

「はかる」ことについて

—測定値の信頼性に関する概念—

「試料（試験品）をはかる」とはよく使う表現ですが、「はかる」とは何をすることでしょうか。はかることの意味を考えながら、測定値の信頼性に関する概念と用語を説明します。

はかるとは何か

「試料（試験品）の〇〇をはかる」と言う時に、〇〇が元素や物質の濃度であれば化学分析を、機械特性であれば引張試験やねじれ試験などの材料強度試験を意味すると考えられます。また電気測定器や電磁波測定器を用いてそれらの特性を評価することも「はかる」ことの範ちゅうと言えるでしょう。時間をはかることもあります。では「はかる」とは何でしょうか。ここでは「測る、計る、量る」などの、測定や計測を意味する漢字が適当と思われませんが、はかることの意味を考えながら、測定値の信頼性に関する概念と用語を説明してみたいと思います。

例えば化学分析では、定性分析と定量分析という分類があり、前者は何が存在するかを調べる分析、後者はどの位存在するかをはかる分析、という言い方をします。後者は分析値としての数値を提出する必要があり、前者においても、存在するか否かの見極めは数値による基準を使いますので、つまるところ「はかる」とは、自然科学においては、試料を用いてなにがしかの数値を測定(計測)して提示する行為と言えます。

数値をどのように表示するのか

測定した数値を提示するときには悩ましいのは、どこまで（何桁まで）表示するかということです。有効数字とは文字通り、測定値として意味のある、数値を示す時に有効な数字のことを言いますが、有効数字の桁数が違えば、その数値の意味するところは以下のように異なるものと考えねばなりません。

「1」という測定値（有効数字1桁）；
 $0.5 \leq x < 1.5$

「1.0」という測定値（有効数字2桁）；

$0.95 \leq x < 1.05$

「1.00」という測定値（有効数字3桁）；

$0.995 \leq x < 1.005$

なお数値が10以上あるいは1未満の場合は、有効数字の桁数を明確にするため、 $1 \leq x < 10$ の数値のべき乗で書き表す方が適切な場合があります。例えば500という測定値は、有効数字1桁ならば 5×10^2 、同2桁ならば 5.0×10^2 と表示します。

有効数字を考えて適当な桁にする（“数値を丸める”といいます）のは測定者の仕事です。数値を丸める根拠としては、不確かさという総合的な信頼性の指標に拠ることになりますが、丸める技法としてはJIS Z8401：1999「数値の丸め方」に準拠します。端的には、四捨五入を原則としつつ、丸める幅の1桁下が明確に5である場合、あるいは5であるがその根拠が明確でない（切り捨てたものか切り上げたものかわからない）場合は、丸めた数値として偶数倍の方を選ぶという規則です（丸めの幅の桁が偶数の場合は切り捨て、奇数の場合は切り上げて、最終桁を偶数とします）。なお、有効数字の最終桁の1単位を“丸めの幅”と呼びます。あらゆるケースで四捨五入とする方法も参考規則として追加されていますが、測定値は全てこのJISに準拠して処理することになります。

どこまではかれるのか

次に考えなければならないのは、用いた測定方法でどこまではかれるのか、ということです。これ以上は有意に測定できない限界量を知ることが、正しい測定には不可欠になります。化学計測については、JIS K0211：2005（分析化学用語（基礎部門））で検出限界と定量下限という語が規定されています。物理計測ではJIS Z8103：2000（計測用語）で識別能、識別限界などとして規定されています。前者を例に取りますと、検出限界（検出下限）とは検出できる最小量（値）を、定量下限とはある分析方法

で分析種の定量が可能な最小量又は最小濃度を意味します。即ち、前者は化学反応や装置の電気信号として検出し得る最低量ですが、後者は最終的に測定値として定量し得る最低量をそれぞれ示しています。後者は前者よりはるかに大きな数値であることはいうまでもありませんが、更に後者は数値についての信頼性（通常はばらつきの程度）と共に示すことが不可欠です。また感度と言う語も使われますが、感度とは検出限界の濃度依存性、つまり検量線の傾きを意味します。それぞれ定義が異なりますので間違えないように使うことが大事です。また一連の測定に先立って、上述の限界量を知っておくことも肝要です。

信頼性に関わる用語

先ほど、有効数字を決定するためには不確かさという総合的信頼性指標が必要であるとお話しました。では不確かさとは何でしょうか。不確かさとは、図1に示すように、ばらつき (precision) とかたより (bias) を勘案した総合的な信頼性の定量的表現であると考えられます。化学計測においては、ばらつきの程度を「精度」と呼び、かたよりの程度を「真度」と呼びます。両者を合わせた総合的な指標を「精確さ」(正確さではない)と表します。精度は更に、繰返し性と再現性に分けて評価します。前者は測定手順、測定者、測定装置とその使用条件、測定場所について同一の条件下で短時間に行われた一連の測定量の一致の程度を、後者は測定の原理または方法、測定者、測定装置、場所、使用条件、時間を変えた時の測定量の一致性を表します。再現性については特に、同じ測定室か違う測定室かで室内再現性および室間再現性として表現されます。

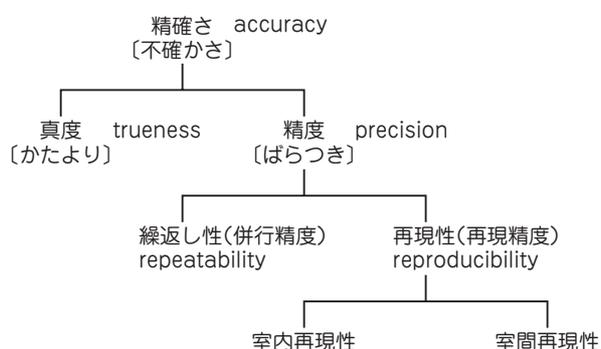


図1 化学計測における信頼性用語¹⁾

ところが困ったことに、この信頼性の基本用語が我が国では分野によって異なっており、それぞれ別のJIS規格で規定されているという現実があります。交差的に使われている用語もあり、測定値を報告する際は注意が必要です。表1に、精確さ、真度、精度について、表2に、繰返し性と再現性について、基礎科学系分野で規定されている用語の一覧を示しました。

表1 基礎科学分野のJIS規格で規定される信頼性用語(1)¹⁾

分野	JIS規格	対応ISO規格	accuracy	trueness	precision
化学計測	Z 8402-1:1999	5725-1:1994	精確さ	真度 正確さ	精度
	K 0211:2005 (K 0211:1987)	—	精確さ (正確さ)	真度 (—)	精度 (精度)
物理計測	Z 8103:2000	—	精度	正確さ	精密さ 精密度
数理統計	Z 8101-2:1999	3435-2:1993	精確さ 総合精度	真度 正確さ	精度 精密度 精確さ
適合性評価	Q 0033:2002	Guide 33:2000	精確さ 精度	真度 正確さ	精度 精密さ

表2 基礎科学分野のJIS規格で規定される信頼性用語(2)¹⁾

分野	JIS規格	対応ISO規格	repeatability	reproducibility
化学計測	Z 8402-1:1999	5725-1:1994	併行精度 繰返し精度	(室間)再現精度
	K 0211:2005 (K 0211:1987)	—	繰返し性 (同一条件測定精度)	再現性 (再現精度)
物理計測	Z 8103:2000	—	繰返し性	再現性
数理統計	Z 8101-2:1999	3435-2:1993	併行精度 繰返し精度 繰返し性	(室間)再現精度 再現性
適合性評価	Q 0033:2002	Guide 33:2000	併行精度 繰返し性	(室間)再現精度 再現性

これらの4分野とは別に、工学分野においても、例えばC1002:1975「電子測定器用語」やB0155:1997「工業プロセス計測制御用語及び定義」などがあり、表1や表2では分類し難い信頼性用語が独自に定義されています。日本語で信頼性用語を使う時は、どの規格に準拠したかを明示するほうがよいと思います。

正しく「はかる」ためには、このように、概念や用語について整理しておく必要があります。誌面の都合でその一部をご紹介しますに留めました。詳しくは以下の成書をご覧ください。

1) 平井昭司監修、日本分析化学会編：現場で役立つ化学分析の基礎、オーム社、2006。

事業化支援部 <城南支所>

上本道久 TEL 03-3733-6281

E-mail: uemoto.michihisa@iri-tokyo.jp