

## 総説

# 「測定の不確かさ」の概念と基本的な評価方法について

白上 篤，新改 悦郎，北川 隆

シスメックス株式会社 学術本部学術情報部：神戸市西区室谷 1-3-2(〒651-2241)

**Key Words** 測定の不確かさ，トレーサビリティ，GUM，ISO15189，JCTLM

## はじめに

近年，臨床検査の分野において，「トレーサビリティ (traceability)」や「測定の不確かさ (uncertainty in measurement，以下，不確かさ)」への関心が急速に高まってきている。この背景として<sup>1)</sup>，欧州を中心とした ISO 国際規格にもとづく国際標準化の動き<sup>2)</sup>，国内における臨床検査標準化の新しい体制作り等がある<sup>1-6)</sup>。臨床検査標準化へのアプローチとしては，これまでも“内部・外部精度管理を含めた精度保証にもとづく検査の質の向上”といったいわゆる精度保証 (Quality Assurance) の手法が検査室に浸透し，ここ 30 年の間に日常検査の精度は著しく改善してきた<sup>7)</sup>。今後は精度保証の視点に加えて“トレーサビリティ”，“不確かさ”という考え方で，測定結果の信頼性，質を表現し，臨床検査の標準化を実現していこうという動きが出てきている。

本稿では，これらの概念が生まれた背景，基本用語の定義，不確かさの概念とその基本的な評価方法，および臨床検査におけるトレーサビリティの最近の動向についてレビューし，現在臨床検査室に求められている事項について概説する。

### 1. 「不確かさ」が生まれた背景<sup>8)</sup>

「不確かさ」の概念は，1977 年に国際度量衡委員

会 (CIPM) が国際度量衡局 (BIPM) に対して「計測の誤差評価の方法についての検討」を諮問したことから始まる。当時，測定結果を評価する方法が分野や国によって異なっていたため，測定システムや測定結果を評価する共通の考え方は無かった。しかし，国際的な商取引や安全管理，環境保護などへの関心とその重要性が高まるにつれて，測定に関する国際的なルールが必要となった。そこで 1993 年に国際標準化機構 (ISO) より，国際的な計量に関わる 8 つの機関が合同で編集した国際文書 (以下，GUM：Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement\*)<sup>9)</sup> と，国際計量基本用語第 2 版 (以下，VIM：International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology)<sup>10)</sup> が出版され，不確かさの概念と評価法が規定された (図 1)。この GUM にもとづく不確かさ評価は，多くの国際規格や日本工業規格 (JIS) での評価方法に採用され，トレーサビリティや試験所認定制度でもその評価が求められており，計測分野においては，測定値の信頼性を評価する共通尺度として不可欠なものとなっている。

\*GUM は，ISO 国際文書として翻訳され「計測における不確かさの表現のガイド - 統一される信頼性表現の国際ルール (以下，不確かさガイド)」<sup>11)</sup> として日本規格協会より出版されている。

2. 「誤差」から「不確かさ」、「トレーサビリティ」へ  
 「不確かさガイド」では、「不確かさ」と「トレーサビリティ」の概念が次のように定義されている。

1) 「不確かさ」とは

「測定の結果に付随した、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」と定義される。

不確かさガイド・付録 3.1項より要約すると、『本ガイドの特徴の一つは、従来の「誤差 (error)」という概念ではなく、「不確かさ (uncertainty)」という概念によって計測の信頼性を定量化しようとしていることである。「測定値の真の値からの差」という「誤差」の定義は、測定値の真の値が分からなければ誤差は分からないという宿命のようなものを背負っていたが、「不確かさ」を定義づけることで、真の値を想定せずに定量化できるようにしたことである。』と記されている。つまり、「誤差」は真の値という“理想的な概念”を前提としたのに対して、「不確かさ」は、“現実の測定において知りうる値は真の値ではなく、真の値に最も

近いであろうと思われる値の推定値 (すなわち母平均) であり、さらにその推定した値の周りに測定値がばらついており、そのばらつきをまとめて表現し、測定信頼性の指標とした”点に違いがある。

参考までに、JIS Z 8103 : 2000 (計測用語) で定義されている、測定に関する用語を表1と図2に示す。

2) 「トレーサビリティ」とは

「不確かさがすべて表記された切れ目のない比較の連鎖によって、決められた基準に結びつけられ得る測定結果または標準の値の性質。基準は通常、国家標準または国際標準である」と定義される。

一般的な計測分野における「トレーサビリティ」と「不確かさ」の概念を模式的に表すと図3のようになる。すなわち、測定値の信頼性は、その値がどれだけ国家 (国際) 標準に準じているかを明確にする「トレーサビリティ」と、ばらつきを表現する「不確かさ」の2つの概念で表現することが推奨されている。

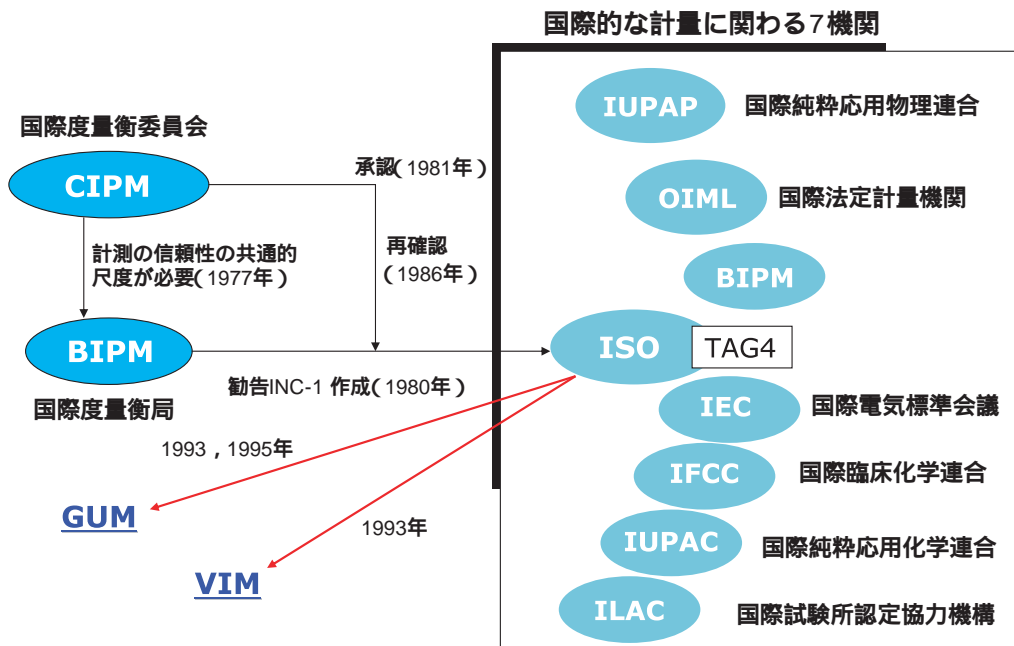


図1. 不確かさの歴史(文献8)より一部改変

表 1 . 計測・分析・試験の性能に関する用語の意味と日本語訳の現状

用語 (英語)	日本語訳	用語の意味
true value	真の値	ある特定の量の定義と合致する値 (測定値の正しい値)
error	誤差	測定値から真の値を引いた値
bias	かたよ	測定値の母平均から真の値を引いた値
dispersion	ばらつき	測定値の大きさがそろっていないこと, また不ぞろいの程度
precision	精密さ*, 精度**	ばらつきの小さい程度
trueness	正確さ*, 真度**	かたよりの小さい程度
accuracy	精度*, 精確さ**	測定結果の正確さと精密さを含めた, 測定量の真の値との一致の度合い。
traceability	トレーサビリティ	不確かさがすべて表記された切れ目のない比較の連鎖によって, 決められた基準に結びつけられ得る測定結果又は標準の値の性質。基準は通常, 国家標準又は国際標準である。
uncertainty	不確かさ	測定の結果に付随した, 合理的に測定量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

\*JIS Z 8103:2000(計測用語)による

\*\*JIS Z 8402-1:1999(測定方法及び測定結果の精確さ(真度及び精度) - 第1部:一般的な原理及び定義)による

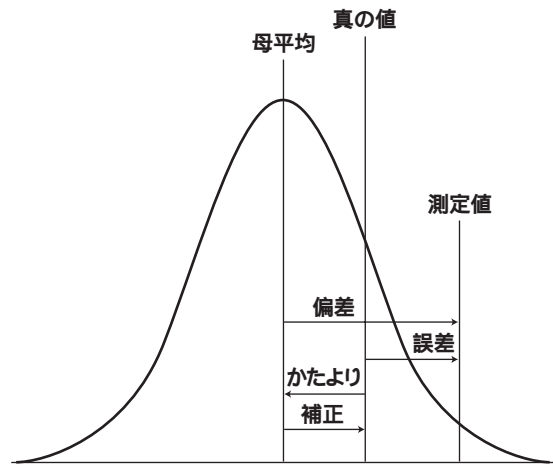


図 2 . 誤差の定義(JIS Z 8103:2003(計測用語)より)

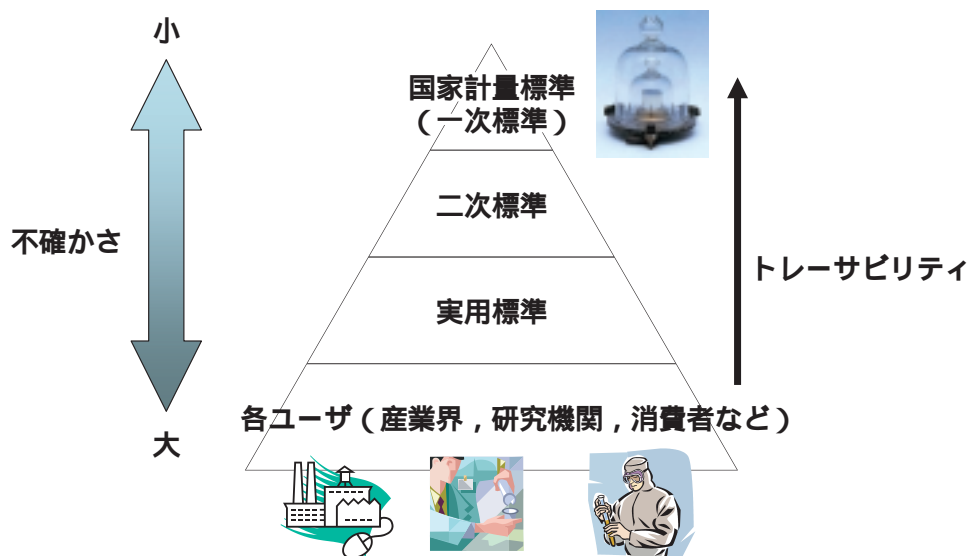


図 3 . トレーサビリティと不確かさの関係

## 不確かさ評価の概要<sup>12)</sup>

### 1. 「不確かさ」の発生源

計測・測定を行う際には、測定結果のばらつきを与える要因が必ず存在する。まずは、その要因を抽出することが重要となる。臨床検査において、測定結果にばらつきを与える一般的な要因を挙げると、以下のような要素が考えられる。これらの要因の抽出には、しばしば特性要因図(図4)が用いられる。

- 分析装置とその校正方法
- 測定試薬・標準物質
- 検査試料の状態
- 測定環境
- 検査方法，測定原理
- 測定者の熟練度・経験

あるキャリブレーション作業のための希釈試料作成を例にとると、

- 標準液またはキャリブレータを用意する(バイアル間差)
- 希釈に使用するメスフラスコに所定量の精製水を量り取る(メスフラスコの公差，メスアップする作業者の作業ばらつき)

バイアルよりディスペンサーを使って一定量を量り取る(ディスペンサーの定量公差，操作者の作業ばらつき)

分析装置で希釈試料を測定する(分析器の分析ばらつき)

などの、多くのばらつきの要因が存在している。

「不確かさガイド」では、これら全ての要因について評価する必要はなく、測定結果にばらつきを与える主要因を抽出し、その不確かさを評価することが求められている。また、“信頼できる評価ならば、第三者が評価した結果を利用してもよい”とされており、例えば標準物質供給機関や試薬メーカーから提供された標準物質の認証書や、機器の校正証明書に付記された不確かさがこれに相当する。つまり、“必要なところに必要な精度で”，時間・手間・コストを最小にすることを努力することが肝要であるとされている。

### 2. 「不確かさ」のエッセンスは標準偏差

不確かさは“あいまいな要素から発生する測定値のばらつきを合理的に表したもの”であり、「不確かさガイド」では、ばらつきの程度を表現する方法を、分散または標準偏差に限定している。分散では平均

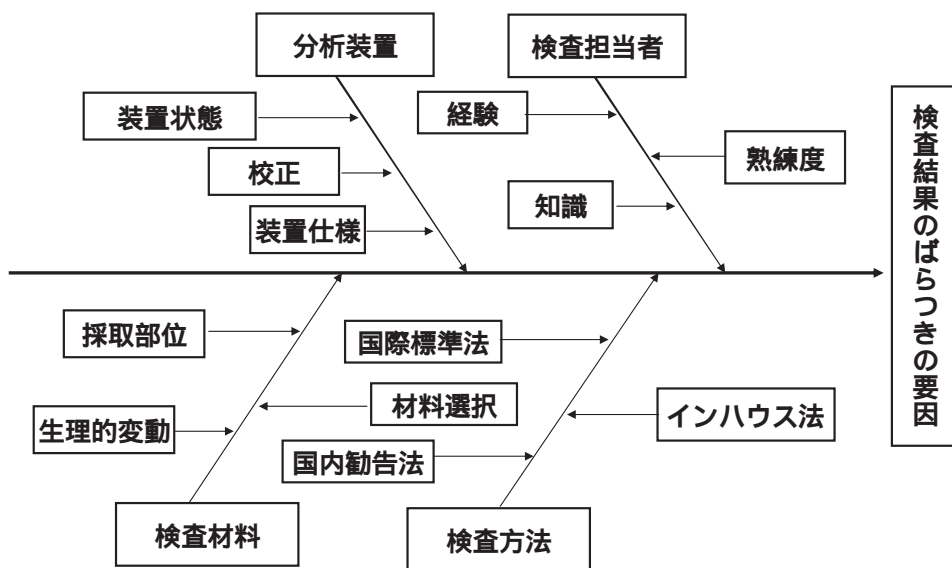


図4. 特性要因図の例

値からの幅としての実質的なイメージがつかみにくいため、分散の平方根である「標準偏差」をばらつき  
の指標として用いている（標準偏差 =  $\sqrt{\text{分散}}$ ）。

標準偏差で表した不確かさは「標準不確かさ（standard uncertainty）」と呼ばれている。不確かさ評価では、いろいろな測定の不完全な部分をすべてまとめて評価しようとしており、いろいろな不確かさを同じ評価軸に定量化（数値化）する必要がある。自分で測定したデータであれば、データから標準偏差を計算でき、第三者が測定した結果であっても、それが信頼できると判断できれば、標準偏差の次元に変換して引用できる。

### 3. 2つの不確かさ評価方法

#### - AタイプとBタイプ -

「不確かさガイド」では、不確かさを表す標準偏差（あるいはそれに準じたもの）を定量的に求める方法を、以下の2つに分類している。

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

（例：繰返し測定で得られた測定値の標準偏差など）

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

（例：メスフラスコやメスピペットなどの公差や認証標準物質に付記された「不確かさ」など）

このような分類は、「不確かさ」成分の大きさを表す標準偏差（標準不確かさ）を求めるに当たって、標準偏差を実際の観測値から求めるか、経験に基づいた先験的な分布（例：正規分布、矩形分布、三角分布）を想定して計算するかの違いに相当している（図5）。

いずれの成分であっても、その部分の広がりを特徴づける標準偏差を用いるならば、それらの成分をすべて合成して表現する際には同じに扱うことが可能となる。

従来の誤差評価の概念では、誤差の成分を、偶然誤差 = ばらつき（精密さ）、系統誤差 = かたより（正確さ）、というように誤差の原因あるいは測定値に対する影響の仕方によって分類することが一般的であった。それに対して、不確かさ評価の概念では『評価方法によって分類することによって、不確かさの評

価の道筋を明確にしようとするものである』としている（図6）。

### 4. 不確かさ成分の合成 - 合成標準不確かさ -

不確かさのエッセンスである標準偏差に相当する標準不確かさを二乗和合成してもとめたものを「合成標準不確かさ（combined standard uncertainty； $u_c$ ）」と言う。抽出した不確かさ要因について評価した不確かさ成分を合成して、合成標準不確かさ $u_c$ を求める。例えば、

要因Xによる標準不確かさ  $u_x$

要因Yによる標準不確かさ  $u_y$

の2つの要因を考えた場合、これらの不確かさ成分の合成は次のようになる。

$$u_c = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}$$

このように、それぞれの要因の標準不確かさから合成不確かさ $u_c$ が求められ、不確かさ成分が多数ある場合にも同じように全ての成分の二乗和で合成できる。

ここで各要因の標準不確かさが、 $u_x = 1.00$ 、 $u_y = 0.10$ と一桁違う標準不確かさであった場合、 $u_c = \sqrt{1.00^2 + 0.10^2} = \sqrt{1.01} = 1.005$ となり、不確かさは主要な要因でほぼ決まってしまうことになる。つまり、標準不確かさの大きな要因が合成標準不確かさの主導権を握ることになる。このようにして求めた合成標準不確かさは、不確かさ成分のエッセンスが凝縮されており、「測定値の不確かさ」に相当する。

### 5. 不確かさの表現 - 拡張不確かさと包含係数 -

合成標準不確かさで十分に不確かさを表現できるが、合成標準不確かさにある係数を乗じて「拡張不確かさ（expanded uncertainty）」として表現するのが一般的である。乗ずる係数を包含係数（coverage factor）と言い、拡張不確かさは大文字 $U$ で、包含係数は $k$ で表現される。拡張不確かさ $U$ は、測定値の大部分を含むと期待できる測定結果のまわりの区間として使われ、その区間に測定値が含まれる確率を信頼の水準と言う。拡張不確かさで表現したい信頼の水準により包含係数 $k$ の値は異なる。

拡張不確かさ $U$ は、合成標準不確かさ $u_c$ と包含係

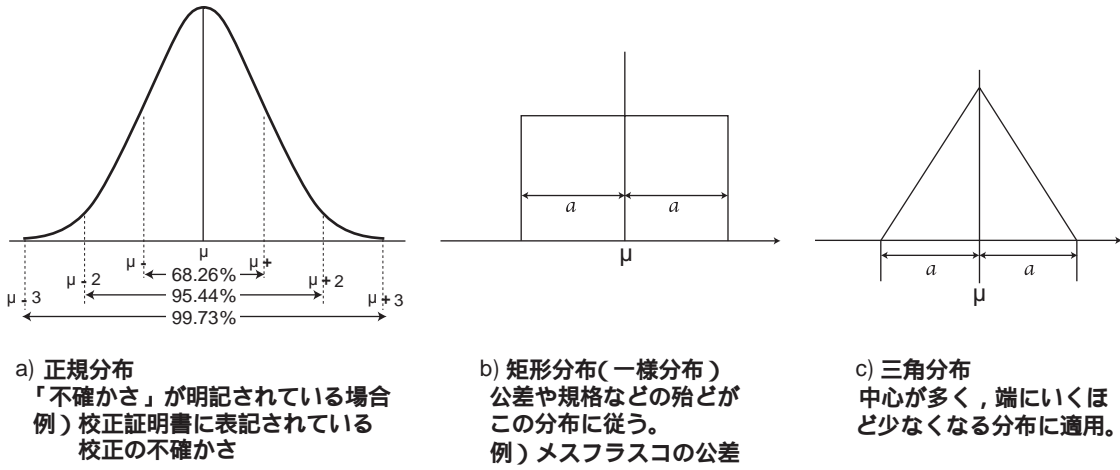
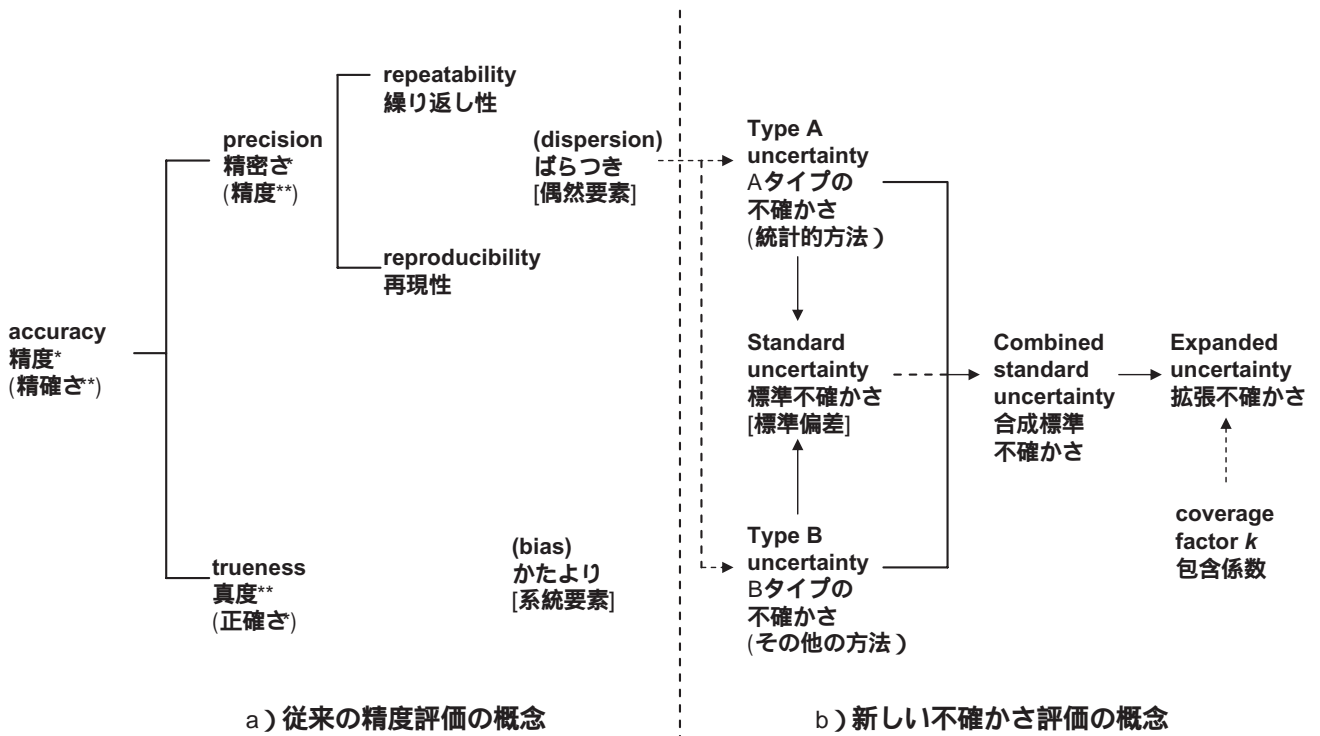


図5 . Bタイプの不確かさ評価で用いられる確率分布



\*JIS Z 8103:2000(計測用語)による, \*\*JIS Z 8402-1:1999(計測方法及び測定結果の精度さによる(文献11)より一部改変)

図6 . 不確かさ(精度)評価の概念

数 $k$ から次のように求められる。

$$U = k \cdot u_c$$

合成標準不確かさが包含する範囲は、正規分布を想定すると、 $k = 1$ ではおよそ68%、 $k = 2$ ではおよそ95%、 $k = 3$ ではおよそ99.7%の信頼の水準をもつ区間となる。一般的には、 $k = 2$ が使用されている。

拡張不確かさを求めたら、それに包含係数も併せて測定結果を報告する。信頼できる測定結果を提示するための最低条件として、「測定値」、「拡張不確かさ」そして「包含係数」の3つを併せて記述することが要求されている。

## 6. 不確かさを評価するための基本的な手順

不確かさは、次のようなステップで評価、算出し、結果を報告、提示することになる。

測定・校正の手順を明確にする

測定値を求めるための測定の原理、測定の方法、使用する測定装置、校正方法、標準物質とそのトレーサビリティ、測定手順などを、標準操作法(SOP: Standard Operating Procedure)として簡潔に記述する。

不確かさの要因を列挙する

特性要因図などを利用し、測定結果に影響を及ぼす要因を列挙する。その際、測定装置、校正方法、測定条件・環境、測定試薬、測定者等の要因別に漏れなく、ダブリなく抽出する。

不確かさ成分を見積もる

で求めたばらつき要因を、Aタイプ(統計的方法によって見積もる不確かさの成分)、またはBタイプ(統計的方法以外の方法によって見積もる不確かさの成分)に分類し、個々の不確かさ成分を見積もる。この際、積極的にBタイプの評価を取り入れることが推奨されている。

合成標準不確かさ $u_c$ を計算する

で求めた個々の不確かさ要因の標準不確かさを二乗和合成し、合成標準不確かさ $u_c$ を算出する。

拡張不確かさ $U$ を計算する

測定値の分布のある大きな比率(信頼の水準 $p$ )を含む区間を表す拡張不確かさ $U$ を、 $U = k \cdot u_c$ で計算する。一般的には、 $k = 2$ を採用し、ほぼ

信頼の水準 $p = 95\%$ に相当すると考えて拡張不確かさを表記する。

測定結果を報告する

拡張不確かさ $U$ を用いて、測定結果 $y$ を表示する場合、 $y \pm U$ とし、包含係数 $k$ の値を付記する。

不確かさ評価方法を文書化する

測定の信頼性の情報として、不確かさの評価をどのように行ったかの記録を文書として残しておくことが必要となる。その文書の中には、

- a) 不確かさの成分のすべてとその評価方法
- b) 不確かさ評価のためのデータと不確かさの計算方法
- c) データの解析方法
- d) 解析に用いた補正、定数などの値とその出典などを含めるべきで、評価の過程を追跡可能な形(トレーサブル)にする。

不確かさの算出についての手法と具体例については、キャリブレータおよびQA用試料の不確かさ評価方法(Ver.1.4)<sup>13)</sup>、および臨床検査における測定の不確かさ・ケース別推定法<sup>14)</sup>に詳細に記されている。また、日本適合性認定協会(以下、JAB)のホームページ(URL: <http://www.jab.or.jp/>)に、日本臨床検査標準協議会(以下、JCCLS)が提供するMS-Excelを使った計算ソフトとその使用方法が掲載されている。前述の不確かさの基本概念をご理解の上、これら具体的な評価方法を参照いただければ、より理解しやすいものとする。

## 臨床検査におけるトレーサビリティの重要性<sup>15), 16)</sup>

不確かさの概念が産業界に普及するのに並行し、臨床検査分野においても、1995年にISO/TC212[臨床検査と体外診断検査システム]が専門委員会として発足し、臨床検査におけるトレーサビリティに関わる活動が活発化した。

### 1. トレーサビリティに関する国際規格

臨床検査におけるトレーサビリティとは、患者検体の測定結果の根拠への遡及性を確認することであ

り、計量学的には国際単位であるSI単位まで遡ることが望ましいとされている。トレーサビリティについては、次の2つの国際規格に明記されている。

- (1) ISO17511:2003 (体外診断用医薬品・医療機器 - 生物試料の定量測定 - 校正物質と管理物質の表示値の計量学的トレーサビリティ)<sup>17)</sup>
- (2) ISO18153:2003 (体外診断用医薬品・医療機器 - 生物試料の定量測定 - 校正物質と管理物質の酵素活性表示値の計量学的トレーサビリティ)<sup>18)</sup>

日常検査として実施されている400～700種類の定量検査項目のトレーサビリティは、その体外診断用医薬品や医療機器(分析装置)の特性によって遡及できる段階が次のように5種類に分類される。

計量学的にSI単位までトレーサブルな測定結果を持つ量

一次基準測定操作法および一つ以上の認証一次標準物質が存在するもので、現時点では、電解質、代謝物、ステロイド・ホルモン、甲状腺ホルモンなど25～30項目程度。

計量学的にSI単位までトレーサブルでない測定結果を持つ量

- a) 国際常用基準測定操作法(一次基準測定操作法とはいえないもの)および、その操作法により測定値が付与されている1つ以上の国際常用校正物質がある定量項目  
(例; HbA1cなど)
- b) 国際常用基準測定操作法はあるが、国際常用校正物質がない定量項目  
(例; 凝固因子, 白血球数, 赤血球数などの約30項目)
- c) 測定値を付与する方法が定められている1つ以上の国際常用校正物質はあるが、国際常用基準測定操作法がない定量項目  
(例; 蛋白ホルモン, 一部の抗体や腫瘍マーカーのようなWHO標準物質を含む約300以上の項目)
- d) 基準測定操作法も校正のための標準物質もない定量項目  
(例; 抗体や腫瘍マーカーなど約300項目)

具体的には、図7のように上位物質の値を、下位の実用標準物質に伝達する。これをトランスファラビリティと呼んでいる。標準測定操作法や標準物質

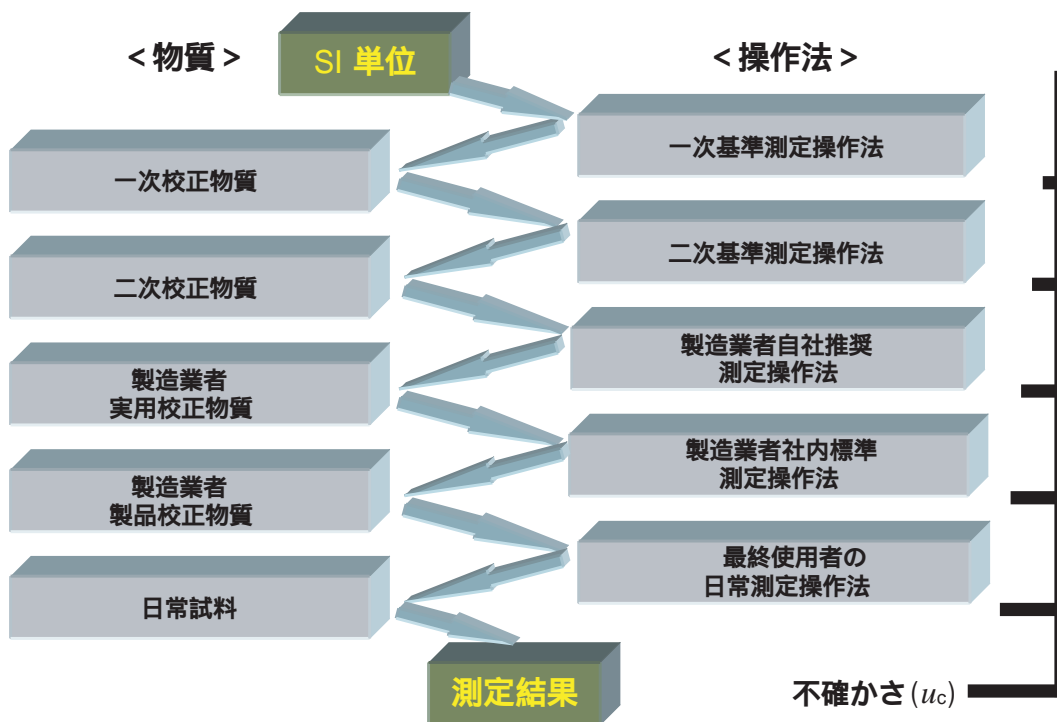


図7. 校正の階層段階全体とSI単位への計量学的トレーサビリティ



が規定されている項目については、前述の「拡張不確かさ」が付記されており、値の伝達段階が増えるほど「不確かさ」の値も大きくなる。

## 2. JCTLMの発足とその役割

2002年6月に、CIPM、IFCC、WHOおよびILACは、前述のISO国際規格の要求事項を満たすべく、検査医学における測定結果の国際的な整合性、信頼性、同等性を確保するために、JCTLM (Joint Committee on Traceability of Laboratory Medicine；臨床検査医学におけるトレーサビリティ合同委員会)を設立した。本組織は、以下の活動を通して、臨床検査医学全般における基盤整備を行うことを目的としている。

JCTLMには2つのワーキンググループ (WG) が設置されており、WG1では「トレーサビリティの確保された標準物質」および「国際的に合意 (認証) された基準測定操作法」の選定、WG2ではそれを使用した国際的な測定ネットワークラボラトリーの構築について議論が行われている。

WG1では、臨床検査各分野の高位標準物質と基準測定操作法を選定し、それらのリストは国際度量衡局 (BIPM) の Web サイト ([www.bimp.org/en/committees/jc/jctlm/](http://www.bimp.org/en/committees/jc/jctlm/)) に掲載されている。例えば、標準物質のリストはList とList があり、前者はSI単位にトレーサブルな高位標準物質リストであり、後者はSI単位にトレーサブルでない高位標準物質リストである。2005年11月時点で、約100件の基準測定操作法 (58の測定項目に関係) および150種類の標準物質が登録されている。

WG2では、現在各国から67の試験所・研究所がネットワークラボラトリーとしてノミネートされており、各国の代表ラボによる国際的な検査室間比較によって、国際的な整合性の確保を可能とするシステムの構築を目指している。

## 臨床検査室認定制度の導入 - 臨床検査室が求められている事項 -

2003年2月に臨床検査領域で初の国際規格ISO15189 (臨床検査室と適合能力に対する特定要求事項)<sup>19)</sup> が制定された。国内では日本適合性認定協会 (JAB) と日本臨床検査標準協議会 (JCCLS) が共同で検査室認定事業を立ち上げ、2004年10月からのパイロット審査により5施設が検査室認定を取得した。

この国際規格において、「臨床検査室のサービスの目的は顧客 (患者、臨床医等) のニーズに沿うこと」 (4.1.2項) と記されており、検査室は顧客から信頼される検査結果を提供できるという能力 (competence) を示すことが要求されている。具体的には、検査前、検査後手順を含めた検査室のマネジメントシステムを確立し、ミスの少ない安定した検査結果が提出されること、世界的に統一された測定標準を使用し、地域や検査室による検査結果の偏りを減少させること (トレーサビリティの確保)、検査方法ごとに「測定の不確かさ」を推定して検査結果の信頼性の程度を表明すること、技能試験により他検査室と検査結果を比較し、検査室の性能改善を図ること、報告書の書式を揃える等により検査結果の統一された表現を行うこと、などを要求している。

## おわりに

「測定の不確かさ」や「トレーサビリティ」といった概念は決して難しいものではなく、まずは“自施設の各検査項目の根拠は？”、“測定結果がばらつく要因は何か？”といった視点から検査のプロセスを見直す機会、手段として捉えていただき、これらの国際的なルールを活用いただくことが肝要と考える。本稿で紹介した基本的な概念が、これらの検証作業についての理解に役立てば幸いである。

## 参考文献

- 1) 濱崎直孝：-(1) 臨床検査標準化基本検討委員会設立の目的および活動内容の概要，日本臨床検査標準協議会会誌．20 (2)：47～49，2005.
- 2) 千葉光一：-(2) 臨床検査標準の国際的な動向，日本臨床検査標準協議会会誌．20 (2)：50～55，2005.
- 3) 桑 克彦：-(3) メーカーの校正物質からの常用標準物質の設定，日本臨床検査標準協議会会誌．20 (2)：56～61，2005.
- 4) 高木 康：-(4) 臨床検査値の互換性の確保，日本臨床検査標準協議会会誌．20 (2)：62～68，2005.
- 5) 渡辺清明：-(5) データベースの整備と検査診断の標準化，日本臨床検査標準協議会会誌．20 (2)：69～70，2005.
- 6) 高津章子：-(6) 標準物質における認証値の不確かさ，日本臨床検査標準協議会会誌．20 (2)：71～72，2005.
- 7) 河合 忠，河野均也，菅野剛史：日本医師会臨床検査精度管理調査を中心に，臨床病理．53 (6)：524～530，2005.
- 8) 佐藤浩志，田中秀幸：測定の不確かさを知っていますか？，社団法人日本計量振興協会，2003.
- 9) BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, OIML : Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) 改訂版，1995.
- 10) BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML : International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, 2nd edition, 1993.
- 11) 今井秀孝訳，飯塚幸三監修：ISO 国際文書「計測における不確かさの表現のガイド - 統一される信頼性表現の国際ルール」，日本規格協会，1996.
- 12) 今井秀孝：計測の信頼性評価 - トレーサビリティと不確かさ解析 - ，日本規格協会，1996.
- 13) 日本臨床化学会クオリティマネジメント専門委員会：キャリブレーションおよびQA用試料の不確かさ評価方法 (Ver.1.4)，臨床化学．32：186～199，2003.
- 14) 細萱茂美，桑 克彦，濱崎直孝：臨床検査における測定の不確かさ・ケース別推定法，臨床化学．34：40～46，2005.
- 15) 河合 忠，青柳 邁：臨床検査室のためのISO15189解説とその適用指針，丸善株式会社，2005.
- 16) 桑 克彦：検査データの精確さの保証の仕方とその国際動向，臨床病理．53 (6)：531～539，2005.
- 17) ISO 17511 : In vitro diagnostic medical devices - Measurement of quantities in samples of biological samples - Metrological traceability of values assigned to calibrators and control materials，2003.
- 18) ISO 18153 : In vitro diagnostic medical devices - Measurement of quantities in samples of biological samples - Metrological traceability of values for catalytic concentration of enzymes assigned to calibrators and control materials，2003.
- 19) ISO15189 : Medical laboratories - Particular requirements for quality and competence，2003.

## Basic Concept of Uncertainty in Measurement and its Evaluation Procedures

Atsushi SHIRAKAMI, Etsuro SHINKAI, and Takashi KITAGAWA

Scientific Marketing Div., Sysmex Corporation

1-3-2, Murotani, Nishi-ku, Kobe 651-2241.

### Key Words

Uncertainty in Measurement, Traceability, GUM, ISO15189, JCTLM