



(一社) 日本照明工業会  
工業会指定試験所制度 第10回セミナー  
『測光試験所の品質システムと測定の不確かさ評価』

日 時 : 2020年 1月 21日(火)  
13:00(受付)~16:45

場 所 : 中央電気俱楽部 215号会議室  
(〒530-0004 大阪府大阪市北区堂島浜2-1-25)

一般社団法人 日本照明工業会  
Japan Lighting Manufacturers Association

Japan Lighting Manufacturers Association  
(JLMA)

1

## セミナー 次第

	受付開始・資料配布	13:00
1.	開 会	13:30-13:35
2.	講 演 (講演:60分 質疑:10分)	
2.1	「ISO/IEC 17025: 2017における指摘の事例紹介」  講師:花口 登 様 (独立行政法人製品評価技術基盤機構 認定センター 製品認定課)	13:35-14:45
	休憩	14:45-15:00
2.2	「測光・放射測定における不確かさ評価の基礎 および CIEでの最近の話題」  講師:部 洋司 様 (国立研究開発法人産業技術総合研究所 計量標準総合センター物理計測標準研究部門 光放射標準研究G)	15:00-16:10
3.	総合Q&A	16:10-16:30
4.	アンケート記入・受講証明書配付	16:30-16:45
5.	閉 会	

# セミナーの主旨

日本産業規格(JIS)の試験を実施する試験事業者を対象として、マネジメントシステム、試験施設・機器、それらの運営を書類審査・現地審査を実施し、登録する制度がJNLA制度です。

その技術的基盤として次の項目があり、それらの確立・習得に資することを目指している。

- a. 品質システム(**JIS Q 17025:2018**)が適切に運用されている。
- b. 適切な測光技術能力(**JIS C 7801, C 8105-5**)を有する。(「**JET技能試験**」による対応)
- c. 測光試験量目毎に、合理的な根拠により見積もられた**「不確かさ」(試験精度)**を表明できる。

## 連絡事項

- アンケートにご協力ください  
受講者皆様の受講(及びその有効性)の確認、今後の内容改善のためご協力をお願いします。
- セミナー受講証明書の発行  
本日のセミナー受講の証明を講義終了後に発行いたします。**氏名**を各自でご記入・活用ください。
- 質疑  
本日のセミナーに関連する質問などは、アンケート用紙への記入ほか、事務局 鈴木([suzuki@jlma.or.jp](mailto:suzuki@jlma.or.jp))にメールで連絡をお願いします。  
適宜対応をさせて頂きます。

一般社団法人日本照明工業会セミナー  
2020年1月21日（火）：大阪会場  
2020年3月26日（木）：東京会場

## ISO/IEC 17025:2017 における指摘の事例紹介

独立行政法人製品評価技術基盤機構  
認定センター製品認定課



1

## 本日の内容

1. JNLA等移行確認審査における  
不適合事項、懸念事項、コメントの件数

2. 不適合事項の事例紹介



2

## 1. JNLA等移行確認審査における不適合事項、懸念事項、コメントの件数

- ・JNLAでは2018年5月からISO/IEC 17025 : 2017の移行確認審査を実施中
- ・不適合、懸念事項、コメントの件数は次のとおり（91事業者の審査結果より）  
( ) 内は1事業者当たりの件数

不適合事項	懸念事項	コメント
392件 (4.3件)	139件 (1.5件)	77件 (0.8件)

JIS法、JNLA登録の一般要求事項に対する不適合等の件数は除いています。



## JNLA等移行確認審査における不適合事項、懸念事項、コメント

### 【不適合事項】

登録要求事項に対し、事業所が適合していることのエビデンスを示せなかった事項であって、不適合と判断できる客観的証拠がある事項。**是正報告書の提出を要請します。**

### 【懸念事項】

登録要求事項に対し、事業所側が現時点では適合していることを主張し、何らかのエビデンスが提示され、審査側も確認できたが、当該マネジメントシステムを継続的に運用した場合、いずれは「不適合」になる可能性があると懸念される根拠（証拠、状況）がある事項。**回答書の提出を要請します。**

### 【コメント】※立入検査には該当しない

登録要求事項に適合していることを確認していますが、マネジメントシステムの改善のために推奨する事項。コメントは、**対応することが望ましいですが義務ではありません。**

\* 不適合事項に対する是正報告書、懸念事項に対する回答書は、**報告書の通知日より登録試験事業者の20営業日目までに提出をお願いします。**



## ISO/IEC 17025:2017 箇条別の件数

ISO/IEC 17025:2017の要求事項	不適合	懸念事項	コメント
<b>4 一般要求事項</b>			
4.1 公平性	20	8	3
4.2 機密保持	5	5	2
5 組織構成に関する要求事項	9	5	5
<b>6 資源に関する要求事項</b>			
6.1 一般			
6.2 要員	61	10	5
6.3 施設及び環境条件	6	4	1
6.4 設備	30	8	4
6.5 計量トレーサビリティ	7	3	2
6.6 外部から提供される製品及びサービス	42	6	6



## ISO/IEC 17025:2017 箇条別の件数

ISO/IEC 17025:2017の要求事項	不適合	懸念事項	コメント
<b>7 プロセスに関する要求事項</b>			
7.1 依頼、見積仕様書及び契約のレビュー	1	1	0
7.2 方法の選定、検証及び妥当性確認	5	3	4
7.3 サンプリング	0	3	0
7.4 試験・校正品目の取扱い	3	2	1
7.5 技術的記録	7	4	1
7.6 測定不確かさの評価	8	4	0
7.7 結果の妥当性の確保	6	4	3
7.8 結果の報告	34	9	7
7.9 苦情	24	14	9
7.10 不適合業務	25	9	3
7.11 データの管理及び情報マネジメント	6	1	2

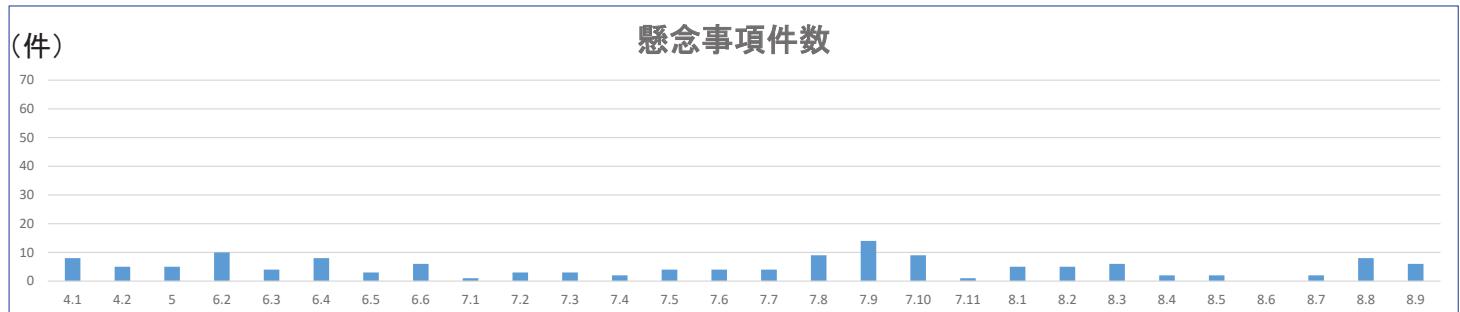
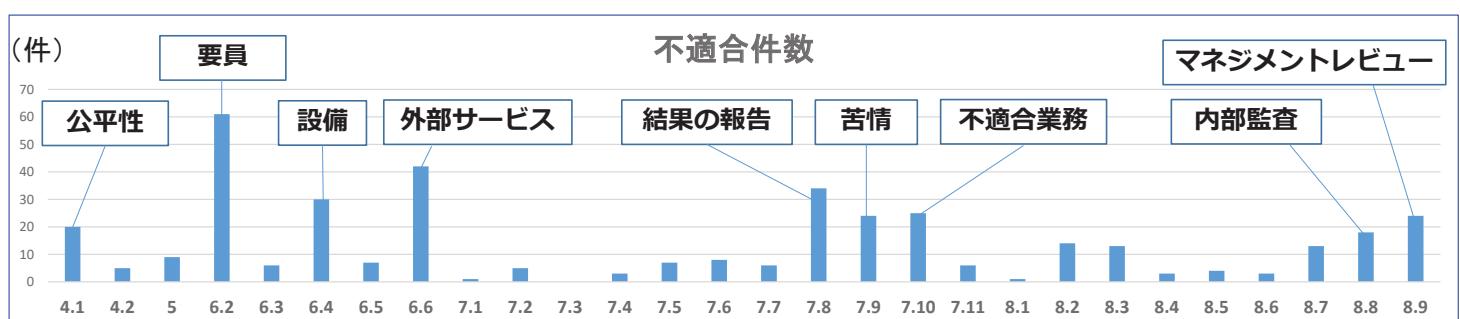


注意：法律に基づく立入検査により移行確認を行う場合は、実地試験は実施していません。

## ISO/IEC 17025:2017 箇条別の件数

ISO/IEC 17025:2017の要求事項	不適合	懸念事項	コメント
<b>8 マネジメントシステムに関する要求事項</b>			
8.1 選択肢	1	5	0
8.2 マネジメントシステムの文書化（選択肢A）	14	5	4
8.3 マネジメントシステム文書の管理（選択肢A）	13	6	3
8.4 記録の管理（選択肢A）	3	2	1
8.5 リスク及び機会への取組み（選択肢A）	4	2	2
8.6 改善（選択肢A）	3	0	2
8.7 是正処置（選択肢A）	13	2	3
8.8 内部監査（選択肢A）	18	8	3
8.9 マネジメントレビュー（選択肢A）	24	6	1

注意：8.2から8.9は、選択肢Bを選択した登録試験事業者の不適合等の件数も含めています。



## 2. 不適合事項の事例紹介

### <4.1 公平性>

4.1.4 ラボラトリは、公平性に対するリスクを継続的に特定しなければならない。ラボラトリの活動若しくは他との関係、又はその要員の他との関係をもつことから生じるリスクもこれに含めなければならない。ただし、そのような関係が、ラボラトリにとって必ずしも公平性に対するリスクになるとは限らない。

- ・公平性に対する**リスクが特定されていなかった。**
- ・要員、顧客、組織の変化があった際に、可能性のあるリスク要因の特定ができておらず、**変化がある時ごとに特定するという継続的な実施を担保する規定や合意も無い。**

### <6.2 要員>

6.2.2 ラボラトリは、学歴、資格、教育・訓練、技術的知識、技能及び経験に関する要求事項を含め、ラボラトリ活動の結果に影響を与える各職務に関する力量要求事項を文書化しなければならない。

- ・**試験担当者以外の力量要求事項が文書化（規定）されていない。**
- ・**内部監査員の力量要求事項が文書化されていない。**
- ・**力量要求事項で学歴と資格が考慮されていない。**  
(登録試験事業者が力量要求事項を検討した結果、学歴、資格は問わないとすることは可能)

## <6.2 要員>

6.2.5 ラボラトリは、次の事項に関する手順をもち、記録を保持しなければならない。

- a) 力量要求事項の決定
- b) 要員の選定
- c) 要員の教育・訓練
- d) 要員の監督
- e) 要員への権限付与
- f) 要員の力量の監視

- ・ 教育訓練受講後の評価方法が確立されていない。
- ・ 方法の検証、適合性の表明又は意見及び解釈を含めた、結果の分析を実施する要員に対して、**権限付与された記録**を保持していない。
- ・ 試験要員の**力量の監視**についての手順と記録がない。



## <6.4 設備>

6.4.13 ラボラトリ活動に影響を与える得る設備の記録を保持しなければならない。記録には、適用可能な場合、次の事項を含めなければならない。

- c) 設備が規定された要求事項に適合していることの検証の証拠。
- e) 校正の日付、校正結果、調整、受入基準及び次回校正の期日又は校正周期。

- c) 日常点検（使用前点検）を行う規定となっているが、**記録が残されていない**。
- e) 天秤等の外部校正を依頼した後の**受け入れ基準がなく、検収記録がなかった**。



## <6.6 外部から提供される製品及びサービス>

### 6.6.2

- a) 外部から提供される製品及びサービスに関するラボラトリの要求事項を、明確にし、レビューし、承認する。
- b) 外部提供者の評価、選定、パフォーマンスの監視及び再評価に関する基準を明確にする。
- c) 外部から提供される製品及びサービスが、使用される前又は顧客に直接提供される前に、ラボラトリの設定した要求事項、又は適用可能な場合、この規格の関連する要求事項への適合を確実にする。

- ・ **サーバーの保守業者**に対する評価、選定、パフォーマンスの監視及び再評価に関する基準並びにラボラトリの要求事項が明確にされていない。また、記録も保持されていない。
- ・ **技能試験サービス**を利用する際の外部提供者の評価の基準が明確になっていない。

## <7.6 測定不確かさの評価>

7.6.3 試験を実施するラボラトリは、測定不確かさを評価しなければならない。試験方法によって、厳密な測定不確かさの評価ができない場合、原理の理解又は試験方法の実施に関する実際の経験に基づいて推定しなければならない。

- ・ **定性試験における測定不確かさの要因の寄与成分の特定及び管理が行われていない。**

## <7.8 結果の報告>

7.8.2.1 個々の報告書は、少なくとも次の情報を含まなければならない。ただし、ラボラトリが正当な除外の理由をもち、それによって誤解又は誤用の可能性が最小化される場合はこの限りでない。

- c) 顧客の施設若しくはラボラトリの恒久的施設から離れた場所、又は関連する一時施設  
若しくは移動施設で実施された場合を含め、ラボラトリ活動が実施された場所
- I) 結果が、その試験、校正又はサンプリングされた品目だけに関するものであるという旨の表明

c) 試験報告書に**ラボラトリ活動が実施された場所**の記載がない。

I) 試験結果が**その試験品目だけ**に関するものである旨の記載が試験報告書になかった。



## <7.9 苦情>（懸念事項件数が最も多い）

7.9.2 苦情処理プロセスの記述は、いかなる利害関係者にも、要請に応じて入手可能にしなければならない。苦情を受領した時点で、ラボラトリは、その苦情が、自らが責任をもつラボラトリ活動に関係するかどうかを確認し、関係があればその苦情を処理しなければならない。ラボラトリは、苦情処理プロセスの全ての階層において、全ての決定について責任をもたなければならぬ。

7.9.5 ラボラトリは、可能な場合には、苦情申立者に対して苦情の受領を通知し、進捗状況及び結果を提示しなければならない。

- ・ 苦情処理プロセスの記述を提供する手順を定めていない。
- ・ 苦情申立者に対して、可能な場合には**苦情の受領を通知し、進捗状況を提示する**決めがない。



## <7.9 苦情>（懸念事項件数が最も多い）

7.9.6 苦情申立者に伝達される結果は、問題となっている元のラボラトリ活動に関与していなかった者が作成するか、又はレビューし承認しなければならない。

注記 これは、外部の要員によって実施することができる。

- ・苦情の処理において、**苦情の対象となったラボラトリ活動に関与していなかった者が、苦情申立者への回答の作成又はレビューと承認を行う規程となっていない。**



## <7.10 不適合業務>

7.10.1 ラボラトリは、そのラボラトリ活動の何らかの業務の側面、又はその結果が、ラボラトリの手順又は顧客との間で合意された要求事項に適合しない場合（例えば、設備又は環境条件が規定の限界を外れている場合、監視の結果が規定の基準を満たさない場合）に実施しなければならない手順をもたなければならない。

この手順は、次の事項を確実にしなければならない。

- b) 処置（必要に応じて、業務を停止する又は繰り返すこと、及び報告書を保留することを含む。）を、ラボラトリの設定したリスクレベルに基づいて定める。**
- c) 以前の結果に関する影響分析を含め、不適合業務の重大さを評価する。**
- d) 不適合業務の容認の可否を決定する。**

- ・不適合業務の処置において、**リスクレベルに基づいて処置を定める手順が含まれていない。**
- ・不適合業務について、**重大さの評価や容認の可否について定められていない。**



## <8.8 内部監査>

8.8.2 ラボラトリは、次の事項を行わなければならない。

- a) 頻度、方法、責任、要求事項の立案、及び報告を含む、監査プログラムを計画し、確立し、実施し、維持する。監査プログラムは、関連するラボラトリ活動の重要性、ラボラトリに影響を及ぼす変更及び前回までの監査の結果を考慮に入れなければならない。
- e) 監査プログラムの実施及び監査結果の証拠として、記録を保持する。

- ・**年間内部監査計画書が作成されていなかった。**
- ・**2017年度の内部監査において、前回更新審査における不適合に関する有効性を確認した記録が確認できなかつた。**
- ・**内部監査員の力量要求事項が確認できなかつた。**



## <8.9 マネジメントレビュー>

8.9.2 マネジメントレビューへのインプットは、記録しなければならない。また、マネジメントレビューへのインプットには、次の事項に関する情報を含めなければならない。

a)~o)

- ・マネジメントレビュー報告書から、ラボラトリマネジメントに**インプットされた具体的な内容を確認できなかつた。**



## ＜参考情報＞

### ＜4.1 公平性＞

★公平性を確約：方針として公平性を確実にする旨が表明されているか。

他にも、マネジメントレビューやその他会議で議論する（議事録に残す）というやり方もある。

★公平性に対するリスクを継続的に特定しなければならない：

- ・公平性への脅威があるかないか、特定するための作業をしているか。  
人一人、組織－組織のつながりを、公平性への脅威となり得る関係（自己の利益、圧力、なれ合い）を意識しながら継続的に眺めているかを確認する。
- ・年1回のマネジメントレビューだけでは「継続的」とは言えない。
- ・確認の結果、“公平性のリスクは現在はない”という結論はある。



### ＜4.2 機密保持＞

★コミットメントの“法的強制力”については、

表明・宣言の法的強制力を満たすことともに、どのように機密を確実にしていくのか、その内容の方がより大事。

★内部監査をお願いする外部要員（他事業者の方など）、コンサルタント契約者は4.2.4対象となる。



## <6.2 要員>

- ★試験結果に影響を与える職務に関して、ラボは自身の活動に応じた力量要求事項を設定しているか。
- ★どの職務に教育・訓練、監督が必要なのか、ラボが力量要求事項に従い決定しているか。
- ★力量が確認された要員に権限を付与し、力量が継続的に維持されているか監視しているか。



23

## <7.6 測定不確かさの評価>

### ★定性試験における不確かさ評価：

- ・定性試験：試験における結果が数値で表されず、厳密な測定不確かさの評価ができない試験。
- ・試験結果に影響を及ぼす要因を特定し、管理する必要がある。  
(バジェットシートを作成する必要はない。)



24

### <7.11 データの管理及び情報マネジメント>

★データベースシステムの改修・保守・管理業務を外部業者に委託している場合は、外部業者は「サービス提供者」に該当し、6.6の評価、選定、パフォーマンスの監視及び再評価の対象となる。



25

### <8.1.3 選択肢B>

★品質方針/目標（17025 8.2.2）を除いて、B選択ラボ（ISO 9001）に対してもISO/IEC 17025 8.2～8.9の要求事項への適合を確認する。



26

## <8.5 リスク及び機会への取組み>

★4.1.4の「公平性に対するリスクの継続的な特定」とは別に実施する必要がある。

- ・リスク管理手順書、リスク評価結果の文書化は要求されていない。
- ・どの程度まで深入りしていくかはラボの判断による。  
しかし、マネジメントレビューで「リスク特定の結果」がレビュー項目となっているため、少なくともリスク特定の結果は文書化しておく必要がある。
- ・年1回のマネジメントレビューだけでは「継続的」とは言えない。



27

## ISO/IEC 17025:2017 (JIS Q 17025:2018) 試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項 要求事項の解説

### 【主な目次】

- 第1章 総論
- 第2章 ISO/IEC 17025 2017年改訂の概要
- 第3章 ISO/IEC 17025:2017(JIS Q 17025:2018) の解説
- 第4章 試験所・校正機関におけるISO/IEC 17025:2017への対応について

A5判・168頁

発売年月日：2018-11-22



出典：JSA GROUP Webdesk > 規格・書籍・物品 > ISO/IEC 17025:2017(JIS Q 17025:2018) 要求事項の解説 28



# ご清聴ありがとうございました。

認定センター（IAJapan）ホームページ  
<https://www.nite.go.jp/iajapan/index.html>

JNLAホームページ  
<https://www.nite.go.jp/iajapan/jnla/index.html>

ASNITEホームページ  
<https://www.nite.go.jp/iajapan/asnite/index.html>



# 測光・放射測定における不確かさ評価 の基礎、およびCIEでの最近の話題

国立研究開発法人産業技術総合研究所  
計量標準総合センター（NMIJ）  
部 洋司

## 本日の講演内容

1. 不確かさ評価 (GUM)の基礎
2. 測光・放射測定における不確かさ評価例
3. CIEでの最近の話題

# (1) 不確かさ評価 (GUM)の基礎

## 計測における不確かさとは・・・

### 不確かさ (Uncertainty)

「測定の結果に附隨した、合理的に測定量に結び付けられる値のばらつきを特徴づけるパラメータ」

(国際計量基本用語集:VIM)



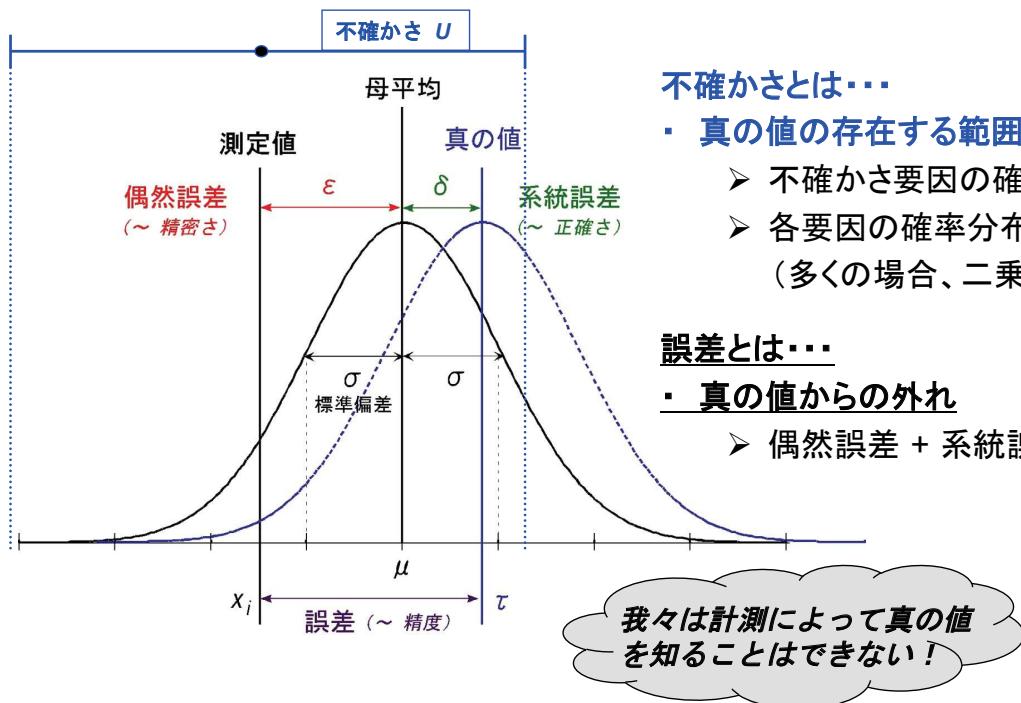
「ある測定の結果の確実さへの疑い」



真の値が存在する範囲を示す推定量<sup>(注)</sup>

注) 不確かさの数値の範囲内で測定値が常に散つく  
(変動率) という意味ではない

## 不確かさと誤差



測定結果が不確かさの範囲内で一致 → 最良の測定整合性の推定方法

## 計測における不確かさの表現のガイド (GUM)

GUM : “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement

## 計測における不確かさ評価の考え方について示した計量・計測関連の7つの国際機関による国際文書（国際ガイドライン）

→ ISO/IEC Guide 98-3 (JCGM 100) (2008年発行)

※閏連文書

- ISO/IEC Guide 98-1 (JCGM 104) : Uncertainty of measurement - Part 1  
Introduction to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)” and related documents
  - ISO/IEC Guide 98-3/Supplement 1 (JCGM 101) : Supplement 1 to GUM  
- Propagation of distributions using a Monte Carlo method
  - ISO/IEC Guide 98-3/Supplement 2 (JCGM 102) : Supplement 2 to GUM  
- Extension to any number of output quantities
  - ISO/IEC Guide 98-4 (JCGM 106) : Uncertainty of measurement - Part 4  
The role of measurement uncertainty in conformity assessment

現在、Modellingに関する補足文書（Supplement 3）、Applications of the least-squares methodに関するガイドを審議中。

# 不確かさはなぜ必要か？

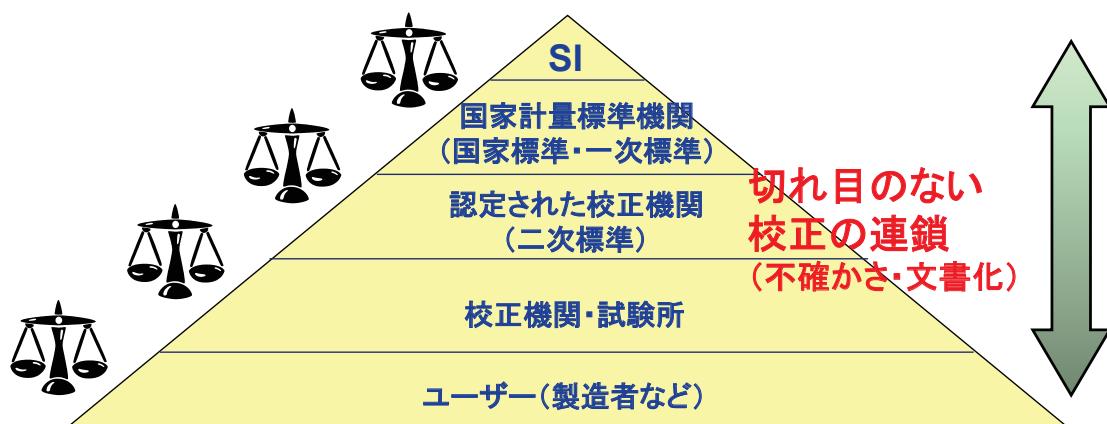
- 計量トレーサビリティを表明するため
  - 切れ目のない校正の連鎖を確保するためには、文書化された不確かさ評価手順、不確かさを伴う校正証明書が必要
- 計測の信頼性を示す手段として用いるため
  - ISO/IEC 17025：校正・試験機関の能力に対する一般的な要求事項
  - 校正能力の第三者認定には不確かさ評価の手順が必須
- 国際規格や取り決め等で評価を求められているため
  - 計測の信頼性（測定精度、値の整合性等）を検証する手段として
  - 不確かさの報告を必須要件とする国際規格も出てきている
  - 適合性評価への不確かさの概念の取り込みを推奨する動きあり
- 自らの測定結果を守るため
  - 不確かさとは真の値が存在する範囲を示すもの
  - 測定結果の一致の程度の相場観を与えるもの
  - ユーザーへの必要な情報の提供

## 【参考】計量トレーサビリティ

### 計量トレーサビリティ(Metrological Traceability)

測定の不確かさに寄与し、文書化された、切れ目のない校正の連鎖を通して、参照(計量標準)に結び付けることができる測定結果の性質。

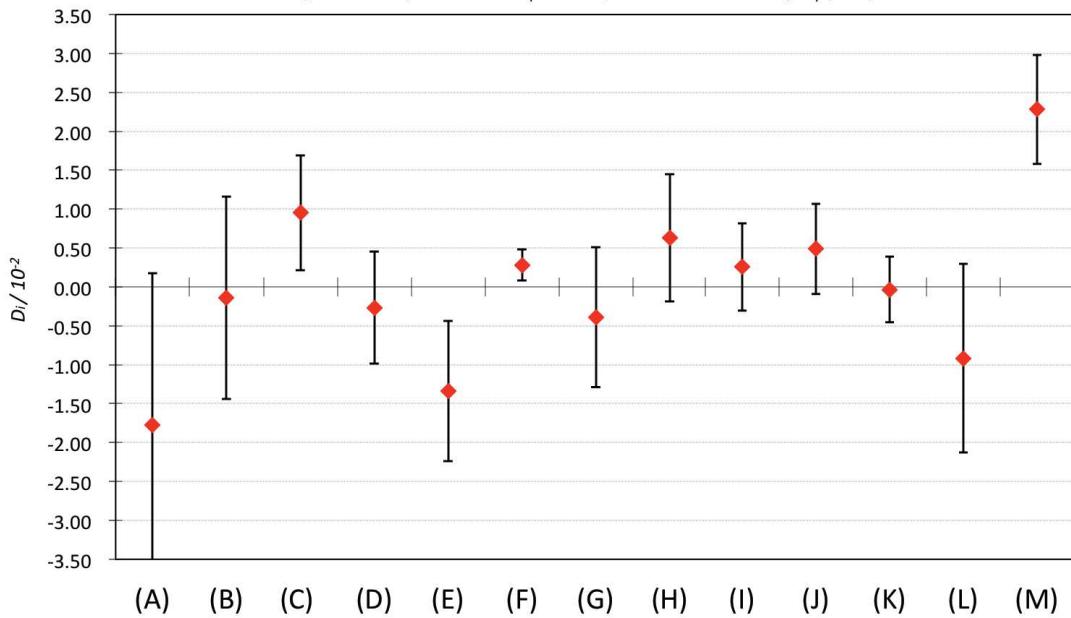
※ISO/IEC Guide 99 (VIM 3rd edition, 2007):国際計量基本用語集より



## 【参考】測定値の相互比較

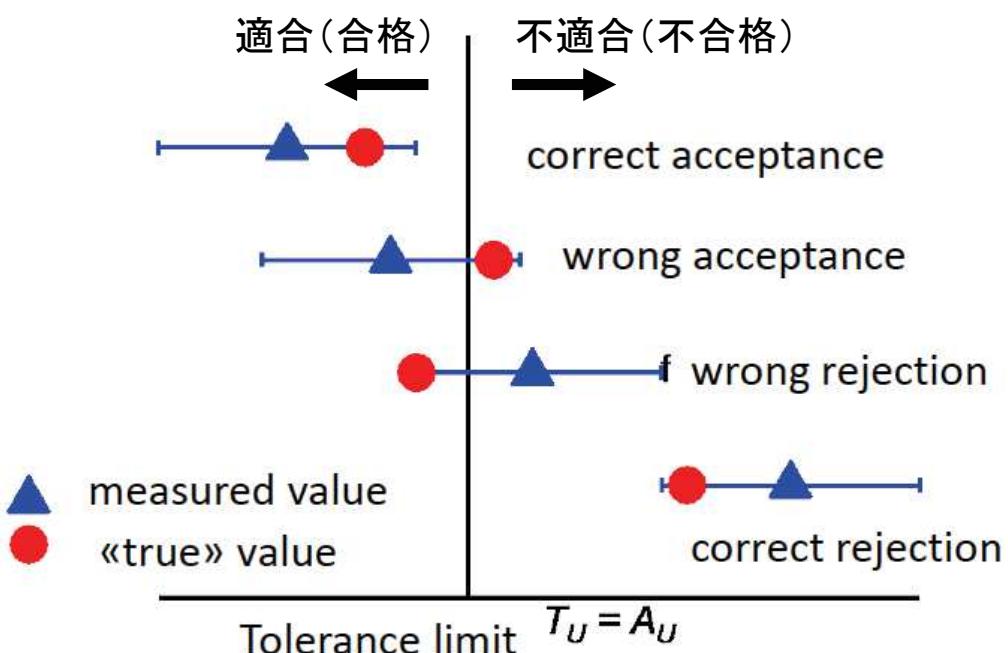
### 相互比較の結果(例)

Degrees of equivalence:  $D_i$  and expanded uncertainty  $U_i$  ( $k=2$ )



Reference Value(不確かさ等を考慮して導いた参照値)に対して、測定結果が不確かさの範囲内で一致することが重要

## 【参考】適合性評価と不確かさ



測定の不確かさが許容区間(公差)の終端と重なる場合、  
適合性評価にはリスクが伴う

# 不確かさ推定の基本手順

## 1. 測定・校正手順の記述

## 2. 不確かさ要因の列挙

## 3. 数学モデルの構築

- ・測定値とそれに従属する各入力量との関係を表す関数  $f$  を記述
- ・関数  $f$  は一般に複雑な式となる（要求精度に応じたモデル化）

## 4. 不確かさ成分の分類

## 5. 各不確かさ成分について標準不確かさを推定

- ・Aタイプ：統計的解析による評価
- ・Bタイプ：統計的解析以外の手段による評価

## 6. 合成標準不確かさの算出

- ・感度係数の評価 (+相関の評価)

## 7. 拡張不確かさの算出

- ・包含係数の選定 (+有効自由度の評価)

# 数学モデルの構築

測定量  $Y$  は、 $N$  個の入力量 ( $X_1, X_2, \dots, X_N$ ) から出力量と関数関係  $f$  により決定される

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$$

計測において、一般に入力量 ( $X_1, X_2, \dots, X_N$ ) の真の値は不明であり、我々が計測を通じて行っていることは、各入力量についての推定値 ( $x_1, x_2, \dots, x_N$ ) を用いた、測定量  $Y$  の推定値  $y$  (測定の結果である出力推定値  $y$ ) の導出である

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$$

このとき、測定量  $Y$  の推定値  $y$  (出力推定値  $y$ ) に付随する推定標準偏差 (合成標準不確かさ)  $u_c(y)$  は、各々の入力量についての推定値 ( $x_1, x_2, \dots, x_N$ ) に対する推定標準偏差 (標準不確かさ)  $u(x_i)$  から決定される

# Aタイプの不確かさ評価

## Aタイプの不確かさ

- 統計的解析によって評価されるもの
- 正規分布に基づく推定
- 一連の繰り返し測定により**実験標準偏差を算出**

### 実験標準偏差

同一の測定量の一連の $n$ 回の測定に対し、その結果のばらつきを特徴づける量

$$s(q_k) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2}{n-1}}$$

( $q_k$ :  $k$ 番目の測定結果、 $\bar{q}$ :  $n$ 回の測定結果の相加平均)

→ 母集団（本来その測定量が有している分布）の分散の推定

### 平均の実験標準偏差

標本平均が母集団の期待値をいかに良く推定したかの指標

$$s(\bar{q}) = \frac{s(q_k)}{\sqrt{n}}$$

**信頼できる推定値を与えるためには、 $n$ を十分に大きくとる事が必要**

# 繰り返し性と再現性

### 繰返し性 (repeatability)

同一の測定条件下で行われた、同一の測定量の繰り返し測定結果についての一致度合い

- 例) 短時間に同一の測定対象を同一の方法・条件で繰り返し測定する場合  
 → 同一の測定を $n$ 回繰り返し、その平均値を測定値として採用  
 (実験標準偏差から繰り返し性を推定)

### 再現性 (reproducibility)

測定条件を変更して行われた、同一の測定量の測定結果についての一致度合い

- 例) 時間や場所を変えて同一の測定対象を同一の方法で測定した時  
 →  $n$ 日間、毎日1回の測定を繰り返し、その平均値を測定値として採用  
 (実験標準偏差から再現性を推定)

⇒ 厳密な解析には分散分析の手法が必要

# Bタイプの不確かさ評価

## Bタイプの不確かさ

- 統計的解析以外の手段によって評価されるもの
- 入手可能な情報に基づく科学的判断
- 測定値の（確率）**分布の推定**
- 推定した分布に基づく**標準偏差を算出**

### 主な判断材料

- ・過去の実験データ等
- ・使用する装置等の性能や仕様（技術文書やカタログ情報）
- ・使用する装置等についての一般的知識・経験
- ・引用したデータに割り当てられた不確かさ（ハンドブック等）
- ・校正・試験証明書に記載された不確かさ情報

### 推定される主な（確率）分布

- ・正規分布 校正証明書に記載された不確かさを参照する場合など
- ・矩形分布 上限および下限のみを推定できる場合など
- ・三角分布 2つの矩形分布が重なっている場合など
- ・台形分布 矩形分布および三角分布をより物理的（現実的）に想定する場合など
- ・U字分布 正弦波的に変化・制御しているような場合など

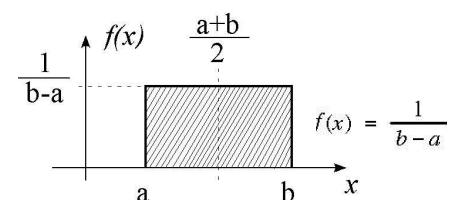
# 標準不確かさの算出

**Bタイプの標準不確かさ → 先駆的分布に対する標準偏差に相当**

### [矩形分布の場合]

期待値 :  $E(x)$ 、分散 :  $V(x)$ とすると

$$\begin{aligned}
 E(x) &= \int_a^b x \cdot f(x) \cdot dx & V(x) &= \int_a^b f(x) \cdot \{x - E(x)\}^2 \cdot dx \\
 &= \left[ \frac{x^2}{2(b-a)} \right]_a^b & &= \int_a^b x^2 \cdot f(x) \cdot dx - \{E(x)\}^2 \\
 &= \frac{a+b}{2} & &= \left[ \frac{x^3}{3(b-a)} \right]_a^b - \left( \frac{a+b}{2} \right)^2 \\
 & & &= \frac{(b-a)^2}{12}
 \end{aligned}$$



不確かさとして考える場合、一般には期待値（中心）からの範囲として考えるので、  
 $a = -b$  ( $\pm b$  の範囲に確率分布が存在している) とすると、

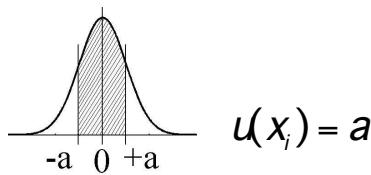
$$V(x) = \frac{(b-a)^2}{12} = \frac{b^2}{3}$$

となるので、標準偏差  $D(x)$  [矩形分布についての標準不確かさ] は下記で表される

$$D(x) = \sqrt{V(x)} = \frac{b}{\sqrt{3}}$$

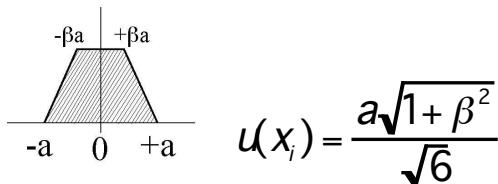
# 先駆的分布と標準不確かさ

## 正規分布

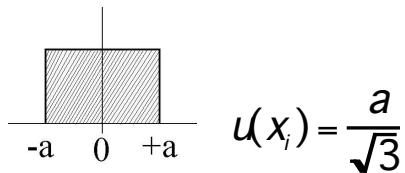


※ 入力量の限界値( $\pm a$ )が $1\sigma$ (約68%)の場合

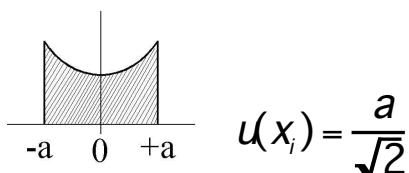
## 台形分布



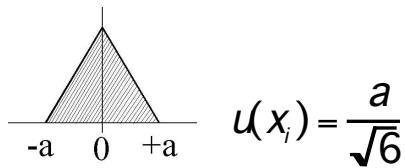
## 矩形分布



## U字分布



## 三角分布



# 合成標準不確かさ

## <入力量( $X_1, X_2, \dots, X_N$ )に相関がない場合>

入力量( $X_1, X_2, \dots, X_N$ )が互いに独立である(相関がない)場合の合成標準不確かさ  $u_c(y)$  は、近似的に入力量の推定値( $x_1, x_2, \dots, x_N$ )に係る標準不確かさ  $u(x_i)$  [ $i = 1, 2, \dots, N$ ]を合成することによって求められる

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot u^2(x_i)$$

↑ 感度係数 (入力量のばらつきに対する影響の大きさ)

## <入力量( $X_1, X_2, \dots, X_N$ )に相関がある場合>

入力量( $X_1, X_2, \dots, X_N$ )の幾つかの間に相関がある場合の合成標準不確かさ  $u_c(y)$  は、2つの推定入力量  $x_i, x_j$  についての推定共分散 [ $u_c(x_i, x_j) = u_c(x_j, x_i)$ ] を考慮する必要がある。

$$\begin{aligned} u_c^2(y) &= \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \left( \frac{\partial f}{\partial x_j} \right) \cdot u(x_i, x_j) \\ &= \sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \left( \frac{\partial f}{\partial x_j} \right) \cdot u(x_i, x_j) \end{aligned}$$

# 相対不確かさ

測定量  $Y$  が、 $N$  個の入力量( $X_1, X_2, \dots, X_N$ )に対して 「指數関数モデル」による関数関係  $f$  で表される場合について

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) = c \cdot X_1^{P_1} \cdot X_2^{P_2} \cdots X_N^{P_N}$$

測定量  $Y$  の推定値  $y$  は各入力量の推定値( $x_1, x_2, \dots, x_N$ )で与えられ、合成標準不確かさ  $u_c(y)$  について下記の関係が成立する

$$\begin{aligned} u_c^2(y) &= \sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot u^2(x_i) = \sum_{i=1}^N \left( P_i \cdot c \cdot x_1^{P_1} \cdot x_2^{P_2} \cdots x_i^{P_{i-1}} \cdots x_N^{P_N} \right)^2 \cdot u^2(x_i) = \sum_{i=1}^N \left( \frac{P_i \cdot y}{x_i} \right)^2 \cdot u^2(x_i) \\ \therefore \left( \frac{u_c(y)}{y} \right)^2 &= \sum_{i=1}^N \left( \frac{P_i \cdot u(x_i)}{x_i} \right)^2 \Rightarrow \left\{ \sum_{i=1}^N \left( \frac{1}{y} \cdot \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot u^2(x_i) \right\} \end{aligned}$$

↑ 相対感度係数 ↓

$[u_c(y)/y : \text{相対合成標準不確かさ}, u(x_i)/|x_i| : \text{相対標準不確かさ}]$

測定値が各入力量の積の形で表されるような場合には、相対(合成)標準不確かさを用いた計算の方が(式が簡単となり)便利である

# 拡張不確かさ

校正証明書等に記載される不確かさについて、合理的に測定量に結び付けられ得る値の分布の大部分を含むと期待される区間として表す（ある特定の信頼の水準に対応する区間として表明する）ことが重要

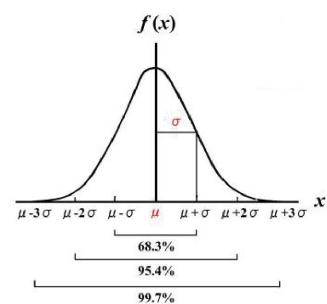


(相対) 拡張不確かさ  $U = k u_c(y)$

( $k$  : 包含係数)

測定結果の報告 (例) :  $Y = y \pm U$  (包含係数  $k = 2$ )

測定量  $Y$  とその最良推定値(測定値)である  $y$  について、 $y + U$  から  $y - U$  までの区間に内に、包含係数  $k$  で規定される信頼の水準（例えば、 $k = 2$  の場合、95.45 % の信頼の水準）で測定量(真の値)  $Y$  が存在している事を示している



- ※ 多くの場合、 $k = 2$  で拡張不確かさを表明しているが・・・
- ※ 厳密には有効自由度に基づく  $t$  分布を用いた考え方が必要

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\}$$

# 有効自由度と拡張不確かさ

## 合成された確率分布

Welch-Satterthwaiteの式によって導かれる**有効自由度** $\nu_{\text{eff}}$ を持つ  
**t分布**によって近似される

(※ $\nu_{\text{eff}} = \infty$  の場合には正規分布となる)

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{\sum_{i=1}^N \left\{ \frac{\partial f}{\partial x_i} \cdot u(x_i) \right\}^4}{\sum_{i=1}^N \nu_i}$$

→ *t* 分布表から、表明したい信頼の水準  
(多くの場合、95.45 %を用いる) に  
対応する包含係数を算出する

(例)  $\nu_{\text{eff}} = 5, 20, 50$  の場合の95.45 %の信頼の水準を与える包含係数  $k$  は  
それぞれ、 $k = 2.65, 2.13, 2.05$

## ＜個々の標準不確かさに対する自由度＞

繰り返し測定による評価  $\nu_i = n - 1$

$$\text{繰り返し測定以外による評価 } \nu_i \approx \frac{1}{2} \cdot \frac{u^2(x_i)}{\sigma^2[u(x_i)]} \approx \frac{1}{2} \cdot \left[ \frac{\Delta u(x_i)}{u(x_i)} \right]^{-2}$$

※ $\nu_i = \infty$  とすることは必ずしも非現実的ではない

# 不確かさバジェット表の作成

## 不確かさバジェット

個々の不確かさ要因（タイプ）とそれらの標準不確かさ、感度係数、自由度、  
合成標準不確かさ、拡張不確かさなどを一覧にした表

受光器の照度応答度 $s_{v,i}$ (A/lx)と受光器の読み値 $y_i$ (lx)から  
照度 $E_v$ (lx)を求める場合の不確かさバジェット(例)

$$E_v = \frac{(y - y_d)}{s_{v,i}} \cdot c_f$$

Symbol	Component	Value $x_i$	Standard Uncertainty $u(x_i)$	Unit	Type	Sensitivity Coefficient $c_i$	Unc. Contribution $u_i(y)$
$y$	Photometer signal	$1.819 \times 10^{-6}$	$2.42 \times 10^{-10}$	A	A	$9.88 \times 10^7$	0.024
$y_d$	Photometer dark signal	$-5.0 \times 10^{-10}$	$6.10 \times 10^{-12}$	A	A	$-9.88 \times 10^7$	-0.001
$s_{v,i}$	Illuminance responsivity	$1.0118 \times 10^{-8}$	$1.88 \times 10^{-11}$	A/lx	B	$-1.78 \times 10^{10}$	-0.334
$c_f$	Correction factor	1.000	$7.90 \times 10^{-4}$		B	179.8	0.142
$E_v$	NIST illuminance unit	179.83		lx			0.364
<b>Relative expanded uncertainty for NIST illuminance unit (<math>k = 2</math>)</b>				<b>0.41 %</b>			

## (2) 測光・放射測定における不確かさ評価例

## 測光・放射測定における不確かさ評価

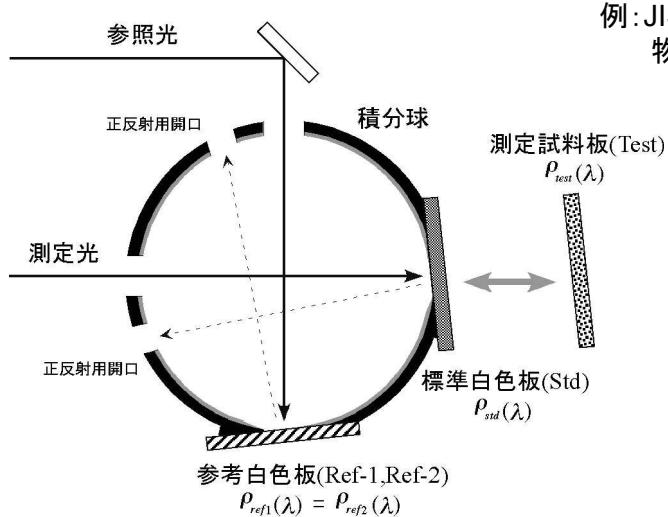
### 測光・放射測定における不確かさ評価に関する参考文献（例）

ID	Title
CIE198:2011	Determination of Measurement Uncertainties in Photometry
CIE198-SP1:2011	Determination of Measurement Uncertainties in Photometry - Supplement 1: Modules and Examples for the Determination of Measurement Uncertainties (4 Parts)
CIE198-SP2:2018	Determination of Measurement Uncertainties in Photometry, Supplement 2: Spectral measurements and derivative quantities
NIST SP250-95	NIST Measurement Services: Photometric Calibrations
EMRP-ENG05-1.3.1	Project report: Determining the uncertainty associated with integrals of spectral quantities
CIE x040:2014	Proceedings of CIE Expert Symposium on Measurement Uncertainties in Photometry and Radiometry for Industry
CIE x029:2006	Proceedings of the 2nd CIE Expert Symposium on Uncertainty
CIE x020-2001	Proceedings of the CIE Symposium "Uncertainty evaluation - Methods for analysis of uncertainties in optical radiation measurement"

# 不確かさ評価の一例

## 【例示する題材】

標準白色板との比較測定に基づく、分光反射率測定（反射スペクトル測定）



例: JIS Z 8722(色の測定方法—反射及び透過  
物体色)に準じた測定手順での比較測定



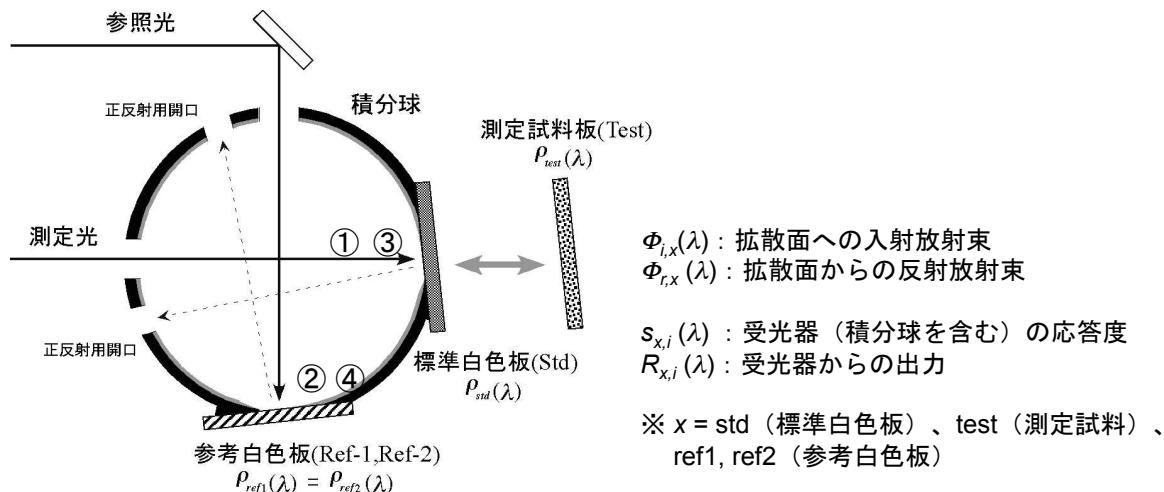
# 主な不確かさ要因の列記

## 分光反射率測定における不確かさ要因の例

- 標準器(標準反射板)の校正不確かさ
- ノイズに起因する不確かさ(繰り返し性)
- 受光器の応答非直線性
- 標準器(標準反射板)の安定性(経時変化)
- 波長不確かさ(波長依存性)
- 波長幅の影響
- 迷光の寄与
- 不均一性(入射ビーム、反射板)
- ビーム拡がりの影響(入射角依存性 etc.)
- 入射ビームの偏光依存性
- 温度依存性、湿度依存性
- 測定システム全体の安定性など(再現性)

# 分光反射率測定での評価例(1)

## モデル式の構築



標準白色板

$$\textcircled{1} \quad \rho_{std}(\lambda) = \frac{\Phi_{r,std}(\lambda)}{\Phi_{i,std}(\lambda)} = \frac{R_{std}(\lambda)}{S_{std}(\lambda)} \cdot \frac{1}{\Phi_{i,std}(\lambda)} \cdot corr_{std}(\lambda)$$

測定試料

$$\textcircled{3} \quad \rho_{test}(\lambda) = \frac{\Phi_{r,test}(\lambda)}{\Phi_{i,test}(\lambda)} = \frac{R_{test}(\lambda)}{S_{test}(\lambda)} \cdot \frac{1}{\Phi_{i,test}(\lambda)} \cdot corr_{test}(\lambda)$$

参考白色板

$$\textcircled{2} \quad \rho_{ref1}(\lambda) = \frac{\Phi_{r,ref1}(\lambda)}{\Phi_{i,ref1}(\lambda)} = \frac{R_{ref1}(\lambda)}{S_{ref1}(\lambda)} \cdot \frac{1}{\Phi_{i,ref1}(\lambda)} \cdot corr_{ref1}(\lambda)$$

参考白色板

$$\textcircled{4} \quad \rho_{ref2}(\lambda) = \frac{\Phi_{r,ref2}(\lambda)}{\Phi_{i,ref2}(\lambda)} = \frac{R_{ref2}(\lambda)}{S_{ref2}(\lambda)} \cdot \frac{1}{\Phi_{i,ref2}(\lambda)} \cdot corr_{ref2}(\lambda)$$

# 分光反射率測定での評価例(2)

※前頁の4つの式より、

$$\frac{R_{ref1}(\lambda) \cdot R_{test}(\lambda)}{R_{std}(\lambda) \cdot R_{ref2}(\lambda)} = \frac{\Phi_{i,ref1}(\lambda) \cdot \rho_{ref1}(\lambda) \cdot s_{ref1}(\lambda)}{\Phi_{i,std}(\lambda) \cdot \rho_{std}(\lambda) \cdot s_{std}(\lambda)} \cdot \frac{\Phi_{i,test}(\lambda) \cdot \rho_{test}(\lambda) \cdot s_{test}(\lambda)}{\Phi_{i,ref2}(\lambda) \cdot \rho_{ref2}(\lambda) \cdot s_{ref2}(\lambda)} \cdot corr(\lambda)$$

↑  
補正項

$$\rho_{ref1}(\lambda) = \rho_{ref2}(\lambda)$$

$$s_{std}(\lambda) = s_{ref1}(\lambda) \text{ および } s_{test}(\lambda) = s_{ref2}(\lambda)$$

$$\Phi_{i,ref1}(\lambda)/\Phi_{i,std}(\lambda) \doteq \Phi_{i,ref2}(\lambda)/\Phi_{i,test}(\lambda) \text{ が成立するので、}$$

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots)$$



$$\begin{aligned} \rho_{test}(\lambda) &= \frac{R_{ref1}(\lambda)}{R_{std}(\lambda)} \cdot \frac{R_{test}(\lambda)}{R_{ref2}(\lambda)} \cdot \rho_{std}(\lambda) \cdot corr(\lambda) \\ &= \frac{R_{ref1}(\lambda)}{R_{std}(\lambda)} \cdot \frac{R_{test}(\lambda)}{R_{ref2}(\lambda)} \cdot \rho_{std}(\lambda) \cdot k_1(\lambda) \cdot k_2(\lambda) \cdot k_3(\lambda) \dots \end{aligned}$$

$k_n(\lambda)$ : 各種補正因子 ( $n=1, 2, 3, \dots$ )

## 分光反射率測定での評価例(3)

1) 参照標準(校正值)の不確かさ :  $u(\rho_{std}(\lambda))$

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots) = \rho_{test}(\lambda) = \frac{R_{ref1}(\lambda)}{R_{std}(\lambda)} \cdot \frac{R_{test}(\lambda)}{R_{ref2}(\lambda)} \cdot \rho_{std}(\lambda) \cdot corr(\lambda) \quad \leftarrow \text{測定値(の推定値)を与える関係関数}$$

$$\left( \frac{1}{y} \cdot \frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \cdot u(x_i) = \left( \frac{1}{\rho_{test}(\lambda)} \cdot \frac{\partial f}{\partial \rho_{std}(\lambda)} \right) \cdot u(\rho_{std}(\lambda)) = \frac{1}{\rho_{std}(\lambda)} \cdot u(\rho_{std}(\lambda)) \quad \leftarrow \text{参照標準の相対標準不確かさ}$$

[不確かさの評価方法(例)]

1) 校正証明書に「相対拡張不確かさ  $U_{rel} \%$  ( $k = 2$ )」と記載  
 → 相対標準不確かさ :  $U_{rel} / 2 \%$

2) 校正証明書に「校正值  $\rho_{std}(\lambda)$  に対して、拡張不確かさ  $U$  ( $k = 2$ )」と記載  
 → 標準不確かさ :  $U / 2$   
 [→ 相対標準不確かさ :  $(U / 2) \cdot (1 / \rho_{std}(\lambda)) \%$ ]

※参照標準(校正証明書)に記載されている不確かさを(相対)標準不確かさに変換するためには包含係数(又は、信頼の水準、有効自由度)に関する情報が必須

## 分光反射率測定での評価例(4)

2) ノイズに起因する不確かさ(繰り返し性)  $u(R_x(\lambda))$

1)  $x = test, ref1$  の場合

$$\left( \frac{1}{y} \cdot \frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \cdot u(x_i) = \left( \frac{1}{\rho_{test}(\lambda)} \cdot \frac{\partial \rho_{test}(\lambda)}{\partial R_x(\lambda)} \right) \cdot u(R_x(\lambda)) = \frac{1}{R_x(\lambda)} \cdot u(R_x(\lambda))$$

2)  $x = std, ref2$  の場合

$$\left( \frac{1}{y} \cdot \frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \cdot u(x_i) = \left( \frac{1}{\rho_{test}(\lambda)} \cdot \frac{\partial \rho_{test}(\lambda)}{\partial R_x(\lambda)} \right) \cdot u(R_x(\lambda)) = \frac{-1}{R_x(\lambda)} \cdot u(R_x(\lambda))$$

← 繰り返し測定( $n$ 回)による、平均値の実験標準偏差から算出(Type A)

$$\left( \frac{u(R(\lambda))}{R(\lambda)} \right)^2 = \sqrt{\left( \frac{u(R_{std}(\lambda))}{R_{std}(\lambda)} \right)^2 + \left( \frac{u(R_{test}(\lambda))}{R_{test}(\lambda)} \right)^2 + \left( \frac{u(R_{ref1}(\lambda))}{R_{ref1}(\lambda)} \right)^2 + \left( \frac{u(R_{ref2}(\lambda))}{R_{ref2}(\lambda)} \right)^2}$$

※信号強度のばらつきの要因(例)

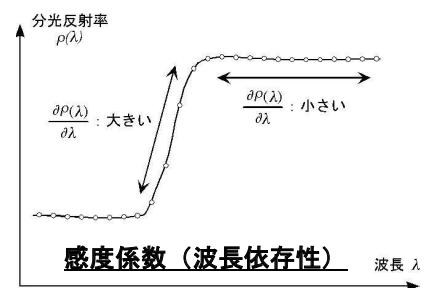
- ・短期的なドリフト(光源・分光器・光学系・検出器)
- ・ランダムノイズ
- ・校正室の環境変化

## 分光反射率測定での評価例(5)

### 3) 波長に起因する不確かさ $u(\lambda)$

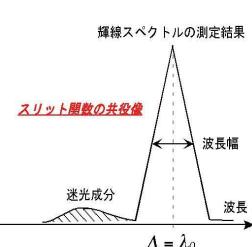
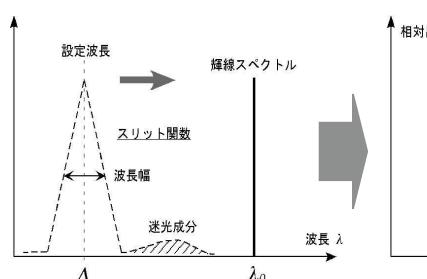
$$\left( \frac{1}{y} \cdot \frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \cdot u(x_i) = \left( \frac{1}{\rho_{test}(\lambda)} \cdot \frac{\partial \rho_{test}(\lambda)}{\partial \lambda} \right) \cdot u(\lambda) \quad \leftarrow \text{(1) 波長精度}$$

↑  
(2) 測定対象の(分光反射率)波長依存性(波長あたりの変化量)



1) 基準波長(低圧水銀灯など)との比較(スリット関数の共役像)による  
波長ズレの評価(Type B、矩形分布)

2) 試料、受光器の分光応答度の波長依存性と帯域幅の関係による、  
見かけの中心波長[重心波長]のズレの評価(Type B、矩形分布)



$$\begin{aligned} & \left( \frac{1}{\rho_{test}(\lambda)} \cdot \frac{\partial \rho_{test}(\lambda)}{\partial \lambda} \right) \cdot u(\lambda) \\ &= \left( \frac{1}{\rho_{test}(\lambda)} \cdot \frac{\partial \rho_{test}(\lambda)}{\partial \lambda} \right) \cdot \frac{\Delta \lambda}{\sqrt{3}} \end{aligned}$$

## 分光反射率測定での評価例(6)

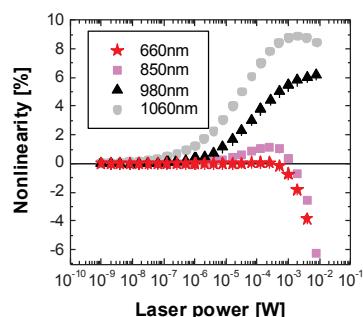
### 4) 応答非直線性に起因する不確かさ : $u(k_1(\lambda))$

$$\begin{aligned} f(x_1, x_2, x_3, \dots) &= \rho_{test}(\lambda) = \frac{R_{ref1}(\lambda)}{R_{std}(\lambda)} \cdot \frac{R_{test}(\lambda)}{R_{ref2}(\lambda)} \cdot \rho_{std}(\lambda) \cdot k_1(\lambda) \cdot k_2(\lambda) \cdot k_3(\lambda) \dots \\ &\left( \frac{1}{y} \cdot \frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \cdot u(x_i) = \left( \frac{1}{\rho_{test}(\lambda)} \cdot \frac{\partial \rho_{test}(\lambda)}{\partial k_1(\lambda)} \right) \cdot u(k_1(\lambda)) = \frac{1}{k_1(\lambda)} \cdot u(k_1(\lambda)) \quad \leftarrow \text{(応答非直線性に起因する)} \end{aligned}$$

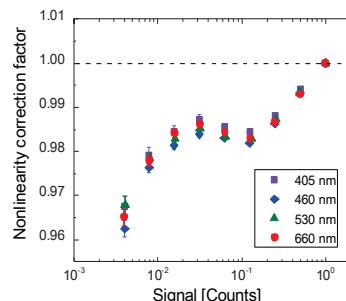
補正係数の相対標準不確かさ

※実測による非直線性の評価方法(例)

- 1) 直接法 : 検出器応答の静特性(加法性)を求める方法 → ダブルアーバーチャ法 etc.
- 2) 間接法 : 検出器応答の微分特性を求める方法 → AC-DC法 etc.



シリコンフォトダイオードの応答非直線性(例)



アレイ式分光放射計の応答非直線性(例)

## 分光反射率測定での評価例(7)

### 4) 迷光に起因する不確かさ : $u(k_2(\lambda))$

※迷光の主な要因	
多重回折	グレーティングの不完全性
光学素子の汚れ	スリットのブレード形状
光学系のミスマッチ	内部での相互反射
不完全な遮光	

測定される出力を、設定波長(帯域)による出力成分 $R_B(\lambda)$ と迷光による出力成分 $R_S(\lambda)$ に分離

$$R_{std}(\lambda) = R_{std,B}(\lambda) + \int_0^{\infty} R_{std,S}(\lambda) \cdot d\lambda$$

$$R_{test}(\lambda) = R_{test,B}(\lambda) + \int_0^{\infty} R_{test,S}(\lambda) \cdot d\lambda$$

測定値を与える関係関数(下記)において、 $S_{ref1}(\lambda)$ と $S_{ref2}(\lambda)$ については同一の試料(又は積分球壁)を照射した際の出力であり、両者の迷光に対する影響はほぼ等しいと仮定される

$$\rho_{test}(\lambda) = \frac{R_{ref1}(\lambda)}{R_{std}(\lambda)} \cdot \frac{R_{test}(\lambda)}{R_{ref2}(\lambda)} \cdot \rho_{std}(\lambda) \cdot \text{corr}(\lambda)$$

迷光による不確かさは、 $R_{std}(\lambda)$ と $R_{test}(\lambda)$ についての迷光に対する影響の違いに起因する

(→ 参照標準と試験対象品がほぼ等しい反射特性の場合、迷光の不確かさは無視できる)

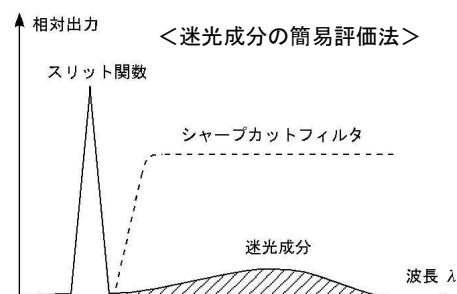
## 分光反射率測定での評価例(8)

※ 迷光による相対標準不確かさの導出 ( ≈ 迷光による見かけ上の反射率変化を表式化 )

$$\Delta\rho_{stray}(\lambda) = \left( \frac{R_{test,B}(\lambda) + \int_0^{\infty} R_{test,S}(\lambda) \cdot d\lambda}{R_{std,B}(\lambda) + \int_0^{\infty} R_{std,S}(\lambda) \cdot d\lambda} \right) - \left( \frac{R_{test,B}(\lambda)}{R_{std,B}(\lambda)} \right) = \frac{R_{test,B}(\lambda) \cdot \left( \frac{\int_0^{\infty} R_{test,S}(\lambda) \cdot d\lambda}{R_{test,B}(\lambda)} - \frac{\int_0^{\infty} R_{std,S}(\lambda) \cdot d\lambda}{R_{std,B}(\lambda)} \right)}{R_{std,B}(\lambda) \cdot \left( 1 + \frac{\int_0^{\infty} R_{std,S}(\lambda) \cdot d\lambda}{R_{std,B}(\lambda)} \right)}$$

$$\frac{\Delta\rho_{stray}(\lambda)}{\rho_{test}(\lambda)} \approx \frac{R_{std,B}(\lambda)}{R_{test,B}(\lambda)} \cdot \Delta\rho_{test}(\lambda) = \frac{\left( \frac{\int_0^{\infty} R_{test,S}(\lambda) \cdot d\lambda}{R_{test,B}(\lambda)} - \frac{\int_0^{\infty} R_{std,S}(\lambda) \cdot d\lambda}{R_{std,B}(\lambda)} \right)}{\left( 1 + \frac{\int_0^{\infty} R_{std,S}(\lambda) \cdot d\lambda}{R_{std,B}(\lambda)} \right)}$$

$$\rightarrow \frac{1}{\rho_{test}(\lambda)} \cdot \frac{\Delta\rho_{stray}(\lambda)}{2\sqrt{3}}$$



# 分光反射率測定での評価例(9)

基本的な考え方(数学モデル他)は他の要因についても、ほぼ同様

- ・不確かさ評価において最も重要な点は、各不確かさ要因の定量評価
- ・評価手順（方法）に関する蓄積が重要

## 評価の基本アプローチ

- 測定対象物と同程度の仕様のサンプル（代表サンプル）を用いた評価
  - 対象となる不確かさ要因に起因する測定結果の最大変化幅を推定
- 不確かさ要因となるパラメータを微小変化させることによる評価
  - 感度係数（変化率）の算出
  - 校正結果、許容幅などと組み合わせることによる不確かさ算出
- ランダムな要素として読み替えられる場合は、Type A評価も一案
  - 対象とする不確かさ要因が主となる繰り返し測定での標準偏差の推定
- 異なる測定系との対比による最大変化幅の推定
- 文献値の活用（ただし、妥当性についての根拠が必要）

# 一般的な不確かさ要因

ガイドライン(GUM)によると…

- ・標準器の校正不確かさ(校正証明書に記載)
- ・標準器や校正システムの経時変化
- ・測定量に関する不完全な定義
- ・測定量の定義が完全には実現されない事
- ・測定手順などに含まれた近似や仮定の不完全さ
- ・データ処理などにおける補正の不完全さ
- ・環境条件効果に対する補正の不完全さ(温度係数etc.)
- ・測定に用いるパラメータ等の不確かさ(電流、電圧、温度etc.)
- ・測定に使用する機器の不確かさ
- ・機器の分解能や識別限界
- ・測定条件の反復観測における変動(繰り返し性、再現性)
- ・アナログ計器の読み取りにおける偏り
- ・測定対象物の持つ固有の性質(安定性、均質性etc.)

※ これらの原因は必ずしも独立ではない

※ 認識できない不確かさ要因については評価できない

# 測光・放射測定での主な不確かさ要因(1)

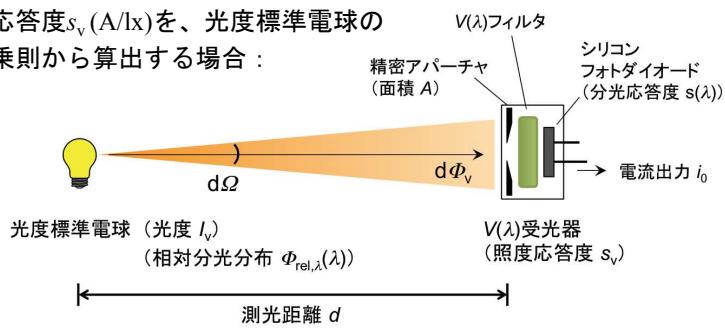
- 標準器の特性に起因する不確かさ
  - 上位標準に基づく校正不確かさ(校正証明書)
  - 再現性・安定性など
  - 経時変化(校正周期に依存)
  - 不均一性、その他理想の状態からの外れ
- 電気的なパラメータの不確かさ
  - 点灯電圧・電流(I-V特性)
  - 安定性・再現性など
  - 周波数特性
  - ノイズ
- 環境条件に起因する不確かさ
  - 温度条件、湿度条件(温度計、湿度計の不確かさを含む)
  - 気圧・風速など?
- 測定条件・手順等に起因する不確かさ
  - アライメントほか
  - 相互反射

# 測光・放射測定での主な不確かさ要因(2)

- 光計測機器の特性に起因する不確かさ
  - 波長(目盛り)
  - 帯域幅(スリット関数)
  - 応答度(色補正係数ほか)
  - 再現性・安定性など
  - 斜入射特性
  - 迷光、偏光、ビーム広がり、蛍光など
  - 応答非直線性
  - 見込み角
  - 不均一性
  - 周波数特性
  - ノイズ
- 補正に伴う不確かさ
  - 例えば、自己吸収測定、配光補正など
- DUTの特性に起因する不確かさ(含めない場合もある)

# モデル式についての補足

受光器の照度応答度 $s_v$ (A/lx)を、光度標準電球の光度値と逆二乗則から算出する場合：



$$S_v = d^2 \cdot \frac{i_0}{I_v}$$

距離（電球の位置、受光器の位置を考慮）

不確かさ要因を考慮したモデル式として表現すると・・・

$$S_v = (d + \Delta d_l + \Delta d_p)^2 \cdot \frac{y_0}{G \cdot (1 + c_T \cdot \Delta T) \cdot \cos^n \varepsilon} \cdot \frac{1}{I_v \cdot (1 + c_\theta \cdot \theta) \cdot (1 + c_\varphi \cdot \varphi) \cdot \left(1 + m \cdot \frac{\Delta V}{V}\right) \cdot k_1 \cdot k_2} \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5$$

受光器に起因する要素（アンプゲイン、温度依存性、余弦則からの外れなどを考慮）

電球に起因する要素（配光／アライメント、電圧特性）

その他の補正因子  
(電球の経時変化、点灯再現性、色補正係数、非直線性、逆二乗からの外れ)

## (3) CIEでの最近の話題

# 国際照明委員会（CIE）の概要

CIE (Commission Internationale de l'Eclairage)

設立：1913年

本部：ウィーン（オーストリア）

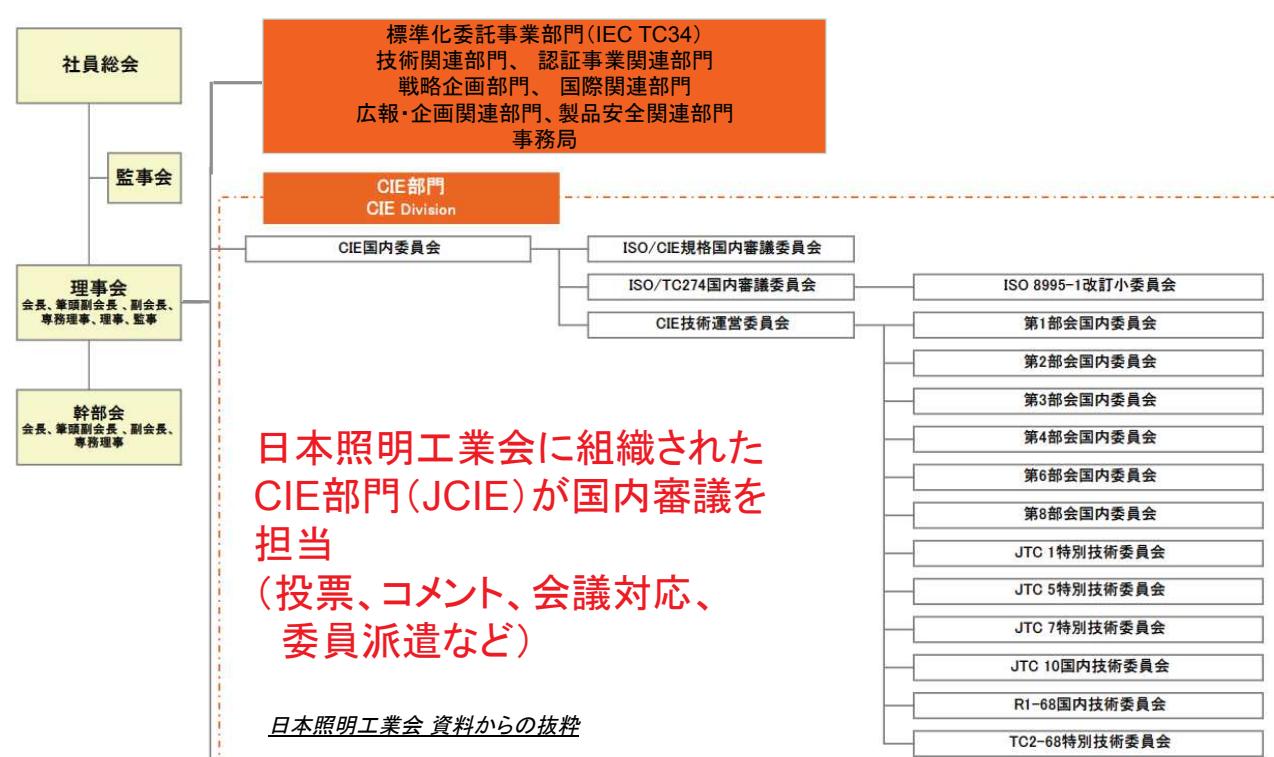
ミッション：光(Light)と照明(Lighting)に関連する…

- 1) 国際的な討議の場 (International Forum) の提供
- 2) 計測(metrology)のための基礎的な標準や手順の開発
- 3) 国内・国際規格の作成のための指針の提供
- 4) 国際規格(ISO/CIE規格etc.)や技術文書などの作成・出版
- 5) 関連国際団体とのリエゾンや技術協力の構築・維持

組織構造(部会)：

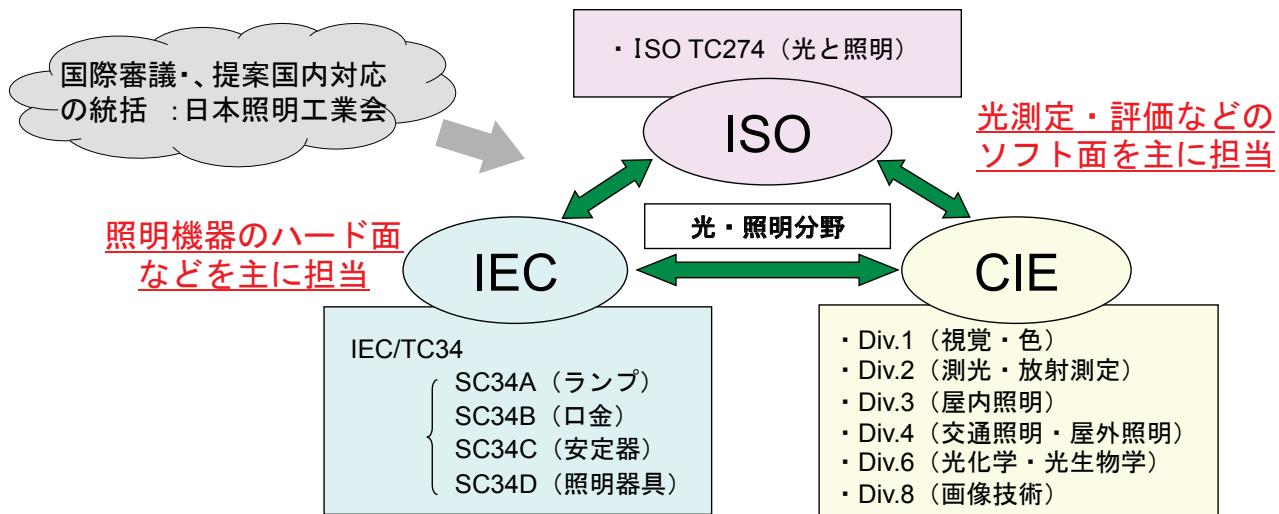
- 第1部会(視覚と色)
- 第2部会(光と放射の物理測定)
- 第3部会(屋内環境と照明設計)
- 第4部会(交通照明および屋外照明)
- 第6部会(光生物学と光化学)
- 第8部会(画像技術)

## CIE活動の国内体制



## CIEと国際標準化

- ISO(国際標準化機構)、IEC(国際電気標準会議)、CEN(欧州標準化機構)などと  
MoU(覚書)を締結
  - CIE規格をISO, IECにFDISとしてファストラック提案が可能
  - デュアルロゴ規格として発行
- 2012年: ISO TC274(光と照明)設立
- 2019年: ISOとCIEの間でパートナー規格開発団体(PDO)協定を締結



## CIE第2部会について

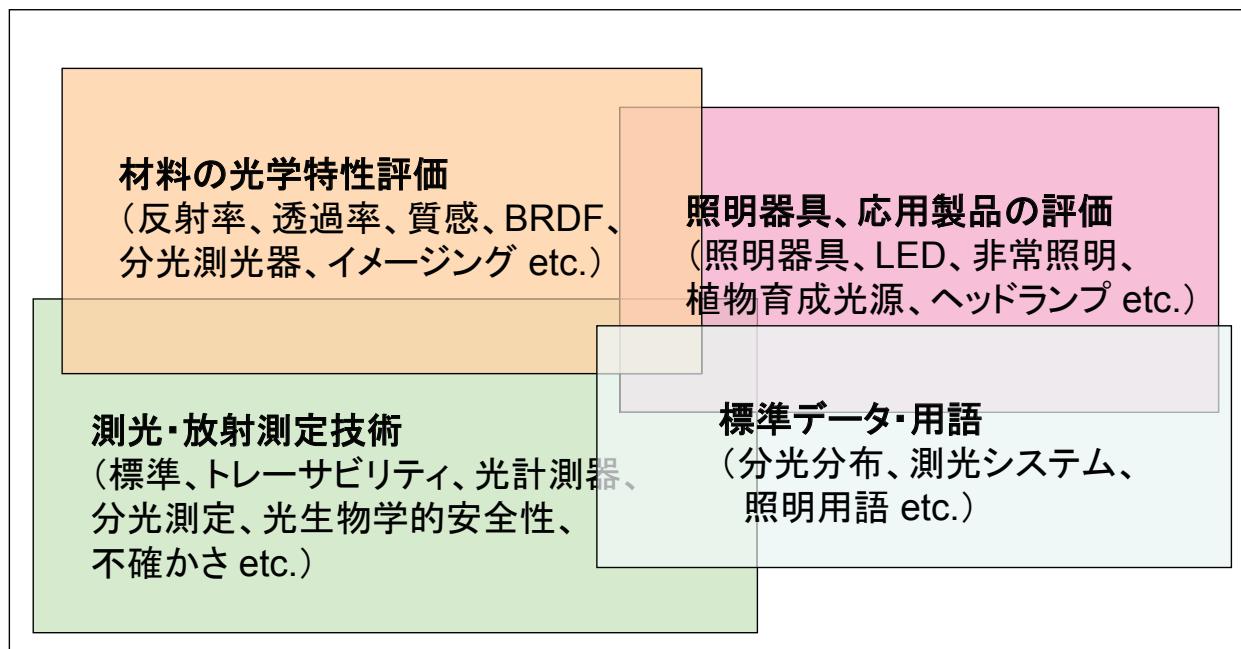
### CIE Division 2: **Physical Measurement of Light and Radiation** (光と放射の物理測定)

#### ● Terms of Reference(活動領域)

紫外・可視および赤外放射、一般的な放射、材料や照明器具の光学的特性などの評価のための標準的な手法について検討すると共に、これらの評価に必要とされる物理検出器およびその他の機器についての光学特性や性能について検討する。

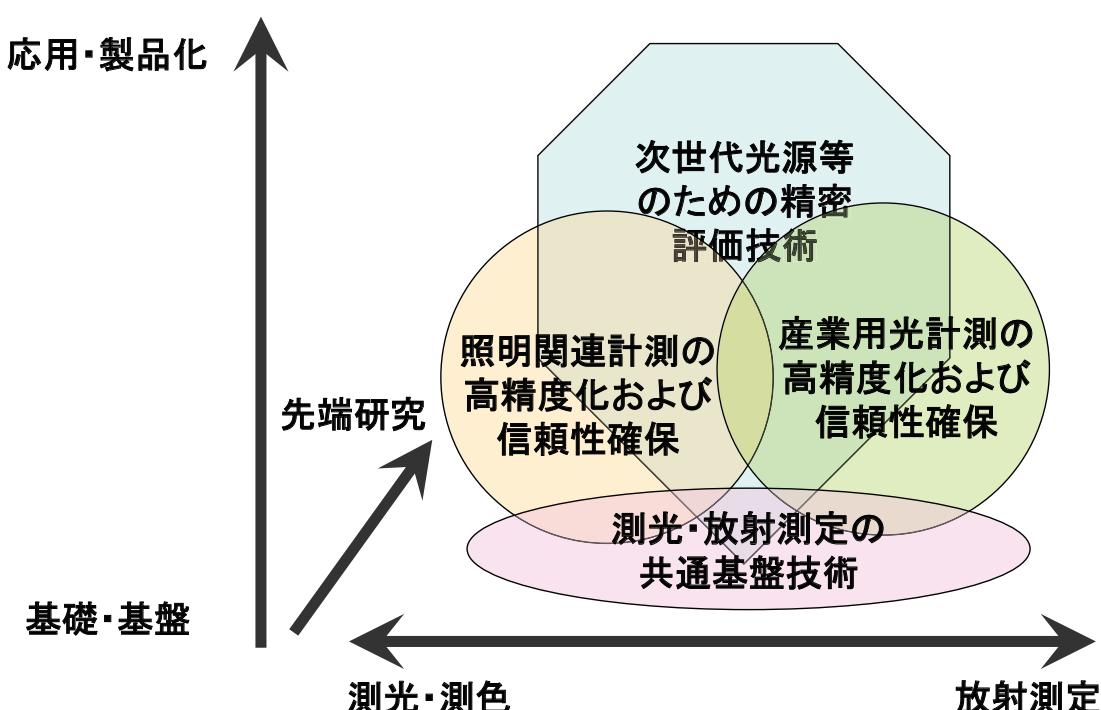
- To study standard procedures for the evaluation of ultraviolet, visible and infrared radiation, global radiation, and optical properties of materials and luminaires.
- To study optical properties and performance of physical detectors and other devices required for their evaluation.

## CIE第2部会の活動領域



※2020年1月現在、25件のTC、5件のJTCおよび16件のレポーターが活動中

## CIE第2部会の技術活動



# CIE Research Strategy (研究戦略)

## ● CIEの掲げるTop ten priority topics(研究テーマ)

1. Recommendations for Healthful Lighting and Non-Visual Effects of Light  
【非視覚効果】
2. Colour Quality of Light Sources Related to Perception and Preference  
【演色性】
3. Integrated Glare Metric for Various Lighting Applications 【グレア】
4. New Calibration Sources and Illuminants for Photometry, Colorimetry, and Radiometry 【標準光源】
5. Adaptive, Intelligent and Dynamic Lighting 【スマート照明】
6. Application of CIE 2015 Cone-Fundamental-Based CIE Colorimetry 【測色】
7. Visual Appearance: Perception, Measurement and Metrics  
【アピアランス】
8. Support for Tailored Lighting Recommendations 【ウェルビーイング】
9. Metrology for Advanced Photometric and Radiometric Devices  
【先端計量】
10. Reproduction and Measurement of 3D Objects 【三次元技術】

# CIE S025 (LED光源等の試験規格)

## CIE S025/E:2015

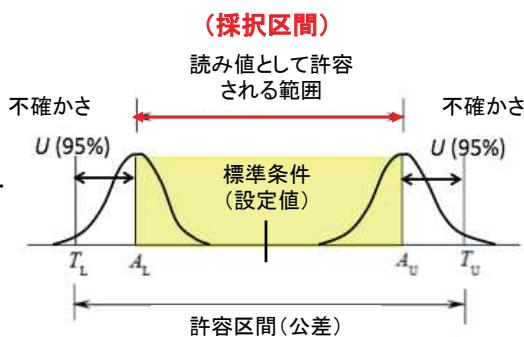
Test Method for LED Lamps, LED Luminaires and LED Modules  
(LEDランプ、モジュール、照明器具の試験方法)

- LED照明等の性能評価のための試験方法を定めた国際規格
- LEDランプ(電球型、直管型)、LEDモジュール、LEDライトエンジン、LED照明器具などを対象
- 全光束・光源効率・部分光束・配光・ビーム光度・輝度・演色評価数・色度・相関色温度 などについて記載
- 原案作成団体:国際照明委員会(CIE) TC2-71
- CEN TC169/WG7との合同委員会
- EN13032-4(Light and lighting. Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires. LED lamps, modules and luminaires)との技術的整合
- 製品認証のための試験データの取得・試験所認定のニーズ

# CIE S025の特徴

## ● 試験条件の設定

- 標準条件 + 許容区間(公差)を規定
- 許容区間を超えた場合  
→ 補正により標準条件での値を報告
- 許容区間内で試験する場合  
→ 標準条件への補正是任意
- 測定の不確かさを加味した許容区間**  
→ ISO/IEC Guide 98-4: 2012 の適用  
→ 精度管理幅(ガードバンド)と同様の考え方



## ● 測定の不確かさに関する要求

- 試験結果での**不確かさの報告を必須要件とする**
- (参考) ISO/IEC 17025 「不確かさを推定する手順を持ち適用すること」
- 他の規格、技術文書と比して一步踏み込んだ厳しい要求事項

# CIE S025における不確かさの取り扱い

## ● CIE S025での不確かさの取り扱い(最終合意)

- 試験結果での**不確かさの報告を必須要件とする**
- 代表的な製品タイプ別の不確かさを、一般的な値(Generic Value)で報告することを許容する
  - 蛍光体方式又はRGB(A)方式
  - コンパクト形又は直管形ランプ
  - 配光:無指向性か指向性(ビーム角がDUTの値の+50 %~-25 %)
  - 相関色温度がDUTの値±15 %以内
- 指針として**主要な不確かさ要因**を本文中に明示する
- LED照明等における**不確かさ評価のガイド文書**を公開文書(Technical Note)として出版する 【現在も作業中:未了 (↓)】

### DR2-76(不確かさ評価のガイド文書作成)

- タスクグループとして2013年結成(当時の委員長はY. Ohno, US)
- CIE S025を補完する不確かさ評価の実用ガイド作成が目標
- 2016年3月にレポーターシップ(DR2-76)に移行
- 原案作成担当者がU. Krueger (DE)に交代(2016.12)

# 不確かさに関するCIE第2部会の基本方針

- 原則としてCIE第2部会が扱う全ての技術報告書の中に、測定の不確かさの記述を含める
  - 主に対象とする計測技術における主要な不確かさ要因の特定
  - 測定の不確かさを評価する上での留意事項
  - 不確かさの算出方法、モデル式などについての詳細は含めない
- 測光・放射測定に係る不確かさ評価に関する技術報告書をシリーズ物として作成する
  - CIE198シリーズ
  - 本文（基礎理論）、付属書（具体例）の構成として、付属書を順次出版していく。
- 測光・放射測定分野における不確かさ評価の啓発・普及に力を入れていく

## 最近のCIE出版物(1)

- CIE 226:2017 “High-Speed Testing Methods for LEDs”  
TC2-64／LEDの高速試験方法(G. Heidl, DE)
- CIE 225:2017 “Optical Measurement of High-Power LEDs”  
TC2-63／ハイパワーLEDの光学測定(Y. Zong, US)
- TN 007:2017 “Interim Recommendation for Practical Application of the CIE System for Mesopic Photometry in Outdoor Lighting”  
JTC1／CIE191(薄明視測光システム)の屋外照明への適用(T. Goodman, GB)
- CIE 220:2016 “Characterization and Calibration Methods of UV Radiometer”  
TC2-47／紫外放射計の特性記述および校正方法(A. Sperling, DE)
- TN005:2016 “Specifying Product Performance for Mesopic Applications”  
TC2-65／薄明視における測光(T. Goodman, GB)
- TN004:2016 “The Use of Terms and Units in Photometry – Implementation of the CIE System for Mesopic Photometry”  
TC2-65／薄明視における測光(T. Goodman, GB)

## 最近のCIE出版物(2)

- CIE 229:2018 "Groundwork for Measurement of Effective Intensity of Flashing Lights"  
TC2-49／閃光灯の測光(Y. Ohno, US)
- CIE 198-SP2:2018 "Determination of Measurement Uncertainties in Photometry Supplement 2: Spectral measurements and derivative quantities"  
TC2-72／有色LEDを含むSSL光学特性測定における不確かさ評価(J. Gardner, AU)
- CIE S 026/E:2018 "CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light"  
JTC9／ipRGCが関与する光応答に関するCIE評価システム(L. Schlangen, NL)
- CIE x045:2018 Proceedings of CIE 2018 "Topical Conference on Smart Lighting" 26 – 27 April 2018, Taipei, Chinese Taipei
- CIE x044:2017 Proceedings of the Conference at the CIE Midterm Meeting 2017 23 – 25 October 2017, Jeju, Republic of Korea

## 最近のCIE出版物(3)

- CIE 231:2019 "CIE Classification System of Illuminance and Luminance Meters"  
TC2-69／CIEにおける照度計・輝度計の性能クラス分け(P. Blattner, CH)
- CIE 233:2019 "Calibration, Characterization and Use of Array Spectroradiometers"  
TC2-51／マルチチャンネル型分光計の校正(R. Young, DE)
- CIE 235:2019 "Optical Measurement of LED Modules and Light Engines"  
TC2-50／LEDモジュールおよびライトエンジンの光学的特性の測定(R. Distl, DE)
- CIE 18.3:2019 "The Basis of Physical Photometry, 3rd Edition"  
JTC2／測光通則 (Principles Governing Photometry) (Y. Ohno, US)
- CIE S025-SP1/E:2019 "Test Method for OLED Luminaires and OLED Light Sources"  
TC2-83／OLED光源の試験方法に関するCIE標準(G. Vandermeersch, BE)

## 最近設立された技術委員会（TC）

### TC2-90: The measurement of sparkle and graininess

(委員長:T. Poikonen, FI)

- DR 2-71(LED基準イルミナント)およびEMRPプロジェクト(PhotoLED)の研究成果に基づくTC設立提案
- LED校正用の基準分光分布を定義することを目指した活動
- 従来のCIE A光源に基づく体系との対比
- 第1部会でLEDの分光分布についてのレポーター(R1-62)の結果を踏まえる

### TC2-91: CIE/ISO standard on LED packages (follow up of CIE 225 and CIE 226)

(委員長:M. Schneider, DE)

- LEDパッケージに対する試験規格作成のためのTC提案
- ドイツDINより、ハイパワーLEDの測定に関する技術報告書(CIE 225 および CIE 226)をベースにした、EN規格提案の動きあり
- 既存の技術文書(IEC LM-85)との関係の配慮が必要
- IECにおいても関連する作業項目あり

## 最近設立された技術委員会（TC）

### TC2-92: International Standard Format for the Electronic Transfer of Luminaire Optical Data (委員長:I. Ashdown, CA)

- ANSI/IES LM-63-18, CIE102等を置き換えるLiminaire Optical Data Formatに関するCIE規格を提案
- Universal formatを確立することを志向

### TC2-93: Revision of ISO 23539/CIE S010 (委員長:A. Thorseth, DK)

- 2019年5月に実施されたSystematic Reviewで、改正計画を合意
- CIE18.3:2019をベースに、SI定義改訂に伴い必要となるupdateを行う
- 薄明視やその他の分光視感効率関数(例:10度視野)に基づく測光量の算出(測光単位の付与)について追記する予定

### TC2-94: Measurement of total transmittance, diffuse

transmittance, and transmittance haze (委員長:H-L. Yu, TW)

- 従来の測定法で対応が難しい、高ヘイズ(40以上)試料に対する評価方法の提案などを骨子としている
- 既存のヘイズ測定法(ISO, ANSIなど)との誤差比較なども含む

# 最近設立された技術委員会（TC）

## JTC12: The measurement of sparkle and graininess

（委員長:A. Ferrero, ES）

- DR 2-74(アピアランスのための視覚効果の物理測定による評価)およびEMRPプロジェクト(xD-Reflect)の研究成果に基づくTC設立提案
- TC2-85(BRDF測定の幾何パラメータに関する推奨)に含まれなかつた、Sparkle(光輝感)、Graininess(粒状性)などの測定・評価方法を対象
- 第1部会、第2部会、第8部会の合同委員会として設立

## JTC17: Gloss measurement and gloss perception: A framework for the definition and standardization of visual cues to gloss

（委員長:F. Leloup, BE）

- 光沢度と光沢感の測定・評価方法を対象とする
- 視感評価との対比を考慮した測定条件、測定指標の検討
- 第1部会、第2部会、第8部会の合同委員会として設立