

GUMとその関連ガイドの動き

産業技術総合研究所

榎原研正

1

今井秀孝

「JCGMの役割と最近の活動状況: GUMとVIMの位置付け」
標準化と品質管理, Vol. 71, No. 2, 2-18 (2018)

1. まえがき
2. 計量計測分野の主要な国際文書の概要
3. JCGMの設置以前の状況
4. JCGMの設置とその役割
5. GUMとは?
6. VIMとは?
7. 最近のJCGMの活動
8. あとがき

2

概要

- 勧告INC-1 と GUM
- JCGM文書群
- GUM改定ドラフトのその後

3

GUMに関わる歴史的経緯

1980: Recommendation INC-1 (勧告INC-1) の作成

- 不確かさの表現に関する作業部会（事務局: BIPM）による

1993: GUM (測定における不確かさの表現のガイド) 出版

- 勧告INC-1をベースに, ISO TAG4 が執筆
- 7国際機関の共同出版

1997: JCGM (Joint Committee for Guides in Metrology) 発足（事務局: BIPM）

- GUM, VIMのメンテナンスをISO TAG4から引き継ぐ

2007: VIM第3版出版

- JCGM文書としてインターネット上で公開

4

2008: GUMがJCGM文書として、インターネット上で無料公開

- 内容は同じ

2008 - 現在: 幾つかのGUM補足文書・周辺文書が作成され、JCGM文書として順次インターネット上で公開

- JCGM 101 (モンテカルロ法), JCGM 102 (複数の出力量), JCGM 104 (イントロダクション), JCGM 106 (適合性評価)

2011: GUMの改定に関わる公開アンケート調査

- ベイズ統計を取り込んだ改定方針についての意見収集
- 回答は概ね肯定的 (www.bipm.org/wg/JCGM/JCGM-WG1/Allowed/sub-committee_5/WG1-SC5-N12-15_JCGM_GUM_Survey_Collated_responses.pdf)

2014-2015: GUM改定ドラフト(JCGM 100:201X CD)作成・意見収集

- 統計的基盤を頻度主義統計学からベイズ統計学に移行することを目指した
- 改定に強い抵抗があったため、GUM改定は足踏み状態になっている

5

勧告INC-1

- ❑ GUMの基盤となった重要度の高い文書
- ❑ GUM, Introduction中に転載されている

INC-1を、GUMで導入された用語も用いて表すと・・・

- (1) 測定結果の不確かさは、一般に複数の成分から構成される。
各成分は、次のいずれかの方法で評価する。

タイプA評価: 統計的方法による評価

タイプB評価: それ以外の方法による評価

評価方法のこの二分類と、偶然誤差と系統誤差への誤差の二分類は必ずしも対応しない。

(ただし、多くの場合は対応する)

6

- (2) タイプA, Bいずれの評価方法でも、不確かさの大きさは、分散の推定値 u_j^2 、あるいはその平方根である標準偏差の推定値 u_j として評価する。 u_j を標準不確かさと呼ぶ。必要に応じて、不確かさ成分の間の相関係数の推定値も与える。

- (3) 不確かさの合成には、分散に対する通常の合成方法（不確かさの伝播則）を用いる。合成した不確かさは、標準偏差として表す。これを合成標準不確かさと呼ぶ。（従来からの誤差伝播則と同じ）

- (4) 不確かさの大きさを、合成標準不確かさに定数（包含係数）をかけた拡張不確かさで表す必要があるときには、包含係数の大きさを明記する。

*) 下線は、勧告INC-1では定まっておらず、GUMで新たに導入された用語

**) 青字は筆者

7

国際委員会 JCGM

- ❑ JCGM: Joint Committee for Guides in Metrology (計量計測関連国際文書作成合同委員会)

- ❑ GUM及びVIMのメンテナンスを担当する国際委員会

- ❑ メンバー機関

- BIPM: Bureau International des Poids et Mesures
- IEC: International Electrotechnical Commission
- IFCC: International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine
- ISO: International Organization for Standardization
- IUPAC: International Union for Pure and Applied Chemistry
- IUPAP: International Union for Pure and Applied Physics
- OIML: International Organization of Legal Metrology
- ILAC: International Laboratory Accreditation Cooperation (2005年～)

- ❑ JCGM-WG1: GUM担当, JCGM-WG2: VIM担当

(*) 日本からは今井秀孝氏(産業技術総合研究所客員研究員, 製品評価技術基盤機構客員調査員, 元産総研理事)が参加(ILAC代表)

8

JCGMによる発行(予定)文書

JCGM文書名	ISO/IECガイド番号	内容	発行状況
JCGM 100	98-3	GUM本体	2008年
JCGM 101	98-3/Supplement 1	GUM補足文書1(モンテカルロ法)	2008年
JCGM 102	98-3/Supplement 2	GUM補足文書2(複数の出力量)	2011年
JCGM 103	98-3/Supplement 3	GUM補足文書3(モデリング)	作成中
JCGM 104	98-1	GUM及び関連文書の紹介	2009年
JCGM 105	98-2	概念・原理・手法	作成中
JCGM 106	98-4	適合性評価での役割	2012年
JCGM 107	98-5	最小二乗法の利用	作成予定
JCGM 108	98-3/Supplement 4	ベイズ統計の方法	作成予定
JCGM 109	?	試験所間比較への利用	作成予定
JCGM 110	?	事例集	作成予定
JCGM 111	?	ベイズ統計の枠組みでの伝播則	作成予定
JCGM 200	99	VIM第3版	2007年

9

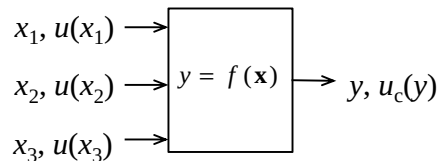
JCGM文書 (発行済みのもの)

- 共通タイトル : Evaluation of measurement data [測定データの評価]
 - JCGM 100: Guide to the expression of uncertainty in measurement [測定における不確かさの表現のガイド]
 - JCGM 101: Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" — Propagation of distributions using a Monte Carlo method [「測定における不確かさの表現のガイド」補足 1 — モンテカルロ法による分布の伝播]
 - JCGM 102: Supplement 2 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" — Extension to any number of output quantities [「測定における不確かさの表現のガイド」補足 2 — 出力量が複数ある場合への拡張]
 - JCGM 104: An introduction to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" and related documents [「測定における不確かさの表現のガイド」と関連文書の紹介]
 - JCGM 106: The role of measurement uncertainty in conformity assessment [適合性評価における測定不確かさの役割]
- JCGM 200: International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM) 3rd edition [国際計量計測用語 – 基本及び一般概念並びに関連用語(VIM)]

10

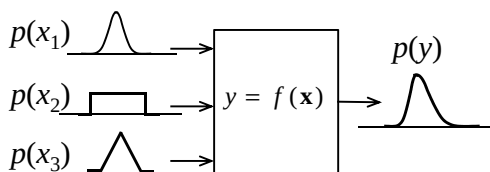
JCGM 101 (モンテカルロ法による分布の伝播)

GUM (不確かさ伝播則)



- $u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i)$
... 分散の伝播
- x_i の分布形は不明でよい

JCGM101 (分布の伝播則)



- $p(x_i)$ が決まれば $p(y)$ が決まる
- $p(y)$ の解析的計算は一般に困難なので、数值的に行う
⇒ モンテカルロ法

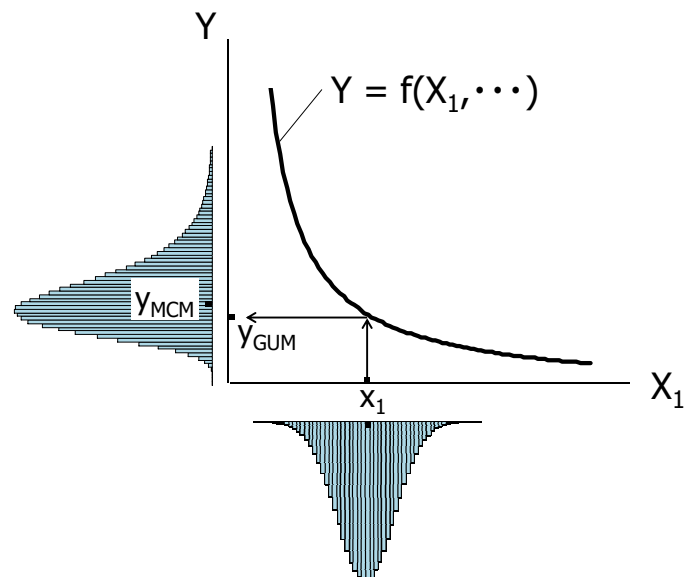
11

GUM と JCGM101で測定結果y自体が異なることがある

- 測定モデル : $Y = f(X_1, \dots)$
 - 入力量 X_1 の測定値 : x_1 , その標準不確かさ : $u(x_1)$
- GUM (を含む現在の一般的考え方) : $y_{\text{GUM}} = f(x_1, \dots)$
 JCGM101 : $y_{\text{MCM}} =$ モンテカルロ法 (Monte Carlo Method) で求まるYの分布の平均値
 ... これらは一般に異なる (次スライド)
- 現在のほとんどの測定では, y_{GUM} が用いられている
 - JCGMは y_{MCM} を測定結果とすることを推奨している。これはベイズ統計の受容と関係している
 - y_{MCM} は, 入力量の不確かさの大きさに応じて変わる
 - 「測定結果」をどう定義するかが問われている

12

測定モデルが非線形のとき、 y_{GUM} と y_{MCM} は異なる



13

GUMの日本語化の経緯

1996: 「計測における不確かさの表現のガイド」, 飯塚幸三監修, 今井秀孝他訳 (日本規格協会)

- GUM + VIM(第2版)の翻訳
- 現在は絶版

2012: 標準仕様書

TS Z 0032 (2012) = VIM第3版の翻訳

TS Z 0033 (2012) = GUMの翻訳

- TSには有効期限があるため、いずれも2018年8月に失効予定。その後はJIS化されず廃止となる見込み

2018 (TS失効後):

- GUM: TS Z 0033が、単行本の一部に収録される見込み(日本規格協会)
- VIM: JIS Z 8103「計測用語」の次期改訂の中に取り込まれる見込み

14

GUM改定をめぐる動き

□ JCGMの考え方

1. 現行GUMには、内部的不整合がある
(タイプA評価とタイプB評価で確率の意味が異なる)
2. 外部的不整合がある
(現行GUM [枠組みは頻度主義統計] と、JCGM101, 102, 106及びVIM3 [ベイズ統計が導入されている] が不整合)
3. ベイズ統計の採用により、これらの不整合を解消することができる

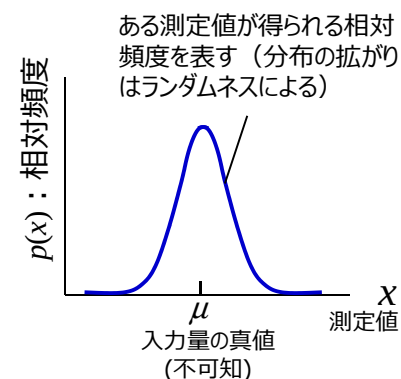
□ GUM周辺文書へのベイズ統計の(部分的)導入

- VIM第3版 (2007)
- JCGM 101 [モンテカルロ法を用いた分布の伝播] (2008)
- JCGM 102 [出力量が複数ある場合への拡張] (2011)
- JCGM 106 [適合性評価における測定不確かさの役割] (2012)

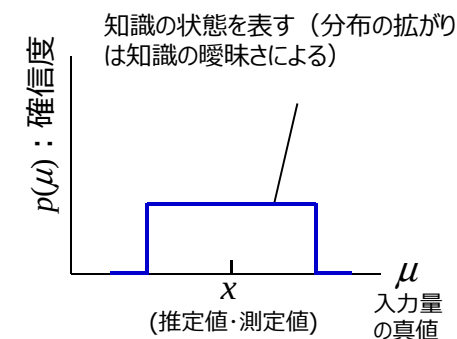
15

タイプA／タイプB 評価における確率概念の違い

タイプA評価
(枠組みは頻度主義)



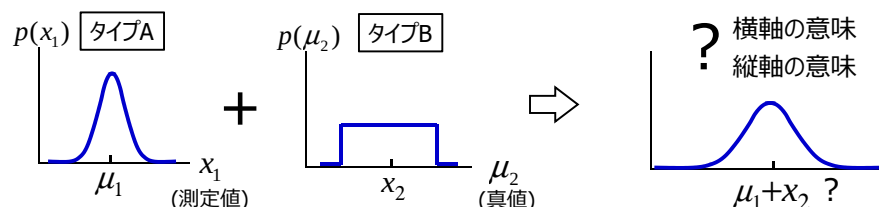
タイプB評価
(ベイズ的)



16

タイプA評価／タイプB評価の不整合

[例]測定モデルが $Y = X_1 + X_2$ のとき、 Y の確率分布を推定する



- (モンテカルロ法などにより) 確率分布を合成しようとする、確率変数や確率の意味の不整合が顕在化する
- 分散の合成（不確かさ伝播則）では、このような問題は顕在化しない（ただし不整合がないわけではない）

17

GUM改定をめぐる動き(つづき)

□ GUM改定ドラフト (JCGM 100:201x CD) [2014/12月]

- タイプA評価（現在は頻度主義統計）をベイズ化する

$$\frac{s}{\sqrt{n}} \Rightarrow \sqrt{\frac{n-1}{n-3}} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{大きくなる})$$

- (有効)自由度の計算が不要となる
- タイプB評価、不確かさの伝播則は維持する
- 一般には、不確かさの大きさは変わる（無視し得ることもある）

□ GUM改定ドラフトの関係機関への配布・意見収集

- 対象：JCGMメンバー機関(MOs) + 国家計量標準機関(NMIs)
- 意見収集期間：2014/12月- 2015/4月

18

- 意見収集の結果、1000件以上のコメントが出され、多くはGUM改定に否定的であった
 - 現行GUMで十分であり、既に校正や試験の広い分野で受容されている
 - 移行期間が不明確で、経済的・人的・時間的負担が大きい
 - 既存のISOやIEC等の規格との隔たりがある

□ ただし支持的コメントもあった

- 適用範囲が拡張され、モデリングの範囲が広がる
- 改定案を現行GUMの補足文書の一つとするとい
- 簡潔な解説文書と手順集を作成するとい

上記コメントは、今井秀孝：標準化と品質管理，Vol. 71, No. 2, 2-18 (2018)に
もとづく

19

GUM改定ドラフトのその後

- 批判的コメントが多かったことを受け、GUMの改定作業は一時的に中断
- JCGM 103(モデリング) および JCGM 109(試験所間比較のガイド)の作成に注力する

□ ただし、GUM改定に向けた作業は継続する

W. Bich, M. Cox, & C. Michotte, "Towards a new GUM - an update,"
Metrologia 53 (2016) S149

- 現行GUMと改定GUMを同居させる期間を設ける
- 計測分野のコミュニティに改定GUMの有用性・必要性を認知してもらう活動を行う
- 2014年版改定ドラフトをさらにどのように改訂してゆか検討する

20

GUM改訂のロードマップ案

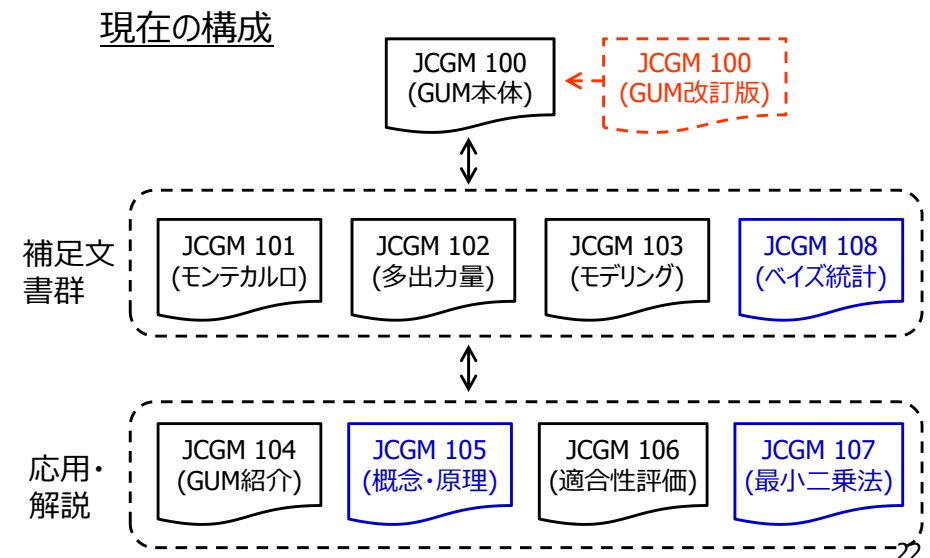
今井秀孝：標準化と品質管理，Vol. 71, No. 2, 2-18 (2018)，図7より抜粋



(*) CD: Committee Draft

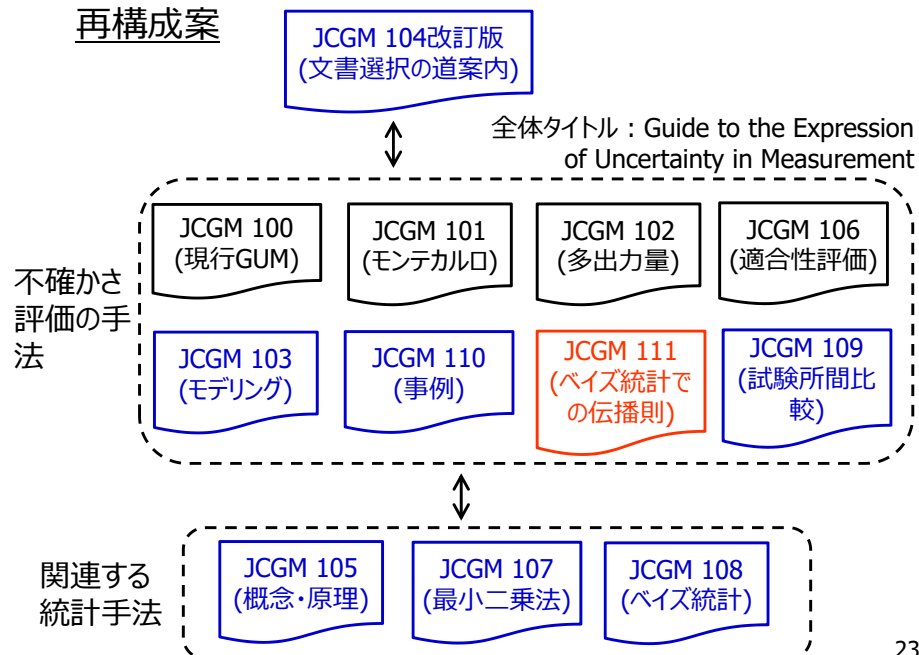
21

JCGM文書群(予定含む)の再構成の計画



22

再構成案



23

不確かさに関する最近の文献

□ JCGMの動向

今井秀孝:「JCGMの役割と最近の活動状況: GUMとVIMの位置付け」, 標準化と品質管理, Vol. 71, No. 2, 2-18 (2018)

□ GUMの改定の動向

W. Bich, M. Cox, & C. Michotte, "Towards a new GUM - an update," *Metrologia* 53 (2016) S149; 及びその中の引用文献

□ 技術解説

「計測標準と計量管理」(日本計量振興協会), 不確かさ評価ノート (Vol. 67, No. 2, 2017から連載)

第1回「タイプA評価における相関の取り扱いについて」(Vol. 67, No.2, 2017, 田中)

第2回「タイプB評価における相関の取り扱いについて」(Vol. 67, No.3, 2017, 田中)

第3回「分散分析の利用とF検定」(Vol. 67, No.4, 2018, 榎原)

□ 不確かさ評価の事例

第3次不確かさ事例研究会の事例が「計測標準と計量管理」誌に掲載中

24