データが“正しい”とは どういうことか*

長 島 昭^{*1}

Defining “Rightness” of the Science Data

Akira NAGASHIMA^{*2}

^{*2} Emeritus Professor, Keio University and Professor, Chubu University,
1200 Matsumoto-cho, Kasugai-shi, Aichi, 487-8501 Japan

Key Words: Science-Technology Data, Rightness Definition, Reliability of Science Data

1. 社会的影響を増す科学技術データ

気温上昇でも放射能変化でも建築物強度でも、科学技術データの僅かな変動に、社会も経済も政治も振り回される時代になった。人間の知的活動の成果は、数値的なデータで表現されるものも多い。データの信頼性が問われている。

材料の熱物性の測定値や熱伝達率の実験データが“正しい”とはどういう状態をいうのだろうか、これはどうすればわかるのだろうか？ そもそも何か正しいとはどういうことを意味しているのか？

最も簡単な答えとしては、測定値が真の値と一致すれば、正しい値だといってよいことになっている。誤差は“真の値”との差をいう。しかし、われわれは真の値がわからないからこそ研究するのであって、この定義では実用にならない。真の値が分からないのに、真の値に近づいているかどうかはどう判定するのか。そもそも真の値は本当に存在するのか、真の値とは自然界で何であろうか。

理論家の人には実験研究者の悩みが分かってもらえないことがある。以前に振動学や電気の理論の先生方と懇談していたときに、実験とは理論を検証するためにあるという人があった。それ以外に実験をする意味があるのでしょうか、と聞かれた。こういう人にとっては、理論と合うのが正しい値である。我々のように未知の新現象を試行錯誤で探すような実験は、ばくち

的であり知的でない作業と思われるらしい。また、少し違うが、シミュレーション計算をする研究者に、あなたの計算値は実験値と合わないという、翌日には、ソフトを修正したからびったり合いました、といった人もあった。

昔、理論物理の久保亮吾先生と度々お話をする機会に恵まれたが、気体や固体中の熱伝導現象は物理学でとっくに説明が全部ついているのに、どうして今頃熱伝導率を研究しなくてはならないのですか、と半分冗談半分真面目にお尋ねを受けた。理学と工学で研究やデータの概念が違うのである。そのときには、では先生は今この壁を通り抜けていく熱量を物理学者として計算できますか、と質問した。

真の値といえる値が存在しない場合も意外に多いと考えられる。流体の急膨張や、固体材料の温度急変時には、状態が一定しないし、内部が一様でもないのに、物性値の測定値の「分布」はあっても真の物性値はない。磁性流体や非均質材料内部の熱の移動では、熱伝導は有っても熱伝導率は定義できない。

2. “真 の 値”

実は“真の”値がわかる場合もある。値を定義してしまう場合である。物質の構造や状態を定義して、その場合のデータを“定義”する場合である。例えば、極低温における純粋物質の完全結晶体を仮定して、密度データを計算することができる。高温低圧の気体の物性値は、実測値よりも理論計算値が信用される。しかし、工学の対象となる物質では、きれいに定義できる物質など無いので、この方法はほとんど使えない。

研究報告で誤差の記述に最も多い例は、「過去の××の測定値と一致した」というものである。一致

* 原稿受付 2009年8月28日。

^{*1} 正員、フェロー、慶應義塾大学名誉教授、中部大学特任教授
(☎ 487-8501 春日井市松本町1200)。

[著者略歴] 1938年8月15日生まれ。主として熱物性、熱工学、応用熱力学、知的基盤整備に従事。2004年まで慶應義塾大学、2009年まで横浜国立大学。現在中部大学中部高等学術研究所。

E-mail: nag@cj9.so-net.ne.jp

することでよいなら、自分の研究は行う必要がなかったことを言うのと同じである。ひどい例は「文献値と一致した」とだけ書いてある。物性値の研究を行ってみると、過去の研究例も意外に多いので、自分のデータに合うデータをどれかの文献で探すことも可能である。

その他、多い例は、「信用できる教科書のデータと一致するから正しい」、「有名な××先生の値と一致するから」など。むしろこれらと一致しないデータを得たときに自分の独自性を主張して欲しい。もっとも、「これは自分が測った値だから絶対に間違いない」とか「実際にこの値が測定された。自分は一切手を加えていない」と主張する人もあるので難しい。「標準値と一致したから正しい」というのはよい例ではあるが、標準値をどうやって決めたのか、にも考え及んでもらえると有り難い。

3. データにおける“Google 効果”

最近の重要な問題点として筆者も主張しているのだが、検索エンジンの発達で、すでに新値と置き換えられて廃棄されたはずの過去の標準値も繰り返し浮上することには注意を要する。熱物性値では、国際的な専門家による評価委員会が評価検討した結果、一部のデータは誤りデータとして今後は利用しないよう勧告することがある。しかしネット検索すると、誤りとされたデータも何回でも繰り返し復活する。推奨値は年々改良されるが、古い文献を検索からどう消すかは大きな問題である。基本的な物理定数なども同様であるが、さすがに物理定数については NIST などの対応が公表されていて見ることができる。最近指摘されている例では、例えば高温水蒸気の状態式で、ネット検索では古い推奨式も繰り返し浮かび上がる。その分野の専門家はすぐに気がつくが、若い学生やプログラマーでは判断が難しいであろう。古い温度標準や ISO の旧基準、旧 JIS、関連法規も同様で、非専門家や学生による検索でも繰り返し浮かび上がってくる。

データの誤差については、こんな質問もよくある。「物性値はひとつしかないはずなのに、なぜ本によって値が異なるのか?」、「データが年によって変わるのをおかしい」、「設計でデータがおかしいのは、データの探し方が悪かったからだ」、等々。使う側の科学技術データ・リテラシー教育も必要であろう。特に経営者、政治家、マスコミ関係者などに、ごく基本的な科学技術データのリテラシーを身につけてもらう必要がある。

4. 正しいデータに近づけるか

真面目な実験研究者は現在どうやっているのだろうか? 少しでも正しいデータに近づく方法がいろいろ提案されてきた。例えば、

- ・ばらつきが少ないデータの方が正しいであろう。
- ・条件を変えて繰り返し測定して、一致(再現性)を確認するのがよい。
- ・異なった測定方法や別の装置、あるいは異なる研究所で測定した値が一致すればよい。
- ・誤差の各要因分析を丁寧に行えばよい。
- ・多くの測定例の平均値を使うのがよい。

そのとおりなのだが、実際に測定値の信頼度評価を行ってみると、いろいろな落とし穴がある。高温気体の粘性率の測定例で、完璧な再現性のあるデータだったのに、研究者の測定条件の理解が間違っていた例がある。ばらつきについては、良心的な研究者ほど正直にデータのばらつきを研究報告に記載する傾向がある。また、記載されたデータが平均値なのか、測定した原データか判らない報告もある。また、優れた独創的研究ほど難しい実験なので、後に他の人が再現検証するのは難しい。要因分析を一見丁寧に行っても、それはその著者の気の付いた要因項目についてだけで、要因の見落としもあり得る。平均値については、例えば水の粘性率の測定例のように、20 年間にわたる研究の結果ただ 1 点のデータを発表した Swindells と、繰り返し測定して多数データを発表した他の報告とをすべて平均するのは誤りであろう。

5. 研究は自然のメタファーに過ぎないか?

随想なのでお許しいただけるとして、最初の質問に戻る。正しいデータとは何であろうか? 正しいデータとは、自然現象を正確に数値化できたことをいうのであろう。しかし、数値化するには、測定する現象を理論や法則や条件仮定で客観化の対象としてそろえなくてはならない。その過程で物体や現象の独自な特徴や研究者の個性は消されてしまう。

ある文系の研究者が面白い意見を言われた。自然科学の研究は単に自然のメタファー(言い換え)を行っているに過ぎない、研究してもしなくても自然は存在し続けているのだから。だとすると真のデータも、別に研究してもしなくても存在するし、苦勞して明らかにしても特別な価値は無いのだろうか。しかし、“自然のメタファー”というのは、真実を追求する理学型の研究には当てはまるが、工学技術は違うと思われる。

単なる発見にとどまらず、目標を設定して、そこへ知的成果をインテグレートしていく。理学研究はエントロピー増大を観察するが、工学研究ではエントロピー減少(局所的ではあっても)を含めた集約的な測定があり得る。

すると“正しい”データの一側面として、工学データの場合には、“真”だけでなく、広い意味で目標の正しさも併せ考える部分が含まれると考えられる。これは伝熱研究や設計研究、開発研究のデータでは分かりやすい考え方ではなかろうか。しかし熱物性データや材料物性データなどでは、真理探究のためと応用のための両方があり得るので、同じデータについても、理学习型データと見るか工学型データと見るかで評価が違ってくることが考えられる。

6. ネット時代の科学技術データ評価に 新しい考えを

正しいデータに近づくつもりで過去になされてきた代表的な方法は、専門家と認める人々で評価委員会を構成し、その協議を経て推奨値を決める方法であっ

た。皮肉にいえば、みんなが合意して使うデータは得られるが、正しい値に到達する保証はない。特に若い人を含めた多くの人の智慧を集めるには、これからはやはりインターネットを活用すべきであろう。広く使われるようになったPDCAサイクルはネット上での推進にも適した方法で、最近、国際推奨式をネット上で改良していく提案など面白い提案もある。経済データについては国家的に管理する統計機関などもあるが、政治的、社会的な重要性の増した科学技術データについても、技術系を含めた国家的あるいは国際的な政策的対応が早急に必要である。この点は国際的にも思想不統一で、小さい例を挙げれば、そのための用語でさえも狭い専門家以外は統一されていない。“正しい”、“真の”、“正確な”、“精密な”、“信頼できる”、“よく合った”データという意味で使う“正しい”英語はそれぞれ何であろうか？ 用語だけでなくデータの読み方も、科学者、技術者、経営者、政治家、ジャーナリストで一致していない。科学技術データリテラシーからスタートするということかもしれない。