



ともに挑む。つぎを創る。

# JCGM-WG1出席報告と、 GUM関連文書の現状

産業技術総合研究所 計量標準総合センター  
田中秀幸

NATIONAL INSTITUTE OF  
ADVANCED  
INDUSTRIAL  
SCIENCE &  
TECHNOLOGY

- Joint Committee for Guide in Metrology（計量ガイドに関する合同委員会）の略
- ワーキンググループ1（WG1）がGUM、WG2がVIMのメンテナンスを担当する。
- メンバー・・・BIPM（計量）、IEC（標準化）、IFCC（臨床）、ILAC（試験所認定）、ISO（標準化）、IUPAC（化学）、IUPAP（物理）、OIML（法定計量）からの代表をWGに各3名まで出すことができる。

**Dr Walter Bich**

ISO (INRIM, イタリア)

**Prof. Maurice Cox**

BIPM (NPM, イギリス)

**Dr Charles D. Ehrlich**

OIML (NIST, アメリカ)

**Dr Stephen Ellison**

IUPAC (LGC, イギリス)

**Dr Clemens Elster**

IUPAP (PTB, ドイツ)

**Dr W. Tyler Estler**

BIPM (NIST, アメリカ)

**Dr Nicolas Fischer**

IEC (LNE, フランス)

**Mr Luis Mussio**

OIML (OIML, フランス)

**Dr Lars Nielsen**

BIPM (DFM, デンマーク)

**Prof. Leslie R. Pendrill**

ILAC (RISE, スウェーデン)

**Prof. Nick M. Ridler**

IEC (NPL, イギリス)

**Dr Eric Shirley**

IUPAP (NIST, アメリカ)

**Mr Steve Sidney**

ILAC (LNA, 南アフリカ)

**Dr Hideyuki Tanaka**

OIML (NMIJ, 日本)

**Dr Adriaan van der Veen**

ISO (VSL, オランダ)

**Prof. Graham H. White**

IFCC (Flinders University,  
オーストラリア)

**Dr Torgny Carlsson**

ISO

**Prof. Ivo Leito**

IUPAC

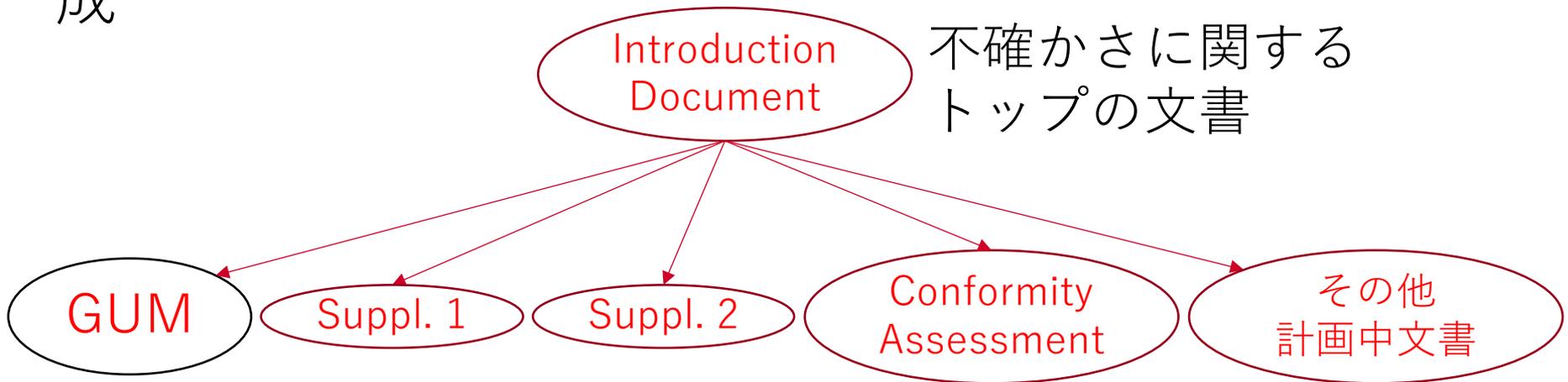
**Dr Francesca Pennechi**

IUPAC

**Dr Carine Michotte**

セクレタリ (BIPM, フランス)

## New Perspective for the GUMの文書構成

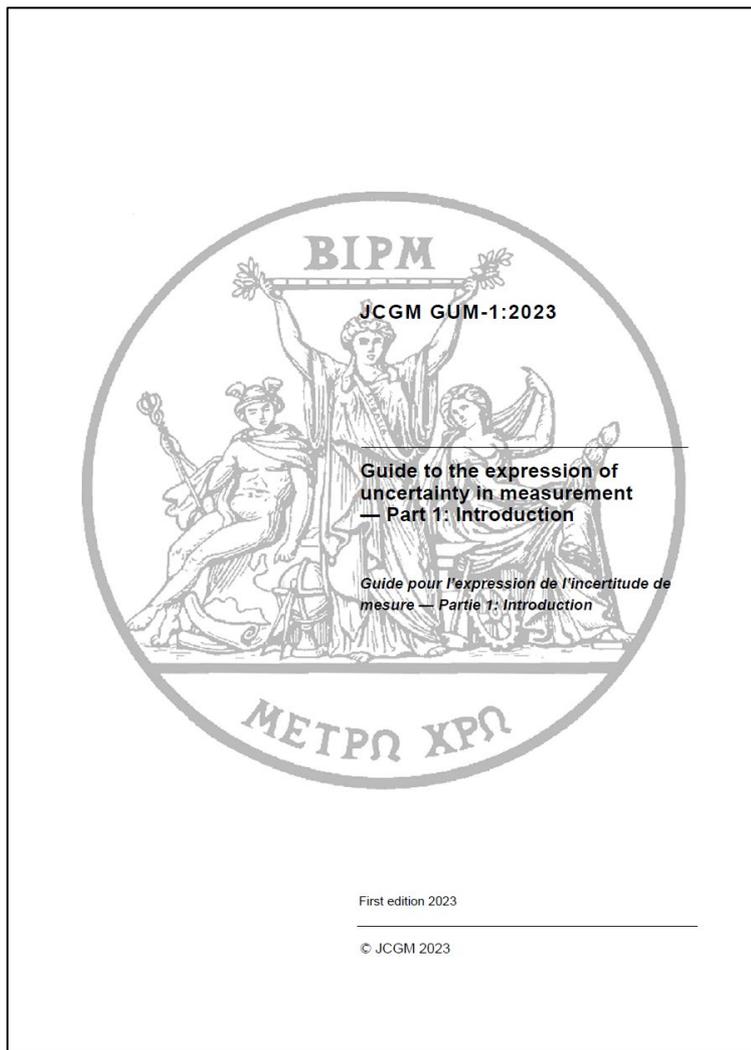


このように、全ての文書を横並びとする。そして、Introduction Documentをトップに据えて、この文書を読むことで、適切な文書を選択することができるようにする。

これによって、GUMも保持され、新しい文書を使うこともできる。

Part 1	Introduction	(JCGM GUM-1)
Part 2	Concepts	(JCGM GUM-2)
Part 3	Current 'grandfathered' GUM	(JCGM 100)
Part 4	Role of measurement uncertainty in conformity assessment	(JCGM 106)
Part 5	Examples of uncertainty evaluation	(JCGM GUM-5)
Part 6	Developing and using measurement models	(JCGM GUM-6)
Part 7	Propagation of distributions using a Monte Carlo method	(JCGM 101)
Part 8	Extension to any number of output quantities	(JCGM 102)
Part 9	Statistical models and data analysis for interlaboratory studies	(JCGM GUM-9)
Part 10	Least squares methods	(JCGM GUM-10)
Part 11	Bayesian methods	(JCGM GUM-11)
Part 12	Basic method for uncertainty propagation	(JCGM GUM-12)

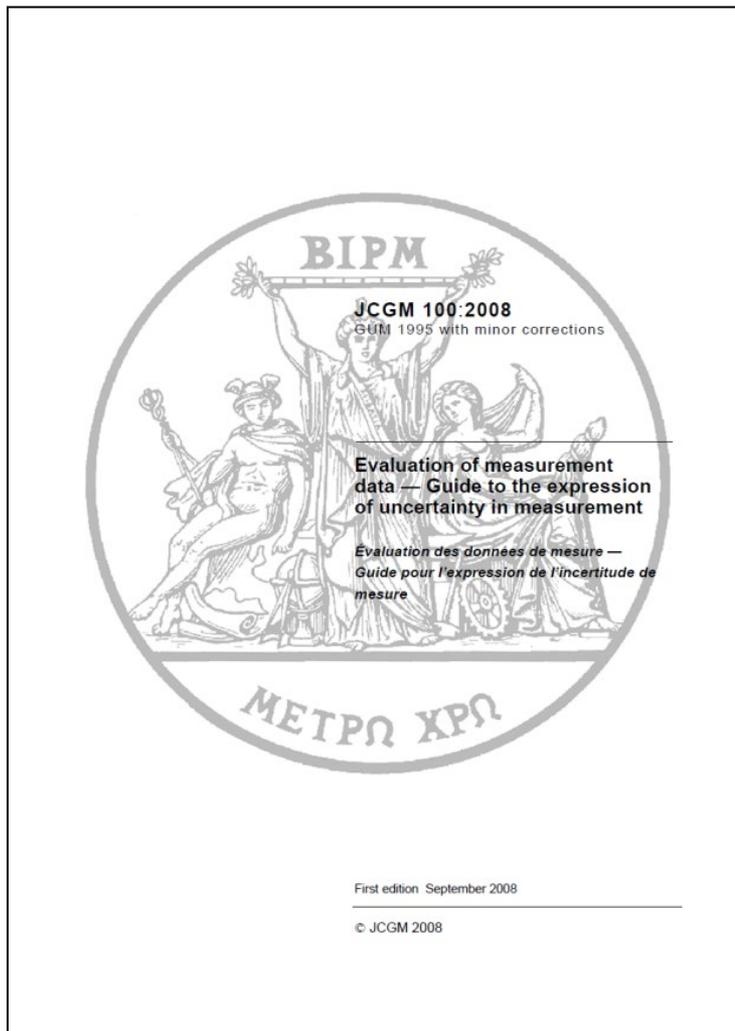
水色は作成中、赤は発行済み、黒は予定のみ



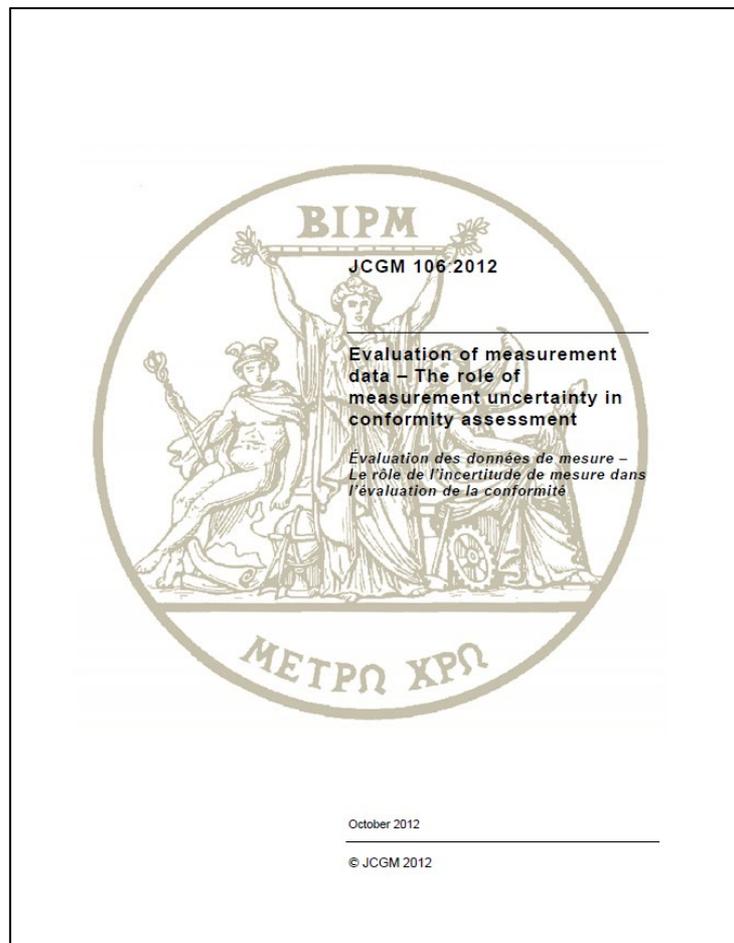
- GUM関連の概要紹介文書。
- このGUM関連の文書シリーズにどのようなことが載っているのかについて解説。
- New Perspective for the GUM対応の見直し作業終了。1月末発行。

Now Printing

- GUMの理論的背景紹介文書。
- 内容はどのようなものが良いか。とりあえず過去に作成した文書はいろいろある。しかしそれらの寄せ集めのような状態。どのように統一感を出すか。



- GUM本体。
- GUM本体は今後も残り続けることが決定。
- 現在、GUMの正誤表を作っている。



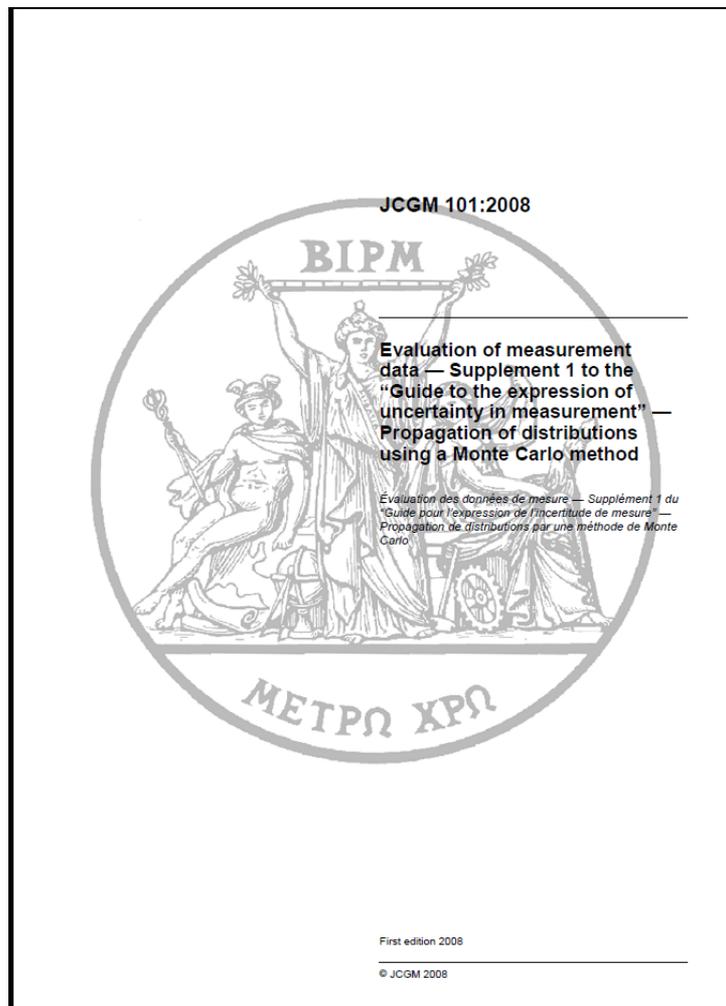
- 適合性評価での不確かさの役割の解説文書。
- 合否判定を行う際、どのように不確かさを考慮すればよいのかについての解説。
- ベイズ統計を基にした記述が中心
- 現在GUM NPに合わせて軽度の技術的修正を行うことが検討されている。

Now Printing

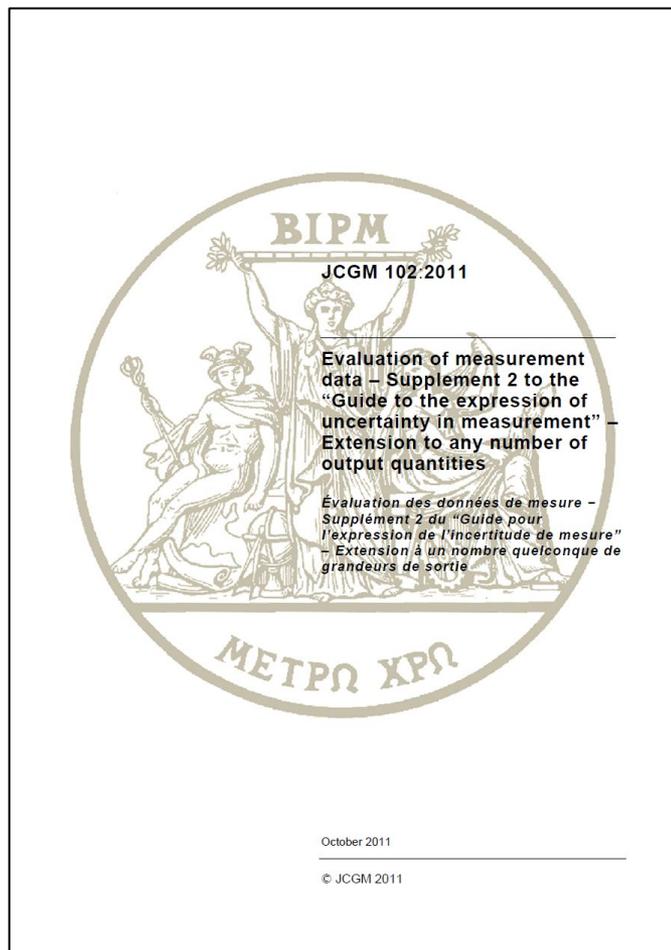
- 不確かさ評価事例集
- ヨーロッパでの研究プロジェクトが作成した事例とGUM改定のために作成された事例集が元になる。
- ドラフトへのコメント対応が終了。



- 測定モデルについて。
- JCGM103のモデル式の構築と使用についての文書。
- 2020年に公開されたもので、GUM New Perspectiveに対応した初めての文書。



- モンテカルロ法による分布の伝播の計算。
- 2008年に発行。
- タイプAの不確かさに関する取扱いがベイズ統計を基にしたものになっている。
- 現在GUM NPに合わせて軽度の技術的修正を行う予定。サブワーキンググループで議論が行われている。



- 多数の出力量（入力量が複数、出力量も複数のとき）への対応。
- 交流などの出力がベクトル量になる場合を扱うときの指針。
- 不確かさの伝播側を用いた旧来の手法とともに、モンテカルロ法を用いた手法も記載されている。
- 現在GUM NPに合わせて軽度の技術的修正を行う予定。

Now Printing

- 試験所間比較での統計的手法について。
- 試験所認定における技能試験の統計的手法については対象外で、国際比較がメイン
- 国際比較を運用している各量担当との意見すり合わせが必要なため現在作業停止中。

Now Printing

- 最小二乗法を用いたときの不確かさ評価法について。
- 現在，作成中。ただ他の文書を優先していて、あまり進んでいない。
- ISOで作成している最小二乗法の文書で利用できる部分はないか、ということは議論された。

Now Printing

- ベイズ統計を用いた不確かさ評価法について。
- GUMの改定案に会ったような一部使用ではなく、フルベイズと呼ばれるすべてにベイズ統計を用いた手法。
- まだ作業は行われていない。

Now Printing

- GUM改定案にあった不確かさ評価法。
- GUMを改定しない代わりに、関連文書として出そうとしている。
- Type Aの扱いをどうするのかのWorkshopを開くなど、作成へ向けての動きがある。

- JCGM GUM-5のドラフトへのコメント対応
- GUMの一部修正
- 不確かさの定義改定
- AIと不確かさ

## 最初のバージョンについて

- ・すでに出来上がっている事例集から事例をもらうということに決定。

## 元となる事例集

- ・以前のGUM改定の際に作成した事例集のドラフト(JCGM 110ドラフト)

- ・EMUEプロジェクト

[http://empir.npl.co.uk/emue/wp-content/uploads/sites/49/2021/07/Compendium\\_M36.pdf](http://empir.npl.co.uk/emue/wp-content/uploads/sites/49/2021/07/Compendium_M36.pdf)

## 1. Measurement of pH: linear interpolation

pH標準液を使用しての、2点線形補間によるpHの測定。JCGM 102に記載の分散共分散行列を用いた不確かさ伝ぱ則による不確かさの評価。

## 2. Determination of benzo[a]pyrene

濃度標準液を用いた、GC-MSによる低濃度ベンゾ[a]ピレンの濃度。GUMによる方法とモンテカルロ法。

## 3. Relative molecular mass of glucose

$C_6H_{12}O_6$ グルコースの分子量の不確かさ。元素ごとに矩形分布の誤差を考慮して、Hは12倍、CとOは6倍して合成。

## 4. Gravimetric mixture preparation and the calculation of composition

静的重量法による混合ガス成分の質量分率。JCGM 102に記載の分散共分散行列を用いた不確かさ伝ぱ則による不確かさの評価。

## 5. Greenhouse gas emission inventories

農業分野での温暖化ガスのCO<sub>2</sub>相当量。JCGM 100の方法（LPU）。

## 6. Simple linear measurement models

モデル式が  $Y=X_1+X_2+X_3+X_4$  で表されるとき、LPUとMCMとAdaptive MCMを行った時の結果の比較。

## 7. Calibration of weights: second-order effects in uncertainty evaluation

天秤を使った分銅の校正。GUMによる不確かさ伝播(二次まで)を用いた方法とモンテカルロ法の比較。

## 8. Gauge block calibration

比較測定器を用いたブロックゲージの校正。GUMによる不確かさ伝播(二次まで)を用いた方法とモンテカルロ法の比較。

## 9. Calibration of a torque measuring system

トルク測定器の直線校正(直線の傾きの不確かさ)。重み付き)最小二乗法とマルコフ連鎖モンテカルロ法によるベイズ推定。

## 10. Conformity assessment of total suspended particulate matter in air

大気中の全浮遊粒子状物質 (TSPM) の質量濃度。モンテカルロ計算 (R Stanによるマルコフ連鎖モンテカルロ法)。

## 11. Effect of considering a 2D image as a set of pixels on a computed quantity

2D画像内の腫瘍のセグメンテーション領域の面積の測定。モンテカルロ法による不確かさ伝播。

## 12. Between-bottle homogeneity of reference materials

天然ガスにおける窒素濃度。モンテカルロ計算（R Stanによるマルコフ連鎖モンテカルロ法）。

## 13. Measurement of Celsius temperature using a resistance thermometer

温度。JCGM 102に記載の分散共分散行列を用いた不確かさ伝ば則による不確かさの評価。

## 14. Activity of a radioactive source corrected for decay

標準放射線源の放射能測定。GUMによる不確かさ伝播を用いた方法。

## 15. Breaking force of steel wire rope

スチールワイヤーロープの破断力。GUMによる不確かさ伝播を用いた方法とモンテカルロ法の比較。

## 16. Comparison loss in microwave power meter calibration

マイクロ波パワーメーターの校正。GUMによる不確かさ伝播(二次を含む)とモンテカルロ計算。

コメント対応は終わった。  
現在コンビナーがコメントの妥当性をチェックしているところ。

4.1.4を変更。

既存の注記を注記2とし、以下の新しい注記1を追加します。

注記1  $f$ の非線形性が顕著な場合、式(2)の $y$ の式には、 $y=f(X_1, X_2, \dots, X_N)$ のテイラー級数展開における高次の項を含める必要があります。各 $X_i$ の分布が正規分布である場合、式(2)の右辺に追加すべき次に高い次数で最も重要な項は、

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \frac{\partial^2 f}{\partial x_i^2} u^2(x_i)$$

です。式(H.10)は、独立でない正規分布 $X_i$ の場合の一般化を示しています。

**H.1.7 Second-order terms** 最初の段落を次のように変更します。

4.1.4の注記1と5.1.2の注記では、この例で測定対象量の推定値 $l$ とそれに対応する合成標準不確かさ $u_c(l)$ を求めるために使用されている式(2)と(10)は、関数 $y=f(X_1, X_2, \dots, X_N)$ の非線形性が非常に大きく、テイラー級数展開の高次項を無視できない場合に、拡張する必要があると指摘されています。この例ではまさにそのような状況であり、したがって、 $l$ の計算と $u_c(l)$ の評価は、ここまでの記述では不完全です。4.1.4の注記1に示されている最初の式がゼロに等しいことは容易に確認でき、推定値 $l$ は高次項の影響を受けません。その代わりに、式(H.3)に5.1.2の注釈で示された式を適用すると、実際には無視できない2つの異なる2次項が式(H.5)に追加されます。これらの項は、注釈の式の2次項から生じるもので、次のようになります。

## 元の記述

5.1.2の注記において、関数 $Y=f(X_1, X_2, \dots, X_N)$ の非線形性が大きくテイラー級数展開における高次の項を無視できないときは、この事例のように合成標準不確かさ $u_c(l)$ を求めるのに用いた式(10)を拡張しなければならないことを指摘している。この端度器の事例はこのような場合である。そのため、この点まで考慮すると、 $u_c(l)$ の評価は完全ではない。式(H.3)に5.1.2の注記の式を適用すると、明らかに無視できない二つの2次の項を式(H.5)に加えなければならないことが分かる。これらの項は、注記の式の2次のオーダの項から生じ、次のとおりである。

各参加機関から集められたコメント対応を行った。  
この回答はまた近いうちに返されるかと思えます。

※テイラー展開の高次項を持ち他不確かさ評価を行うと、不確かさの値が変わるだけではなく、測定結果も影響を受ける、ということをお願いののだと思うが、なぜここまでしなければならない、と考えているのか私にはよく分かっていない。ただし、将来古くなっているGUM本体の中身を置き換えたい、という考えを実現するための第一歩ではあろう。

## 現在の定義 (VIM3)

「用いる情報に基づいて、測定対象量に帰属する量の値のばらつきを特徴づける負ではないパラメータ。」

## 上記の問題点

○「測定の不確かさ」自体は概念であって、量的な表現のことではないのでは？標準不確かさとなって初めて量的な表現となる。

## 上記の続きとして

- ・「パラメータ」という用語は量的であり、さらに意味が定義されていない。
- ・「負ではない」というのは正当性がない
- ・「用いる情報に基づいて」→冗長。当たり前では。

等々

## 新しい定義の案

「測定を行った後に残る測定対象量の値に対する疑い。」

これはNISTのマニュアルに載っている定義を基にしたものである。

この定義にするとVIM4で取り入れられる名義的性質についての不確かさに関しても「測定対象量」の部分を変更するだけで、簡単に定義できる。

不確かさの定義は変わるが、その他の用語の定義はさほど変わらない。

- standard uncertainty

measurement uncertainty expressed by a standard deviation

- coverage interval

interval believed to contain the value of the measurand with a stated probability

- expanded uncertainty

half width of a coverage interval symmetric about the measured value

- coverage factor

numerical factor used to multiply the standard uncertainty to obtain an expanded uncertainty

- relative standard uncertainty

Absolute value of the quotient of the standard uncertainty and the associated measured value

- uncertainty budget

List of sources of measurement uncertainty, their method of evaluation, sensitivity coefficients, standard uncertainties and covariances used in an uncertainty evaluation

JCGM WG1とWG2の間で結構もめている。(WG2 内で意見の相違がある。)

- ・「疑い(doubt)」を用いる定義は賛否が分かれる。
- ・現状では「パラメータ」とする、従来の定義になるか、「疑い」を用いる定義になるかは決まっていない。

JCGM WG1ではAIと不確かさに関して非常に興味を持っている。

前回11月の会議ではJCGM WG1内でAIと不確かさに関するワークショップが開催された。

## Workshop AI and Uncertainty in metrology JCGM-WG1 meeting

Joerg Martin (PTB) - Uncertainty quantification for neural networks applied to CT dosimetry

Loic Coquelin (LNE) – Statistical learning and Uncertainty, development and limits: application to nanoparticles' measurement

Andrew Thompson (NPL) - Frameworks for the expression and validation of uncertainties in machine learning

Manuel Marschall (PTB) - Automatic calibration of atomic force microscopes using generative modelling and uncertainty-aware classification

- GUM NPに移行し、これまでの不確かさ評価は保持されます。GUM本体は無くなりません。
- Example Document (JCGM GUM-5) はドラフト対応が終わりチェック中です。もうすぐコメント対応結果が配布されると思います。。
- GUMの一部修正案が出ています。大きな問題はないとは思いますが、将来のGUMの改定を見越した動きではあります。ただし、一番の目的はJCGM GUM-12を代替ガイダンスとして制定し、温和にGUMを置き換える、という方針です。
- 不確かさの定義を変えるという話が出ていますが、先がどうなるかがよく分かりません。