

【研究ノート】

「計測における不確かさ」に関する考察

Investigation on the Uncertainty in Measurement

藤田耕作

FUJITA, Kosaku

キーワード: はかる; 不確かさ; 誤差

Received: 2012. 12. 6

1. はじめに

「計る」という行為は、昔から我々の生活にとって重要であった。仕事や衣食住などの実生活はもとより、趣味の世界にも「計る」という行為は密接に係っていた。しかしそれが有効に機能するには、統一された基準がなければならない。

日本においても、古くは西暦 701 年の大宝律令の制度により、初の全国的な度量衡制度が設けられ、その後太閤検地などを経て、1891 年に度量衡法が制定されて近代的な計量制度が確立した。

近代の高度産業技術は高度な計測技術によって支えられているが、高度な技術が必要とする測定値の信頼性を評価する世界的基準が確立されていないのが現状である¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。

この事実に注目した国際度量衡局 (CIPM) は、1977 年に世界各国の様々な分野の専門家で構成される作業部会を編成し、1980 年に勧告 INC-1 が作成した。そしてこの勧告を基に、1993 年に、「計測における不確かさの表現ガイド」⁶⁾および「国際計量基本用語集第 2 版」⁷⁾を公表し、測定の評価の国際的指針が示されたのである⁸⁾。

さらに 1995 年の WTO (国際貿易機関) / TBT 協定 (貿易の技術的障害に関する協定) の発行に伴って、日本工業規格 (JIS) を国際規格 (ISO, IEC) と整合性をもたせることが必要となった⁹⁾。

本論では、上記の「計測における不確かさの表現ガイド」をもとに、従来の「誤差評価」と「不確かさ評価」の相違点を整理する。

2. 「測定における不確かさの表現ガイド」の特徴

国内での計測においては、長い間、「測定値と真の値との差」を「誤差」として論じられてきたが、しかし「真の値」は、いわば神のみぞ知る値である。さらに測定値の評価法や用語が統一されていなかったため、国際的な商取引にも大きな障害になってきた。こうした状況を打破するためにも、計測における評価の共通尺度となる「不確かさ」の表記の統一は大きな課題であった。

1980 年、BIPM の作業部会から発表された勧告 INC-1 で示された考え方は、従来の「誤差」という概念ではなく、測定値のばらつきを「不確かさ」という新しい概念で評価すべきだとしている。そこではすべての測定値の変動要因は、「ばらつき」に寄与するとし、「不確かさ」を、「測定結果に付随した、合理的に測定値に結びつけられ得る値のばらつきを特徴づけるパラメータ」と定義している⁷⁾。その上で「不確かさ」を、A タイプと B タイプの 2 種類の評価手法を組み合わせることを提唱している。

A タイプの評価： 一連の観測値の統計解析による不確かさの評価方法

B タイプの評価： 一連の観測値の統計解析以外の手段による不確かさの評価方法

として、この両者の違いは、ばらつきの程度を表す標準偏差を求めるにあたって、測定値の分布を、実際の観測値の度数分布から求めるか、あるいは、経験に基づいて先験的な分布を仮定、あるいは想定するかの違いである。

一方、JIS Z 8103-1990 では、「誤差」は「測定値－真の値」と定義されている。「真の値」は実際に知ることが不可能な概念値であるから、こうした誤差評価では、真の値に触れずには誤差を評価することはできない。

誤差は大別して、「偶然成分」と「系統成分」に分けられるが、偶然成分は予測ができないか、あるいは確率的な、時間的もしくは空間的影響の変動によって生じる。

系統成分は原因が明確であり、測定値に影響を及ぼす予測可能成分を「系統効果」というが、これは補正により小さくすることはできても、補正の不完全さがあり、完全には除去できない。

「計測における不確かさの表現ガイド」の最大の特徴は、偶然効果によるばらつきと、系統効果によるばらつきを区別することなく評価しようとしているところであり、真の値を前提としないという新しい概念を導入したことである。

「測定の不確かさ」という表現が必要となったのは、ISO 10012（計測マネジメントシステム－測定プロセス及び測定機器に関する要求事項）と ISO/IEC 17025（校正機関及び試験所の能力に関する一般要求事項）が制定されたためである。前者は、1950 年代から、米軍調達物資の品質問題の解決法として米運規格 MIL-Q-5923「品質管理要求事項」を経て、MIL-Q-9858：1979「品質保証共通仕様書」の付属規格として MIL-C-45662「キャリブレーションシステムの要求事項」が制定された。

この規格の有効性が認められ、産業界では、ANSI/NCSLC Z540-1994 へと変更されていった。一方ヨーロッパでは、MIL-Q-9858 をベースに各国で、それぞれの規格が制定された。こうした状況の下に、ISO10012 は計量に限定した専門規格として ISO 10012-1（1992）「測定器のための品質要求事項－第 1 部：測定機器の管理システム」、ISO 1012-2（1997）「測定装置の品質保証－第 2 部：測定プロセスの管理の指針」を定めた。

1990 年代には ISO 9000 シリーズが誕生し、その参考規格として ISO 10012-1、ISO 10012-2 が参考にされた。その後、ISO 10012-1 及び ISO 10012-2 を統合し、2003 年に ISO 10012I が制定されている。具体的には、規格の 7.3.1 に、「測定の不確かさは、計測マネジメントシステムの対象となるそれぞれの測定プロセスについて推定しなければならない

い。」とされたのである。

後者は、1978年にISO/IECガイド25「校正機関及び試験所の能力に関する一般要求事項」として発行され、欧州を中心に試験所の能力を評価する指標として利用されてきた。そして1999年にISO/IEC規格としてISO/IEC 17025（以下17025という）が発行され、2005年に現在の形に改定されている。現在17025は試験所や校正機関がその品質システムの第三者認定を受けるときの審査基準を定めた国際規格として広く使用されている。

日本工業規格でも、JIS Q17025として同じ内容の規格が制定され、日本でも工業標準化法に基づく、試験事業者登録制度（JNLA）や計量法に基づく校正事業者登録制度（JCSS）などの審査基準として17025が用いられている。規格5.4.6.1に、「校正機関又は自身の校正を実施する試験所は、すべての校正及びすべてのタイプの校正について測定の不確かさを推定する手順をもち、適用すること。」となっている。

5.4.6.2に、「試験所は、測定の不確かさを推定する手順をもち、適用すること。ある場合には、試験方法の性質から厳密で計量学的及び統計学的に有効な測定の不確かさの計算ができないことがある。このような場合には、試験所は少なくとも不確かさのすべての要因の特定を試み、合理的な推定を行い、報告の形態が不確かさについて誤った印象を与えないことを確実にすること。合理的な推定は、方法の実施（performance）に関する知識及び測定の範囲（scope）に基づくものであること。」と記載されている。

要約すれば、「誤差」という概念から「不確かさ」という新しい考え方が、いまや測定の分野では主流となっているのである。だがこうした世界的傾向にもかかわらず、日本のマスコミの報道では、あいかわらず「誤差」と言う表現が用いられている例が多数みられる。そうした例を最近の読売新聞から拾ってみると、

事例 1：沖山元新聞監査委員長が、「測定のやり方により誤差が生じている問題などを、もっと詳細に報じた方がよい、云々（2012年4月11日、読売新聞朝刊）

事例 2：放射線検査機器 精度に差でこのレベルの微量の放射線は検知できず、誤差が大きいからだ。（2011年8月16日、同）

事例 3：山本教授の談話で「実用上問題になるほどの誤差は少ない・・・使用する際は、誤差を小さくする」（2011年5月9日、同）

などである。「誤差」という用語の使用例は他紙にも多く見られる。

3. 国内での普及活動

3.1. 知的基盤整備特別委員会での活動

知的基盤整備特別委員会（委員長：北澤宏一 独立行政法人科学技術振興機構顧問）は、欧米諸国と比較して整備が遅れている計量標準や計測評価方法、あるいはデータベースなどの知的基盤の整備に必要な計画の策定や実施状況の評価等を行うため、産業構造審議会産業技術文科会と日本工業標調査会の合同委員会として設置された。ここでは、産業界の

計測にかかわる人材育成の支援が議論されている。ユーザーの視点に立った、わかりやすく使いやすい、知的基盤の新たな整備・利用促進の方針及び方策を検討し、2012年4月から計4回にわたり議論し、今後の新たな整備・利用促進方針及び具体的方策を盛り込んだ中間報告書として8月に取りまとめ公表している。この委員会は、産業界の計測にかかわる人材育成の支援を提言している。提言の一部を要約すると「計測機器は産業のマザーツールともいわれ、ものづくりには欠かせない。このとき計測機器を使い事物を量的にとらえ、その結果を用いて初期目的を達成するが、量的にとらえる段階において測定には「不確かさ」という概念が伴う。測定の不確かさ評価については「計測における不確かさの表現ガイド」が刊行されて10年以上経過しているが、わが国での普及は理工系大学教育においても計測に関するカリキュラムは少なくなって普及していない」というものである¹⁰⁾。

3.2. 産業技術総合研究所での活動

産業技術総合研究所ホームページには、日本で測定された放射線量は、世界の人に認められますか？という設問に答える形で、「不確かさ」という考えの採用の必要性に言及している。その個所を引用すれば、「国家レベルの標準は、国際度量衡委員会相互承認協定 (CIPM MRA) に参加した国家標準機関が実施する国際比較により同等性が保証されています。個々の測定結果は、トレーサビリティで保証された計測の信頼性を理解してもらえれば認められます。第三者機関が国際ルールに基づいて認定した試験所等が測定した結果は諸外国で受け入れられます。そして、国際比較のエラーバーの説明として、各国の測定値 x_i と国際比較参照値 x_R の相対偏差ですが、この相対偏差値のエラーバーは、その相対偏差の「拡張不確かさ (包含係数 $k=2$)」をあらわしています。」と述べている¹¹⁾。

ここで、「計量計測トレーサビリティ」とは、ISO/IEC Guide 99:2007 (*VIM: 国際計量計測用語—基本及び一般概念並びに関連用語) では、「個々の校正が測定不確かさに寄与する、文書化された切れ目のない校正の連鎖を通して、測定結果を計量参照に関連付けることができる測定結果の性質。」と定義されるもので、これらで表明されているのは、「誤差」という概念を「不確かさ」という国際的な考え方に移行すべきこと、そのための啓蒙活動の必要性である。

4. まとめ

不確かさ (英語: Uncertainty) とは、計測値の信頼性を表すための尺度である。これまで、計測の信頼性の表現として「誤差 (error)」という言葉が用いられてきた。しかし、分野や国によって、その意味するところや用いられ方が異なっていたため、国際度量衡委員会 (CIPM) の主導で計測値の信頼性の表現法や算出法の統一が行われることとなった。その結果、1993年、国際標準化機構 (ISO) など7つの国際機関の共著による「計測における不

確かさの表現ガイド」(Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 略称: GUM) が公表され、この中で「不確かさ (uncertainty)」という言葉が用いられた。GUM では、「不確かさ」を「測定の結果に附随した、合理的に測定量に結び付けられ得る値のばらつきを特徴づけるパラメータ」と定義している。すなわち、「誤差」が「真の値」からの測定値のずれを示すものであるのに対し、「不確かさ」は、測定値からどの程度のばらつきの範囲内に「真の値」があるかを示すものである。こうした考え方の転換はまだ共通認識にはなっていないが、産業をはじめとする多くの分野で国際化が進む現在、計測における「不確かさ」という新しい概念の定着が望まれる。

註

- ¹⁾ 森村正直、飯塚幸三：計測器の性能表示の体系化 計測と制御 7-4.346/353 (1978)
- ²⁾ ASME: Measurement Uncertainty, ANSI/ASME PTC 19.1-1985 (1985)
- ³⁾ アメリカ機械学編：計測の不確かさ。ANSI/ ASME PTC 19.1-1985 (1985)
- ⁴⁾ R. R. Cook: Assessment of Uncertainties of Measurement for Electrical Testing, NATA (1992)
- ⁵⁾ 矢野宏、中村哲夫：測定器の誤差評価の方法 精密奇怪 4-10, 47/53 (1978)
- ⁶⁾ BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, OIML: GUIDE TO THE EXPRESSION OF UNCERTAINTY IN MEASUREMENT Revised Edition, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland (1995)
- ⁷⁾ BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, OIML: INTERNATIONAL OF UNCERTAINTY IN MEASUREMENT international Organization for Standardization, Geneva, Switzerland (1993)
- ⁸⁾ 岡村總吾：「計測における不確かさの表現の指針」と「国際計量基本用語」について、計測と生魚 3-8 718/720 (1994)
- ⁹⁾ 日本工業企画 校正機関及び試験所の能力に関する一般的要求事項：JIS Z 9325-1997. 日本工業標準調査会、日本規格協会 (1997)
- ¹⁰⁾ 2008 年年 6 月 28 日の第 13 回の議事録中に、大学・学会への取り組みの部分に、国際標準化活動への参加を促すとあるが、依頼だけでは国際標準化活動を行ってもらうことは難しいという認識が示されている。
- ¹¹⁾ 放射線計測の信頼性について (産総研) http://www.aist.go.jp/aist_j/rad-accur/qa/index.html#q8 (2012 年 9 月 30 日)

