

第4回 不確かさクラブ総会

2010年2月8日 (独)産総研

JCGMにおける GUM・VIMに関する最新動向

今井 秀孝

NMIJ・NITE・JEMIC

不確かさクラブ総会における講演内容(過去)

第1回(2007)～第3回(2009)

第1回:測定の不確かさ評価に関わるJCGM委員会の活動状況:2007

- ・総合的なばらつきの評価・表現方法の定式化(国際的要請)
- ・誤差論評価手法から不確かさ評価手法への転換
- ・JCGM活動の概要:VIMの改訂とGUM関連文書の編集

第2回: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:2008

- ・VIM3(ISO/IEC Guide 99)の発行とGUM(ISO/IEC Guide 98)
- ・MU(Measurement Uncertainty)関連用語の多数導入:VIM3
- ・JCGM-WG1(GUM)とWG2(VIM)との連携の強化と概念の統合
- ・GUM本体の将来の改訂を視野に入れる(JCGMにおける決定)

第3回:GUM・VIMに関する最新動向について

一測定不確かさ評価の意義とその広範な応用:2009

- ・GUMをISO/IEC Guide 98として発行(GUM1995年版)
- ・GUM/Supplement 1 の発行:ISO/IEC Guide 98/S1
- ・計量計測の体系化の概念整理:トレーサビリティと校正階層
- ・測定標準の広範な活用:適合性評価・法定計量等

第4回(2010)

JCGMにおけるGUM・VIMに関する最新動向

- JCGM活動の最近の成果と今後の計画:
WG1, WG2 + Ad-hoc (Software)
- MUの定式化とその活用方法:
計量計測学的トレーサビリティの確保
- GUM関連文書の位置付けと将来計画:
GUM改訂を視野に: 10年を目処に!
- 国内におけるMUの位置付け:
JCSS/JNLA/RM, ILAC/OIML対応
- ISO/IEC関連文書の翻訳JIS化と
JISへのMUの導入方法

キーワード: Key Words

- 測定標準: Measurement Standards
(計量参照: Metrological Reference)
- 計量計測学的トレーサビリティ:
Metrological Traceability
- 校正: Calibration
- 測定不確かさ: Measurement Uncertainty
- 不確かさバジェット: Uncertainty Budget
- 信頼確率／包含確率(区間): coverage
- VIM3, GUM及び関連文書

測定不確かさ評価の略年史

- 1980: CIPMでの検討開始
国際比較の結果の同等性の表現方法に関する意見の聴取
- 1993: VIM2の発行(不確かさの定義)
- 1993: GUMの発行(不確かさの評価手法と計算手順) 1995年に訂正版
従来の誤差評価手法(EA)から不確かさ評価手法(UA)への転換
- 1997: 国際合同委員会JCGM⁴⁾(Joint Committee for Guides in Metrology)
WG1:GUM, WG2:VIM
- 1999: CIPM-MRAへの署名開始
- 2005: ISO/IEC 17025発行(改訂): 不確かさ評価を取り込む
- 2007: VIM3発行(ISO/IEC Guide 99)
- 2008: GUM(1995)をISO/IEC Guide 98-3 として発行

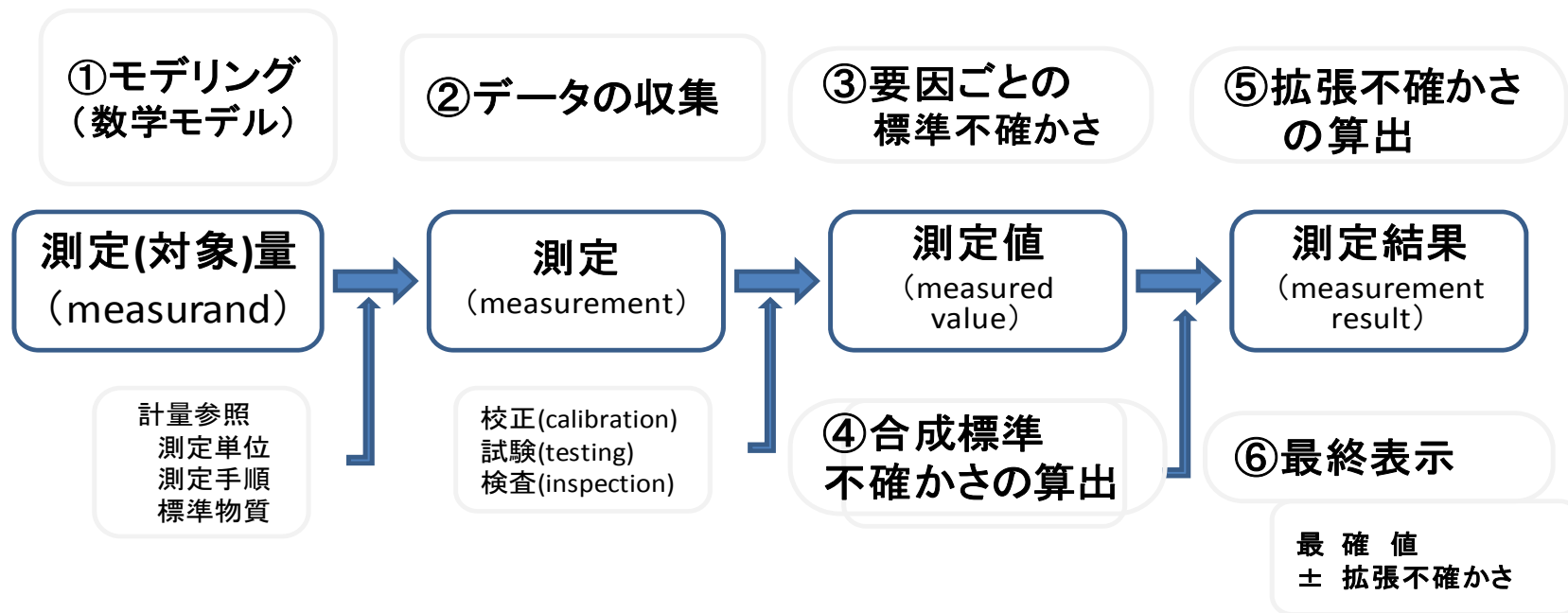


図1 測定不確かさ評価の流れ： 測定対象に対する測定結果の最終表示

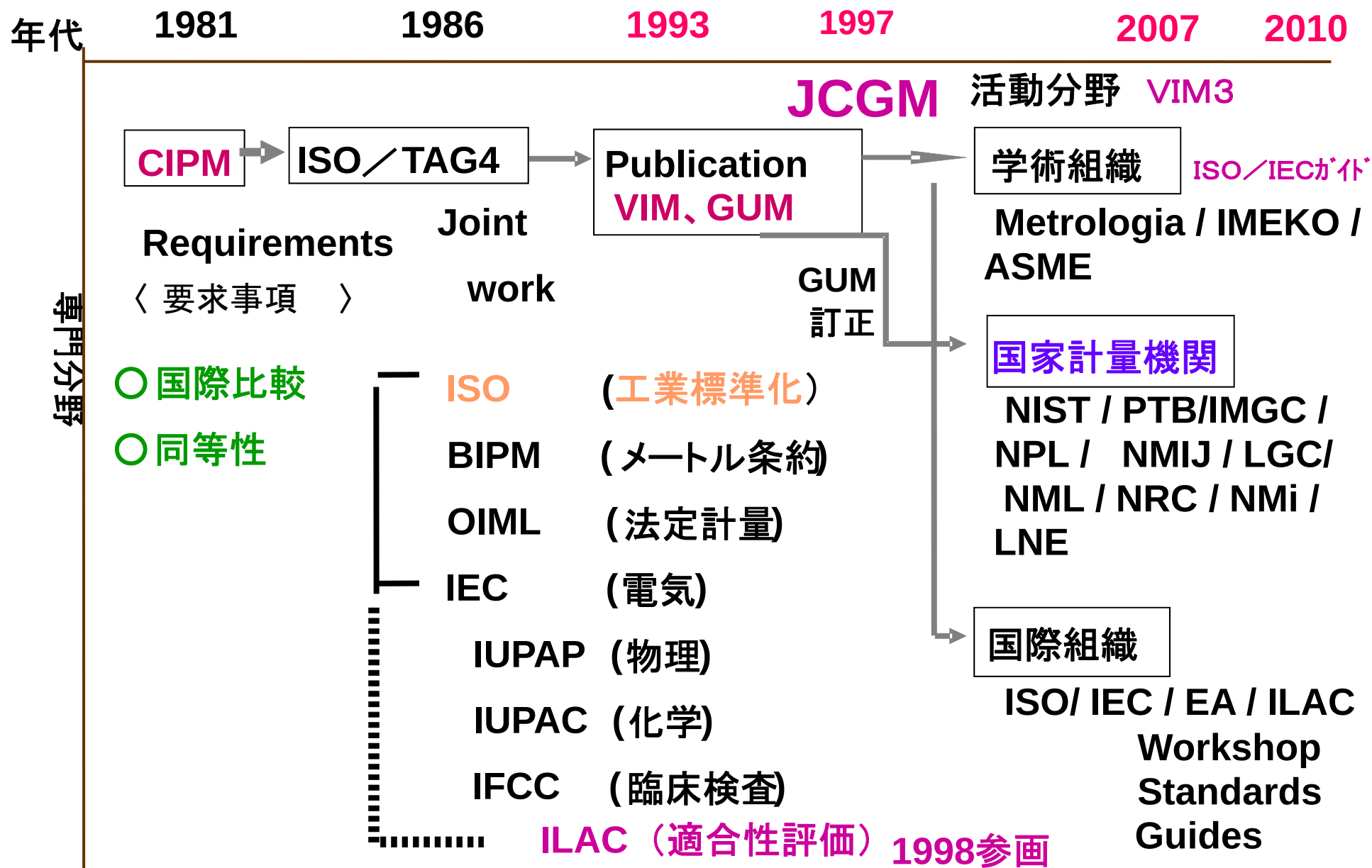


図2 国際組織における測定不確かさの扱い₇



Charter

Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM)

[Revised in 2009]

The Joint Committee

The Joint Committee for Guides in Metrology (hereafter referred to as the Joint Committee) is composed of broadly-based international organizations working in the field of metrology.

Terms of reference

The Joint Committee's terms of reference are the following:

表1 JCGM(Joint Committee for Guides in Metrology)の活動状況

西暦年	JCGM親委員会	WG1(GUM)	WG2(VIM)	その他
1993		(GUM初版発行)	(VIM第2版発行)	
1997	JCGM設置 会議①	GUM補完文書の編集開始	VIMの改訂審議開始(第3版草案)	
2003				
2004				
2005	③			
2006				
2007	ISO/IEC Guide 99*		*JCGM 200発行	
2008	ISO/IEC Guide 98-3** ISO/IEC Guide 98-3/S1	**JCGM 100発行 JCGM 101発行		Ad-hoc設置
2009	ISO/IEC Guide 98-1*** ⑦	***JCGM 104発行		
2010				

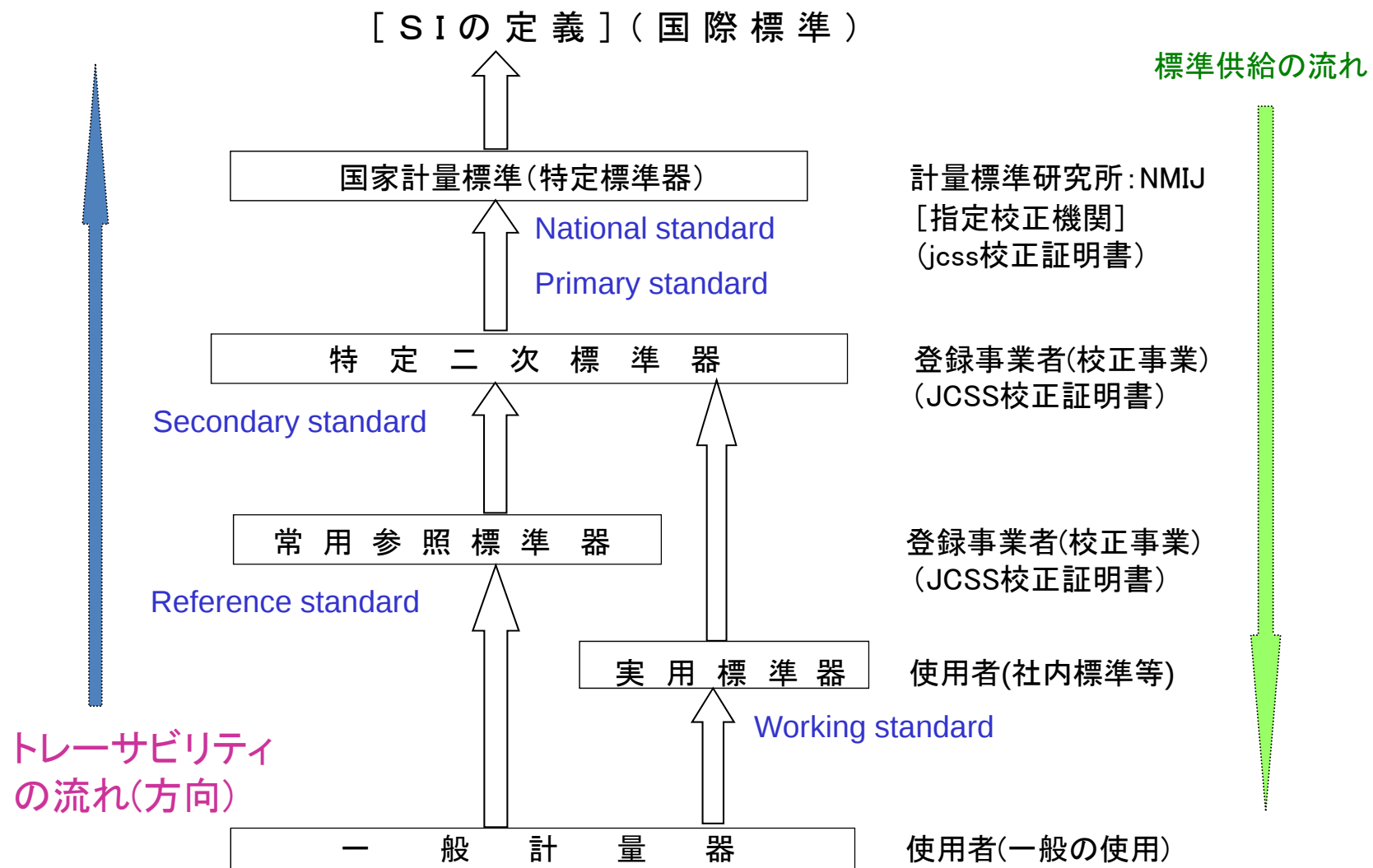


図3 JCSSにおける計量計測学的トレーサビリティの概念

注: 上記の計量学的トレーサビリティ体系は、いずれの階層(国家、二次、常用参照、実用等)においても標準が存在する場合を想定しているが、ある階層で存在しない場合には、その10上の階層に直接つながる場合も容認する。

計量計測学的トレーサビリティ:Metrological Traceability

個々の校正が不確かさに寄与する、文書化された切れ目のない校正の連鎖を通して、測定結果を計量参照*に関連づけることができるという測定結果の性質 *reference

注記(抜粋)

- 1) 計量参照: 測定単位の定義、測定手順、測定標準(含む標準物質)
- 2) 計量計測学的トレーサビリティには、確立された校正階層が必要
- 3) 計量参照の仕様には、関連する他の計量情報を含めること。
- 4) 複数の入力量の場合、各入力量が計量レーサビリティをもつことがよい。
- 7) ILACは、計量計測学的トレーサビリティを確認するための要素として6項目考慮(別記)
- 8) 計量計測学的トレーサビリティ以外のトレーサビリティの意味と区別する。
 - ・(試料、文書、機器、物質)のトレーサビリティ ⇒ 履歴管理(時系列)
 - ・計量トレーサビリティ ⇒ 階層構造(Vertical)

計量計測学的トレーサビリティ： metrological traceability

注記

ILACは計量計測学的トレーサビリティを確認するための要素は、①国際測定標準又は国家測定標準、②文書化された測定不確かさ、③文書化された測定手順、④認定された技術能力、⑤SIに至る計量計測学的トレーサビリティ、及び⑥校正周期からなる切れ目のない計量計測学的トレーサビリティの連鎖と考えている。

(ILAC P-10:2002参照)←[VIM注7]

- ・計量計測学的トレーサビリティの連鎖：
traceability chain
- ・測定単位への計量計測学的トレーサビリティ：
metrological traceability to a unit

測定不確かさ: Measurement Uncertainty

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性づける負でないパラメータ

注記(抜粋)

- 1) 定義の不確かさと共に、系統的効果から発生する成分を含む。
- 2) パラメータは、例えば、標準測定不確かさと呼ばれる標準偏差(又はその指定倍量)、又は区間の幅の半分であり、表記された包含確率をもつ。
- 3) 測定の不確かさは、一般に多くの成分からなる。
 - ・タイプA評価: 統計分布から評価
 - ・タイプB評価: 経験又は他の情報に基づく確率密度関数で評価
(これも標準偏差によって特性づけることができる)
- 4) 一般に、任意の一組の集合の情報に関して、測定不確かさは、測定対象量に帰属する表記された量の値に付随すると理解される。

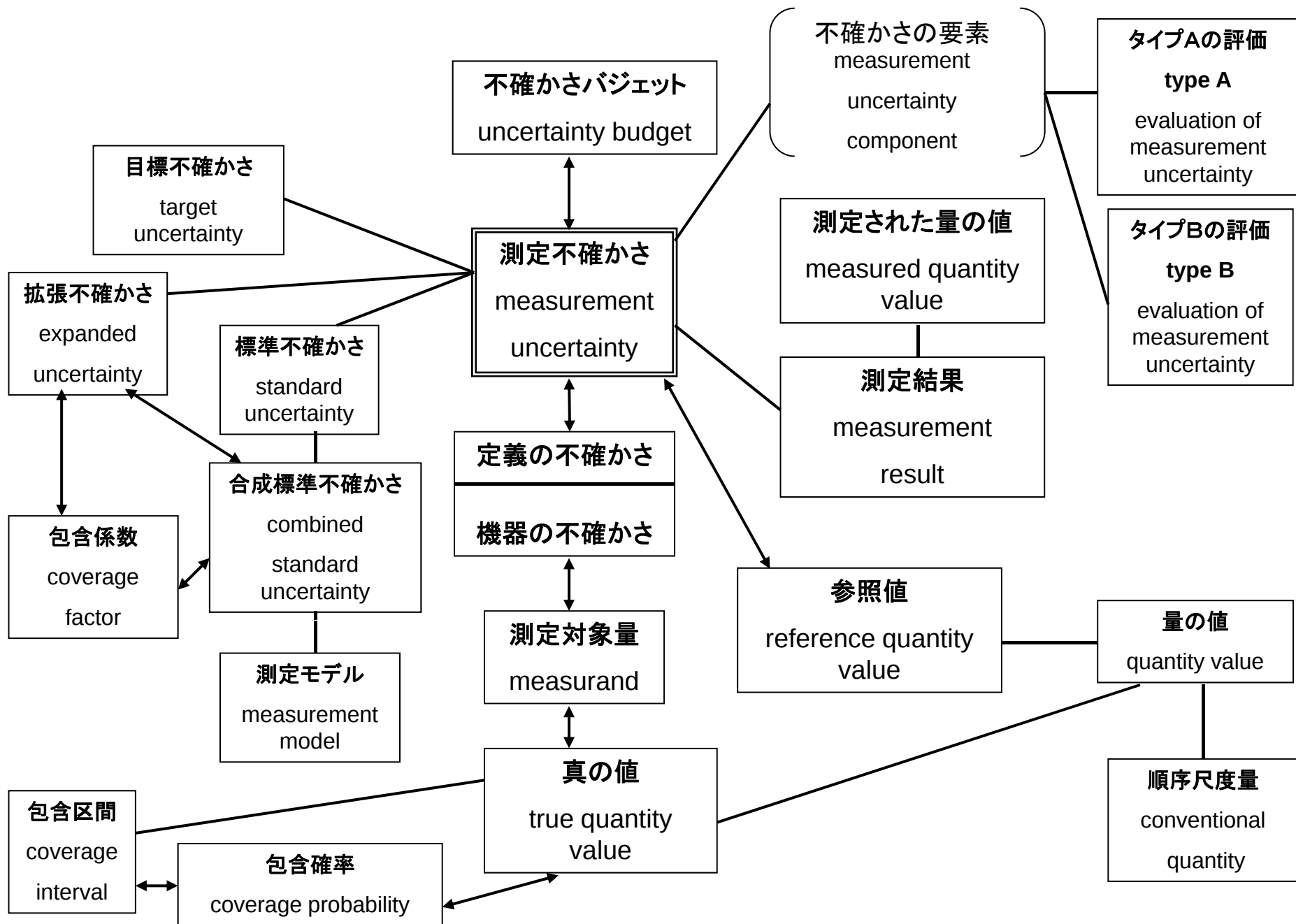


図4 測定不確かさ (measurement uncertainty) に関する概念図

JCGM(WG1+WG2)関連文書

GUM本体(1995年版) → ISO/IEC Guide 98-3:①

(2008年に発行済; GUM、1995と同内容)

⇒ 翻訳JIS化進行中

基礎編

概要の紹介(98-1):⑤ ←発行済:2009

理論的背景(98-2):⑥ ←編集中

GUM本体 補完文書
(98-3)

モンテカルロ法:1変数(S.1):② ←発行済

多変数対応(Suppl.2):③ ←編集中

モデリング(Suppl.3):④ ←検討開始

応用編

適合性評価への応用(98-4):⑦ ←編集中

最小二乗法の適用(98-5):⑧未審議

VIM3(2007年発行) → ISO/IEC Guide 99

⇒ 翻訳JIS化進行中

GUM関連文書の概要紹介文書： ISO/IEC Guide 98-1:⑤

現在のGUM文書の内容そのものを簡潔に紹介するとともに、これを補完する3件の文書及び関連の単独文書4件についても紹介しており、JCGM(WG2)で編集したVIMを含めて相互の利活用が重要であるとしている。また、統計用語を定義するISO 3534 Statistics-Vocabulary and symbols のPart 1～Part 3の文書の用語との整合性も大切としている。さらに、「測定不確かさ」が活用される分野として、科学的活動、産業活動、校正・試験・検査機関、健康・安全・環境関連試験所、評価・認定機関など幅広い対象を明記している。

この単独文書で紹介する内容は次に示すとおりである。

適用範囲

引用文献

3. 測定不確かさとは？
4. 不確かさ評価の概念と基本原理[GUM本体①及び文書⑥に相当]
5. 不確かさ評価の段階(stages)
6. 形式化の段階:測定モデルの構築[文書④に相当]
7. 計算の段階: GUMの不確かさ構造、解析的手法、モンテカルロ法、多変量対応[文書②及び文書③に相当]
8. 適合性評価における測定不確かさ[文書⑦に相当]
9. 最小二乗法の応用[文書⑧に相当]

第一段階

<公式化>

(1)物理的原理に基づくモデル⇒[A]

(2)情報による確率密度関数 (PDF)
の特定 ⇒[B]

第二段階

<計算>

(1)測定量に pdf の導入

(2)最良推定値及び標準不確かさの決定

(3)測定量についての95%信頼区間の決定

y : 最良推定値 best estimate
(expectation)

$u(y)$: 標準偏差 standard deviation

95% 包含区間 95% coverage interval

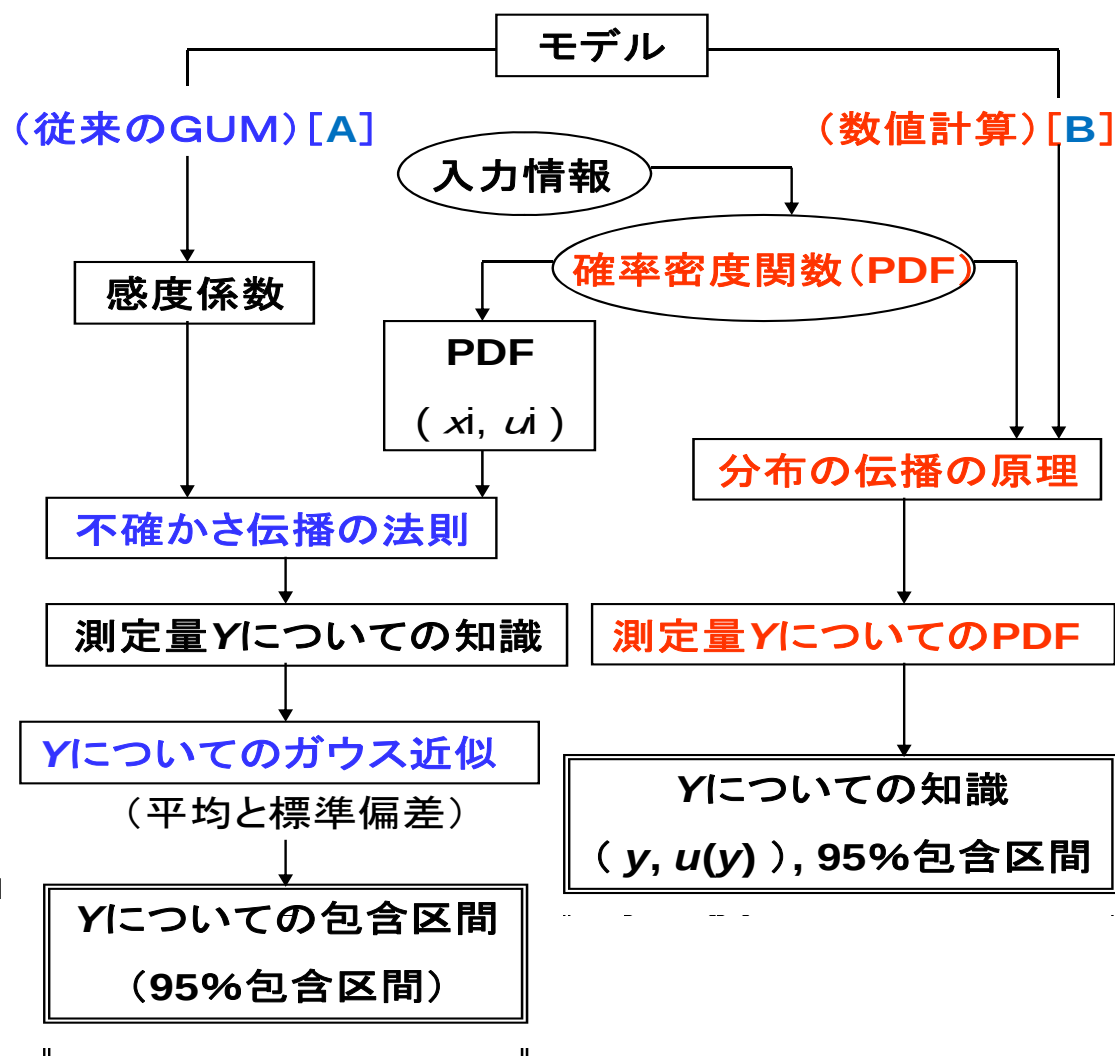


図5 測定モデルによる不確かさ推定の方法 [A: 物理的原理とB: 確率密度関数]

GUM/Supplement 1: モンテカルロ法による分布の 伝播の計算: ISO/IEC Guide 98-3/Supplement 1: ②

序文, 緒言
適用範囲
引用文献
用語と定義
規則と記号

基本原理
入出力量の確率密度関数
モンテカルロ法の解釈
結果の妥当性確認

事例 (1)質量校正 (2)マイクロ波パワー (3)ゲージブロック

付録: 経緯, 感度係数と不確かさの見積もり, 確率分布からのサンプリング等

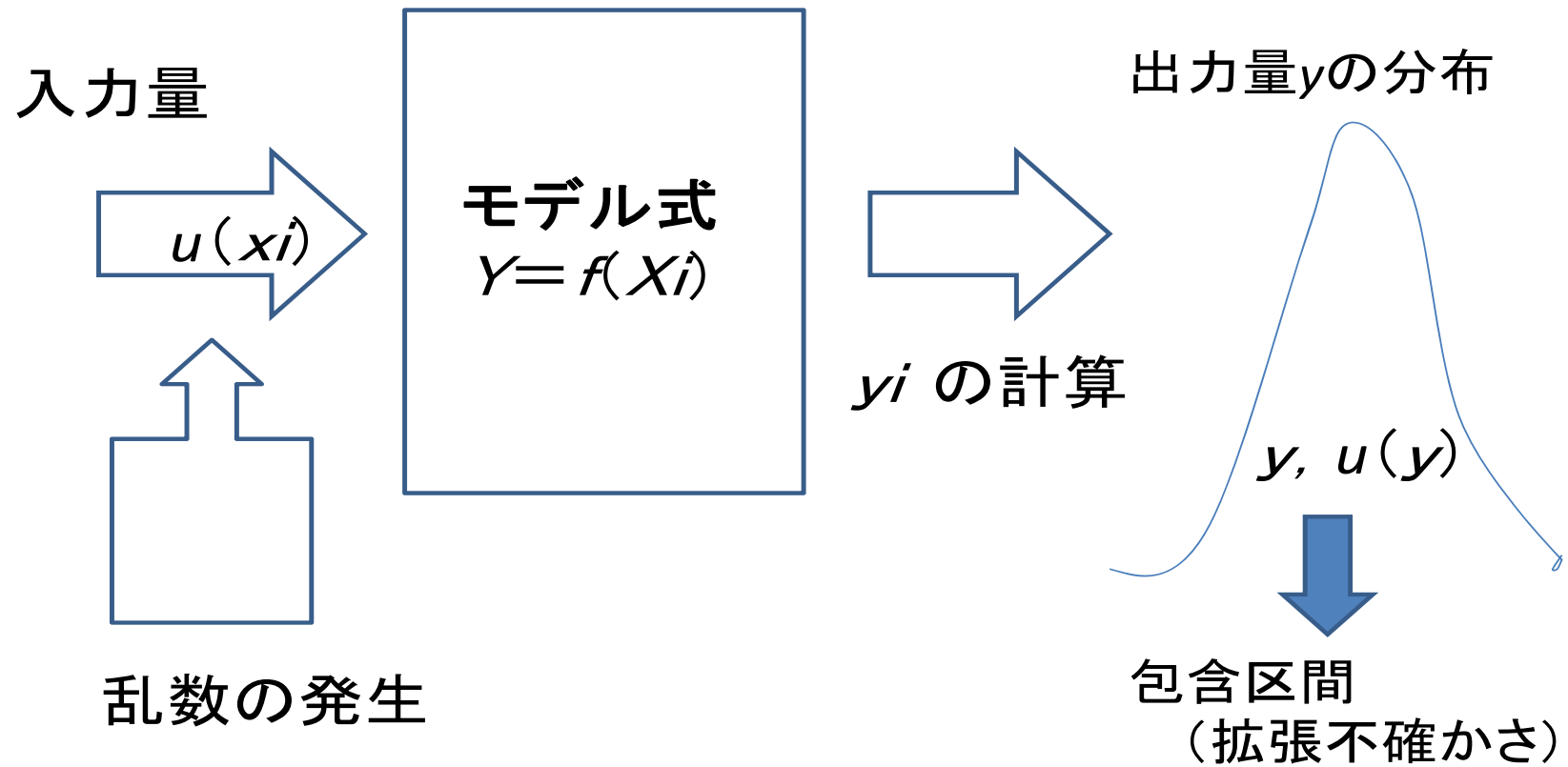


図6 モンテカルロ法による計算手順: 98-3/S1

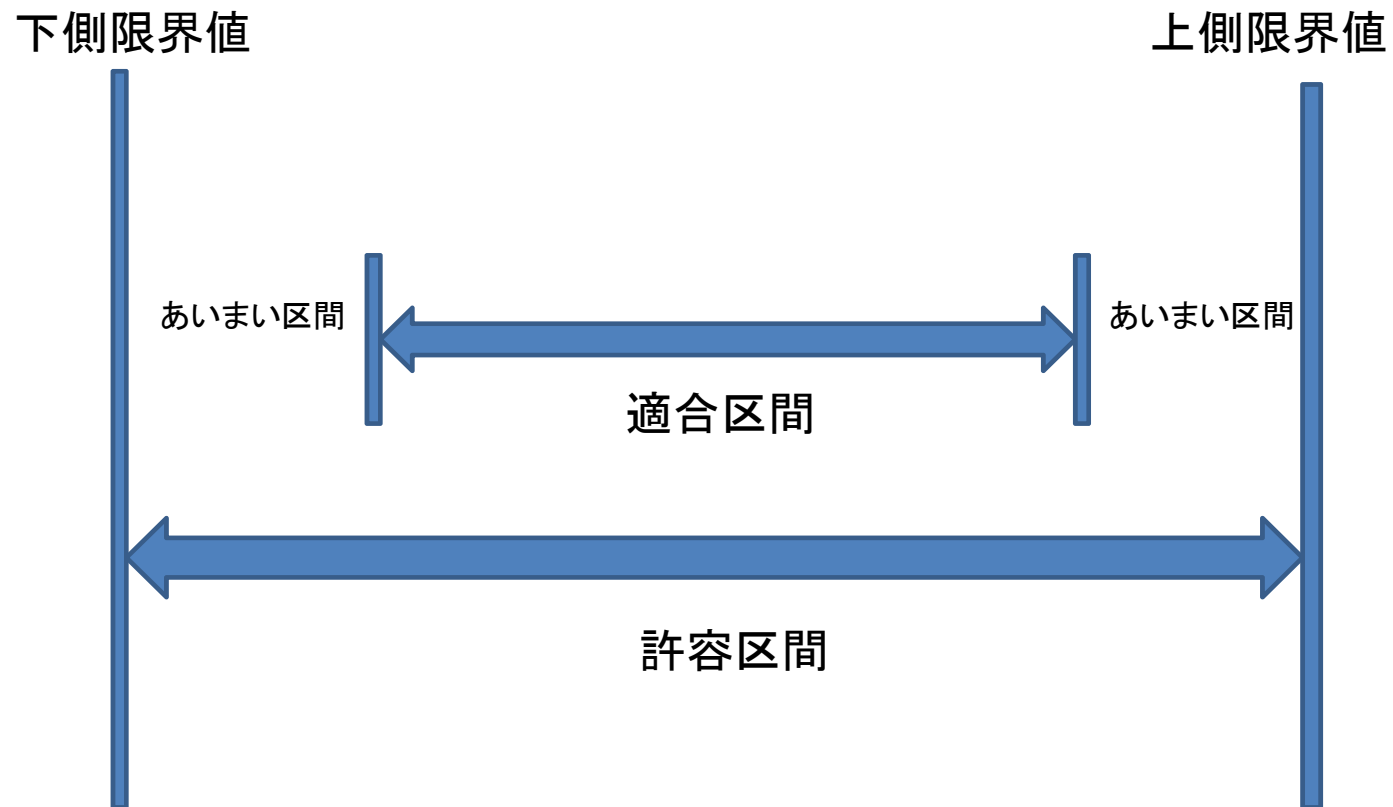


図7 適合性評価と測定不確かさの概念：両側

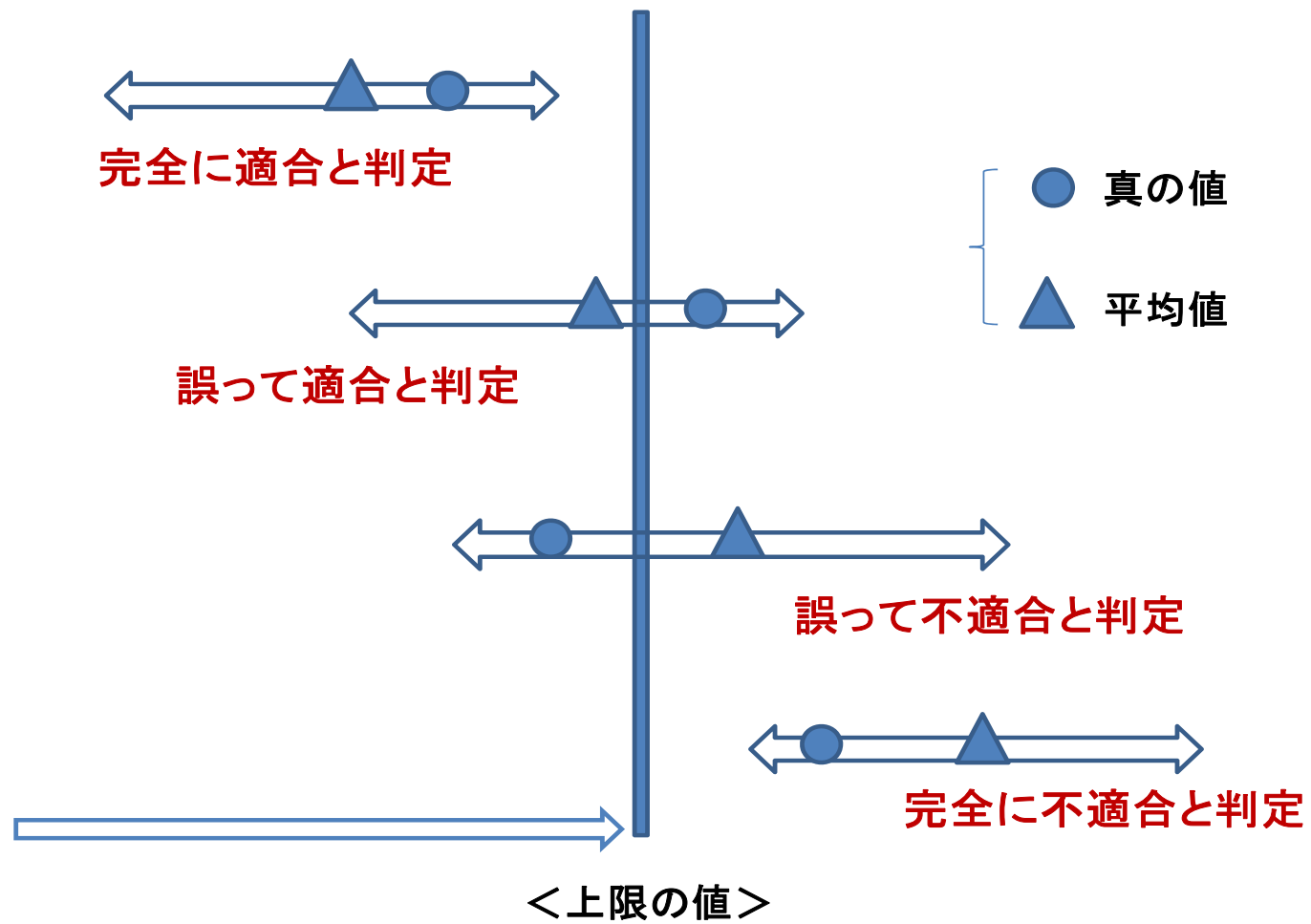


図8 適合性評価(諾否)の判断基準の設定(信頼区間との関係)

(数学)モデルの構築方法

1. 式の形:

$$y = f(x)$$

従属・独立

$$f(x, y) = 0$$

対等の関係

2. 理論式と実験式(経験式)

3. 構造モデル: 実験計画法の導入

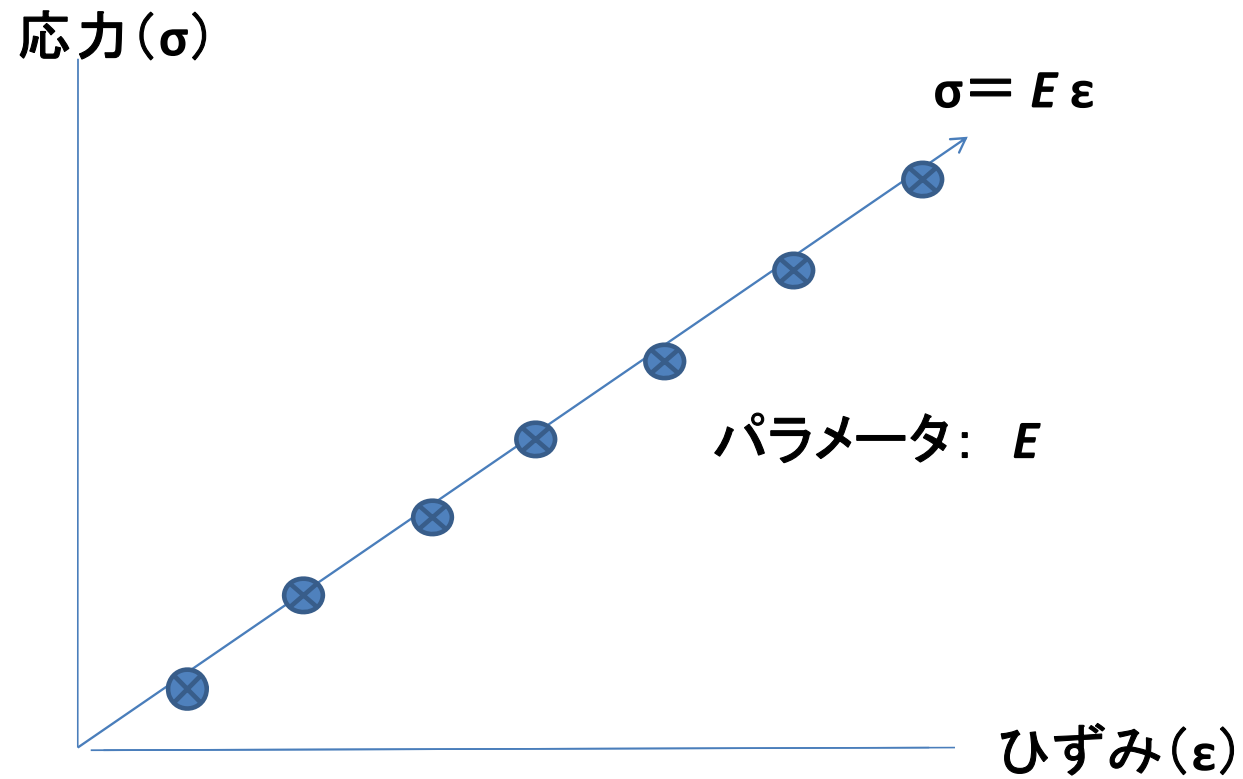


図9 応力とひずみの関係: 比例定数が縦弾性係数(E)
モデリングの概念と最小二乗法の適用

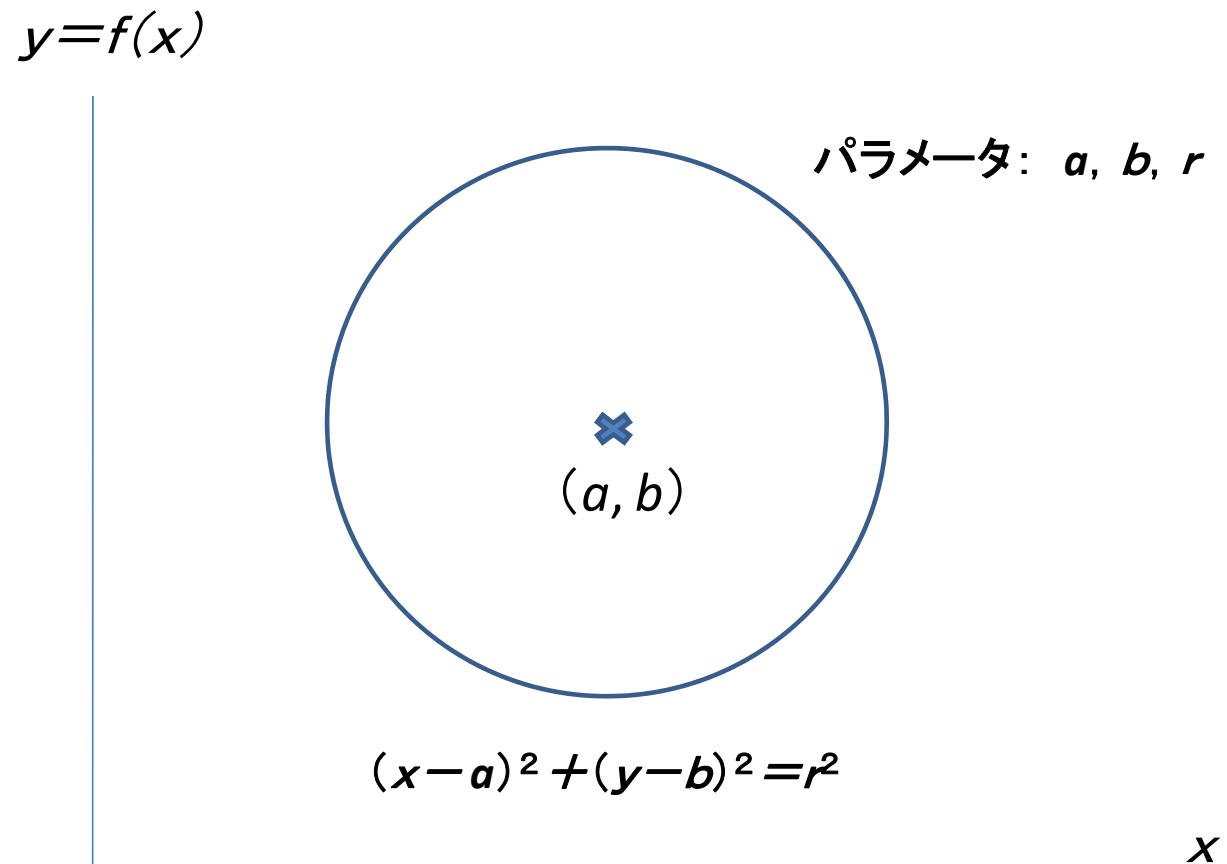


図10 最小二乗法の幾何形状測定への応用

JIS Z 8301:2008

規格票の様式及び作成方法(抜粋)

6.3.6 試験方法

6.3.6.1 一般

試験方法

- a)原理／b)試薬・その他の物質・材料／c)装置／
- d)試料・試験片の調整及び保管／e)手順／
- f)試験結果の表し方(必要な場合には、計算方法、試験方法の精度、測定の不確かさなどを含める)

g)試験報告書

測定(校正・試験)の状況の把握

1. 測定(校正・試験)の原理・方法の明確化
2. 使用する測定機器(試験機)の寄与の明確化
3. 採用する精度条件(再現性、繰返し性)の明示
4. 不確かさ(ばらつき)の計算方法の表記
5. 結果の表し方の明示:
 - * 平均値、中央値など
 - * 総合的ばらつきの表記:

校正・試験・検査の定義(JIS)

- * 校正: calibration (JIS Z 8103) 計器または測定系の示す値, 若しくは実量器又は標準物質の表す値と, 標準によって実現される値との間の関係を確定する一連の作業
(注: VIMでは, 「指定の条件下において, 測定標準により提供される測定不確かさを伴う量の値と, 付随した測定不確かさを伴う当該の指示値との関係を確立する操作」としている。)
- * 試験: test (JIS Q 0043-1) 特定の手順に従って与えられた製品, プロセス又はサービスについて一つ以上の特性を確定することから構成される技術的作業
- * 検査: inspection (JIS Q 17020) 製品設計, 製品, サービス, プロセス又はプラントの調査及びそれらの特定要求事項への適合性の評定, 又は, 専門的判断に基づく, 一般要求事項への適合性の評定

不確かさの要因に注目した評価

1. 測定(校正・試験)のモデルの確認
2. 測定不確かさ要因の抽出
→フィッシュボーン・ダイアグラム(図)の利用
3. 不確かさ要因の分析
→評価マトリックスの作成
4. モデル化から最終表現まで(Flowchart)
5. バジェット表による整理と確認
 - ①測定対象の把握
 - ②測定の手順、③測定の実施、④結果の評価、⑤最終表現
 - 不確かさ要因別の定量評価
 - 総合評価: 包含区間(包含確率)で表現

測定不確かさの概念のJISへの導入(案)

＜今後の検討の進め方＞

- * いくつかの事例と最終的なまとめ方の方向性を例示して、各専門分野におけるJISの現状を把握する。
- * 現状のJISの分析を行い、対応策を検討する。
- * JIS全般に必要な最終的な統一の方向性を打ち出す。
- * 調査研究の報告・提言としてまとめる。
- * 提言の具体化を図る(JIS化に必要な指針)。

＜具体的な成果物＞

- ①GUMの翻訳JIS化(TS:標準仕様)
- ②「マニュアル(結果の表し方の手順集)」の作成

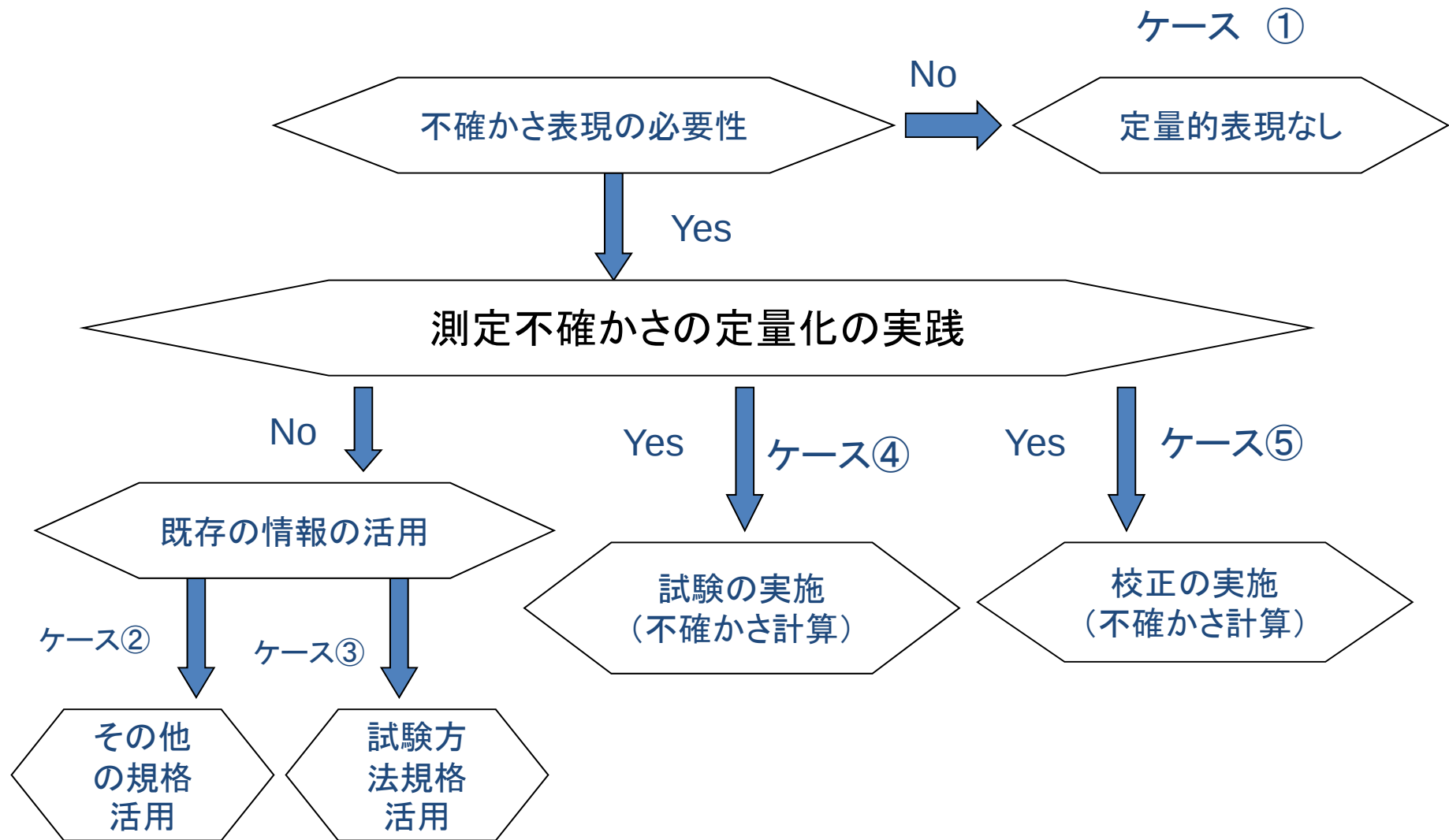


図 11 不確かさ表現の必要性の精査(流れ図による分類)

JCGMの新たな方向(1): VIM

1. 時間依存性への対応: 静的・動的挙動

2. 適合性評価関連用語の導入

accreditation, certification, testing

3. Nominal Property への対応

(IUPAC・IFCC合同の作業グループ活動)

examinations, examination standards

JCGMの新たな方向(2): GUM

- * GUM関連分書の編集・発行の加速
最小二乗法の応用, Bayes統計学

- * 将来のGUMの構成(私案)

- 基礎理論: 古典統計学, Bayes統計学
- 手順の定式化: モデルと事例集
- 応用編

適合性評価, 最小二乗法, 実験計画法

JCGMの新たな方向(3)

* Software Metrology: Ad-hocでの検討

- 既存の数値計算プログラム
モンテカルロ法、など
- 法定計量分野での検討:
ユーティリティメーター
スマートグリッド
- 新たなプログラムの開発と検証方法

＜参考＞測定の不確かさ評価の最新状況：

測定の不確かさ評価の普及と活用を目指して

(標準化と品質管理, 62-4～63-3: 日本規格協会)

- * 測定不確かさ(MU)評価に関する国際連携活動-JCGM活動の紹介:
2009年4月号
- * MU評価の基本概念と国際文書GUM の現状: 2009年5月号
- * NMIJ における国家計量標準と測定不確かさ評価:
2009年6月号及び7月号
- * 認定機関におけるMU評価への取組み:NITE及びJAB:
2009年8月及び9月号
- * 電気分野におけるMU評価への取組み: 2009年10月号
- * 化学分析分野におけるMU評価への取組み: 2009年11月号
- * GUM関連文書の位置付けと最新事情: 2009年12月号
- * Metrologia掲載のMU関連の文献紹介: 2010年1月号
- * MU関連文献の紹介-ISO及びJIS: 2010年2月号
- * ISO・JISにおける「測定不確かさ」の扱い方の方向性: 2010年3月号

DOCUMENTS IN PREPARATION :

GUM関連文書の編集状況

JCGM 102. Evaluation of measurement data — Supplement 2 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” — Models with any number of output quantities

The final draft of this document is circulating through the JCGM member organizations and the NMIs for comments (dead-line 21 December 2009).

JCGM 103. Evaluation of measurement data — Supplement 3 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” — Modelling

The production of this document is progressing and the latest draft will be discussed at the next WG1 meeting in May 2010.

JCGM 105. Evaluation of measurement data — Concepts, principles and methods for the assessment of measurement uncertainty

The final draft for circulation through the JCGM member organizations and NMIs is in preparation.

JCGM 106. Evaluation of measurement data — The role of measurement uncertainty in conformity assessment

The comments received from the JCGM member organizations and the NMIs are under review and a new draft of the document is in preparation.

The following documents are at an earlier stage of preparation:

Evaluation of measurement data — Applications of the least-squares method

Evaluation of measurement data — Bayesian methods

RECENT PUBLICATIONS :

最近のGUM関連発行文書と入手方法

JCGM 100:2008. Guide to the expression of uncertainty in measurement, GUM 1995, with minor modifications Published in paper and electronic ([html](#) and [PDF](#)) forms by ISO under the name “ISO/IEC Guide 98-3:2008” and also freely available in PDF form from the websites of several JCGM member organizations ([BIPM](#), [IFCC](#), [ILAC](#) and [OIML](#)).

JCGM 101:2008. Evaluation of measurement data — Supplement 1 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” — Propagation of distributions using a Monte Carlo method Freely available in electronic (PDF) form from the websites of several JCGM member organizations ([BIPM](#), [IFCC](#), [ILAC](#) and [OIML](#)), and published in paper and PDF forms by [ISO](#) under the name “ISO/IEC Guide 98-3:2008/Suppl 1:2008”.

JCGM 104:2009. Evaluation of measurement data — An introduction to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” and related documents Document extensively hyperlinked to the other JCGM documents. Freely available in PDF form from the websites of several JCGM member organizations ([BIPM](#), [ILAC](#) and [OIML](#)).