、不確かさはまったくない。これに対して、測定された数値は必ず何がしかの不確かさ(誤差)を含む。したがって、測定して得られる意味のある数字には限りがある。この意味のある数字を有効数字 (significant figure) という。

ここで、測定器の目盛から測定値を読み取る場合を考えよう。測る量またはこれを指示する指針が目盛線とちょうど一致することはまれで、食い違うことが多い。この食い違いに対しては、最小の目盛の 1/10 程度までを目測で読み取るのが原則である。したがって測定値の最後の桁の数字は少なくとも測定器の 1 目盛の 1/10 程度において疑わしい。

例えば物体の長さを測る場合に、最小目盛 1cm の目盛尺を用いて 34.5cm を得たとすれば、この誤差は $\pm 0.1\text{cm}$ 程度であり、また最小目盛 1mm の目盛尺を使用して 34.50cm を得たときには、誤差は $\pm 0.01\text{cm}$ 程度である。これら測定値の最後の桁の 5 及び 0 は、誤差を含むものの一応信頼される数字と考えて良い。前者 34.5cm の有効数字は 3 桁であり、後者 34.50cm は有効数字 4 桁である。これら 2 つの数値、34.5cm と 34.50cm とは数値としては等しいが、測定値としては意味が異なる。したがって、測定値 34.50cm を 34.5000cm のように勝手に末尾にゼロを書き添えて書いたり、逆に末尾のゼロを省略したりしてはいけない。同じ理由で、測定値 345m を 34500cm と

書いてはならない。この場合には $3.45 \times 10^4 \text{cm}$ と記す。

Q 1 : 長さ約 15cm の鉛筆を相対誤差 10^{-3} と、相対誤差 10^{-1} で測定した。それぞれの測定値の有効数字は何桁になるか？

Q 2 : 次の測定値の有効数字は何桁か

1) 月の半径 1700km、2) 重力加速度 9.80m/s^2 、3) 地球・月間の距離 384400km、4) 0.1atm における理想気体の体積 0.02241m^3 。

注 : 小数点の位置に惑わされるな !

しばしば「小数点以下 2 桁」のような言い方で数値の正確さを表現することがある。しかし、小数点は単位を変えたら何桁も移動してしまう。測定値の正確さを表現するときには、小数点以下何桁とはいわずに、「有効数字何桁」と言うべきである。

§ 4 間接測定量の誤差

略 . . .

§ 5 測定値の計算

《加減乗除》

測定値の計算を行う場合は、結果において最初に現れる疑わしい桁 (普通は末尾の桁) を検討し、計算の途中ではその桁よりも一桁余計に計算し、最後にその桁を四捨五入し、求める結果とすればよい。一桁余計に計算するのは、末位を四捨五入することによる誤差を測定誤差よりも小さくするためである。この原則から、次のように測定値の加減及び乗除の計算に対する一応の目安が得られる。

(i) 加減

測定値中で有効数字の末位が最高の桁を持つものを基準にして、他の測定値については、あらかじめ基準の桁の次位の数字まで残して四捨五入し、その後計算して最下位の桁を四捨五入する。

例えば、 $a=13.57 \text{cm}$ 、 $b=0.246 \text{cm}$ 、 $c=0.0567 \text{cm}$ 、を加算する場合、

$$a+b+c=13.57+0.246+0.057=13.873=13.87\text{cm}$$

とすればよい。 a においては小数点以下3桁目は無意味であるが、これに b 及び c の3桁目の6及び7を加えて計算するのは、計算誤差を測定誤差よりも小さくするためである。

(ii) 乗除

複数の測定値を掛け算して得られた結果の有効数字は、もとの測定値の中の最小の有効数字の桁数にほぼ等しい。したがって、計算に当たっては、最小の有効数字よりも1桁だけ余分に計算し、最後にその桁を四捨五入して、結果の有効数字の桁数を最小の有効数字の桁数に等しくする。

例えば、縦横の長さを測り、測定値 $a=13.57\text{cm}$, $b=4.56\text{cm}$, から面積 $A=ab$ を求める場合を考えよう。 a の有効数字は4桁、 b は3桁である。したがって、計算結果 A の有効数字は3桁と考えられる。これは、右のような演算を試みると理解できる。太字で書かれている桁は誤差を含む桁である。最終結果では、上から3桁目の「8」に誤差が含まれる。故に結果 A の有効数字はそのひとつ下の4桁目の「7」を四捨五入して

$$A=61.9\text{cm}^2$$

とする。

$$\begin{array}{r}
 13.57 \\
 \times 4.56 \\
 \hline
 8142 \\
 6785 \\
 5428 \\
 \hline
 61.8792
 \end{array}$$

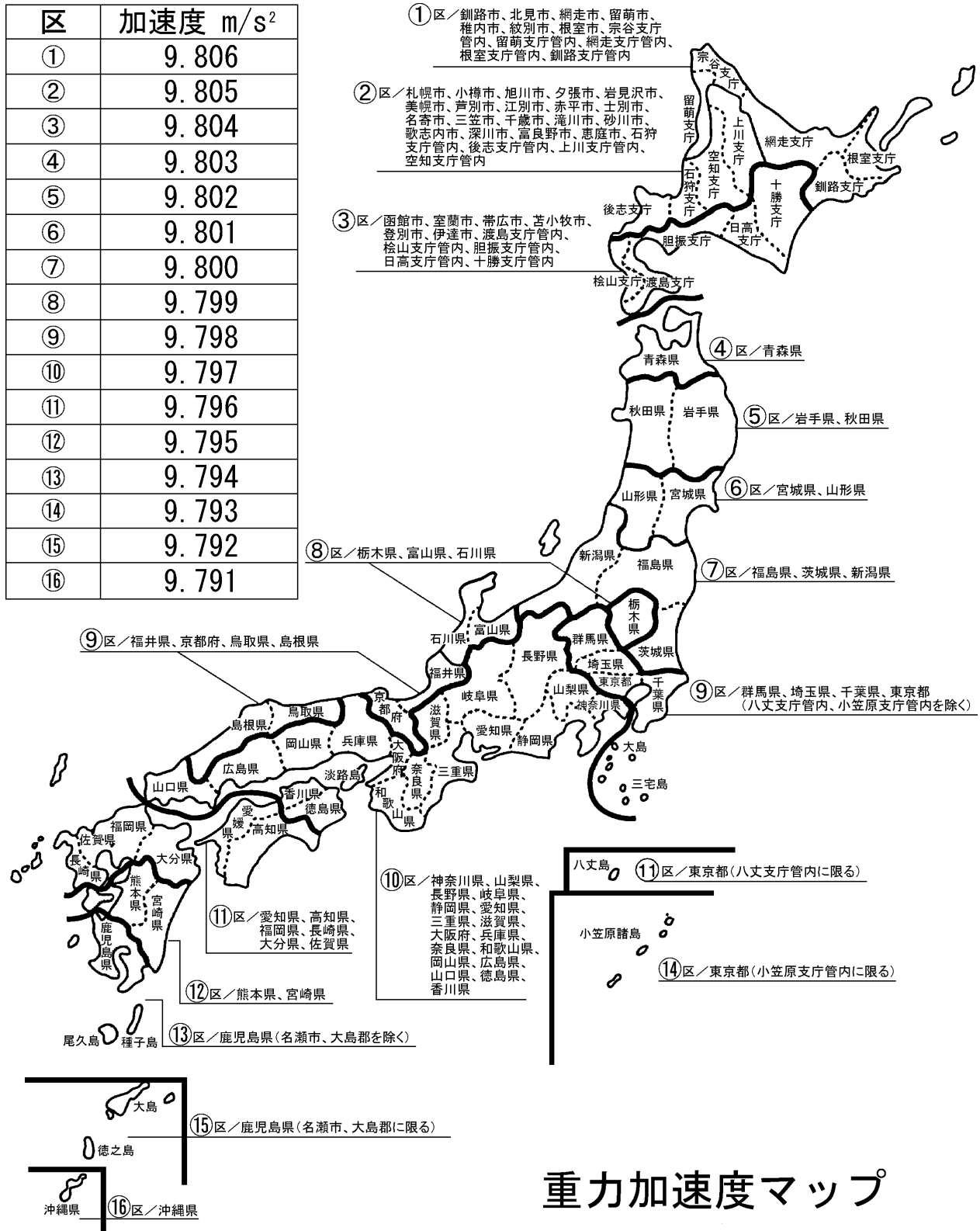
重力加速度の違いによる重量の変化

例：秋田で計測した120.0kgの470を同じばかりで大分で計測すると・・・

秋田 $g=9.802$ 大分 $g=9.796$
 $9.796/9.802 \times 120.0=119.9$

0.1kg 計測アウト！ばかりの補正が必要

区	加速度 m/s^2
①	9.806
②	9.805
③	9.804
④	9.803
⑤	9.802
⑥	9.801
⑦	9.800
⑧	9.799
⑨	9.798
⑩	9.797
⑪	9.796
⑫	9.795
⑬	9.794
⑭	9.793
⑮	9.792
⑯	9.791



重力加速度マップ



船型計測の様子
水平にセットした計測台に艇を乗
ベースラインを設定
テンプレート(ISA F 支給品)を



HULL JIGS



470



EUROPE

BASELINES



Beam



String





使用材料の制限例

	CB	RB	ラダーストック	マスト	ブーム	スピンポール	静索	動索	船体	艀装品
470	木、合板、GFRP (ポリ、エポ)、プラスチックフォーム、	木、合板、GFRP (ポリ、エポ)、プラスチックフォーム、	2002/3以降アルミ合金,SUS	アルミ合金	アルミ合金	アルミ合金	SUSワイヤーロッド禁止	チタン禁止以外任意	ガラス繊維(マルチok,M)不飽和ポリエステルによる単版	チタン禁止以外任意 ブライダルはal又はsus
FJ	無し	←	←	アルミ合金/木	アルミ合金/木	無し	←	←	←	←
SNIPE	アルミ合金 (6061T6推奨)	木,GRP、フォーム	-----	アルミ合金/木	木?/アルミ合金 (63T6)			制限無し	GRP (ポリ、エポ) サントイッチok、木、合板、クロス、ロービングクロス、マット	カーボン、ケブラー禁止
OP	合板、GRP(UD,C,M+Iホ)	←		アルミ合金/木(中実)	アルミ合金/木(中実)	-----		ワイヤー禁止 (例外有り)	GRP (ポリ、エポ) サントイッチok、木、合板、クロスハイアケシャル、マット	チタン禁止
FB		木、合板、FRP (レジン制限無し) CF以外ok	木、合板、FRP (レジン制限無し) CF以外ok	アルミ合金/鉄/木	アルミ合金/鉄/木	無し			WOOD FRP(ガラス、アラミ+エポ、ポリ)フォーム、バルササントイッチ可	CF一部ok
J24	チタン禁止エキゾチックマテリアルの制限。船体はGRP									
IRC	鉛の比重以下の材質	制限無し 但し申告要								
IMS	鉛の比重以下の材質	高強度カーボン以外何でもok		制限無し 但し申告要	制限無し 但し申告要	制限無し	Steel wire/rod		制限無し 但し申告要	

FRP

FRPとは FIBER REINFORCED PLASTICS (繊維強化プラスチック)

ガラス繊維などの繊維をプラスチックの中に入れて強度を向上させた複合材料のこと。

FRP と書いた場合、暗にガラス繊維強化プラスチックを指すこともあるが、一般的に工学・産業の世界では強化繊維の種類を区別しない総称で使われる。

強化材としてガラス繊維を使用するものは GFRP または GRP
(Glass fiber reinforced plastics, Glass-reinforced plastics)

強化材としてカーボン繊維を使用するものは CFRP
強化材としてケブラー繊維を使用するものは KFRP
と強化材を区別して扱われる。

基材(母材)=マトリックス としては ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂などの熱硬化性樹脂が使われる。
熱可塑性樹脂をマトリックスとしたFRTPや、金属をマトリックスとしたFRM などもある。

本講習会ではマトリックス及び成型方法については触れないが、強化材としての繊維に関して計測員に必要と思われる基礎知識としての紹介をする。

ヨットに使用される素材として代表的な強化繊維

繊維材料別に見た種類

- 1 ガラス繊維 E-ガラス S-ガラス S2-ガラス T-ガラス
一般的に使用されているガラス繊維はE-ガラス と呼ばれるガラス
S-ガラスは E-ガラスより高強度、高弾性
T-ガラスは Sガラスに対抗して国内で開発されたもの。高強度高弾性
- 2 アラミド繊維(ケブラー) ケブラー29、49、119、129
ケブラーはデュボン社の登録商標で一般的にはアラミドと呼ばれる
数字は強度・剛性のグレードで分けられている
ヨットには49と129が良く使われる
ノーマックスと言う素材はこのケブラーを使ったハニカムコア(アラミドハニカム)の事
- 3 カーボン繊維 汎用タイプ 高強度タイプ 高弾性タイプ
ハイテクレーシングヨットに広く使われている
強度・弾性率が非常に高くその特性を生かす為に、ハンドレイアップではなくプリプレグとして使われることが多い

*プリプレグ:工場では繊維に常温では硬化しないエポキシ樹脂を含浸させシート状にした素材。冷凍保管し、積層後高温(80-180度)で焼いて固める。

ファブリックとしてみた場合の種類

- 1 チョップドストランドマット Chopped Strand Mat
50mm程度の短繊維をバインダーで固めたもの。形状なじみ性、接着性がいい
- 2 ロービングクロス Woven Roving
ロ - ビングを織り込んだ織物。厚手300-900gr/m² 厚さ 0.3-1.2 ~ mm程度
- 3 クロス Cloth
いわゆる布風の織物。薄手 100-300gr/m² 厚さ0.1-0.3mm程度
- 4 ユニダイレクショナル UniDirectional
繊維を一方向だけにそろえた物。バラケ無いように糸や接着剤で纏めている
テープ状で使われる事が多い
- 5 バイアキシャル BiAxial
ファブリックの長手方向に対して $\pm 45^\circ$ に繊維をそろえた物
- 6 ダブルバイアス DoubleBias
ファブリックの長手方向に対して 0° 、 90° に繊維をそろえた物
- 7 トライアキシャル TriAxial
ファブリックの長手方向に対して 0° 、 $\pm 45^\circ$ に繊維をそろえた物
(横方向にそろえた物も有る)
- 8 クアドラキシャル Quadraxial
ファブリックの長手方向に対して 0° 、 90° 、 $\pm 45^\circ$ に繊維をそろえた物

5-8を総称してMulti Axial Fabricと呼ぶ

470級では1昨年まで1-4までのもののみがルール上使用できたが、昨年より5-8が使用できるようになった。

講習会テキスト H6:にて言及した95年の某海外メーカー製470では当時使用が認められていない6のファブリックを使用したものであった

アルミ合金の種類

一般に展伸法で利用されるアルミニウム合金には、4桁の数字からなる国際アルミニウム合金名が使用されている。日本工業規格(JIS)においても、国際アルミニウム合金名がアルミニウム合金名の一部に取り入れられ準用されている。名称としては、例えばA3003P-H12のようにアルミをあらわすAの後に合金の種類を示す4桁の数字が続き、ハイフン以降は加工硬化や熱処理などの調質記号である。

1000番台

純アルミニウム 加工性、耐食性、電気伝導性、熱伝導性はよいが強度が低い
用途:アルミ箔、化学工業タンク類、導電材

2000番台

Al-Cu系合金 ジュラルミン、超ジュラルミンの名称で知られる高強度材。耐食性に劣る

- ・ 2017 ジュラルミン
- ・ 2024 超ジュラルミン

3000番台

Al-Mn系合金 加工性、耐食性、強度が良好

4000番台

Al-Si系合金 耐摩耗性が良好

- ・ 4032 鍛造ピストンなど
- ・ 4043 建築用パネルなど

5000番台

Al-Mg系合金

用途:船舶、車両、建築用内外装、圧力容器

- ・ 5052 耐食性、成形性、溶接性良。 缶エンド、アルミハニカム、ヨット部品
- ・ 5056 耐食性、切削性良 強度良 ラダーシャフト、カメラ鏡胴

6000番台

Al-Mg-Si系合金 **強度、耐食性が良好**。伸びが5000番より良

- ・ 6063 建築用サッシなど マスト・ブーム
- ・ 6061 マスト・ブーム、船舶、陸上構造物

7000番台

Al-Zn-Mg系合金・Al-Zn-Mg-Cu系合金 高強度材でありCu系はアルミ合金中の最高強度である

- ・ 7075 超々ジュラルミン 用途:航空機など
- ・ 7N01 鉄道車両用構造材など

ジュラルミン(2000番台、7000番台)は使用制限されているクラスも有る。
但し、見た目での区別はほとんど不可能

アルミの表面処理

アルマイト加工(陽極酸化皮膜)

耐食性、装飾性などの目的で表面処理を施す。さまざまな色がある



硬質アルマイトは普通のアルマイトと処理方法が違い非常に硬い表面高度を持つ。

種類により発色が違うが通常の白アルマイト(シルバーアルマイト)に比べ黒っぽい色

チタン・チタン合金

比重4.5 アルミより重いが強度があり耐熱性も高い。

純チタン(1種~4種) 合金(6-4チタンが代表的) 純チタンでもステンレス並みの強度あり。6-4チタンではステンレスの倍の強度

高価で加工性が悪く、特殊用途以外普及していない ⇒ 制限される原因
アルミ同様いろいろな色に加工できるが自然の色はやや褐色を帯びた色