

NMIJ
第6回 不確かさクラブ総会

広がる不確かさ評価の役割
-JCGMにおける最近の動き-

平成24年2月27日

今井秀孝

1

不確かさクラブ：過去の紹介

第5回(2011年)

計量計測標準分野でのトレーサビリティと測定不確かさ評価の
最新動向

第4回(2010年)

JCGMにおけるGUM・VIMに関する最新動向

第3回(2009年)

GUM・VIMに関する最新動向

<GUM/S1:2008発行>

—測定不確かさ評価の意義とその広範な応用

第2回(2008年)

<VIM3:2007発行>

測定の不確かさ評価に関わる国際動向と関連文書の規格化

第1回(2007年)

測定の不確かさ評価に関わるJCGM委員会の活動状況
(国際文書関連)

2

不確かさ評価を必要とする分野

- * 計量計測分野: CIPM-MRA
- * 適合性評価分野: ILAC-MRA
- * 法定計量分野: OIML-MAA

- * 臨床化学分野: JCTLM, ISO/TC212
- * 文書規格分野: ISO/IEC Directive Part 2
- * 気候変動予測: IPCC・WMO
- * 化学分野: CITAC・EURACHEM

3

不確かさ評価[®]:2011年中の進化

- * 第24回国際度量衡総会(CGPM)の決議:2011年10月
 - ・SI単位の定義改正の方向性: 基礎物理定数に基盤をおく定義
kg, A, K, mol
 - ・気候変動予測に不確かさの重視: IPCC, WMO
- * ISO/IEC Directive Part 2にVIM,GUM,ISO/IEC 17025 活用文
- * 基礎物理分野に「不確かさ表示」の意義
 - ・ニュートリノ
 - ・ヒッグス粒子 (Higgs boson)

- * GUM及びVIM関連調査と質問票
 - ・JCGM: BIPMのHP (BIPMとOIML)
 - ・VIM (JCGM-WG1)
 - ・GUM (JCGM-WG2)

4

表1 JCGM関連の略年表

西暦年	主な項目	備考
1984	VIM第1版(VIM1)の発行	BIPM,ISO,IEC,OIMLの4国際組織合同による編集
1993	VIM第2版(VIM2)の発行 GUMの発行(1995年に初版の訂正版を発行)	上記の4組織に加えてIFCC, IUPAC, IUPAPが参画(7国際組織)
1997	JCGM設置(WG1:GUM, WG2:VIM)	
2004	VIM3原案の編集と加盟組織に回付しコメント募集	
2005	VIM3に対する意見の収集とコメント対応の審議	
2007	VIM3の発行(ISO/IEC Guide 99と位置付け)	ILACを加えた合計8国際組織の合同編集
2008	GUMをISO/IEC Guide 98-3として発行 GUM/Supplement 1(MCM)を発行	編集上の修正のみ
2009	ISO/IEC Guide 98-1(GUM及び関連文書紹介)を発行	
2010	VIM3訂正版(Corrected version)の発行	BIPMは正誤票発行
2011	GUM/Supplement 2(多出力対応)を発行	

5

表2 JCGM関連文書(VIM及びGUM関連)

タイトル	JCGM文書の番号	ISO/IEC Guideの番号	備考
国際計量計測用語 International Vocabulary of Metrology - Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM).	JCGM 200	99	発行済み(2007年) (改訂版2011)
測定における不確かさの表現のガイド Guide to the expression of uncertainty in measurement, GUM 1995, with minor modifications	JCGM 100	98-3	発行済み(2008年)
モンテカルロ法による分布の伝播の計算 Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" — Propagation of distributions using a method	JCGM 101	98-3/ Supplement 1	発行済み(2008年)
複数の出力量への拡張 Supplement 2 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" — Extension to any number of output quantities	JCGM 102	98-3/ Supplement 2	発行済み(2011年)
モデリング Supplement 3 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" — Modelling	JCGM 103	98-3/ Supplement 3	原案準備中 (First Draft)
GUM及び関連文書の紹介 An introduction to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" and related documents	JCGM 104	98-1	発行済み(2009年)
測定不確かさの評価に関する概念,原理及び手法 Concepts, principles and methods for the assessment of measurement uncertainty	JCGM 105	98-2	原案準備中
適合性評価における測定不確かさの役割 The role of measurement uncertainty in conformity assessment	JCGM 106	98-4	原案対応のコメント回収中
最小二乗法の応用 Applications of the least-squares method	JCGM 107	98-5	原案準備中

6

測定不確かさ評価関連の課題

* SI基本単位の再定義案

⇒不確かさの評価が重要

変更の根拠・新定義の不確かさ評価！

* JCGMの活動

▪ VIM

⇒広報活動と**VIM4**の編集開始

▪ GUM

⇒解説書の作成と**GUM2**の編集開始

7

JCGM関連文書の現状

* VIM

- ISO/IEC Guide 99:2007として、VIM第3版を発行
(JCGM 200:2008, Master fileは2012年版)

* GUM

- ISO/IEC Guide 98-3:2008として、GUM1995を発行
- ISO/IEC Guide 98-3/Supplement 1:2008を発行
- ISO/IEC Guide 98-1:2009を発行
- ISO/IEC Guide 98-1/Supplement 2:2011を発行

8

VIMを取り巻く環境

* VIM第3版の普及啓発活動を優先:

- ・質問票及びFAQの作成
- ・解説文書(冊子)の作成

* **VIM第4版の骨子の議論を開始**

- ・VIN: Nominal property対応
- ・適合性評価関連用語の扱い
- ・動的挙動関連用語の扱い

9

VIM3は、何が新しいか？

* ISO/IEC Guide 99:2007 (JCGM 200)となる

* タイトル変更: Concept and associated terms

* **対象分野の拡張:**

物理 ⇒ 化学・生物・臨床化(科)学、食品

* **EAからUAに転換**

* **新用語・定義の導入**

metrological traceability, measurement uncertainty

10

表3 VIM3とVIM2の比較(用語数)

Title of Chapter	VIM3	VIM3(New)*	VIM2
1. Quantities and units	3 0	1 2	2 2
2. Measurement	5 3	3 3	9
(Result of measurement : VIM2)			1 6
3. Devices for measurement	1 2	1	3 1
4. Properties of measuring devices	3 1	1 0	2 8
5. Measurement standards (Etalons)	1 8	6	1 4
Total	1 4 4	6 2	1 2 0

Number of new terms in VIM3 (VIM2⇒VIM3 Number of delete: **38**)

<New terms (examples)>

- Chapter 1: ISQ, equation (quantity, unit, numerical value)
- Chapter 2: measurement uncertainty, precision conditions, procedure, validation
- Chapter 4: calibration (diagram, curve), response, operating condition,
- Chapter 5: calibrator, reference data,

11

不確かさ評価手順：要因

* 測定(試験)のモデルの確認：

- ①測定対象の状況と②測定の手順、
- ③測定の実施、④結果の評価、⑤最終表現

* 不確かさ要因の抽出

→フィッシュボーン図の利用

* 不確かさ要因の分析

→評価マトリックスの作成：

モデル化から最終表現まで(Flowchart)

* 不確かさバジェット表による整理と確認

→要因別の定量評価 →総合評価：包含区間で表現

12

表4 SI基本単位の定義(現状)

基本量	基本単位(記号)	現状	定義
時間	秒 (s)	$\Delta \nu^{133}(\text{Cs})_{\text{hfs}}$	セシウム133原子の基底状態の二つの超微細構造準位の間の遷移に対応する放射の周期の9 192 631 770倍の継続時間
長さ	メートル (m)	c	1秒の299 792 458分の1の時間に光が真空中を伝わる行程の長さ
質量	キログラム (kg)	$m(K)$	キログラムは質量の単位であって、単位の大きさは国際キログラム原器の質量に等しい。
電流	アンペア (A)	μ_0	真空中に1メートルの間隔で平行に配置された無限に小さい円形断面積を有する無限に長い二本の直線状導体のそれぞれを流れ、これらの導体の長さ1メートルにつき 2×10^{-7} ニュートンの力を及ぼし合う一定の電流
熱力学温度	ケルビン (K)	T_{TPW}	熱力学温度の単位、ケルビンは、水の三重点の熱力学温度の $1/273.16$ である
物質質量	モル (mol)	$M(^{12}\text{C})$	①モルは、0.012キログラムの炭素12の中に存在する原子の数に等しい数の要素粒子を含む系の物質質量である。②モルを用いるとき、要素粒子が指定されなければならないが、それは原子、分子、イオン、電子、その他の粒子又はこの種の粒子の特定の集合体であってもよい。
光度	カンデラ (cd)	k_{cd}	カンデラは、周波数540テラヘルツの単色放射を放出し、所定の方向にけるその放射強度が $1/683$ ワット毎ステラジアンである光源の、その方向における光度である。

13

表5 SI基本単位の定義の将来基盤(案)

2011年10月の第24回CGPM (国際度量衡総会) における議事案では、将来のSI基本単位はすべて基礎物理定数に基礎をおく方針が提示されている。

基本単位(記号)	現状	将来(案)	定数	不確かさ
秒 (s)	$\Delta \nu^{133}(\text{Cs})_{\text{hfs}}$	$\Delta \nu^{133}(\text{Cs})_{\text{hfs}}$	(Cs微細構造)	$\sim 10^{-14}$
メートル (m)	c	c	真空中の光速度	$\sim 10^{-12}$
キログラム(kg)	$m(K)$	h	プランク定数	5.0×10^{-8}
アンペア (A)	μ_0	e	電気素量	6.8×10^{-10}
ケルビン (K)	T_{TPW}	k	ボルツマン定数	1.7×10^{-6}
モル (mol)	$M(^{12}\text{C})$	N_A	アボガドロ定数	1.4×10^{-9}
カンデラ (cd)	k_{cd}	k_{cd}	(輝度効率)	$\sim 10^{-3}$

14

SI定義の改正と不確かさ

* キログラム (kg)

現在は、不確かさなし (0:ゼロ)

新定義後は、質量標準群の不確かさを評価する！

(0:ゼロとはならない！)

* 長さの定義は、「**光速度**」依存

(光速度の不確かさは、0:ゼロと定義！)

ニュートリノとの関係から、この不確かさの評価が必要！

15

JCGM関連最新情報

* VIM及びGUMのISO/IEC Guide化：2007年

▪ VIM: Guide 99 GUM: Guide 98-3

* 更なる普及・啓発の実践

▪ VIM: FAQ, 質問状

▪ GUM: 解説文書

* 将来の改正に向けての課題

▪ 他分野との連絡

▪ 新たに何を取り込むか？

16

次世代のVIM・GUM

- VIM4対応
VIN?
積み残し対応(VIM3編集時)
- GUM改正対応(GUM2)
骨子の議論開始: Original GUMの尊重
- VIM in Short
- VIM対応 Questionnaire, FAQ
- GUM in Short

17

VIM3に関する質問 票 -JCGM WG2作成(案)-

<対象>

* VIMの使用者

<質問票の目的>

- * 現在のVIM3の普及策
- * 将来のVIM作成の指針

January 25, 2012

JCGM-WG2-N11-29

Joint Committee for Grades in Metrology
and
Working Group 2: International Vocabulary of Metrology
Questionnaire on the VIM3

Dear Colleague,

Now that the *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)* (also known as the VIM, Ed. 3, and the VIM3) has been in circulation for some years, the Joint Committee and the authors are interested in drawing on your experience. In an effort to gather new input from all (potential) users, the authors of the VIM3 have prepared the following set of questions that we would appreciate receiving your answers to. Please do not hesitate to add your own questions and comments. The feedback that you provide will be used to help the authors develop supplementary educational materials to further the understanding of the VIM3, and to help provide direction for future editions of the VIM.

Thank you in advance for your participation in assisting the VIM3 authors to better serve the needs of the metrology community.

Sincerely,

Michael Kuehne, BIPM Director and Chairman of the JCGM
and the VIM3 authors

18

JCGM議長名の手紙 -JCGM親委員会報告- 2011年12月7日、BIPM



To General Directors and Presidents of the Member Organizations of the JCGM
cc. Members of the JCGM WG1 and WG2

Sèvres, 2 February 2012

Dear Madam or Sir,

I am pleased to contact you about progress concerning decision taken at last JCGM plenary meeting, held at the BIPM on 7 December 2011.

As you may remember, consensus was reached at the meeting among the eight Member Organizations of the JCGM to circulate two documents in order to get feedback from the users of the JCGM products, namely:

- a rationale paper on the revision of the GUM, and
- a questionnaire on the usability of the VIM3.

These two documents have been worked out by the JCGM Working Groups 1 and 2, and are now presented as web-based surveys available from the Joint BIPM/OIML portal at the address: <http://www.metrologyinf.org/>. The analysis of the comments on the GUM rationale paper, as well as the answers to the VIM3 questionnaire, will be greatly facilitated if they are collected through these web-based facilities. Therefore it would be best not to circulate the documents themselves among the Member Organizations, but that you communicate the above web address to your contacts so they could participate in these inquiries.

I thus propose the following way forward:

1. Please acknowledge reception of the present letter.
2. Each Organization will inform its Member Bodies on the surveys that are currently conducted on the GUM and the VIM3, providing them with the web address mentioned above and asking them to use the proposed web-based facilities. **The deadline for participating in the surveys is set to 15 June 2012.**
3. The JCGM Chairman will report on the results of this consultation to all Member Organizations well in advance of next JCGM plenary meeting, scheduled on 5 December 2012, so they could be discussed in depth at that meeting.

Yours sincerely,

M. Kühne
Director

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
1, rue des Poids et Mesures
91123 SÈVRES CEDEX
FRANCE

TELEPHONE: +33 (0)2 23 60 70 90
FAX: +33 (0)2 23 60 70 91
E-MAIL: metrology@bipm.org

- 対象:8国際組織の長あて
⇒会員に広報・回答依頼
- * GUM改正方針の説明文書
- * VIM3の有用性質問票

調査票への回答依頼

•締切: 2012.6.15

BIPM/OIML Portalから入力可能

<http://www.metrologyinf.org>

⇒2012.12.5のJCGM親委員会に
報告・審議・活用

BIPMのHPからの入力

⇒<http://www.metrologyinf.org>

* VIM3対応の調査

* GUM対応の調査



* VIM3に関する調査

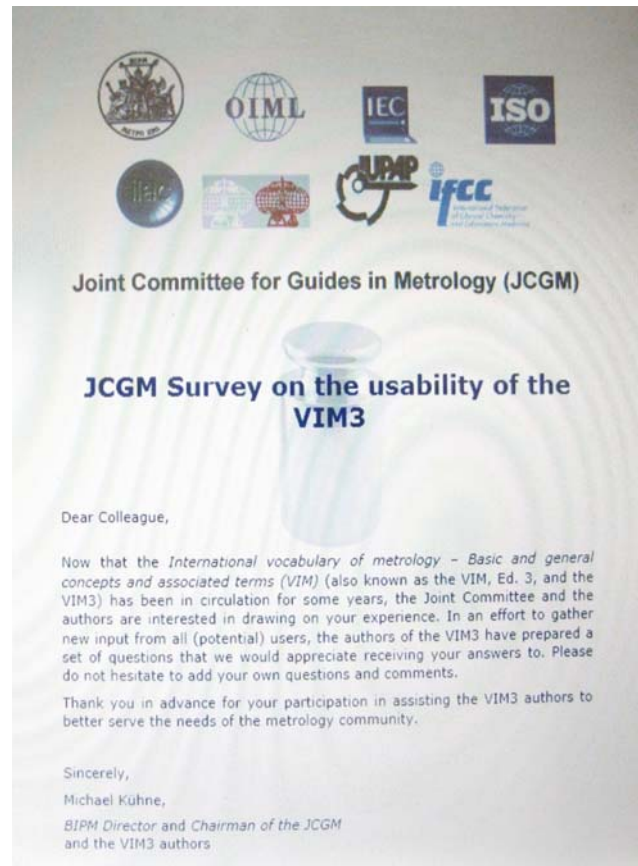
1. 回答者の所属

- 氏名、所在、国名

2.

- 職業分類
- 専門分野分類
- VIM3の知識：度合い
- VIM3を活用する分野

- その他の意見



21

* GUMに関する調査

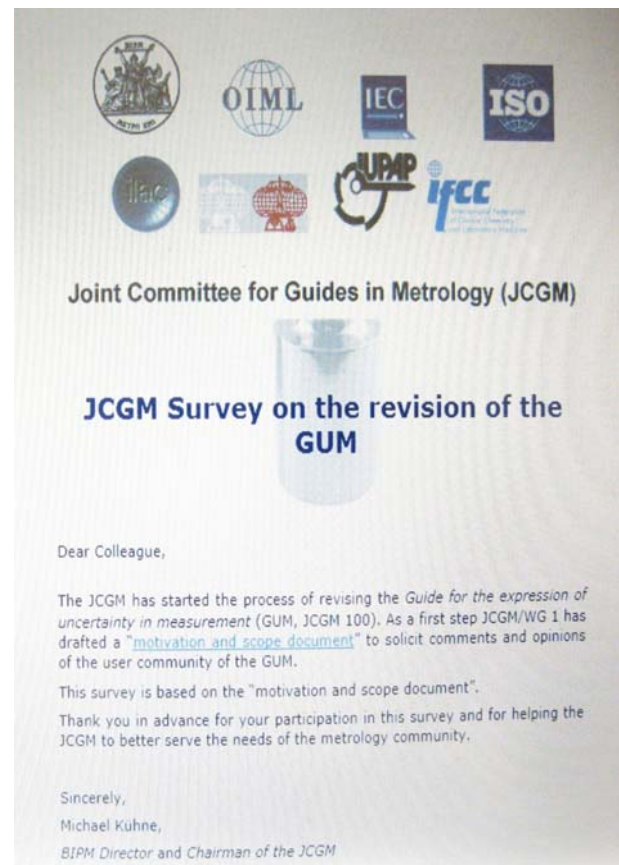
1. 回答者の所属

- 氏名、所在、国名

2.

- 職業分類
- 専門分野分類
- GUMの知識：度合い
- GUMを活用する分野

- その他の意見

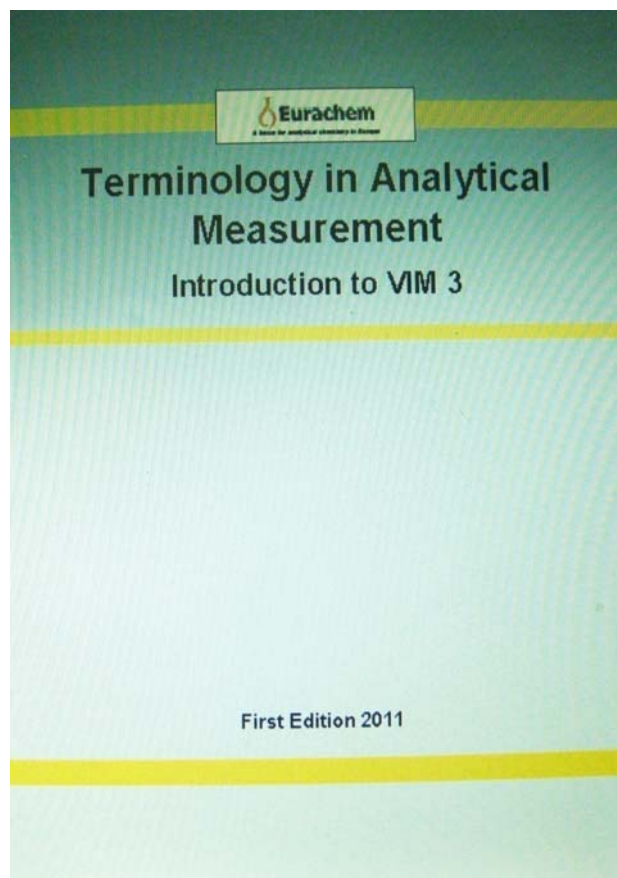


22

EURACHEMの出版物

-分析化学関連用語解説 (VIM3の内容を逐次解説)

- * General Metrology
- * Metrological Traceability
計量計測トレーサビリティ
- * Measurement Uncertainty
測定不確かさ
- * Validation and
Method Performance
妥当性確認



23

VIM : FAQ (案)

- term, concept, definitionの違い?
- タイトルの違い: VIM1(2)とVIM3
- 誤差評価手法と不確かさ評価手法の違い?
- concept diagramとは?
-

24

VIM: Questionnaire (案)

- どのような分野に使用するか？
- 水準は妥当か？
- 用語の内容(数)は妥当か？
- 分かり易いか？
- noteやexampleは、適切か？
- VIM2とVIM3の比較:どちらが良いか？
- ほかの用語集に有用なものはあるか？
-

12. The VIM3 has significantly modified the definition of some concepts with respect to the VIM2. Five such terms are listed below. For each of these terms, what is your opinion? **VIM2から変更した定義につき、意見は？**
 Comments (optional): _____

VIM Entry	Do not know enough to express an opinion	The new definition is worse than before, or confusing, or even wrong	The new definition is better than before but needs to be enhanced	The new definition is adequate
measurement [VIM2, 2.1] [VIM3, 2.1]				
measurand [VIM2, 2.6] [VIM3, 2.3]				
measurement result [VIM2, 3.1] [VIM3, 2.9]				
measurement uncertainty [VIM2, 3.9] [VIM3, 2.26]				
calibration [VIM2, 6.11] [VIM3, 2.39]				

13. The VIM3 has introduced some new concepts and associated terms with respect to the VIM2. Ten such terms are listed below. For each of these terms, [新たに導入の用語に関する意見?] What is your opinion? Comments (optional):

VIM3 Entry	Do not know enough to express an opinion	The VIM should not deal with this concept	The concept is important for the VIM, but the given definition should be corrected / enhanced	The concept is important and well defined in the VIM3
kind of quantity [1.2]				
quantity calculus [1.21] (and related concepts)				
ordinal quantity [1.26]				
measurement trueness [2.14]				
measurement precision [2.15]				
definitional uncertainty [2.27]				
selectivity of a measuring system [4.13]				
resolution [4.14]				
calibration diagram [4.30]				
Other?				

27

GUM改正の方向性

* 理論の共有と現状GUMの補完
(frequentist & Bayesian)

* 物理分野中心から拡張
(化学・生物・臨床化学等)

* 適用範囲の向上

* VIMとの整合化

* 構成と水準は現状GUMを踏襲

• 多くのexamplesを採用

• 2014年に最終案?

Revision of the GUM

Motivation

The JCGM has decided that a revision of the *Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)* is necessary, for the following reasons:

Inconsistencies

- Internal
 - Conflicting (frequentist and Bayesian) views of probability, which cause a number of problems, especially in the evaluation of a coverage interval.
 - Conflicting use of terminology, such as for the term "value".
- External
 - With respect to Supplements 1 and 2 and the other documents being developed according to a consistent conceptual framework.
 - With respect to the VIM 3.

Inadequacies

- Since its publication, the need to evaluate measurement uncertainty has been recognised in an increasing number of scientific disciplines, for which the present GUM does not provide sufficient guidance.
- The present GUM is focused mainly on the situation of a physical quantity which "...can be characterized by an essentially unique value". This has probably inhibited the wide use of the GUM in some scientific disciplines, such as chemistry and biology, in which a definition of the measurand according to the requirements of the present GUM can be impossible.

Ambiguities

Notational and terminological.

Objective

The revision will be carried out to address the above aspects, along the following lines:

- Clarity of presentation.
- Structure as close as possible to that of the present GUM.
- Level of presentation comparable to that of the present GUM.
- Better specification of the conditions of applicability.

Outcome

The revised GUM, while keeping the law of propagation of uncertainty as its central concept, will assign input uncertainties in a consistent way, following a Bayesian approach for both Type A and Type B evaluations.

The main expected differences with respect to the present GUM will be

- Increased guidance in the evaluation of standard uncertainties associated with input estimates.
- Bayesian approach extended to Type A evaluations of uncertainty.
- Increased number of examples, with applications taken from biology, chemistry etc.
- Links to GUM Supplements where appropriate.

Timescale

It is anticipated that a final draft will be available by the end of 2014.

28

最近の話題：不確かさ関連

* 不確かさ評価の広がり

⇒ 定量から定性も含む方向:

・判断基準: 診断、安全(放射能教育)、裁判、

⇒ 標準: SI定義の変更 不確かさ0→?

⇒ 最先端科学:

* ニュートリノ: 光速度の不確かさ?

* Higgs boson : キログラム定義の不確かさ?

29

最近の話題：不確かさ関連(1)

* 不確かさ評価の広がり

⇒ 定量から定性へ:

・判断基準: 診断

・安全(放射能教育)

・裁判: Forensic Science

30

最近の話題：不確かさ関連(2)

* 計量計測標準:SI定義の変更 不確かさ?

・キログラムの定義変更:

the Kilogram 不確かさ 0

新定義(群管理) 不確かさ ?

・光速度:基礎物理定数の定義: 不確かさ 0
(メートルの定義に採用)

31

最近の話題：不確かさ関連(2+)

* キログラムの定義変更:

the Kilogram(現在) 不確かさ 0

新定義(群管理) 不確かさ ?

* 光速度:基礎物理定数の定義: 不確かさ 0
(メートルの定義に採用)

ニュートリノの速度:不確かさ ?

32

最近の話題：不確かさ関連(3)

⇒最先端科学：

* ニュートリノ：光速度の不確かさ？

素粒子のうちの中性レプトンの名称： 光速度との比較

その不確かさ評価が不可欠！

* Higgs boson：キログラム定義の不確かさ？

ヒッグス粒子？

素粒子に質量を与える理由を説明するヒッグス場理論からう

まれた、理論上の粒子(ヒッグス場:素粒子に質量を与える)

33

最近の進展状況：総括

* ISO/IEC Guideとなる：VIM:2007 GUM:2008

* GUM関連4文書発行済 ・4文書編集中

* VIM・GUM共に次世代対応開始：次の版の編集

* CIPM対応⇒緊急調査票・質問状

* 環境・生活対応／ * 先端科学対応も課題

◎動特性対応： 時間・周波数等の不確かさ

◎Counting 量の扱い方

◎Bottom up方式とTop down方式採用？

34

最近の進展状況：総括+

VIM

- ◎VIM3の更なる広報活動
- ◎ Questionnaire, FAQ
- ◎VIN対応: Nominal properties

GUM

- ◎Rationale Paper: metrologia
- ◎動特性対応: 時間・周波数等の不確かさ
- ◎Counting 量の扱い方
- ◎Bottom up方式とTop down方式採用?

35

略語一覧表 (1/2)

- **SI** : International System of units (国際単位系)
- **GUM** : Guide to the expression of Uncertainty in Measurement, JCGM 100 (ISO/IEC Guide 98-3:2008)。日本語への翻訳版が「計測における不確かさの表現のガイド」として日本規格協会より1996年に刊行されている。
- **VIM** : International Vocabulary of Metrology, JCGM 200(ISO/IEC Guide 99, 2007); 国際計量計測用語(Corrected versionが2010年にISOから発行されている。英和の対訳版を日本規格協会が出版済)
- **JCGM** : Joint Committee for Guides in Metrology / 計量に関するガイド国際合同委員会
- **CGPM** : General Conference on Weights and Measures / 国際度量衡総会
- **CIPM** : International Committee for Weights and Measures / 国際度量衡委員会
- **MRA** : Mutual Recognition Arrangement / 相互承認協定
- **NMI** : National Metrology Institute / 国家計量標準研究所
- **CMC** : Calibration and Measurement Capability / 測定校正能力
- **IMEKO** : International Measurement Confederation / 国際計測連合
<<http://www.imeko.org>>

36

略語一覧表 (2/2)

JCGMを構成する組織は以下のとおり：BIPM～ILAC

- **BIPM**: Bureau International des Poids et Mesures(F), International Bureau of Weights and Measures (E), 国際度量衡局, <<http://www.bipm.org>>
- **IEC**: International Electrotechnical Commission, 国際電気標準会議<<http://www.iec.ch>>
- **IFCC**: International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, 国際臨床化学連合 <<http://www.ifcc.org>>
- **ISO**: International Organization for Standardization, 国際標準化機構<<http://www.iso.org>>
- **IUPAC**: International Union of Pure and Applied Chemistry, 国際純正・応用化学連合 <<http://www.iupac.org>>
- **IUPAP**: International Union of Pure and Applied Physics, 国際純粋・応用物理学連合 <<http://www.iupap.org>>
- **OIML**: International Organization of Legal Metrology, 国際法定計量機関<<http://www.oiml.org>>
- **ILAC**: International Laboratory Accreditation Cooperation, 国際試験所認定協力機構 <<http://www.ilac.org>>

37

参考文献

- **On the possible future revision of the International System of Units, the SI**:Resolution 1 of the 24th meeting of the CGPM (2011) : <http://www.bipm.org/en/CGPM/db/24/1/>
- On the importance of international collaboration so as to place measurements to monitor **climate change on an SI traceable basis** : 同上, CGPM/db/24/2/
- 「測定の不確かさ評価の最新状況」(12回連載);標準化と品質管理, Vol.62, No.4(2009) Vol.63, No.3(2010), (財)日本規格協会.
- 座談会「測定不確かさ評価の最前線(1),(2)」:標準化と品質管理, Vol.63, No.4及び No.5, 2010, 日本規格協会.
- H.Imai: **HOW TO EXPRESS THE RELIABILITY OF MEASUREMENT RESULTS**—The role of metrological traceability and measurement uncertainty—;Proceedings of 2nd IMEKO TC11 International Symposium, Cavtat, Dubrovnik, Croatia, June, 2011.
- 今井秀孝:計量計測トレーサビリティと測定不確かさの評価—国際文書に関するJCGMの最近の活動から—(その1):JEMIC計測サークルニュース, Vol.40, No.3(2011, 7月)
- 同上(その2):JEMIC計測サークルニュース, Vol. 40, No.4(2011, 10月)
- 同上(その3):JEMIC計測サークルニュース, Vol. 41, No.1(2012, 1月)
- 同上(その4):JEMIC計測サークルニュース, Vol. 41, No.2(2012, 4月)(予定)

38