

計量／測定確度の原理

計測の概念がない世界を想像してみてください。時間、長さ、重さ、ある電圧での電気エネルギーの量の定義について合意がないとどうなるのでしょうか。500gの肉が本当に500gなのか、1リットルのガソリンが本当に1リットルなのか、誰も知ることはできなくなります。

ここ100年の電気学、電子工学の進化により、さまざまな特性の正確な測定が必要になりました。わたしたちは、電子アラーム時計で目覚め、電子レンジで調理し、サーモスタットで家庭内の温度を一定に保ちます。これらすべての装置が正しく動作するためには、電圧、電流、抵抗の正確さに依存しています。

計量学は、仕事や家庭で必要となる確度を提供するための自然科学です。計測における国際的な定義は、計量学をもとに合意されたものです。

校正は、計量学における行為、行動です。校正することにより、測定における実際の確度、整合性が確立されます。校正とはすなわち、測定結果が正確であるという確信を与えるためのプロセスです。

SI単位系

計量では、数量または変化量を決定する物理的な手段として計測器を使用します。計量は、肉1グラム、ガソリン1リットル、10ボルト、1,800キロメートルなど、数値を数量に関連付けます。数量には、人々が読んで理解できる数値と単位が割り当てされます。

では、数値と単位はどのように関連付けられているのでしょうか？誰かが最初に例えばキログラム、メートル、リットル、ボルト、アンペアの意味について言及する必要があります。ここから単位の定義が始まります。SI（国際単位系）は、単に合意された測定単位の定義に過ぎません。単位とは、質量（キログラム）、長さ（メートル）、時間（秒）、電流（アンペア）、電圧などです。この国際的に定義された単位を管理するのが、フランスに本部を置く、国際度量衡局（Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)）です。単位は、条約によって国家間で合意されます。

SIは、フランス語のSystème International d'Unités（英語名ではThe International System of Units）の略です。SIは、1960年に度量衡総会（General Conference of Weights and



Measurements) で採択されました。米国を含む多くの国は、度量衡に関する法的、科学的、技術的な目的でこの国際度量衡局とSIの使用を承認しています。

各国は、その定義から測定単位を派生させる、なにかしらのプロセスを持っています。米国では、NIST (National Institute of Standards and Technology) によって測定規格の決定、維持、普及が行われています。ドイツでは、PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) が公式の規格組織になっています。このように、国によっては規格に差異が存在することもあります。このような差があるために、多少の混乱が生じることがあります。

校正とは？

工業界は、規格化されたコンポーネントの測定に大きく依存しています。校正とは、確度、精度、互換性を可能にするものであり、大量生産が可能になります。校正することにより、世界中で生産されたコンポーネントを一ヶ所に集めても、間違いなく組み立てることができます。

校正は、未知の確度を持った計測器を、より確度が高く、規格に明確に定義された標準器と比較する、非常に正確な測定手順です。校正の目的は、計測器の確度の差異を検出し、調整によって最小にし、レポートすることにあります。電気測定の確度を例にとると、真の値にどれだけ近いかを明らかにします。確度が高いということは、測定されるものの真値に近い、ということを示します。

校正の必要性

計量学と校正の開発と実践は、貿易と工業における正確な情報の必要性によって牽引されています。既存のいくつかの古い法律は、穀物、石油、金属の信頼のおける公平な測定に関するものであり、これが初期の取引の主な項目でした。この法律の目的は、「支払った分もらっているか？」という質問に答えるためのものでした。この測定の分類は、法定計量の一部です。法的計量は、非良心的な不注意からの保護を目的にしています。例としては、ガソリン・ポンプの定期校正の法的規制があります。

一方、技術計量では、意図された使用、互換性のための適合性についてカバーしています。

信頼性の根拠

信頼性の根拠とは何かという質問に答えるため、次の例を使用して校正の意味するもの、基本的な計量用語について説明します。この例では、製造プロセスをセットアップする製造メーカーで使われる圧力計について説明します。圧力計が正確であるためには、この製造メーカーは定期的にこの圧力計のすべてのテストを実施し、測定値を校正する必要があります。

校正技術者は、メータの校正において、規格をもとにしてチェックしたり、性能を検証したりします。規格は、校正で必要となるさまざまな単位の拠り所となります。校正技術者は、メータのテスト・リードを校正器の出力端子に接続します。校正器は、メータで読み取れる信号を出力します。校正技術者は校正器の確度と規格を知っているため、メータの読みが校正器と一致している場合は、メータが校正された状態であると判断します。標準器とまったく同じ読みである必要はありません。設定の±1%以内であることが確認できさえすれば、正しいと言えないでしょうか。例えば、

標準器が100PSI (Pounds per Square Inch) の信号を出力している場合、メータが99~101PSIの読み値であれば仕様に入っているとと言えます。校正のこの部分は、検証（照合）と見なされます。

メータが許容値に入っていれば検証は合格であり、さらなる校正の必要はありません。（これは単純な例です。実際には、メータは異なったレベル、異なった機能で何回か検証されます。）検証が終われば、通常は校正されたこと、また合格したことを示すステッカーが貼られます。

メータが検証テストに合格しなかった場合は、調整を行います。計測器によっては、調整できないものもあります。このような場合は、補正表の作成など、さまざまなアクションがとられます。調整とは校正の第二部であり、計測器を修理、または検証テストに合格するまで特殊な構成部品を調整します。

計測器の校正では、その手順ごとにすべての記録をとります。実行したテストのポイント、許容値、その結果などを記録します。この記録は、その校正の追跡で必要になります。

トレーサビリティ

校正は、メータが製造部門に戻されただけでは終わりません。校正器を正確に保っておくためには、より確度の高い標準器と定期的に比較しなければなりません。同様に、より高いレベルの標準器はさらに高いレベルの標準器と比較する必要があり、最終的にはNISTなどの法律で設立された国家機関の研究所の標準器と比較する必要があります。このような連鎖的な比較をトレーサビリティと呼びます。

わかりやすく説明するために、先ほどの校正中のメータを例にとります。ここでは、このメータは航空機に影響を及ぼすいくつかの手順の圧力テストで使用されるものとします。航空機を製造／テストするメーカーは、各プロセスで使用される計測器が校正され、この校正のトレーサビリティを証明することを、FAA (Federal Aviation Administration、連邦航空局) など行政により法的に求められています。これは、計測器の履歴が、文書化された標準器により国家標準器まで遡って明確にされる必要があることを意味しています。

トレーサビリティは、チャンピオン動物の血統のような、測定の系図と見ることができます。特定の校正作業において、各測定は国家標準器まで辿ることができます。この校正の履歴は、テスト条件、使用された機器名、校正間隔などの手順のパラメータとともに注意深く記録されています。

測定誤差

測定には数多くの誤差要因があり、これによって測定値が大きくなったり、小さくなったりします。最終目標はこの誤差をできる限り小さくすることにありますが、ゼロにすることはできません。したがって、どの測定手順においては、どのような誤差があり、どの程度の大きさなのかを知ることが作業となります。このため、測定誤差の原因に関する情報が欠かせません。

測定は、次の3種類の誤差によって影響を受けます - (1) ランダム誤差、(2) よくわからない原因による誤差 (3) 通常の設定、通常の方法で繰り返し測定した場合にのみ検出可能な誤差。繰り返し測定しても、常に同じ結果になることはありません。測定結果の変化の理由がはっきりしない場合は、ランダム誤差になります。

規則的な誤差は、使用される計測器または計測器の外的な要因と関連します。オフセットされた一定量の測定値となるため、オフセット誤差と呼ばれることがあります。

三番目の測定誤差は過失誤差です。過失誤差はきっちりとコントロールできるものであり、その原因は校正技術者にあります。原因の例としては、計測器の読み違い、不適切な調整、間違った計測器の使用、計算違い、校正データの記録間違いなどがあります。このような誤差は、注意と集中によって防ぐことができます。

まとめ

計量学は、計測の科学です。ここで説明した内容は、一連の測定基準を維持し、広めるための計測科学の部分になります。これは、質量および測定の法律によって売買の公平性を強化するためのサポートとして、また、製造における品質管理のためのデータとして使用されます。

校正は、測定が制定されている規格に従ったものであることを検証するための計量学の一部です。さらに言えば、校正は未知の確度を持った計測器を、より確度が高く、規格に明確に定義された計測器と比較する、非常に正確な測定手順です。その目的は、測定/テスト機器の運用の完全性を検証するためにあります。

トレーサビリティは、計測器の確度と、国家または国際機関によって管理されているより高いレベルの標準器の間には文書化されたリンクがあるということを意味しています。



基礎用語

計量学を議論する場合、特定の用語に関する共通理解が必要になります。日ごろよく使う用語ですが、校正では厳密な定義があります。

確度 (Accuracy)

真値に対して測定値がどれだけ近いかを表す量的な用語。

精度 (Precision)

再現性の指標。精度が高いということは、狭い範囲内で繰り返し測定できることを示します。

不確かさ (Uncertainty)

真の値が存在する範囲を示す量的な用語。不確かさと信頼度 (Confidence) は、統計ツールを使用して求めます。

テクトロニクスについて

テクトロニクスは、テスト／計測／制御機器の校正、修理および関連のサービスを提供する、マルチベンダ・サービス (MVS) プロバイダです。優れたサービス、品質により、テクトロニクスの計測器だけでなく、9000社以上の製造メーカ、140,000種類以上の計測器に対して校正サービスを提供しています。

テクトロニクスは、ISO/IEC 17025の181の認証評価パラメータにより優れた品質を提供しており、全世界で100ヶ所以上、1,000人以上の熟練技術エンジニアによるサービス・ネットワークを構築しています。

ASEAN/オーストラリア・ニュージーランドと付近の諸島 (65) 6356 3900
ベルギー 00800 2255 4835*
中央/東ヨーロッパ、バルト海諸国 +41 52 675 3777
フィンランド +41 52 675 3777
香港 400 820 5835
日本 81 (3) 6714 3010
中東、アジア、北アフリカ +41 52 675 3777
中国 400 820 5835
韓国 001 800 8255 2835
スペイン 00800 2255 4835*
台湾 886 (2) 2722 9622

オーストリア 00800 2255 4835*
ブラジル +55 (11) 3759 7627
中央ヨーロッパ/ギリシャ +41 52 675 3777
フランス 00800 2255 4835*
インド 000 800 650 1835
ルクセンブルク +41 52 675 3777
オランダ 00800 2255 4835*
ポーランド +41 52 675 3777
ロシア / CIS +7 (495) 7484900
スウェーデン 00800 2255 4835*
イギリス/アイルランド 00800 2255 4835*

バルカン諸国、イスラエル、南アフリカ、その他ISE諸国 +41 52 675 3777
カナダ 1 800 833 9200
デンマーク +45 80 88 1401
ドイツ 00800 2255 4835*
イタリア 00800 2255 4835*
メキシコ、中央/南アメリカ、カリブ海諸国 52 (55) 56 04 50 90
ノルウェー 800 16098
ポルトガル 80 08 12370
南アフリカ +41 52 675 3777
スイス 00800 2255 4835*
アメリカ 1 800 833 9200

* ヨーロッパにおけるフリーダイヤルです。ご利用になれない場合はこちらにおかけください。+41 52 675 3777

Updated 10 February 2011

11/12

81Z-28480-0



〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティ B棟6階
テクトロニクス お客様コールセンター TEL:0120-441-046
電話受付時間/9:00~12:00・13:00~19:00(土・日・祝・弊社休業日を除く)

www.tektronix.com/ja