

不確かさを巡るガイド・規格について

産業技術総合研究所

榎原研正

概要

1. 不確かさの規範文書
 - 勧告INC-1, GUM[†]
2. JCGM[‡]の活動と発行文書
 - GUM補完文書・周辺文書
 - GUM改訂の動き
3. ISO/TC69による不確かさ関係文書
 - ISO 21748
 - ISO/TS 21749

†) GUM: 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), ISO (1993).

‡) JCGM: Joint Committee for Guides in Metrology (計量計測に関するガイド国際合同委員会)

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: "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" [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 (Metrology) が執筆
- BIPM, ISO, IEC, IFCC, IUPAC, IUPAP, OIMLの共同出版

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

- GUM, VIM (国際計量計測用語) のメンテナンスをISO TAG4から引き継ぐ

2007: VIM第3版作成

- JCGM文書としてインターネット上で公開

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補完文書・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)

2014 ～ 2015: GUM改訂ドラフトの作成・意見収集

- 統計的基盤を伝統的統計学（現行GUM）からベイズ統計に移行することを目指す
- 意見収集の結果、改訂に強い抵抗があったため、GUMの改訂は現在足踏み状態になっている

勧告INC-1

- 勧告INC-1 = GUMの基盤となった重要文書
- INC-1をGUMで導入された用語も用いて表すと， GUMの全貌のコンパクトな説明となる：
 - (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
 - (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。標準偏差で表した不確かさ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) 不確かさの合成は、各成分の分散に不確かさの伝播則を適用することで行う。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。
- (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の段階では定まっておらず、GUMで新たに導入された用語

国際委員会 JCGM

- ❑ JCGM: Joint Committee for Guides in Metrology (計量計測に関するガイド国際合同委員会)
- ❑ GUM及びVIMのメンテナンスを担当
- ❑ 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~)

(*) 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)

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	2008 年
JCGM 101	98-3/Supplement 1	GUM 補完文書 1(モンテカルロ法)	2008 年
JCGM 102	98-3/Supplement 2	GUM 補完文書 2(複数の出力量)	2011 年
JCGM 103	98-3/Supplement 3	GUM 補完文書 3(モデリング)	審議中
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	審議中
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	準備中
JCGM 108	98-3/Supplement 4	ベイズ統計の方法	準備中
JCGM 200	99	VIM 第3版	2008 年

JCGMによる既発行文書

- GUMに関わる文書（共通タイトル：測定データの評価）
 - JCGM 100: 測定における不確かさの表現のガイド
 - JCGM 101: 「測定における不確かさの表現のガイド」補完 1 – モンテカルロ法による分布の伝播
 - JCGM 102: 「測定における不確かさの表現のガイド」補完 2 – 出力量が複数ある場合への拡張
 - JCGM 104: 「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: 適合性評価における測定不確かさの役割

- JCGM 200: 国際計量計測用語 – 基本及び一般概念並びに関連用語(VIM) 第3版

JCGM文書とISO/IECガイド

- GUMに関わる文書には次の3タイプがある
 1. GUM本体 (JCGM100)
 2. GUM補完文書 (JCGM101, 102, 103, 108)
 3. GUMの応用もしくは解説 (JCGM104, 105, 106, 107)

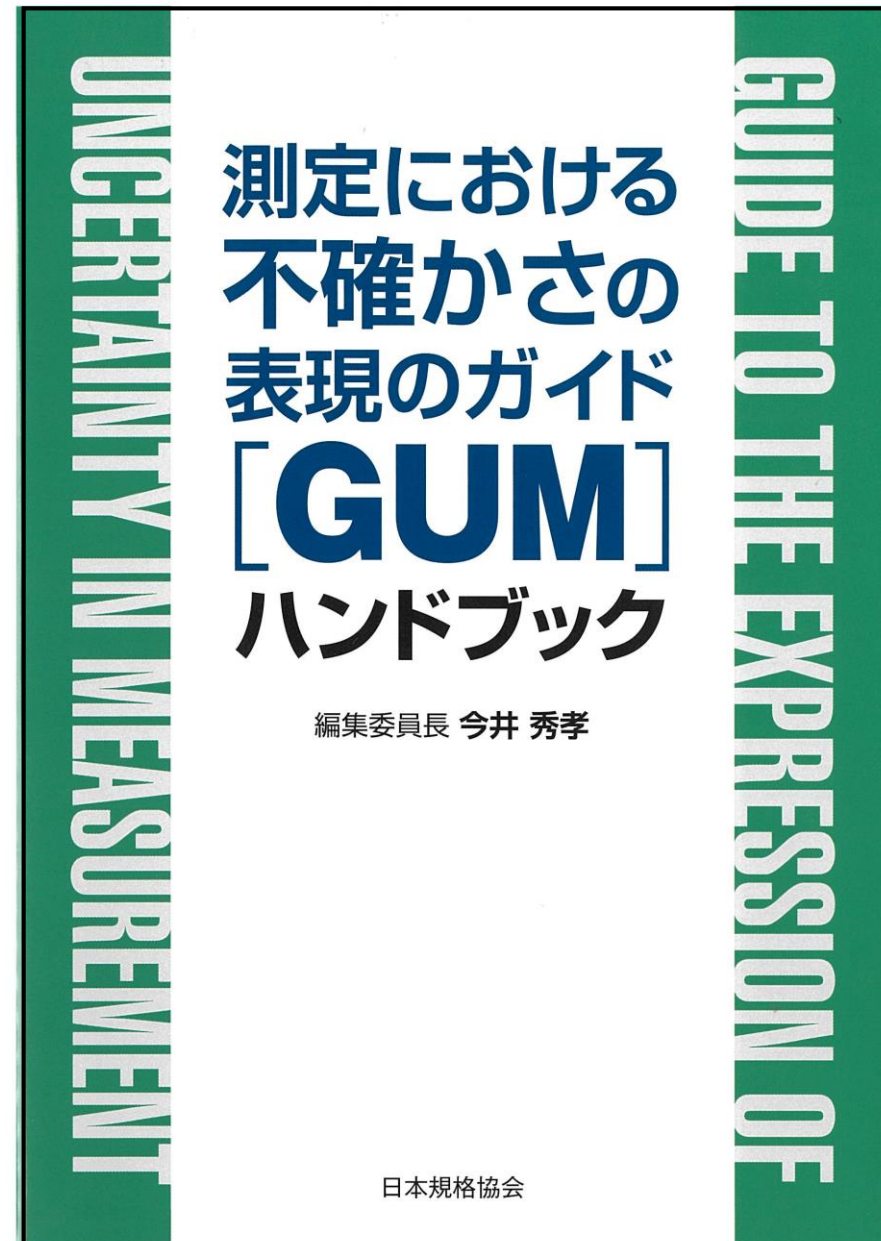
- 各JCGM文書（無料公開）に対して、同じ内容のISO/IECガイド（有料）が発行されている
(JCGM文書：<http://www.bipm.org/en/publications/guides/>)

GUM/VIMの日本語化の状況

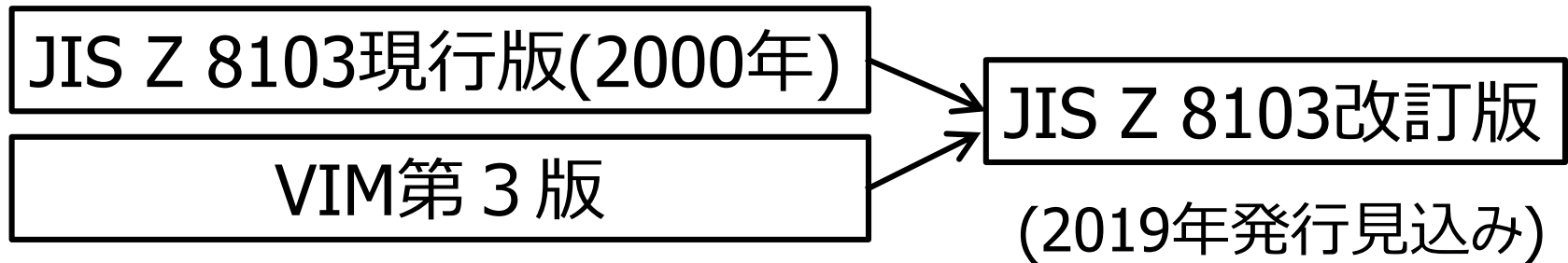
- 「計測における不確かさの表現のガイド」, 飯塚幸三監修, 今井秀孝他訳 (日本規格協会, 1996)
 - GUM + VIM(第2版)の翻訳
 - 現在は絶版

- 標準仕様書
 - TS Z 0033 (2012)「測定における不確かさの表現のガイド」
 - TS Z 0032 (2012)「国際計量計測用語 – 基本及び一般概念並びに関連用語 (VIM第3版)」
 - TSには有効期限があり, いずれも2018年8月に失効
 - いずれのTSもJIS化の予定があったが, 経済産業省の方針としてJIS化されないこととなった

- GUMは書籍として発行 (日本規格協会, 2018/06)
- TS Z 0033 (GUM)を収録
- JCGM 101(モンテカルロ法), 102(複数出力量), 104(関連文書紹介), 106(適合性評価)の要旨説明
- 不確かさ評価の方法やJCGM活動の概要紹介



- VIMは、JIS Z 8103「計測用語」の改訂版の中に大部分が取り込まれる予定



GUM改訂をめぐる動き

□ JCGMによるGUM改訂の動機

1. 統計学の立場から、「確率」の扱いに混乱があるとの指摘がある
(タイプA／タイプB評価で確率概念が異なる)

(*) JCGMはこれを内部的不整合と呼んでいる

2. 伝統的統計学 (頻度主義統計) に基づくGUM本体と、ベイズ統計を取り込んだ幾つかのGUM周辺文書の間にも不整合がある

(**) JCGMはこれを外部的不整合と呼んでいる

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

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

□ GUM改訂ドラフトの策定・関係機関への配布・コメント収集

- ベイズ統計の考え方を取り入れたGUM改訂ドラフト (JCGM100 201x CD): 2014/12月
- コメント収集: 2014/12月- 2015/4月
- 対象: JCGMメンバー機関 + 国家計量標準機関

- 1000件以上のコメントが出され、多くはGUM改訂に否定的であった
 - 改訂メリットが明瞭でない
 - 改訂に伴う社会的コストが大きすぎる
 - 内容がむづかしい、など

- コメント集計の結果を受けて、GUMの改訂は現在足踏み状態になっている。ただしGUM本体をベイズ統計に基いて改訂しようとするJCGMの取り組みは今後も継続される見込み
 - W. Bich, M. Cox, & C. Michotte: Towards a new GUM - an update, Metrologia 53, S149 (2016)
 - 今井秀孝, JCGMの役割と最近の活動状況, 標準化と品質管理 71, 2 (2018)

ISO/TC69による不確かさ関連文書

- ❑ ISO/TC69：専門委員会「統計的方法の適用」
- ❑ TC69 が作成した不確かさ関連文書（ブリッジ文書と呼ばれることがある）
 - ISO 21748 (2017) ^[+1]
 - ISO/TS 21749 (2005) ^[+2]
 - ISO/TS 17503 (2015) ^[+3]
 - ISO/TR 13587 (2012) ^[+4]

^[+1] 測定の不確かさの評価における併行精度，再現精度及び真度の推定値の利用の指針

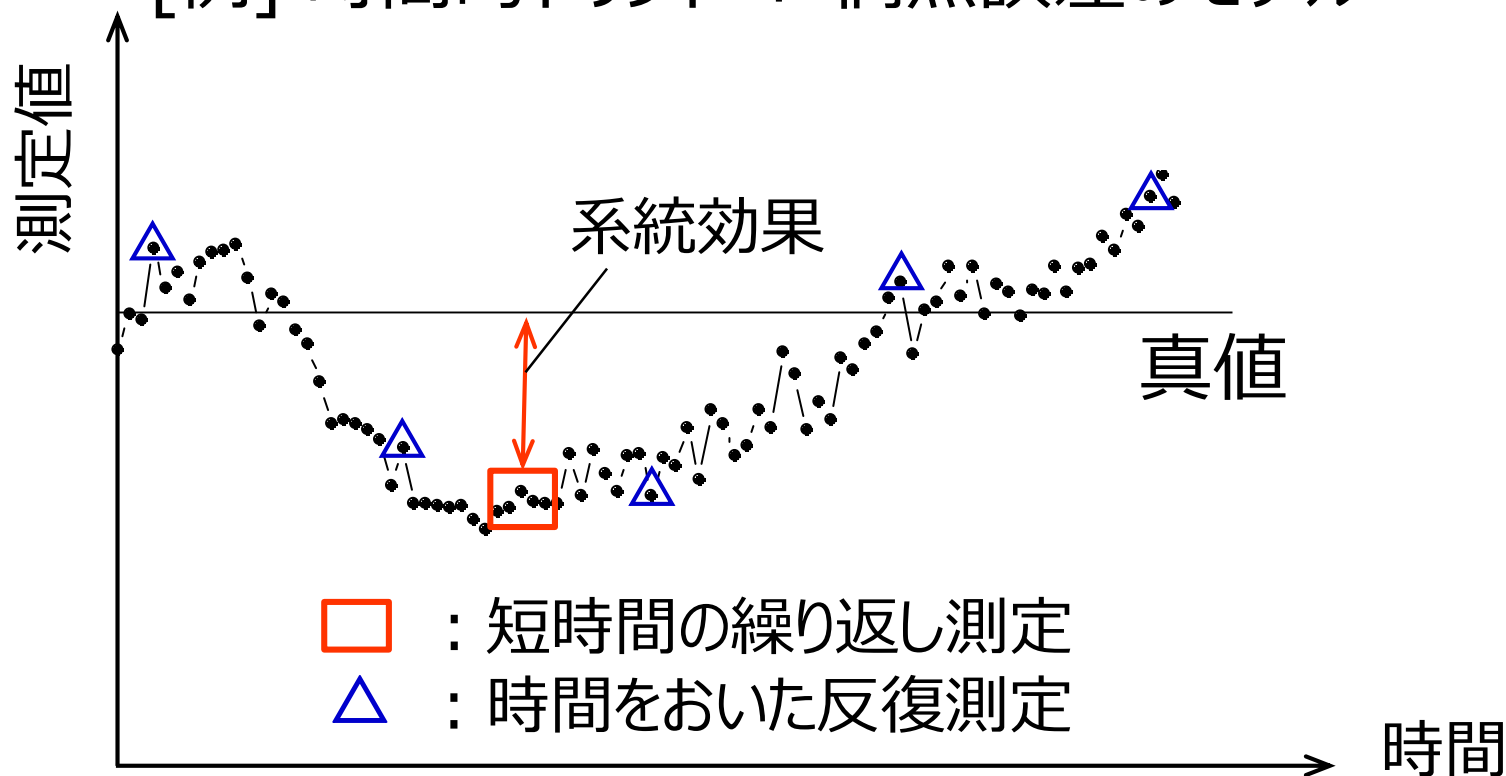
^[+2] 測定の不確かさの評価における繰返し測定及び枝分かれ実験の利用の指針

^[+3] 二元配置実験を用いた不確かさ評価の指針

^[+4] 測定不確かさの評価と解釈のための三つの統計的アプローチ

不確かさ評価は一通りではない

[例] 時間的ドリフト + 偶然誤差のモデル



不確かさを, □ 内の5個のデータのタイプA評価 + 系統効果のタイプB評価から評価する方法と, △ のように時間をおいた反復測定からタイプA評価する方法があり得る

ボトムアップ方式とトップダウン方式

ボトムアップ方式（ の方式）

- ❑ 測定値とその変動要因の間の因果関係 $y = f(x_1, x_2, \dots x_N)$ を利用して，系統効果を評価
- ❑ GUMの基本方針

トップダウン方式（ の方式）

- ❑ 測定日，測定者，測定装置，ラボなどを変えて測定を反復することにより，系統効果を偶然効果に「転化」して評価
- ❑ ISO/TC69のブリッジ文書は，トップダウン方式を説明している
- ❑ ただし，GUMはトップダウン方式も認めている (Annex H.5)

ISO 21748

「測定の不確かさの評価における併行精度，再現精度及び真度の推定値の利用の指針」（＝ JIS Z8404-1:2018）

- ISO 5725-2に基づいて求めた測定の性能指標（室内分散，室間分散，再現分散）を利用して不確かさを評価する方法（トップダウン方式）の説明

ISO 5725-2 (標準測定方法の併行精度及び再現精度を求めるための基本的な方法) [JIS Z 8402-2]：

- ラボ間共同実験を通じて次の性能指標を求める
 - s_w^2 : 室内分散 … 繰り返し性(併行精度)の指標
 - s_L^2 : 室間分散 … ラボ間ばらつきの指標
 - s_R^2 : 再現分散 = $s_L^2 + s_w^2$

ISO/TS 21749

「測定の不確かさの評価における繰返し測定及び枝分かれ実験の利用の指針」 (JIS Z8404-2)

- 枝分かれ実験により求めたデータの分散分析を利用して不確かさを評価する方法

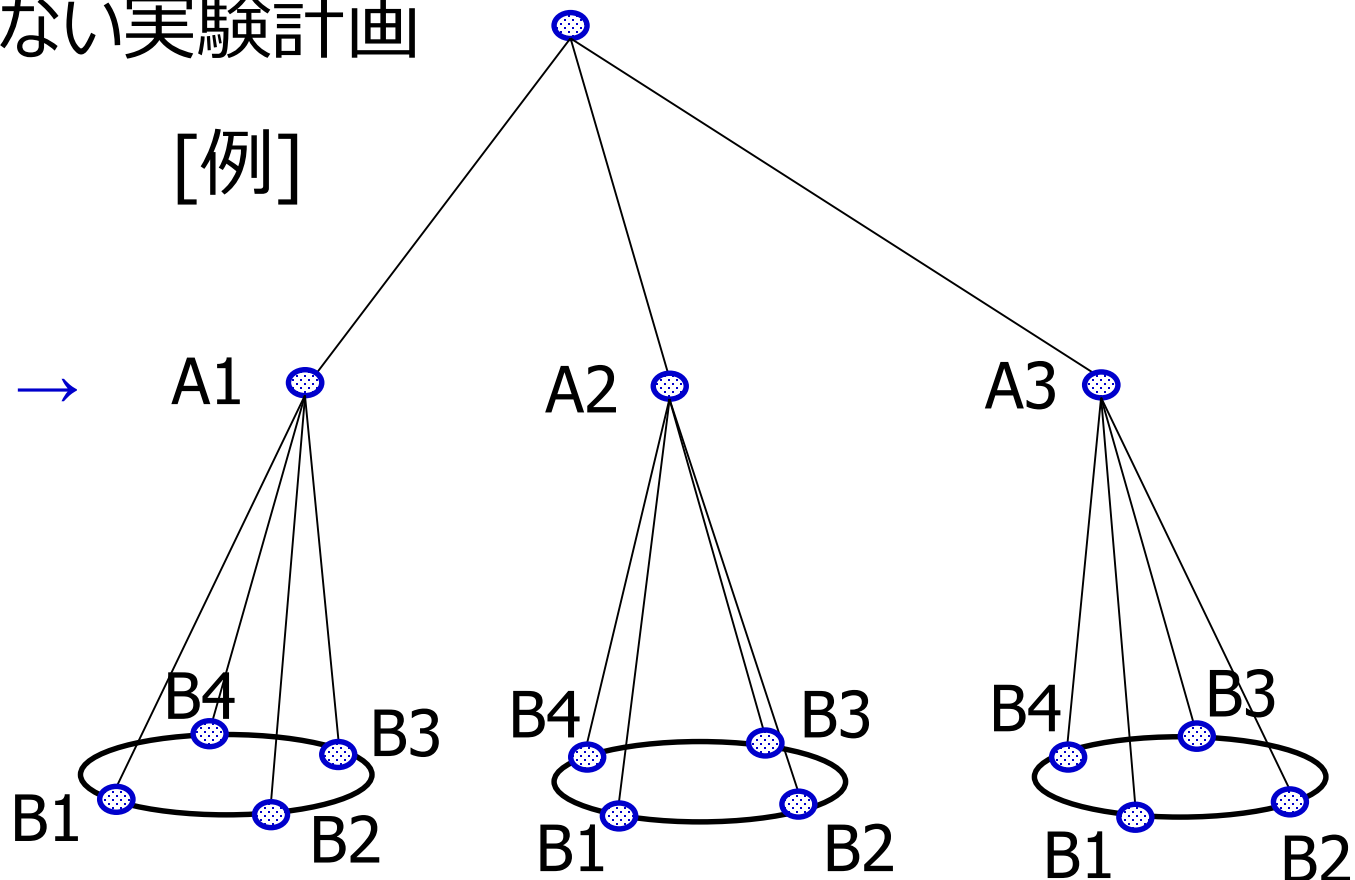
枝分かれ実験とは

因子のどの水準も，上段の因子の一つの水準にしか現れない実験計画

[例]

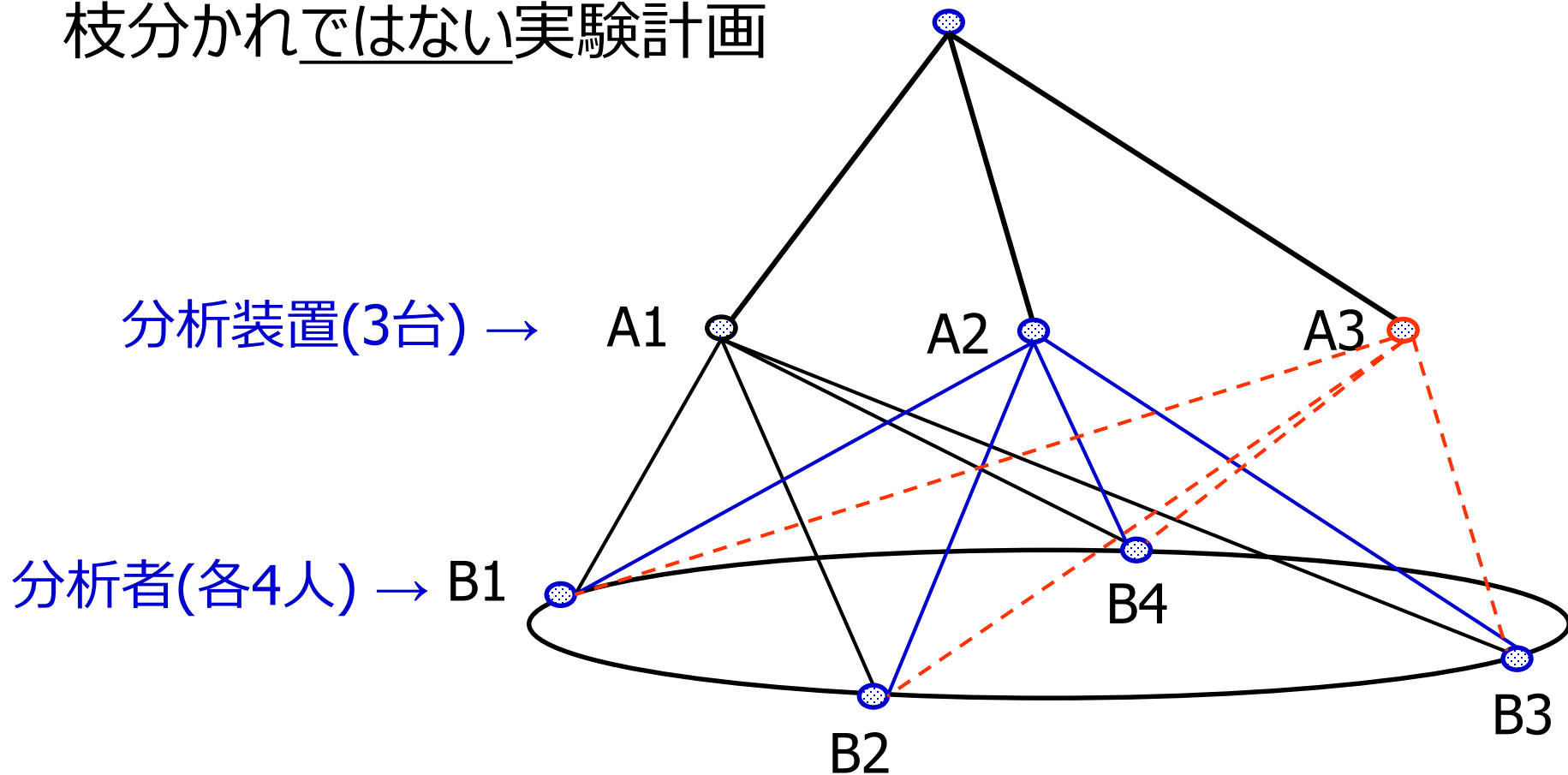
試験所(3か所) →

分析者(各4人) →



同じB1でも，試験所A1のB1と試験所A2のB1は異なる分析者

枝分かれではない実験計画



Aの3水準とBの4水準の全組合せ（12通り）で実験が行われる
→ 要因実験 (factorial experiment)

□ ISO/TS 17503 (2015)

「二元配置実験を用いた不確かさ評価の指針」

- JIS化はされていない

□ ISO/TR 13587 (2012)

「測定不確かさの評価と解釈のための三つの統計的アプローチ」

- GUMの方法 (頻度主義統計), ベイズ統計(full Bayes), フィデューシアル推測の三つの方法の不確かさ評価への適用の比較
- JIS化はされていない

(*) TR: Technical Report

その他のガイド・規格

□ Eurachem Guides : 化学分野での体系だった指針

1. Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, 3rd Edition (2012) [化学測定での不確かさの見積もり, 邦訳あり]
2. Measurement uncertainty arising from sampling (2007) [サンプリングに伴う測定の不確かさ]
3. Use of uncertainty information in compliance assessment (2007) [適合性評価における不確かさの情報の利用]
4. Setting target measurement uncertainty (2015) [測定不確かさの目標値の設定]
5. The Fitness for Purpose of Analytical Methods: A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics (2014) [分析方法の目的適合性]
6. Harmonised Guidelines for the Use of Recovery Information in Analytical Measurements (1998) [化学測定における回収率の情報の利用のための一貫した指針]

- 試験所・校正機関認定に関わる不確かさ関連ガイド類
NITE (製品評価技術基盤機構)によるJCSS公開文書
(<http://www.nite.go.jp/iajapan/jcss/documents/>)

- JIS規格における不確かさ (2017/3月時点)
 - GUMを何らかの形で引用するもの … 約150件
 - GUMにもとづく不確かさ評価を要求するもの … 約30件

まとめ

基礎

- 不確かさ：GUMハンドブック（日本規格協会）
- GUM改訂が今後どう進むか？
- 用語：JIS Z 8103 計測用語（2019?）

アドバンスト

- JCGM 101 (モンテカルロ法)
- JCGM 102 (複数の出力量)
- JCGM 106 (適合性評価)

実践

- JIS Z8404-1（併行／再現精度，真度の利用）
- JIS Z8404-2（枝分かれ実験）
- その他web公開ガイド類