



Anton Paar

SINCE 1967

DENSITY
MEASUREMENT TM

GOOD DENSITY MEASUREMENT (優れた密度測定)のために 注意すべき5つの基本領域

水チェック、調整、サンプル前処理、
サンプル充填、洗浄

アントンパールは、1967年以来、研究や産業用途向けに高精度で信頼性の高い密度計を提供することに特化してきました。

このパンフレットは、50年以上にわたる測定の経験から得られた知見をまとめたものです。

このガイドラインに従って測定を行うことで、正確で再現性の高い結果を得ることができます。

水チェック

毎日、測定前に水チェックを実行してください。

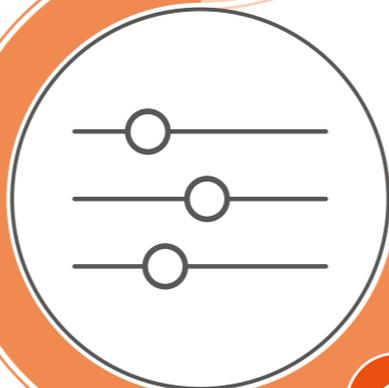
1



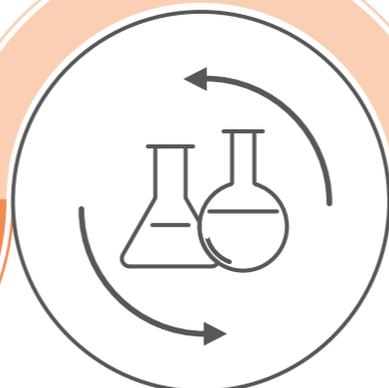
調整

水チェックが不合格となり、洗浄しても解決しない場合は、空気と水の調整または水の調整を行ってください

2



3



サンプルの前処理

再現性を高めるには、毎回同じ方法で慎重に前処理を行ってください。

洗浄

測定後は、ただちに測定セルからサンプルを取り出し、セル内を洗浄してください。

5



4



サンプルの充填

気泡が入らないように慎重に測定セルに充填してください。

水チェックを 毎日、測定前に行ってください



密度チェックを定期的に行うことにより、密度測定と濃度測定を高い精度で安定させることができます。

測定値が所定の許容範囲内でない場合、チェックは不合格となります。許容範囲は用途によって異なります。例えば、清涼飲料業界よりも製薬業界の方が厳しい許容範囲が設定されています。

作業手順

- 脱ガスした直後の超純水(二段蒸留水または脱イオン水)を測定セルに充填します。
- 測定を開始します。
- 密度の測定値を基準値と比較します。

例

ソフトドリンクの場合、一般的な許容範囲は $\pm 1 \times 10^{-4}$ g/cm³です。つまり、測定値が0.9981~0.9983 g/cm³の範囲内であれば、水チェックは合格です。

水チェックが不合格になる場合は以下を試す：

- 新しい超純水を使用してください。
- もう一度水チェックを行ってください。

それでも不合格になる場合は：

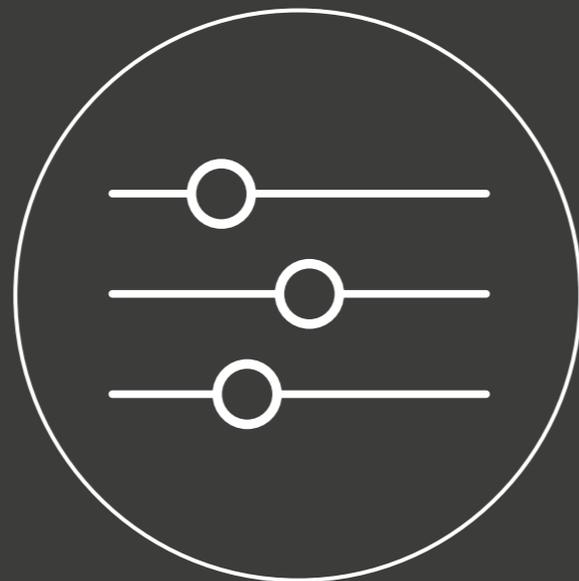
- 測定セルを十分に洗浄してください。
- 新しい超純水を使用して、もう一度水チェックを行ってください。

それでも不合格になる場合は：

- 空気と水の調整または水の調整を行ってください。

わたしの水チェック：
わたしの水チェックの許容範囲は次のとおり：

水チェックが不合格になり、洗淨しても解決しない場合は、調整を行ってください



調整では装置の定数を変更します。測定結果の一貫性や比較可能性を確保するため、調整は、水チェックが不合格で、水を新しくする、セルを洗淨するなどの対処をしても解決しない場合のみ行ってください。多くの場合、測定エラーは洗淨が不十分なために起こります。調整は最終的な手段と考えてください。DMA 501やDMA 1001などのリファレンスオシレーターを搭載していない装置は、高精度の測定のために温度変化後の調整が必要になる場合があります。

作業手順

- 一般的な調整媒体は、乾燥空気と、脱ガスした直後の超純水(二段蒸留水など)です。
- 装置の自動調整手順に従ってください。
- 調整ログブックに記録してください。

原因	影響	密度への影響
腐食性の強い洗淨剤の使用	測定セルの容量が増える	不自然に密度が低くなる
洗淨が不十分	測定セルの容量が減る	不自然に密度が高くなる

洗淨による副次的影響を調整で補う必要がある理由

わたしの調整媒体：

調整媒体1 _____

密度1 _____

調整媒体2 _____

密度2 _____

調整媒体3 _____

密度3 _____



以前は週に1回調整を行うことを推奨していましたが、現在は推奨していません。調整は、許容範囲外になった場合のみ行ってください。

再現性の高い結果を得るには 毎回同じ方法で慎重に サンプル前処理を 行ってください

ガスを含むサンプル

液体サンプルの脱ガスは、いくつかの方法で行うことができます。お客様の用途に適した方法は、サンプルの種類と、サンプル中に溶存しているガスの種類や量によって異なります。多くのサンプルにおいて、サンプル前処理中に揮発性成分が蒸発し、組成がわずかに変化する可能性がありますのでご注意ください。



攪拌

- サンプルから気泡が出なくなるまで2~15分間(攪拌装置によって異なる)、十分に攪拌します。
- 攪拌したサンプルをペーパーフィルターでろ過すると、より効果的に脱ガスできます。

超音波洗浄機

- サンプルから気泡が出なくなるまで5~10分間、超音波洗浄機にかけます。

煮沸

- サンプルを数分間沸騰させて、溶存ガスを除去します。
- 沸騰させたサンプルは、清潔なガラスフラスコに入れて蓋をします。
- サンプルの温度が測定温度付近に低下するまで待ちます。

シリンジの使用

- シリンジにサンプルを注入し、開口部に指を当てます。
- ピストンを引いて真空状態にし、指を離してガスを排出します。
- この手順を少なくとも3回繰り返し、サンプルにガスが残っていないことを確認します。

腐食性サンプル

- サンプルの取り扱い、洗浄、すすぎ、廃液に関して、すべての安全規則(保護眼鏡、手袋、保護マスクの使用など)を守ってください。
- 測定を開始する前に、サンプルに接触するすべての器具の耐薬品性をチェックしてください。

高粘度サンプル

- サンプルを加熱して粘度を下げてください。
- 高粘度サンプルの場合は、注入口や排出口でサンプルが詰まらないように加熱アタッチメントを使用してください。
- 自動サンプルチェンジャーを使用する場合は、粘度が所定の仕様に適合しているか確認してください。

揮発性サンプル

- サンプルバイアルはキャップで密閉してください。
- バイアルを静かに回し、凝縮した液滴を液体全体に戻してください。
- 高揮発性サンプルの場合は、加圧しながらサンプルを充填できるサンプル充填システムを使用してください。



火災の危険性が高いため、可燃性の液体は沸騰させないでください。

サンプルに毒性のある揮発性化合物が含まれている場合は、必ずドラフトチャンバーなどの適切な環境で取り扱ってください。

最適なサンプル前処理方法については、アントンパール・ジャパンにお問い合わせください。

*シリンジは、サンプルを入れても真空を作るための空間が残るように、十分な大きさが必要です。サンプルはシリンジの2/3以上は充填しないでください。

気泡が入らないように 慎重に測定セルに 充填してください



サンプル充填システムを使用した自動充填

オペレーターに起因する充填エラーをなくす唯一の方法は、サンプル充填システムを使用することです。サンプル充填システムは毎回同じ方法で測定を繰り返すため、再現性の高い結果を得るには最適です。

高粘度サンプルや揮発性成分を含むサンプルなどの難しいサンプルでも、スムーズに充填できます。自動洗浄機能を備えたサンプル充填システムもご用意しています。

作業手順

- 適切なサンプルバイアルにサンプルを充填し、マガジンを準備します。
- 自動洗浄機能を備えたサンプル充填システムの場合は、洗浄液の量が十分であることを確認します。
- 一連の測定を開始する前に廃液容器を空にします。
- 装置の設定を確認します。
- 装置のサンプルリストを準備します。
- 測定を開始します。

シリンジによる手動充填

シリンジを使用する方法は、卓上型密度計へのサンプル充填方法として従来から行われている手法です。再現性のある結果を出し、測定セル内に気泡が入らないようにするには、ある程度の練習が必要です。

作業手順

- プランジャーを止めずにゆっくりなめらかに押します。
- 測定セルに気泡が入っていないか確認します。
- 装置の設定を確認します。
- 測定を開始します。

ペースト状の材料には、必ずシリンジを使用してください。サンプルの粘度が非常に高い場合は、サンプルをシリンジに充填する際、プランジャーをシリンジから完全に抜き、スプーンを使って奥から充填し、再びプランジャーを挿入してください。



密度計にサンプルを充填する前に、すべての接液部にサンプルに対する耐性があることを確認してください。

わたしのサンプル充填方法

測定後は、測定セルから サンプルを除去し、定期的 に装置を洗浄してください



作業日または作業シフトが終わるごとに、
少なくとも1回は測定セルを洗浄し、
乾燥させてください。

次の場合、より頻繁に洗浄する必要があります。

- 調整を実施する場合
- 直前のサンプルと混和性がないサンプルを測定する場合(石油化学製品の後に水を測定する場合など)
- ごく少量のサンプルを測定する場合
- 直前のサンプルと化学反応を起こす可能性があるサンプルを測定する場合

装置の洗浄には、自動洗浄機能を備えたサンプル充填システムを使用することをお勧めします。

この場合、使用する洗浄液がサンプルに適していることを確認してください。

作業手順

- 2種類の洗浄液を使用して測定セルを洗浄します。
 - 洗浄液1: 測定セル内のサンプル残留物を分解し、除去します。サンプルに含まれるすべての成分に適した溶剤を選んでください。
 - 洗浄液2: 洗浄液1を除去します。測定セルがより早く乾燥するように、乾燥空気で容易に蒸発する液体を使用します。洗浄液1に適した溶剤を選んでください。
- 内蔵エアポンプを作動させて測定セルを乾燥させます*。
- 空気の密度を測定して(空気チェック)、洗浄と乾燥が適切に行われているか確認します。
- 装置が自動的に測定値と基準値を比較します。

* 携帯型装置の場合、乾燥させる必要はありません。DMA 35は乾燥させないでください。



密度計に洗浄液を充填する前に、すべての接液部に洗浄液に対する耐性があることを確認してください(操作マニュアルを参照)。

わたしの洗浄液:

サンプル _____

洗浄液1 _____

洗浄液2 _____

サンプル _____

洗浄液1 _____

洗浄液2 _____

Good Density Measurement のためのヒント



堅牢な
実験台を使用します。



クリーンな環境を確保します。



年に一度、
ISO 17025の校正を受けます。



直射日光や換気による空気の流
れが当たらないようにします。



2 M以内に熱源を置かないように
します。



サービス技術者による
定期メンテナンスを受けます。



指定の標準物質で定期的に校正を
行います。

代表的なサンプルと 推奨洗浄液の一覧

サンプル	推奨 洗浄液1	推奨 洗浄液2
アフターシェーブ、香水	アルコール	-
ビール	水、酵素入りラボ用洗剤*	エタノール
ビール麦汁	水、酵素入りラボ用洗剤*	アルコール
燃料	石油ナフサ	アセトン、アルコール
液体石鹼/洗剤	水	アルコール
潤滑油	石油ナフサ	アセトン、アルコール
牛乳、クリーム	水、酵素入りラボ用洗剤*	アルコール
モーターオイル	石油ナフサ	アセトン、アルコール
オレンジジュース	水	アルコール
シュナップス	アルコール	-
ソフトドリンク	水	アルコール
サラダドレッシング、マヨネーズ	石油ナフサ	アルコール
シャンプー	水	アルコール
日焼け止めローション	石油ナフサ	アルコール
木材保護剤/ ホワイトスピリット系(水性)	石油ナフサ(水)	アルコール

* 特殊洗浄には酵素入りラボ用洗剤の使用を推奨します。
ラボ用洗剤の使用後は、水で測定セルをすすいでください。

密度(「真密度」)

密度 ρ は、質量を体積で除算したものと定義されます。

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ _____ 密度
 m _____ 質量
 V _____ 体積

密度の単位には、kg/m³やg/cm³があります。

1 g/cm³=1000 kg/m³です。

質量は、空気中の浮力や重力などの外的条件の影響を受けません。真空内では、質量と重量は一致します。

液体や気体の真密度は、U字管振動式で測定されます。

液体や気体の密度は、温度に大きく依存します。そのため、密度を測定する場合は常に温度を正確に測定または制御する必要があります。通常、温度の上昇に従い、個々の分子は熱運動により多くの空間を必要とするようになるため、密度が減少します。

注記: 水はユニークな液体です。密度が最大になる温度は3.98 °Cで、このとき $\rho=0.999972$ g/cm³になります。

見掛け密度

サンプルの見掛け密度 ρ_{app} は、空気中での重量を体積で除算した値として定義されます。

$$\rho_{app} = \frac{W}{V}$$

ρ_{app} _____ 見掛け密度
 W _____ 重量
 V _____ 体積

見掛け密度の単位には通常、kg/m³またはg/cm³が使用されます。(真)密度の値と見掛け密度の値は一致しません。見掛け密度の方が真密度より小さくなります。

空気中でのサンプルの浮力、基準分銅の重量と密度を考慮することによって、真密度から見掛け密度を計算できます。最近では、分銅の材質としてスチールが使用されます。以前は真ちゅうが使用されていました。

$$\rho_{app} = \frac{\rho_{true, sample} - \rho_{air}}{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{steel or brass}}}$$

ρ_{app} _____ 見掛け密度
 $\rho_{true, sample}$ _____ サンプルの真密度
 ρ_{air} _____ 空気の真密度
 $\rho_{steel or brass}$ _____ 真ちゅうまたは鋼の真密度
 $\rho_{brass}=8.4$ g/cm³、 $\rho_{steel}=8.0$ g/cm³

比重

比重SG(相対密度Dと呼ぶこともあります)は、定義された温度でのサンプルの密度 ρ_{sample} を純水の密度 ρ_{water} で除算して求めます。

$$D^{20/4} = SG^{20/4} = \frac{\rho_{sample} \text{ at } 20 \text{ } ^\circ\text{C}}{\rho_{water} \text{ at } 4 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$D^{T1/T2}=SG^{T1/T2}$ _____ 特定の温度に対応する比重
 ρ_{sample} _____ サンプルの密度
 ρ_{water} _____ 純水の密度
 4 °Cの場合： $\rho_{water}=0.999972$ g/cm³
 20 °Cの場合： $\rho_{water}=0.998203$ g/cm³

比重は無次元数なので単位はありません。

見掛け比重

見掛け比重SG_{app}(見掛け相対密度D_{app}と呼ぶこともあります)は、定義された温度でのサンプルの見掛け密度 $\rho_{app, sample}$ を純水の見掛け密度 $\rho_{app, water}$ で除算して求めます。

$$D_{app}^{20/20} = SG_{app}^{20/20} = \frac{\rho_{app, sample} \text{ at } 20 \text{ } ^\circ\text{C}}{\rho_{app, water} \text{ at } 20 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$D_{app}^{T1/T2}=SG_{app}^{T1/T2}$ _____ 特定の温度に対応する比重
 $\rho_{app, sample}$ _____ サンプルの見掛け密度
 $\rho_{app, water}$ _____ 純水の見掛け密度

見掛け比重は無次元数なので単位はありません。

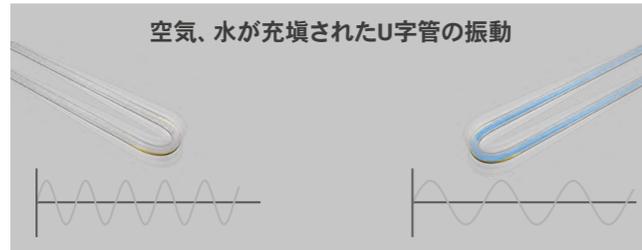
ピクノメータを使用して見掛け比重を測定する場合は、以下のようにします。

$$D_{app}^{20/20} = \frac{\text{weight}_{sample+bottle} - \text{weight}_{bottle}}{\text{weight}_{water+bottle} - \text{weight}_{bottle}}$$

	空気 (T=20 °C、 P=1013 MBAR)	水 (T=20 °C)
真密度 ρ	0.00120	0.99820
比重SG ^{20/20}	0.00120	1
比重SG ^{20/4}	0.00120	0.99823
見掛け比重SG _{app} ^{20/20}	0	1

U字管振動方式

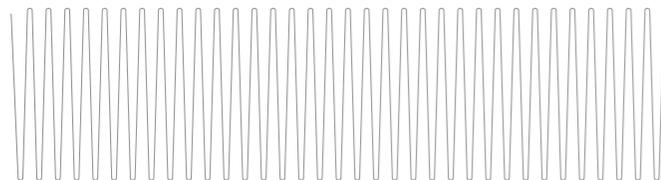
液体の真密度の測定にはU字管振動方式が使用されます。U字管をその固有振動周期で電子的に振動させ、そこにサンプルを注入します。この固有振動周期は、サンプルの密度に応じて変化します。固有振動周期を正確に測定し、適切に調整することで、サンプルの密度が特定されます。密度は温度に大きく依存するため、測定セルの温度を正確に制御する必要があります。



<p>最新型の高精度密度計の追加機能：</p>	<p>粘度補正：広い粘度範囲にわたって正確な結果が得られます。</p> <p>リファレンスオシレーター：1回の調整で、広い温度範囲にわたって正確な結果が得られます。</p>
--------------------------------	--

FORCED OSCILLATION METHOD (強制振動方式)

デジタル密度計が発売されて以来、一定振動を使用するタイプが最新の技術でしたが、この技術は限界に達していました。

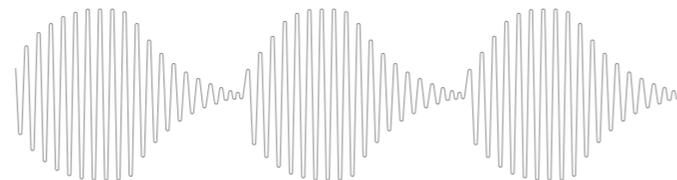


Pulsed Excitation Method

Patented technology exclusively by Anton Paar (Patent AT 516420 B1)

「Pulsed Excitation Method(パルス励起方式)」では、パルスにより励振されてU字管が振動します。一定の振幅に達するとパルスシーケンスが終了します。この後、いかなる影響も受けずにU字管の振動が減衰していく状態で振動を測定します。励起と減衰が周期的に交互に繰り返されます。

<p>メリット：</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 従来の方よりも詳細な情報が得られる。 - 粘度補正を改善できる。 - 「Pulsed Excitation Method」の方が繰り返し精度と再現性を改善できる。
---------------------	---



濃度測定

二成分混合液(二元混合液)の濃度は、密度測定により算出できます。密度がわかっている2つのサンプルAとBを混合すると、その密度はAとBの間の値になります。具体的な値は混合比によって変わるので、濃度によって変わることになります。

この方法で、いわゆる擬似二成分混合液の濃度を測定することもできます。

- 2つの主な成分を含む混合液。その他の成分が低濃度で含まれることがありますが、全体の密度に与える影響は小さいため、それらの成分は無視できます。
- **例：**一般的なソフトドリンクの主成分は水と糖分です。糖度(°Brix)を測定する場合、その他の材料はすべて無視してかまいません。
- 複数の成分を含むが、1つの成分の量だけが異なる混合液。その他のすべての材料は一定量に保たれます。
- **例：**輸液剤の製造では、ベースとなるいくつかの主要成分が処方箋に従って正確に計量されます。次の手順では、この混合液を水で希釈します。濃度は密度測定によって制御可能です。

校正

校正とは、得られた測定結果を標準基準値と比較することで、校正は、測定および調整の質を検証するために実行されます。標準基準値は、例えば密度標準液の証明書によって得られます。測定の品質を可能な限り高く保つには、標準物質の不確かさと参照法が重要となります。

推奨事項：年に1~2回、密度標準物質を用いて校正を実行してください。密度標準物質は、ISO 17034の認証を受け、装置の3倍の性能と規定されたものを使用することが望ましいです。

出荷前校正

アントンパールの製造拠点から出荷される装置はすべて校正済みです。各装置には工場出荷時校正証明書が付いていますので、納品後直ちに測定を行うことができ、精度と正確度の高い測定結果が得られます。

ISO 17025に準拠した校正

ISO 17025に準拠した校正は、国際単位系(SI)でトレーサブルであり、監査時には国際的に認知された信頼性の高い参考資料として役立ちます。

調整

調整では、測定の正確を期すため、また測定時の系統誤差をなくすために、装置の定数を変更されます。明らかになった逸脱が許容範囲を超える場合は、校正後に調整を実行します。

調整では、密度計は標準の密度と測定された振動周期を使用して装置の定数を計算します。通常、調整には乾燥空気と脱ガスした直後の純水(例：二段蒸留水)など、2種類の標準物質が必要です。

ISO 17034認証標準物質

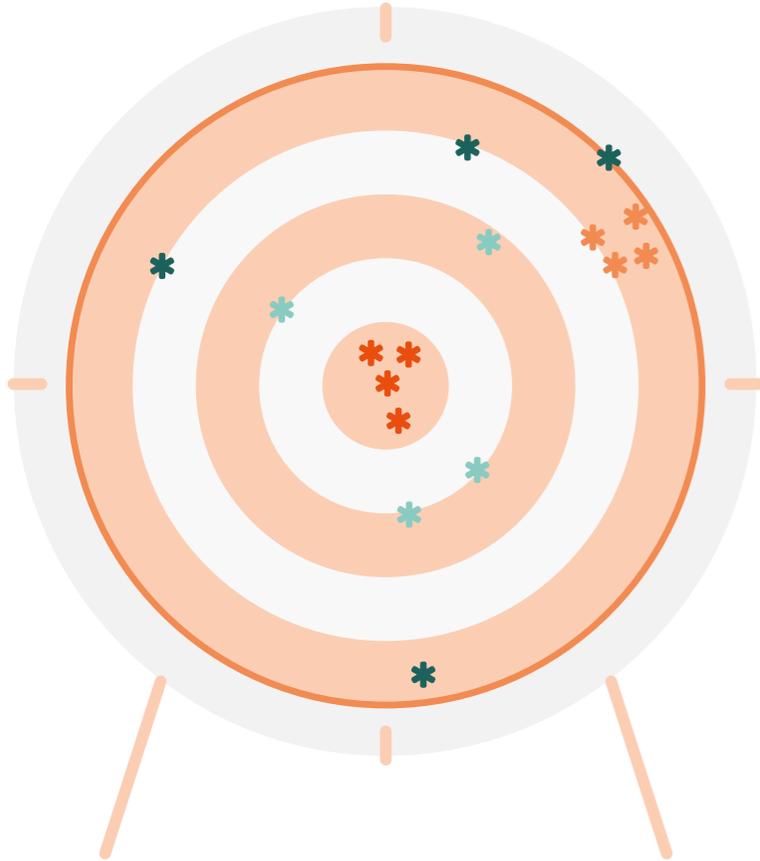
ISO 17034認証の密度標準物質は、継続的な監視により、所定の基準値が標準物質の寿命まで有効となっています。SI単位に対してもトレーサブルです。

正確度

正確度は、測定結果が質的に真の値にどれだけ近いかを表します。

これに対し、測定の不確かさは正確度の量的な尺度を示します。

「正確度」と「精度」による表現：	<ul style="list-style-type: none"> ✱ 正確でなく精度も低い ✱ 正確だが精度は低い ✱ 正確ではないが精度は高い ✱ 正確で精度も高い
------------------	---



精度

精度は、特定の繰り返し条件において測定結果が互いにどれだけ近接しているかを質的に表します。精度は繰り返し条件または再現条件で求めます。

測定の不確かさ

測定の不確かさは、測定対象の真の値があると推定される範囲を示します。

測定の不確かさには、(測定装置から生じる)装置の不確かさ、校正基準の不確かさ、および測定プロセス(サンプルの前処理、充填など)に起因する不確かさがあります。

標準不確かさは、JCGM 100:2008『測定における不確かさの表現のガイド』(GUM)に従って評価できます。

繰り返し精度

繰り返し精度は、同じ測定条件で同じ測定を繰り返し行った場合に得られる一連の結果が互いに一致する程度のことです。

理想的な条件下では測定結果の分散が最小限になります。

繰り返し精度に影響する条件：	<ul style="list-style-type: none"> - 同じ測定手順 - 同じオペレーター - 同じ測定装置を同じ条件で使用 - 同じ設置場所 - 短期間で繰り返す
----------------	--

繰り返し精度は繰り返し精度標準偏差で表されます。この標準偏差は、繰り返し条件下で実行された測定から計算します。

再現性

再現性は、同じ測定条件で同じ測定を行った場合に得られる結果が互いに一致する程度のことです。

このような条件下では測定結果の分散が最大になります。

再現性に影響する条件：	<ul style="list-style-type: none"> - 測定原理 - 測定手法 - オペレーター - 測定装置 - 参照基準 - 設置場所 - 使用条件 - 時刻
-------------	--

測定条件を変更した場合は、その変更を明記する必要があります。

再現性は再現性標準偏差で表されます。この標準偏差は、定義された再現性条件下で実行された測定から計算します。

測定誤差

測定誤差は、測定値から基準値を引いた値です。測定における偶然誤差と系統誤差は区別できます。

偶然測定誤差

偶然測定誤差とは、測定誤差のうち、測定を再現した場合に予測不可能に変化する部分です。

偶然測定誤差をなくすには、測定を何度も実施する必要があります。これらの測定値の平均値は、真の値に近づく傾向があります。

系統測定誤差

系統測定誤差は、繰り返し条件下で同じ測定を無数に行って得られる平均値から測定対象の真の値を減算した値です。

系統測定誤差とその原因は、既知の場合も未知の場合もあります。既知の系統測定誤差の場合は、補正を適用できます。

測定誤差:	<ul style="list-style-type: none"> ✱ ランダム測定エラー ✱ 系統測定誤差
-------	---

分解能

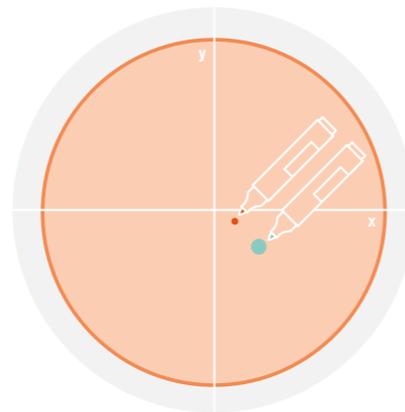
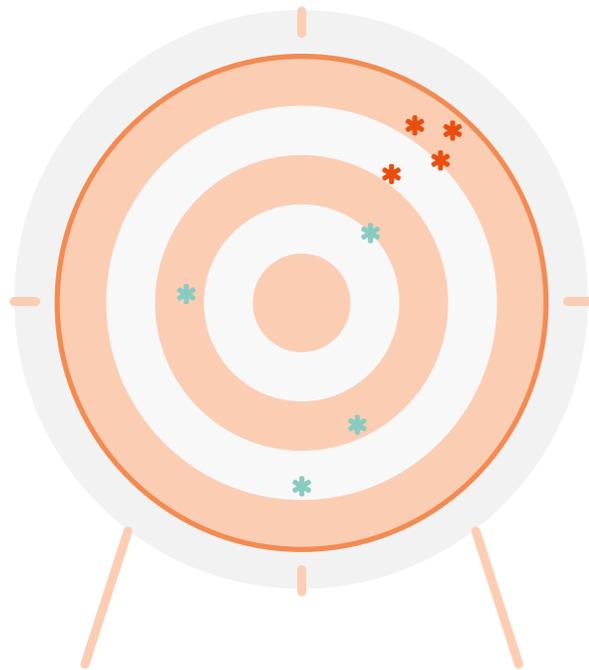
分解能は差を識別できる能力、すなわち2つを区別できる能力のことです。分解能が高いということは、小さな差を識別できるということです。デジタルシステムにおいては、分解能は、取り出すことや見ることができる最小の増分またはステップを意味します。アナログシステムでは、確実に観察可能な最小のステップまたは差異を意味します。

分解能の高い装置ほど正確な結果が得られると思われることが多いのですが、これは間違いです。分解能が高くても正確度が高いとは限りません。

システムの正確度がその分解能を超えることはありません。

● **高い分解能の例え**
細いマーカーを使用すると、小さなドットを描くことができます。

● **低い分解能の例え**
太いマーカーを使用すると、精緻な絵を描くことはできません。



算術平均値

算術平均値 x_0 は、測定値の合計を測定回数 n で除算した値です。

$$x_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

x_0 _____ 平均値
 x_i _____ i 回目の測定での測定値
 n _____ 測定回数

平均値からは、測定結果の分散に関する情報が一切得られません。

例:

一連の密度測定から以下の結果が得られます。

算術平均値($n=6$):
 $x_0=0.9982037 \text{ g/cm}^3$

$x_1=0.998203 \text{ g/cm}^3$
 $x_2=0.998203 \text{ g/cm}^3$
 $x_3=0.998204 \text{ g/cm}^3$
 $x_4=0.998203 \text{ g/cm}^3$
 $x_5=0.998204 \text{ g/cm}^3$
 $x_6=0.998205 \text{ g/cm}^3$

ヒント: Microsoft Excelでは、AVERAGE(数値1, 数値2, ...)関数を使用できます。

実験標準偏差(SD)

実験標準偏差は、同じ測定対象の測定を n 回行った場合の結果のばらつきの大きさを表します。次の式で計算します。

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x_0)^2}$$

_____ 実験標準偏差(SD)
 n _____ 測定回数
 x_i _____ i 回目の測定での測定値
 x_0 _____ 算術平均値

平均値はしばしば標準偏差を説明する場合に引き合いに出されます。平均値はデータの中心の位置を表し、標準偏差はデータのばらつきの大きさを表します。

算術平均値の項で取り上げた例を使用して実験標準偏差を計算すると次のようになります。

$x_0=0.9982037 \text{ g/cm}^3$
 $n=6$

$$s = \sqrt{\frac{(x_1-0.9982037)^2 + (x_2-0.9982037)^2 + \dots + (x_6-0.9982037)^2}{5}}$$

$s=0.000001 \text{ g/cm}^3$

ヒント: Microsoft Excelでは、STDEV.S(数値1, 数値2, ...)関数を使用できます。

要するに、 Good Density Measurement とは何なのか？

最初から最後まで、すなわちラボで作業を始める瞬間から装置を洗浄する瞬間まで、測定ワークフロー全体を意識してください。5つの基本領域に対する意識を高めれば、きとうまくいくはずですよ。

詳細はこちら



www.anton-paar.com/density