

**JAB NOTE 6**  
**不確かさの求め方**  
**(電気試験/冷凍空調試験分野)**



**JAB**

2006

財団法人 日本適合性認定協会



# JAB NOTE 6

## 不確かさの求め方（電気試験／冷凍空調試験分野）

試験所技術委員会承認 June 6, 2006  
(財) 日本適合性認定協会 試験所認定部

### 目 次

1. はじめに	5
2. 適用範囲	5
3. 引用文書及び参考文献	5
4. 用語	5
5. 冷暖房能力試験における不確かさ推定のための指針	7
5.1 冷暖房能力試験における測定の手順の選択、原理・原則の確認	7
5.2 冷暖房能力試験における数学モデルの構築	9
5.3 冷房能力試験における不確かさの推定の事例	9
5.3.1 「室形カロリメータ」法による冷房能力試験における数学モデルの構築	9
5.3.2 「室形カロリメータ」法による冷房能力試験における測定の不確かさのバジェットシート	10
5.4 暖房能力試験における不確かさの推定の事例	16
5.4.1 「空気エンタルピ」法による暖房能力試験の数学モデルの構築	16
5.4.2 「空気エンタルピ」法による暖房能力試験における測定の不確かさのバジェットシート	16
6. おわりに	20
附属書A 不確かさの推定に関する一般原理	21
A.1 不確かさの概念	21
A.2 不確かさの評価方法	21
A.3 タイプA及びタイプBの不確かさの評価	22
A.4 タイプAの不確かさの評価	22
A.5 タイプBの不確かさの評価	22
A.6 合成標準不確かさの算出	23
A.7 拡張不確かさの算出と丸め方	24
A.8 結果の表示	25
附属書B 矩形分布の標準偏差	27
附属書C 「室形カロリメータ」法による冷房能力試験における数学モデル	28

附属書D	「空気エンタルピ」法による暖房能力試験の数学モデル.....	29
附属書E	適用規格で規定された冷暖房能力試験における試験条件.....	31
附属書F	適用規格で規定された測定の不確かさ及び許容差 .....	32
附属書G	電力計の測定の不確かさについて.....	33

## 1. はじめに

本文書は、冷凍空調機器の性能試験及び消費電力試験における測定の不確かさの推定について述べたものである。不確かさの一般原理や計算手法は他分野のものと何ら変わることはない。しかし、実際のケースに当てはめると計算式の適用方法などで解釈の相違が出てくる可能性がある。したがって、具体例を示すことによって冷凍空調試験所が利用できるようなものである。

## 2. 適用範囲

本文書は、冷凍空調暖房機器の性能試験及び消費電力試験を実施する試験所が、試験結果に対する測定の不確かさを推定するために適用する。また、試験所認定に係る審査の参照文書として適用する。

## 3. 引用文書及び参考文献

- 1) JIS B 8615-1:1999 エアコンディショナ（原国際規格：ISO 5151：1994）—第1部：直吹き形エアコンディショナとヒートポンプ—定格性能及び運転性能試験方法  
Non-ducted air conditioners and heat pumps -- Testing and rating for performance
- 2) JIS C 9612:2005 ルームエアコンディショナ
- 3) JIS Q 17000:2005 適合性評価—用語及び一般原則
- 4) JIS Z 8101-1:1999 統計—用語と記号—第1部：確率及び一般統計用語
- 5) JIS Z 8103:2000 計測用語
- 6) JIS Z 8401:1999 数値の丸め方
- 7) ISO 3534-1:1993 Statistic- Vocabulary and symbols- Part1:Probability and general statistical terms
- 8) International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology (VIM):1993
- 9) Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM):1993
- 10) 計測における不確かさの表現のガイド:2000（日本規格協会）
- 11) JAB NOTE 4 不確かさの求め方（電気試験／大電力試験分野）

## 4. 用語

- 測定量 (measurand) (VIM 2.6)  
測定の対象となる特定の量。
- 真の値 (true value) (VIM 1.19)  
ある特定の量の定義と合致する値。
- (測定)の誤差 (error (of measurement)) (VIM 3.10)  
測定の結果から測定量の真の値を引いたもの。
- 測定の不確かさ (uncertainty of measurement) (VIM 3.9)  
測定の結果に付随した、合理的に測定量に結び付けられ得る値のばらつきを特徴づけるパラメータ。
- 試験 (testing) (ISO 17000)  
活動又はプロセスを実行するために規定された方法に従った、適合性評価の対象の一つ以上

の特性の確定。

- 校正 (calibration) (VIM 6.11)

計器又は測定システムによって指示される量の値、若しくは、実量器又は標準物質によって表される値と、標準によって実現される対応する値との間の関係を、特定の条件下で確定する一連の作業。

- 感度 (sensitivity) (VIM 5.10)

計器の応答の変化を、対応する刺激の変化で除したもの。

- (表示装置の) 分解能 (resolution (of a displaying device)) (VIM 5.12)

有意に識別され得る表示装置の指示の間の最小の差異

- 計器の (指示) 誤差 (error (of indication) of a measuring instrument) (VIM 5.20)

計器の指示から対応する入力量の真の値を減じたもの

- 正規分布、ガウス分布 (normal distribution, Laplace-Gauss distribution) (JIS Z8101-1, 1.25)

確率密度関数が

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right], \quad -\infty < x < \infty$$

で与えられる連続変数の分布。

- 矩形分布 (uniform distribution, rectangular distribution) (JIS Z8101-1, 1.24)

確率密度関数が有限区間 [a, b] で一定の値、区間外で 0 となる分布。

- 相関 (correlation) (ISO 3534-1)

2 個以上の確率変数をもつある分布の範囲での、2 個又は数個の確率変数の間の関係。

- 標準偏差 (standard deviation)

分散の正の平方根。

- 実験標準偏差 (experimental standard deviation) (VIM 3.8)

実験分散の正の平方根であり次式で表される。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$x_i$  = 測定値  
 $\bar{x}$  = その平均値  
 $n$  = 測定回数

- 信頼水準 (level of confidence) (ISO 3534-1)

ある信頼区間又はある統計的包含区間に関連する確率の値 (1- $\alpha$ )。

- 標準不確かさ (standard uncertainty) (GUM 2.3.1)

標準偏差で表される、測定の結果の不確かさ。

- 合成標準不確かさ (combined standard uncertainty) (GUM 2.3.4)

測定の結果が幾つかの他の量の値から求められるときの、測定の結果の標準不確かさ。これは、これらの各量の変化に応じて測定結果がどれだけ変わるかによって重み付けした、分散又は他の量との共分散の和の正の平方根に等しい。

- 包含係数 (coverage factor) (GUM 2.3.6)

拡張不確かさを求めるために合成標準不確かさに乗ずる数として用いられる数値係数。

- 拡張不確かさ (expanded uncertainty) (GUM 2.3.5)

測定量に合理的に結び付けることができる値の分布の大部分を含むと期待される測定結果について一定の区間を定義する量。

- 国家標準 (national standard) (VIM 6.3)

国家的な決定によって認められた標準であって、当該量の他の標準に値付けするための基礎として国内で用いられるもの。

- 参照標準 (reference standard) (VIM 6.6)  
一般に、ある場所又はある組織内で利用できる最高の測定性能をもち、そこで行われる測定の基になる標準。
- トレーサビリティ (traceability) (VIM 6.10)  
不確かさがすべて表記された、切れ目のない比較の連鎖を通じて、通常は国家標準又は国際標準である決められた標準に関連づけられ得る測定結果又は標準の値の性質。  
(注) この概念はしばしばトレーサブルという形容詞で表現される。
- 測定システム (measuring system) (VIM 4.5)  
特定の測定をおこなうために組み立てられた、計器と他の装置との組合せ。
- rss 法 (root sum square method)  
測定結果の不確かさに寄与する成分を合成して合成標準不確かさを求めるための計算方法。不確かさの伝播則により、各成分の二乗和の平方根 (root sum square) の計算になるので、このように呼ばれることがある。  
例： $\sqrt{2^2 + 3^2 + 6^2} = 7$
- 出力量 (output quantity)  
測定量の、それを導出する過程における呼称。多くの場合、測定量は直接には測定されず、他の複数個の量から関数関係によって決定されるので、その関数によるプロセスの出力という意味で出力量とよばれる。
- 入力量 (input quantity(ies))  
出力量を求めるために、直接測定される量、及び引用、推定等によって決定される量。通常、複数あり、これらから関数関係によって出力量が決定される。

## 5. 冷暖房能力試験における不確かさ推定のための指針

附属書Aの不確かさの推定に関する評価手順に従い、冷暖房能力試験における測定の不確かさについて考察した事例を以下に示す。ただし、試験室の大きさや供試品の据付位置の影響は無視できないため、「試験所間比較試験」又は「技能試験」により冷暖房能力試験が適切に実施できることを予め確認しておく必要がある（附属書E参照）。

### 5.1 冷暖房能力試験における測定の手順の選択、原理・原則の確認

冷暖房能力試験における測定手順、測定の原理・原則などの概要は、3章の引用文書 JIS B 8615-1等の適用規格などに記載されているので、ここでは省略する。

#### a) 冷暖房能力試験装置

冷暖房能力試験は、以下に示す「図5.1 平衡式室形熱量測定装置」（以下、室形カロリメータという）又は「図5.2 空気エンタルピ測定装置」が使用される。冷暖房能力試験のうち、暖房低温能力試験は「空気エンタルピ測定装置」で測定しなければならないが、これ以外は、どちらの装置を使用してもよい。ここでは、冷房能力試験は室形カロリメータを、暖房能力試験は空気エンタルピ測定装置を使用する場合の不確かさを推定する。供試品はこれらの測定装置に設置され、規定された電圧、温湿度条件などのもとに運転され冷暖房能力が測定される。

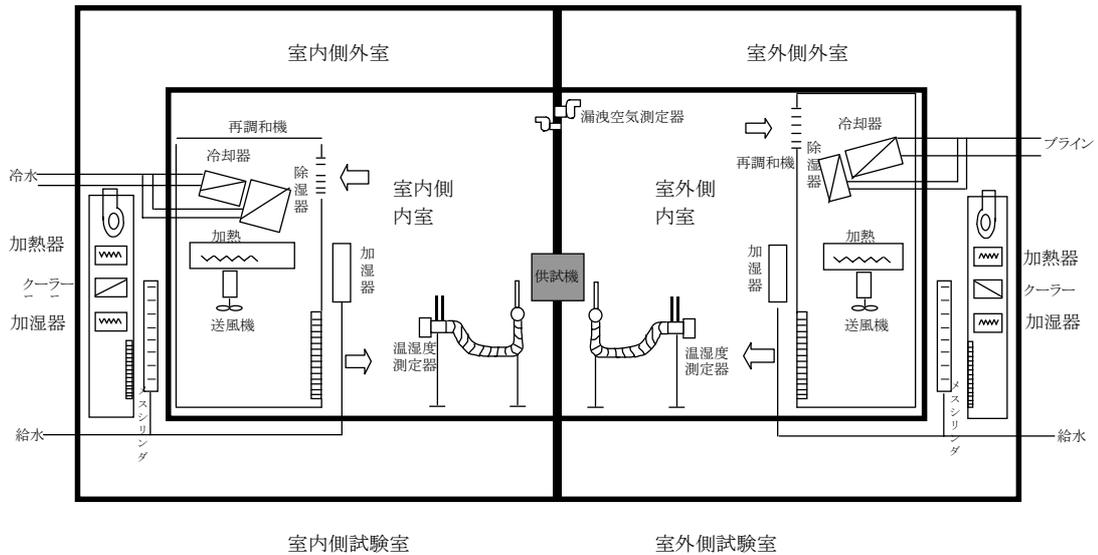


図5.1 平衡式室形熱量測定装置概要図

出典：(社) 日本冷凍空調工業会

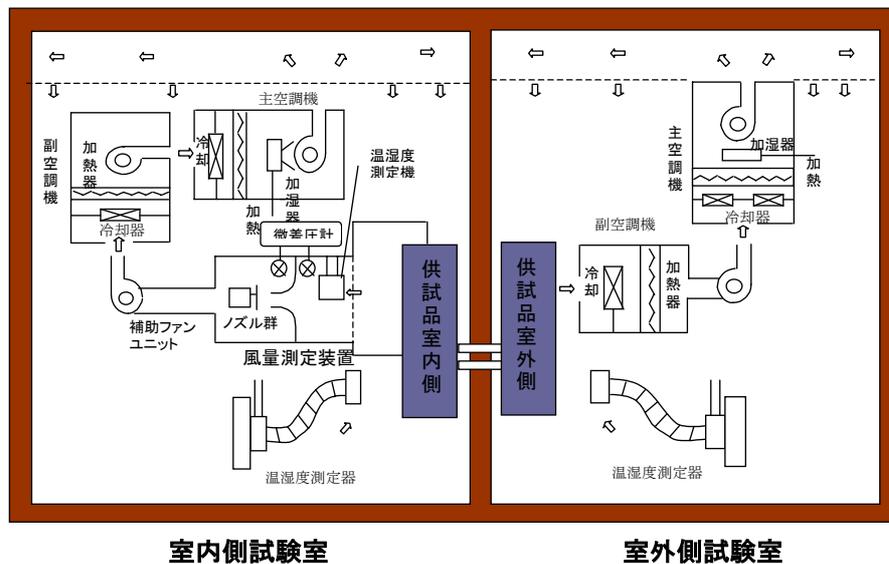


図5.2 空気エンタルピー測定装置概要図

出典：(社) 日本冷凍空調工業会

b) 冷暖房能力試験における測定系の構成

- 1) 「図5.1 室形カロリーメータ」で使用される測定機器、
  - 水関係：温度計、温度差計、体積流量計
  - 空気関係：乾球温度計、湿球温度計
  - その他：電力計、時(間)計、質量計、速度計

2) 「図5.2 空気エンタルピ装置」で使用される測定機器

空気関係：乾球温度計、湿球温度計、体積流量計、差圧計、大気圧計

その他：電力計、時(間)計、質量計、速度計

c) 冷暖房能力試験における試験条件

試験条件は適用規格で定められている場合がある（附属書E参照）。

5.2 冷暖房能力試験における数学モデルの構築

1) 冷房能力の算出方法

室形カロリメータ法による冷房能力は、次の式によって算出する。

$$\phi_{tci} = P_t + (h_{w1} - h_{w2})W_r + \phi_{Lp} + \phi_{Lr} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、

- $\phi_{tci}$ ： 冷房能力 [W]
- $P_t$ ： 室内側熱量計への全入力合計 [W]
- $h_{w1}$ ： 湿度を維持するために供給した水のエンタルピ [J/kg]
- $h_{w2}$ ： 室内側熱量計を出る凝縮した水のエンタルピ [J/kg]
- $W_r$ ： 要求湿度を維持するために室内側へ供給した加湿器の蒸発量 [kg/s]
- $\phi_{Lp}$ ： 室外側から室内側への中央隔壁を通過する熱侵入 [W]  
検証試験によって決定する。
- $\phi_{Lr}$ ： 床、壁（中央隔壁を除く）、天井を通して室内側への熱侵入 [W]  
検証試験によって決定する。

2) 暖房能力の算出方法

空気エンタルピ法による暖房能力は、次式によって算出する。

$$\phi_{hi} = \frac{c_{pa}q_{mi}(t_{a2} - t_{a1})}{v_a(1+x)} + q_L \dots\dots\dots (2)$$

ここに、

- $\phi_{hi}$ ： 暖房能力 [W]
- $q_{mi}$ ： 測定位置での風量 [m<sup>3</sup>/s]
- $c_{pa}$ ： 空気の比熱 [J/(kg·K)]
- $t_{a1}$ ： 室内側吸込空気の乾球温度 [°C]
- $t_{a2}$ ： 室内側吹出空気の乾球温度 [°C]
- $v_a$ ： 風量測定位置での空気比体積 [m<sup>3</sup>/kg]
- $x$ ： 風量測定位置での空気絶対湿度 [kg/kg (DA)]
- $q_L$ ： 熱損失補正 [W]

5.3 冷房能力試験における不確かさの推定の事例

5.3.1 「室形カロリメータ」法による冷房能力試験における数学モデルの構築

附属書Cの方法により「室形カロリメータ」法による冷房能力の不確かさを求めると、

次式で表現できる。

$$\begin{aligned}
 u^2(\phi_{tci}) = & u_{P_t}^2 + (c_w W_r)^2 (u_{tw1}^2 + u_{tw2}^2) + (h_{w1} - h_{w2})^2 u_{W_r}^2 \\
 & + R_{Lp}^2 (u_{tLp1}^2 + u_{tLp2}^2) + R_{Lr}^2 (u_{tLr1}^2 + u_{tLr2}^2) \\
 & \dots\dots\dots (3)
 \end{aligned}$$

ここに、

- $u(\phi_{tci})$  : 冷房能力の不確かさ [W]
- $u_{P_t}$  : 室内側熱量計への全入力の不確かさ [W]
- $c_w$  : 要求湿度を維持するために室内側熱量計の加湿器に供給する水の比熱 [J/(kg・K)]
- $u_{tw1}$  : 要求湿度を維持するために供給した水の室内側熱量計に入るときの温度の不確かさ [K]
- $u_{tw2}$  : 室内側熱量計を出る凝縮した水の温度の不確かさ [K]
- $u_{W_r}$  : 要求湿度を維持するために室内側熱量計の加湿器に供給する水量(蒸発量)の不確かさ [kg/s]
- $R_{Lp}$  : 室外側と室内側との中央隔壁の熱漏洩係数 [W/K]  
検証試験によって決定する。
- $u_{tLp1}$  : 室外側の中央隔壁温度の不確かさ [K]
- $u_{tLp2}$  : 室内側の中央隔壁温度の不確かさ [K]
- $R_{Lr}$  : 床、壁(中央隔壁を除く)及び天井の熱漏洩係数[W/K]  
検証試験によって決定する
- $u_{tLr1}$  : 室外側の壁面温度の不確かさ [K]
- $u_{tLr2}$  : 室内側の壁面温度の不確かさ [K]

冷房能力の不確かさを推定するためには、通常、考慮される各種の寄与成分毎に不確かさをあらかじめ推定する必要がある。ただし、要求湿度を維持するために供給した水が室内側熱量計に入るときのエンタルピ及び室内側熱量計を出る凝縮した水のエンタルピは予め計算し、また室外側と室内側との中央隔壁の熱漏洩係数並びに床、壁(中央隔壁を除く)及び天井の熱漏洩係数は検証試験などによって別途求める。

### 5.3.2 「室形カロリメータ」法による冷房能力試験における測定の不確かさのバジェットシート

まず、冷房能力試験の測定量毎に不確かさに寄与する主要な要因と不確かさの推定根拠を確認する。続いて、標準不確かさ、合成標準不確かさ及び拡張不確かさを算出する。

不確かさの要因と不確かさの推定根拠は次のようなものが挙げられるが、これに限らない。

- 1) 測定施設の構造差による不確かさ(ここでは考慮しない。)
- 2) 供試品の配置による不確かさ(供試品の配置は予め定められているものとする。)
- 3) 測定手順による不確かさ(測定手順は予め定められているものとする。)
- 4) 測定条件による不確かさ(測定条件は試験規格に規定されているものとする。)
- 5) 参照標準の校正による不確かさ(校正証明書に記載の拡張不確かさの値)
- 6) 参照標準との比較検証又は内部校正による不確かさ(許容値内に入っていることの検証)

- 値又は内部校正值)
- a) 測定器の分解能 (メーカー仕様値)
  - b) 測定器の感度 (メーカー仕様値)
  - c) 測定器の直線性 (メーカー仕様値又は実測値)
  - d) 測定器のドリフト (メーカー仕様値又は実測値)
- 7) 測定の繰り返し性による不確かさ (測定の繰り返し)
    - a) 同一人物による繰り返し (実測値)
    - b) 異なる人物による繰り返し (実測値)
  - 8) 測定時間 (時間変動) による不確かさ (実測値)
  - 9) 測定位置 (空間分布) による不確かさ (実測値)
  - 10) コンピュータのビット数による切り捨て誤差 (メーカー仕様値)
  - 11) 演算処理による不確かさ (制作者仕様値又は実測値)
  - 12) 不確かさの丸め誤差 (注 5) JIS Z 8401 等を参照のこと。

計算例として、「室形カロリメータ」による冷房能力試験における測定の不確かさのバジェットシートを表 5.2 に示す。

なお、この表 5.2 のバジェットシートは、次の冷房能力の測定結果に基づき算出している。

#### 冷房能力の測定の結果

- 1) 型式: 分離壁掛け型、定格冷房能力: 2500 W
- 2) 測定の結果
  - a) 供試品: 試験周波数 50 Hz、電圧 100.0 V、電流 11.82 A、冷房消費電力 1040.0 W
  - b) 冷房能力試験条件
 

室内側吸込空気温度	乾球温度 26.99 °C、湿球温度 19.00 °C
室外側吸込空気温度	乾球温度 35.01 °C、湿球温度 24.01 °C
  - c) 冷房能力試験条件 (附属書 E 参照) 以外の測定の結果

表 5.1 冷房能力試験条件以外の測定の結果

No	測定項目	測定結果	単位	(1)式による冷房能力算出		単位
1	室内側熱量計への全入力 (室内から単位時間あたりに除去できる熱量)	2502.0	W	(1)式の第1項	2502.	W
2	入口加湿水温	27.26	°C	(1)式の第2項	13.8	W
3	出口加湿水温	14.72	°C	加湿水による熱侵入		
4	加湿器の蒸発水量	0.000262 (参考) 0.942	kg/s kg/h	(参考) $4190 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ $\times W_r (\text{kg}/\text{s}) \times (t_{w2} - t_{w1}) (\text{K})$		
5	壁温(中央隔壁 室外側内室面)	35.18	°C	(1)式の第3項 中央隔壁を通過の熱侵入	34.0	W
6	壁温(中央隔壁 室内側内室面)	27.28	°C	(参考)熱漏洩係数 4.3 W/K		
7	壁温(中央隔壁以外の 室内側外室面)	27.07	°C	(1)式の第4項 中央隔壁以外の5面(床, 壁,天井)を通過の熱侵入	0.2	W
8	壁温(中央隔壁以外の 室内側内室面)	27.06	°C	(参考)熱漏洩係数 20.2 W/K		
				(1)式による冷房能力	2550.	W

表 5.2 「室形カロリメータ」による冷房能力試験における不確かさのバジェットシート

量	不確かさの要因	推定根拠	校正証明書 の値、実測 値等	確率分布	標準不確かさ の算定式	除数	感度 係数	標準 不確かさ (W)	自由度 (n-1)	(参考)	
										各量ごとの 標準不確かさ (表 5.1 参照)	附属書 F 適用規格規定の 不確かさ (表 F.1)
電力量	参照標準（電力量）の校正によるもの	校正証明書に記載の 拡張不確かさ	1.8 W	正規	(A11)式	2	1	0.9	∞	0.9 W, 0.3 W ↓ 0.95 W (0.04%)	0.5 %
	測定用電力計の検証試験によるもの（参照標準との比較）	許容差（※1）	0.5 W	矩形	(A6)式	1.73	1	0.3	∞		
	電力測定の繰り返し性及び時間変動によるもの	繰り返し測定	2.5 W	正規	(A5)式	1	1	2.5	9		
入口 加湿 水温	参照標準（温度）の校正によるもの	校正証明書に記載の 拡張不確かさ	0.06 K	正規 (※2)	(A11)式	2 (※2)	$c_p W_r$ = 1.10 W/K	0.0	∞	0.03 K, 0.1 K ↓ 0.1 K	0.1 K
	入口加湿水温度計の検証試験によるもの（参照標準との比較）	許容差	0.2 K	矩形	(A6)式	1.73	1.10 W/K	0.1	∞		
	入口加湿水温度測定での繰り返し性及び時間変動によるもの	繰り返し測定	0.5 K	正規	(A5)式	1	1.10 W/K	0.6	9		
出口 加湿 水温	参照標準（温度）の校正によるもの	校正証明書に記載の 拡張不確かさ	0.06 K	正規	(A11)式	2	$c_p W_r$ = 1.10 W/K	0.0	∞	0.03 K, 0.1 K ↓ 0.1 K	0.1 K
	出口加湿水温度計の検証試験によるもの（参照標準との比較）	許容差	0.2 K	矩形	(A6)式	1.73	1.10 W/K	0.1	∞		
	出口加湿水温度測定での繰り返し性及び時間変動によるもの	繰り返し測定	0.5 K	正規	(A5)式	1.0	1.10 W/K	0.6	9		
加湿器の 蒸発水量	参照標準（水量）の校正によるもの	校正証明書に記載の 拡張不確かさ	1.5E-5 kg/s	正規	(A11)式	2.0	$h_{w1}-h_{w2}$ = 52 540 J/kg	0.4	∞	1.5E-5/2, 0.8E-5/1.73 ↓ 0.9E-5 kg/s (3.4 %)	5.0 %
	加湿器の蒸発水量計の検証試験によるもの（参照標準との比較）	許容差	0.8E-5 kg/s	矩形	(A6)式	1.73	52 540 J/kg	0.2	∞		
	加湿器の蒸発水量測定での繰り返し性及びサンプリング頻度によるもの	繰り返し測定	0.8E-5 kg/s	正規	(A5)式	1.0	52 540 J/kg	0.4	9		

量	不確かさの要因	推定根拠	校正証明書 の値、実測 値等	確率分布	標準不確かさ の算定式	除数	感度 係数	標準 不確かさ (W)	自由度 (n-1)	(参考)	
										各量ごとの 標準不確かさ (表 5.1 参照)	附属書 F 適用規格規定の 不確かさ (表 F.1)
壁温 (中央隔 壁 室外側 内室面)	参照標準 (温度) の校正によるもの	校正証明書に記載の拡張不確かさ	0.06 K	正規	(A11)式	2.0	$R_{Lp}$ =4.3 W/K	0.1	∞	0.03 K, 0.12 K ↓ 0.12 K	0.2 K
	温度計 (中央隔壁面吸込側) の検証試験によるもの (参照標準との比較)	許容差	0.2 K	矩形	(A6)式	1.73	4.3 W/K	0.5	∞		
	温度 (中央隔壁面吸込側) の測定の繰り返し性及び時間変動によるもの	繰り返し測定	0.2 K	正規	(A5)式	1.0	4.3 W/K	0.9	9		
壁温 (中央隔 壁 室内側 内室面)	参照標準 (温度) の校正によるもの	校正証明書に記載の拡張不確かさ	0.06 K	正規	(A11)式	2.0	$R_{Lp}$ =4.3 W/K	0.1	∞	0.03 K, 0.12 K ↓ 0.12 K	0.2 K
	温度計 (中央隔壁面吹出側) の検証試験によるもの (参照標準との比較)	許容差	0.2 K	矩形	(A6)式	1.73	4.3 W/K	0.5	∞		
	温度 (中央隔壁面吹出側) の測定の繰り返し性及び時間変動によるもの	繰り返し測定	0.2 K	正規	(A5)式	1.0	4.3 W/K	0.9	9		
壁温 (中央隔 壁以外の 室内側 内室面)	参照標準 (温度) の校正によるもの	校正証明書に記載の拡張不確かさ	0.06 K	正規	(A11)式	2.0	$R_{Lr}$ =20.2 W/K	0.6	∞	0.03 K, 0.12 K ↓ 0.12 K	0.2 K
	温度計 (中央隔壁以外の室内側内室面) の検証試験によるもの (参照標準との比較)	許容差	0.2 K	矩形	(A6)式	1.73	20.2 W/K	2.3	∞		
	温度 (中央隔壁以外の室内側内室面) の測定の繰り返し性、及び時間変動によるもの	繰り返し測定	0.2 K	正規	(A5)式	1.0	20.2 W/K	4.0	9		
壁温 (中央隔 壁以外の 室内側 外室面)	参照標準 (温度) の校正によるもの	校正証明書に記載の拡張不確かさ	0.06 K	正規	(A11)式	2.0	$R_{Lr}$ =20.2 W/K	0.6	∞	0.03 K, 0.12 K ↓ 0.12 K	0.2 K
	温度計 (中央隔壁以外の室内側外室面) の検証試験によるもの (参照標準との比較)	許容差	0.2 K	矩形	(A6)式	1.73	20.2 W/K	2.3	∞		
	温度 (中央隔壁以外の室内側外室面) の測定の繰り返し性、及び時間変動によるもの	繰り返し測定	0.2 K	正規	(A5)式	1.0	20.2 W/K	4.0	9		

量	不確かさの要因	推定根拠	校正証明書 の値、実測 値等	確率分布	標準不確かさ の算定式	除数	感度 係数	標準 不確かさ (W)	自由度 (n-1)	(参考)	
										各量ごとの 標準不確かさ (表 5.1 参照)	附属書 F 適用規格規定の 不確かさ (表 F.1)
システム 全体	冷房能力試験系の安定性 (温度 制御の不安定性を含む) 及び 再現性によるもの	繰り返し測定	25.0 W	正規	(A5) 式	1	1.0 W	25.0	9		
その他の 量	その他の要因に起因するもの (コンピュータのビット数の 制約による桁落ち等)	—	—	—	—	—	—	—	—		
合成標準 不確かさ								44.3	88 (※3)		
拡張 不確かさ							包含係数 k=2	88.5		88.5 W (3.5 %)	FDIS 5151 では 5.0% (※4)

- ※1 基準にとった値と、それに対して許容される限界の値との差 (JIS Z 81031 参照)。  
 ※2 不確かさの評価方法により、「正規分布」の場合と「矩形分布」の場合とがあり得る。  
 ※3 A12 式より求めた自由度  $\nu_{eff} (=n-1)$  は 88 であるから n は 89 となり、表 A.1 より信頼水準 95% で包含係数 k はほぼ 2 となる。  
 ※4 測定の不確かさが適用規格で規定されている場合がある (附属書 F 参照)。

表 5.2 に示されたように、推定される拡張不確かさは 88.5 W となる。したがって、冷房能力は次式で表現できる。

$$\text{冷房能力} = 2550 \text{ W} \pm 89 \text{ W} \quad (95\% \text{信頼水準、} k=2)$$

また、対定格の冷房能力を相対拡張不確かさで表現すると 3.5% となり、表記は次のようになる。

$$\text{相対拡張不確かさ (対定格)} = 3.5\% \quad (95\% \text{信頼水準、} k=2)$$

## 5.4 暖房能力試験における不確かさの推定の事例

### 5.4.1 「空気エンタルピ」法による暖房能力試験の数学モデルの構築

附属書Dの方法により「空気エンタルピ」法による暖房能力の不確かさを求めると、次式で表現できる。

$$u^2(\phi_{hi}) = \left\{ \frac{c_{pa}}{v_a(1+x)} \right\}^2 \left[ (t_{a2} - t_{a1})^2 u_{q_{mi}}^2 + q_{mi}^2 (u_{t_{a1}}^2 + u_{t_{a2}}^2) + \left\{ \frac{q_{mi}(t_{a2} - t_{a1})}{1+x} \right\}^2 u_x^2 \right] + R_L^2 (u_{t_{a1}}^2 + u_{t_{a2}}^2)$$

.....

(4)

ここに、

$u_{\phi_{hi}}$ :	暖房能力の不確かさ [W]
$u_{t_{a1}}$ :	室内側吸込空気乾球温度の不確かさ [K]
$u_{t_{a2}}$ :	室内側吹出空気乾球温度の不確かさ [K]
$u_x$ :	風量測定位置での絶対湿度の不確かさ [kg/kg (DA)]
$R_L$ :	受風室内から室内側への熱漏洩係数 [W/K] 検証試験によって決定する

上記以外の記号の説明は附属書Dを参照のこと。

### 5.4.2 「空気エンタルピ」法による暖房能力試験における測定の不確かさのバジェットシート

暖房能力試験の測定量毎に不確かさに寄与する主要な要因と不確かさの推定根拠を確認する。続いて、標準不確かさ、合成標準不確かさ及び拡張不確かさを算出する。

不確かさの要因と不確かさの推定根拠は5.3.2で示したようなものが挙げられる。

計算例として、「空気エンタルピ」法による暖房能力試験における測定の不確かさのバジェットシートを表5.4に示す。

#### 暖房能力の測定の結果

- 1) 型式: 分離壁掛け型、定格暖房能力: 4200 W
- 2) 測定の結果
  - a) 供試品: 試験周波数 (三相) 50 Hz、電圧 199.7 V、電流 4.94 A)、暖房消費電力 1536.0 W
  - b) 暖房能力試験条件
 

室内側吸込空気温度	乾球温度 20.02 °C、湿球温度 14.52 °C
室外側吸込空気温度	乾球温度 7.02 °C、湿球温度 6.02 °C

c) 暖房能力試験条件（附属書 E 参照）以外の測定の結果

表 5.3 暖房能力試験条件以外の測定の結果

No	測定項目	測定結果	単位	(2)式による暖房能力算出	計算結果	単位
1	室内側風量	0.221	m <sup>3</sup> /s	(2)式の分子 室内側風量	0.221	m <sup>3</sup> /s
2	室内側吸込空気の 乾球温度 湿球温度	20.02 14.52	°C	(2)式の分子 室内側吸込空気エンタルピ°	40.65	kJ/kg (DA)
3	室内側吹出空気の 乾球温度 湿球温度	36.47 20.13	°C	(2)式の分子 室内側吹出空気エンタルピ°	57.41	kJ/kg (DA)
				(2)式の右辺の第1項の 分子	3706.	m <sup>5</sup> /s <sup>3</sup>
4	風量測定位置での 空気比体積	0.884	m <sup>3</sup> /kg (DA)	(2)式の分母 風量測定位置での 空気比体積	0.884	m <sup>3</sup> /kg (DA)
5	風量測定位置での 空気絶対湿度	0.0083	kg/kg (DA)	(2)式の分母 風量測定位置での絶対湿度	0.0083	kg/kg (DA)
				(参考) 風量測定位置での空気比熱	1020	J/(kgK)
6	室内側大気圧	1008.8	hPa			
				(2)式の右辺の第1項の 分母	0.8913	-
				(2)式の右辺の第1項	4157.	W
				(2)式の右辺の第2項 室内側試験室(受風室) の熱損失補正 (参考)熱漏洩係数 7.42 W/K	122.1	W
				(2)式の暖房能力	4279.5	W

注：DA: Dry Air

表 5.4 暖房能力試験における不確かさのバジェットシート

量	不確かさの要因	推定根拠	校正証明書 の値、実測 値等	確率分布	標準不確かさ の算定式	除数	感度 係数	標準 不確かさ (W)	自由度 (n-1)
風量 (ノズル)	ノズルの検証による不確かさ (附属書D参照)	許容差 (※1)	0.007 m3/s	矩形	(A6)式	1.73	$c_{pa}(t_{a2}-t_{a1}) / \{v_a(1+x)\}$ = 18810 J/m3	76.0	∞
	風量の繰り返し性及び時間変動 による不確かさ	繰り返し測定	0.0005 m3/s	正規	(A5)式	1.0	18810 J/m3	9.4	9
室内側 吸込空気 の乾球 温度	参照標準 (温度) の校正による 不確かさ	校正証明書に記載の 拡張不確かさ	0.06 K	正規	(A11)式	2.0	$R^* = 252.8 \text{ W/K}$ (※2)	12.6	∞
	乾球温度計の検証試験による不 確かさ (参照標準との比較)	許容差	0.2 K	矩形 (※3)	(A6)式	1.73 (※3)	252.8 W/K	50.6	∞
	乾球温度計の繰り返し性及び時 間変動による不確かさ	繰り返し測定	0.1 K	正規	(A5)式	1.0	252.8 W/K	25.3	9
室内側 吹出空気 の乾球 温度	参照標準 (温度) の校正による 不確かさ	校正証明書に記載の 拡張不確かさ	0.06 K	正規	(A11)式	2.0	252.8 W/K	12.6	∞
	乾球温度計の検証試験による不 確かさ (参照標準との比較)	許容差	0.2 K	矩形	(A6)式	1.73	252.8 W/K	50.6	∞
	乾球温度計の繰り返し性及び時 間変動による不確かさ	繰り返し測定	0.1 K	正規	(A5)式	1.0	252.8 W/K	25.3	9
絶対湿度	絶対湿度の校正による不確かさ	校正証明書に記載の 拡張不確かさ	0.0005	正規	(A11)式	2.0	$c_{pa}q_{mi}(t_{a2}-t_{a1}) / \{v_a(1+x)^2\}$ = 4157 W	1.0	∞
	絶対湿度の検証試験による不確 かさ (参照標準との比較)	許容差	0.0005	矩形	(A6)式	1.73	4157 W	2.1	9
	絶対湿度の繰り返し性及び、時間 変動による不確かさ	繰り返し測定	0.0005	正規	(A5)式	1.0	4157 W	2.1	9
システム 全体	暖房能力試験系の安定性 (温度制 御の不安定性を含む) 及び再現性 による不確かさ (※4)	繰り返し測定	42.8 W	正規	(A5)式	1.0	1.0	42.8	9

量	不確かさの要因	推定根拠	校正証明書 の値、実測 値等	確率分布	標準不確かさ の算定式	除数	感度 係数	標準 不確かさ (W)	自由度 (n-1)
その他の 量	その他の要因に起因する不確かさ(コンピュータのビット数の制約による桁落ちなど)	—	—	—	—	—	—	—	—
合成標準 不確かさ								120.1	448(※5)
拡張 不確かさ							包含係数 k=2 (※5)	240.2	

※1 基準にとった値と、それに対して許容される限界の値との差 (JIS Z 81031 参照)。

$$\text{※2 } R^* = \sqrt{\left\{ \frac{c_{pa} q_{mi}}{v_n (1+x)} \right\}^2 + R_L^2}$$

※3 不確かさの評価方法により、「正規分布」の場合と「矩形分布」の場合とがあり得る。

※4 同一供試品による繰返し性試験による推定標準不確かさは、制御条件として JIS B 8615-1 表 12 能力試験の許容差により推定している (附属書 F 参照)。

※5 A12 式より求めた自由度  $v_{\text{eff}} (=n-1)$  は 252 であるから  $n$  は 253 となり、表 A.1 より信頼水準 95% で包含係数  $k$  はほぼ 2 となる。

表 5.4 に示されたように、推定される拡張不確かさは 240.2 W となる。したがって、暖房能力は次式で表現できる。

$$\text{暖房能力} = 4280 \text{ W} \pm 240 \text{ W} \quad (95\% \text{信頼水準、} k=2)$$

また、対定格の暖房能力を相対拡張不確かさで表現すると 5.6 % となり、表記は次のようになる。

$$\text{相対拡張不確かさ (対定格)} = 5.6 \% \quad (95\% \text{信頼水準、} k=2)$$

## 6. おわりに

本文書は、冷凍空調暖房機器試験所が ISO/IEC 17025 に適した試験所を構築するために必要な不確かさの推定の具体例を検討し、まとめたものである。

本文書は、必ずしも完全なものとは言えないが、今後各界のご批判を仰ぐこと及び審査の経験を積み重ねていくことにより、継続して改善していくことにする。

### 【JAB NOTEX 作成メンバー（敬称略、50 音順）】

#### JAB 試験所技術委員会／冷凍空調技術分科会

	氏名	所属
(主査)	五島 正雄	東京海洋大学海洋工学部
(委員)	相澤 重夫	ダイキン工業株式会社
	海原 誠	松下電器産業株式会社
	神山 和明	社団法人日本電機工業会ルームエアコン技術委員会
	佐川 秀俊	社団法人日本冷凍空調工業会
	関田 真澄	社団法人日本冷凍空調学会
	瀬戸 誠	三菱電機株式会社
	西川 泉	三洋電機株式会社
	野中 重夫	財団法人日本適合性認定協会
(元委員)	大屋 英子	東芝キャリア株式会社
(事務局)	佐々波浩一	財団法人日本適合性認定協会
(元事務局)	小林 朋丙	財団法人日本適合性認定協会
	西 師毅	元 財団法人日本適合性認定協会

## 附属書A 不確かさの推定に関する一般原理

### A.1 不確かさの概念

ある測定を行う場合に、同じ測定を何回か繰り返して行くと、まったく同じ条件で行ったつもりでも、結果として得られる値はばらつく。測定者、測定装置、測定手法など、測定条件を変えて測定すれば、条件を変えたことによって測定の結果はばらつく。そのようなばらつきの幅が測定の不確かさである。

測定条件には制御できるものと制御できないものがある。測定を行う際には、前者（制御可能な条件）の全部又は一部が一定に保たれる。一定に保たれなかった条件（通常、制御の限界を超える部分）が測定結果に不確かさをもたらす。

「測定の不確かさ」を取り扱う中で、標準不確かさ  $u$ 、合成標準不確かさ  $u_c$ 、拡張不確かさ  $U$  の三つの概念が登場する。測定結果の報告に表記されるものは、通常、拡張不確かさである。測定を多数回行ったとして、ほとんどすべての場合に、測定結果が値  $y$  を中心として  $y-U$  から  $y+U$  までの間に入ると期待される時、 $U$  が拡張不確かさである。「ほとんどすべての場合」をどの程度とするかは任意であるが、多くの場合、95%の信頼の水準が採用される。95%の信頼の水準とは、同じ測定を20回行くとすればそのうちの19回はこの範囲を外れないと期待されるということの表現である。

### A.2 不確かさの評価方法

不確かさの求め方の手順を図A.1に示す。

多くの場合、測定量  $Y$  は直接には測定されず、他の  $N$  個の量  $X_1, X_2, \dots, X_N$  から決定される。この関数関係を数学モデルとよび、GUMに倣って、次式で表現することとする。

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad (\text{A1})$$

ここで、 $Y$  を出力量、 $X_1, X_2, \dots, X_N$  を入力量とよぶ。

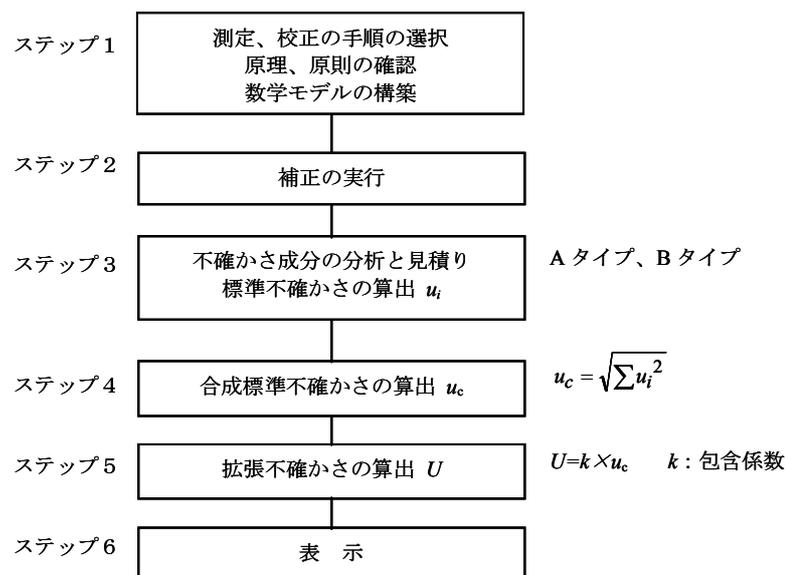


図 A.1 不確かさの求め方の手順

### A.3 タイプA及びタイプBの不確かさの評価

不確かさの評価方法には、次に示すA、B、2つのタイプがある。

タイプA： 一連の繰り返し測定結果の統計解析による評価。統計解析によって得られた標準偏差をもって標準不確かさとする。通常、正規分布（ガウス分布）を仮定する。

タイプB： 統計解析以外の方法による評価。分布の形（矩形分布であるか、正規分布であるか、など）に注意を払う必要がある。

### A.4 タイプAの不確かさの評価

多くの場合、測定は同一条件のもとで実験を何回か繰り返して行う。すなわち、測定量  $Q$  の推定値  $q$  を求めるために、実験を  $n$  回繰り返して行い、各実験で得られる観測値  $q_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) の平均値  $\bar{q}$  を求め、 $\bar{q}$  を推定値  $q$  とする。

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i \quad (\text{A2})$$

$q$  の確率分布の分散  $\sigma^2$  を推定するためには、観測値の実験分散  $s^2(q_k)$  を用いる。

$$s^2(q_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2 \quad (\text{A3})$$

この実験分散の正の平方根  $s(q_k)$  が実験標準偏差である。今の場合、実験標準偏差の自由度は  $n-1$  である。

平均値  $\bar{q}$  の分散は  $\sigma^2(\bar{q}) = \frac{\sigma^2}{n}$  で与えられる。従って、その推定値として

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s^2(q_k)}{n} \quad (\text{A4})$$

を用いる。 $s^2(\bar{q})$  を平均値の実験分散とよび、その正の平方根  $s(\bar{q})$  を平均値の実験標準偏差とよぶ。

以上の実験及び統計解析により、測定量  $Q$  の推定値  $q$  を平均値  $\bar{q}$  として求め、その標準不確かさ  $u(\bar{q})$  は平均値の実験標準偏差  $s(\bar{q})$  に等しいとして求める。

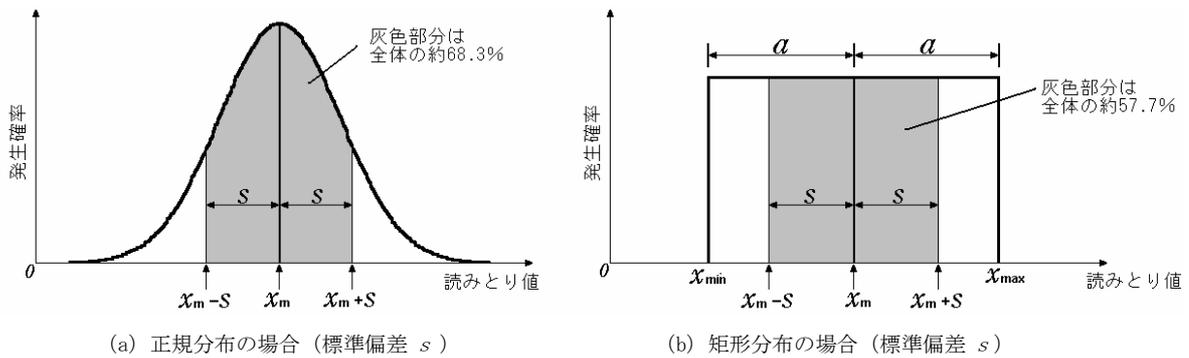
$$u(\bar{q}) = s(\bar{q}) \quad (\text{A5})$$

(注意1) 繰り返し実験の回数  $n$  は10回以上が望ましい。

### A.5 タイプBの不確かさの評価

繰り返し観測から求めたものではない入力量の推定値については、それに付随する標準不確かさを、入手できるすべての情報に基づく科学的判断によって評価する。評価して決定すべきものは、確率分布の形、標準不確かさ、及び（もし必要なら）自由度である。

確率分布には、正規分布、矩形分布、三角分布、台形分布、U字分布などがある。これらの中で最も多く使われる正規分布及び矩形分布を図A.2に示す。



図A.2 正規分布 (a) と矩形分布 (b) の標準偏差  $s$

入力量の推定値が下限  $x_{\min}$  と上限  $x_{\max}$  の間にあり、その間のどの値をも平等に取り得ると評価されるのであれば、それは図 A.2 (b) に示す矩形分布であり、標準不確かさは(A6)式で表される。

$$u(x) = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (\text{A6})$$

ここで、

$$a = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2} \quad (\text{A7})$$

である。本書では、 $a$  を (矩形分布の) 半幅と呼ぶことにする。

タイプBの評価をした不確かさの自由度  $\nu$  は、もし不確かさが校正証明書等に記載されたものであって、そこに包含係数及び信頼の水準への言及があれば、それらの情報から推定することができる。その様な言及がない場合には、推定した不確かさがどの程度信頼できるかを判断し、次式を使って求める。

$$\nu \doteq \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\left( \frac{\Delta u(x)}{u(x)} \right)^2} \quad (\text{A8})$$

ここで  $\Delta u$  は不確かさ  $u$  の不確かさである。

すなわち、例えば推定した不確かさに25%程度の不確かさがあると判断されるのであれば、これは  $\frac{\Delta u(x)}{u(x)} = \frac{1}{4}$  ということから、 $\nu = 8$  と求められる。

#### A.6 合成標準不確かさの算出

出力量の標準不確かさは、各入力量の標準不確かさを不確かさの伝播則に基づく方法、すなわち感度係数を乗じて二乗し、それらの和の平方根をとる方法 (rss法)、によって合成して求める。

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [c_i u(x_i)]^2} \quad (\text{A9})$$

ここで、 $u(x_i)$  は  $i$  番目の入力量  $X_i$  の標準不確かさ、 $c_i$  は  $Y$  の  $X_i$  に対する感度係数である。

感度係数は、(A1)式の数学モデルから、偏導関数  $\frac{\partial f}{\partial X_i}$  の  $X_i = x_i$  における値として求めることができる。関数の形が明確でないときなどは、 $X_i = x_i$  の近傍で  $x_i$  を微小量  $\Delta x_i$  だけ変化させ、その時の  $Y$  の値の変化  $\Delta y$  から

$$c_i = \frac{\Delta y}{\Delta x_i} \quad (\text{A10})$$

として求めることができる。

(参考1) (A9)式は入力量の間に関係がない場合の式である。関係がある場合の扱いについては、GUM等を参照していただきたい。

(参考2) (A9)式は不確かさの値（相対値ではない。）に関する式である。数学モデルの関数が入力量の積（商、べき乗を含む。）であるときは、(A9)式をそのまま使うと感度係数に多くの因子が入ってきて計算が複雑になる。この場合には、感度係数に含まれる因子に注意を払って(A9)式を変形すれば、相対不確かさに関して単純なrss法の式となる。

(参考3) 合成標準不確かさの算出は何段階かに分割して行ってもよい。特に、ある入力量の推定値の不確かさに寄与する成分が複数あるとき、それらの成分の標準不確かさを合成して当該入力量の標準不確かさとして求めておくことは、不確かさの評価を整理する上から望ましい。

#### A.7 拡張不確かさの算出と丸め方

拡張不確かさ  $U$  は、(A9)式で求めた合成標準不確かさ  $u_c(y)$  に包含係数  $k$  を乗じて算出する。

$$U = k u_c(y) \quad (\text{A11})$$

包含係数  $k$  は、測定自由度  $\nu$  及び信頼水準  $p$  に応じて決定される。包含係数は、一般論としては学生分布 ( $t$  分布) から求めるべきであるが、多くの場合、 $k=2$  を採用し、信頼水準  $p=95\%$  であるとされる。 $k=2$  で  $p=95\%$  を主張できるのは測定自由度  $\nu$  が20程度以上の場合である。

測定自由度  $\nu$  としては、合成標準不確かさに合成された各不確かさの自由度  $\nu_i$  を用いて、(A12)式によって計算される有効自由度  $\nu_{eff}$  を用いる。

$$\nu_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{u_i^4(y)}{\nu_i}} \quad (\text{A12})$$

ここで、  
である。

$$u_i(y) = c_i u(x_i) \tag{A13}$$

表A.1 スチューデントの  $t$  分布  
(測定数  $n$  の関数として、特定の信頼水準  $p\%$  に対する  $t$  の値)

$n \backslash p\%$	68.3	95.0	99.7
2	1.84	12.71	235.80
3	1.32	4.30	19.21
4	1.20	3.18	9.22
5	1.14	2.78	6.62
6	1.11	2.57	5.51
7	1.09	2.45	4.90
8	1.08	2.36	4.53
9	1.07	2.31	4.28
10	1.06	2.26	4.09
20	1.03	2.09	3.45
$\infty$	1.000	1.960	3.000
無限大	1.00	1.96	3.00

不確かさとして決定された数値自体も不確かさをもつ。不確かさの評価は、通常、その不確かさのもつ不確かさが5%程度に収まるように配慮して行う。多くの測定において  $k=2$  としてよいという根拠は、多くの測定において  $\nu \geq 20$  は達成されているがゆえに  $k=2$  で  $p=95\%$  を主張できるというところにある。

算出された拡張不確かさ  $U$  の値の表示は、その拡張不確かさの不確かさに見合ったものとする。通常、不確かさの不確かさは5%程度あると考えられるので、有効数字の桁数は2桁にとどめ、3桁以上にしない。

(参考4) 有効数字2桁に丸める場合、3桁目を四捨五入すればよい。このケースで不確かさの過小評価が最大となる1.04...の場合でも、3桁目を四捨五入したことによる不確かさの過小評価は5%未満だからである。しかし、有効数字1桁に丸める場合で切捨てによる過小評価が5%以上になる場合には、切上げる。(例：8.4→9)

#### A.8 結果の表示

不確かさを付与した測定結果は(A14)式のように表される。

$$y \pm U \tag{A14}$$

ここで、 $y$  (W)は測定結果、 $U$  (W)は拡張不確かさである。

しかし、不確かさを百分率  $\frac{U}{y} \times 100$  (%) で表示することも多い。この場合、測定結果を不

確かさをも含めて数式によって表示しようとするなら、(A15)式のようになる。

$$y (1 \pm \Delta \times 10^{-2}) (W) \quad (A15)$$

ここに、 $\Delta$ は百分率で表示した相対不確かさの数値、すなわち

$$\Delta = 100U/y \quad (A16)$$

を表す。

(注意2)  $yW \pm \Delta\%$ のような表示は避けなければならない。

(参考5) 拡張不確かさ  $U$ の最下位の有効桁は測定結果の値  $y$ の最下位の有効桁に揃える。

(参考6) 包含係数  $k$ を、本文書では一般的であるという理由で常に2としているが、GUMでは特定の数値にすることとせず、要求される信頼の水準を基に選択することとし、一般に2と3の間にあるとしている。いずれにせよ、 $k$ にどのような値を用いたかは不確かさの値と共に表記する。更に、もし可能であれば、自由度及び信頼の水準も表記する。

(例： $\text{O}W \pm \Delta W$  ここで、記号 $\pm$ に続く値は拡張不確かさであり、自由度 $\nu=50$ に対する  $t$ 分布に基づく包含係数  $k=2$  を用いて決定されたもので、95 パーセントの信頼の水準をもつと推定される区間を定める。)

## 附属書B 矩形分布の標準偏差

量  $X$  が値  $x$  をとる確率密度が下限  $\mu - a$  と上限  $\mu + a$  の間で一様に分布する場合を考える。  
この分布の確率密度関数を  $f(x)$  とすると、それは次の式で表される。

$$f(x) = \frac{1}{2a} \quad (\mu - a \leq x \leq \mu + a) \quad (\text{B1})$$

$$= 0 \quad (x < \mu - a, x > \mu + a)$$

(B2)

この分布の平均は  $\mu$  であり、分散  $\sigma^2$  は以下のように計算される。

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \cdot (x - \mu)^2 dx \\ &= \frac{1}{2a} \int_{-a}^a x^2 dx \\ &= \frac{a^2}{3} \end{aligned}$$

(B3)

従って、標準偏差  $\sigma$  は次式で与えられる。

$$\sigma = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (\text{B4})$$

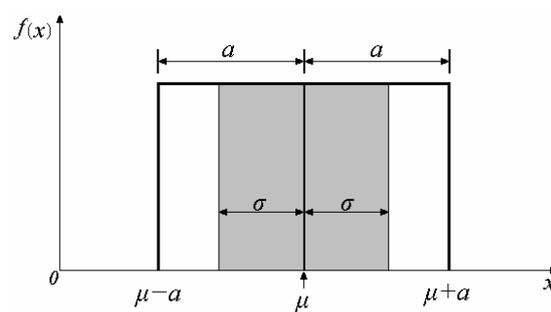


図 B.1 矩形分布

附属書C 「室形カロリメータ」法による冷房能力試験における数学モデル

「室形カロリメータ」法による冷房能力は、次の式によって算出する。

$$\phi_{ici} = P_t + (h_{w1} - h_{w2})W_r + \phi_{lp} + \phi_{lr} \dots \dots \dots (C1)$$

(C1)式は多変数の関数であり、(C2)式で表現する。

$$\phi_{ici} = f(P_t, h_{w1}, h_{w2}, W_r, t_{lp1}, t_{lp2}, t_{lr1}, t_{lr2}) \dots \dots \dots (C2)$$

ここに、 $t_{lp1}$ 及び $t_{lp2}$ はそれぞれ室外側及び室内側の中央隔壁温度を、また $t_{lr1}$ 及び $t_{lr2}$ はそれぞれ室外側及び室内側の壁面温度を表す。

(C2)式におけるすべての入力量が統計的に独立と仮定し、不確かさを求める式を(C3)式で表現する。

$$\begin{aligned} u^2(\phi_{ici}) &= \left(\frac{\partial f}{\partial P_t}\right)^2 u_{P_t}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial h_{w1}}\right)^2 u_{h_{w1}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial h_{w2}}\right)^2 u_{h_{w2}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial W_r}\right)^2 u_{W_r}^2 \\ &+ \left(\frac{\partial f}{\partial t_{lp1}}\right)^2 u_{t_{lp1}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial t_{lp2}}\right)^2 u_{t_{lp2}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial t_{lr1}}\right)^2 u_{t_{lr1}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial t_{lr2}}\right)^2 u_{t_{lr2}}^2 \\ &\dots \dots \dots (C3) \end{aligned}$$

ここで、

$$\begin{aligned} &\left(\frac{\partial f}{\partial h_{w1}}\right)^2 u_{h_{w1}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial h_{w2}}\right)^2 u_{h_{w2}}^2 \\ &= \left(\frac{\partial f}{\partial h_{w1}}\right)^2 \left(\frac{\partial h_{w1}}{\partial t_{w1}}\right)^2 u_{t_{w1}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial h_{w2}}\right)^2 \left(\frac{\partial h_{w2}}{\partial t_{w2}}\right)^2 u_{t_{w2}}^2 \\ &= c_w^2 \left\{ \left(\frac{\partial f}{\partial h_{w1}}\right)^2 u_{t_{w1}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial h_{w2}}\right)^2 u_{t_{w2}}^2 \right\} \\ &\dots \dots \dots (C4) \end{aligned}$$

ここに、 $c_w$ は供給水の比熱を表す。

であるから、(C3)式は(C5)式で表現できる。

$$\begin{aligned} u^2(\phi_{ici}) &= u_{P_t}^2 + c_w^2 W_r^2 (u_{tw1}^2 + u_{tw2}^2) + (h_{w1} - h_{w2})^2 u_{W_r}^2 + R_{lp}^2 (u_{ilp1}^2 + u_{ilp2}^2) \\ &+ R_{lr}^2 (u_{ilr1}^2 + u_{ilr2}^2) \\ &\dots \dots \dots (C5) \end{aligned}$$

ここに、 $R_{lp}$ は中央隔壁の熱漏洩係数を、また $R_{lr}$ は床、壁（中央隔壁を除く）及び天井の熱漏洩係数を表す。

附属書D 「空気エンタルピ」法による暖房能力試験の数学モデル

「空気エンタルピ」法による暖房能力は、次式によって算出する。

$$\phi_{hi} = \frac{c_{pa} \cdot q_{mi}(t_{a2} - t_{a1})}{v_a(1+x)} + q_L \dots\dots\dots (D1)$$

(D1)式は多変数の関数であり、(D2)式で表現する。

$$\begin{aligned} \phi_{hi} &= \frac{c_{pa} \cdot q_{mi}(t_{a2} - t_{a1})}{v_a(1+x)} + q_L \\ &= f(c_{pa}, q_{mi}, t_{a2}, t_{a1}, v_a, x, q_L) \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \quad (D2)$$

(D2)式について不確かさを求める式を(D3)式で表現する。

$$\begin{aligned} u^2(\phi_{hi}) &= \left(\frac{\partial f}{\partial c_{pa}}\right)^2 u_{c_{pa}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial q_{mi}}\right)^2 u_{q_{mi}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial t_{a1}}\right)^2 u_{t_{a1}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial t_{a2}}\right)^2 u_{t_{a2}}^2 \\ &\quad + \left(\frac{\partial f}{\partial v_a}\right)^2 u_{v_a}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 u_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial q_L}\right)^2 u_{q_L}^2 \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \quad (D3)$$

(D3)式におけるすべての入力量が統計的に独立と仮定し、空気の比熱及び風量測定位置での空気比体積の不確かさは無視できるとすると、(D4)式で表現できる。

$$\begin{aligned} u^2(\phi_{hi}) &= \left(\frac{\partial f}{\partial q_{mi}}\right)^2 u_{q_{mi}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial t_{a1}}\right)^2 u_{t_{a1}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial t_{a2}}\right)^2 u_{t_{a2}}^2 \\ &\quad + \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 u_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial q_L}\right)^2 u_{q_L}^2 \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \quad (D4)$$

ここで、室内側試験室（受風室）からの熱漏洩係数  $R_L$  を用いると、

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial f}{\partial q_L}\right)^2 u_{q_L}^2 &= \left(\frac{\partial f}{\partial q_L}\right)^2 \left(\frac{\partial q_L}{\partial t_{a1}}\right)^2 u_{t_{a1}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial q_L}\right)^2 \left(\frac{\partial q_L}{\partial t_{a2}}\right)^2 u_{t_{a2}}^2 \\ &= R_L^2 \left\{ \left(\frac{\partial f}{\partial q_L}\right)^2 u_{t_{a1}}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial q_L}\right)^2 u_{t_{a2}}^2 \right\} \\ &= R_L^2 (u_{t_{a1}}^2 + u_{t_{a2}}^2) \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \quad (D5)$$

(D4)式と(D5)式から、

$$\begin{aligned}
u^2(\phi_{hi}) &= \left\{ \frac{c_{pa}(t_{a2} - t_{a1})}{v_a(1+x)} \right\}^2 u_{q_{mi}}^2 + \left\{ \frac{c_{pa}q_{mi}}{v_a(1+x)} \right\}^2 (u_{t_{a1}}^2 + u_{t_{a2}}^2) \\
&+ \left\{ \frac{c_{pa}q_{mi}(t_{a2} - t_{a1})}{v_a(1+x)^2} \right\}^2 u_x^2 + R_L^2(u_{t_{a1}}^2 + u_{t_{a2}}^2) \\
&= \left\{ \frac{c_{pa}}{v_a(1+x)} \right\}^2 \left[ (t_{a2} - t_{a1})^2 u_{q_{mi}}^2 + q_{mi}^2 (u_{t_{a1}}^2 + u_{t_{a2}}^2) + \left\{ \frac{q_{mi}(t_{a2} - t_{a1})}{1+x} \right\}^2 u_x^2 \right] \\
&+ R_L^2(u_{t_{a1}}^2 + u_{t_{a2}}^2) \\
&\dots\dots\dots (D6)
\end{aligned}$$

流量測定にノズルを使用する場合、ノズルの流量係数を  $C$ 、ノズルのスロート部の断面積を  $S$ 、差圧を  $\Delta p$  及び空気の比体積を  $v_a$  とすると、(D7)式から流量  $q_{mi}$  が求められる。

$$\begin{aligned}
q_{mi} &= CS\sqrt{\Delta p v_a} \\
&= g(\Delta p, v_a) \\
&\dots\dots\dots (D7)
\end{aligned}$$

ここでノズル通過時の空気密度は一定と仮定すると、流量の不確かさ  $u_{q_{mi}}$  は(D8)式となる。

$$\begin{aligned}
u_{q_{mi}} &= \left\{ \frac{\partial g}{\partial(\Delta p)} \right\} u_{\Delta p} \\
&= \frac{CS}{2} \sqrt{\frac{v_a}{\Delta p}} u_{\Delta p} \\
&\dots\dots\dots (D8)
\end{aligned}$$

したがって、ノズルを使用する場合は流量の代わりに差圧の不確かさ  $u_{\Delta p}$  等の要因に分解することにより、流量の不確かさ  $u_{q_{mi}}$  を求めることができる。

附属書E 適用規格で規定された冷暖房能力試験における試験条件

表E.1 冷房能力試験条件

項目	試験条件		
	T1	T2	T3
室内側吸込空気温度 (°C)			
乾球温度	27	21	29
湿球温度	19	15	19
室外側吸込空気温度 (°C)			
乾球温度	35	27	46
湿球温度	24	19	24
凝縮器水温 (°C)			
入口	30	22	30
出口	35	27	35
試験周波数 (Hz)	定格周波数		
試験電圧 (V)	定格電圧		
T1 = 温和な気候帯, T2 = 低温気候帯, T3 = 高温気候帯			

JIS B 8615-1 表1より抜粋

表E.2 暖房能力試験条件

項目	標準試験条件
室内側吸込空気温度 (°C)	
乾球温度	20
湿球温度 (最高)	15
室外側吸込空気 (暖房標準能力) (°C)	
乾球温度	7
湿球温度	6
室外側吸込空気 (暖房低温能力) (°C)	
乾球温度	2
湿球温度	1
試験周波数 (Hz)	定格周波数
試験電圧 (V)	定格電圧

JIS B 8615-1 表6より抜粋

附属書F 適用規格で規定された測定の不確かさ及び許容差

表 F.1 冷暖房能力試験における測定の不確かさ

測定項目	測定の不確かさ
(水関係)	
温度	±0.1℃
温度差	±0.1℃
体積流量	±5%
差圧	±5Pa
(空気関係)	
乾球温度	±0.2℃
湿球温度	±0.2℃
体積流量	±5%
差圧	圧力 ≤ 100Pa のもの : ±5Pa 圧力 > 100Pa のもの : ±5%
電力量	±0.5%
時間	±0.2%
質量	±1.0%
速度	±1.0%

JIS B 8615-1 表 10 より抜粋

表 F.2 冷暖房能力試験の平均値の試験条件からの許容差 (平均変動幅)

測定項目	平均変動幅	最大変動幅
室内側吸込空気温度		
乾球温度	±0.3℃	±1.0℃
湿球温度	±0.2℃	±0.5℃
室外側吸込空気温度		
乾球温度	±0.3℃	±1.0℃
湿球温度	±0.2℃	±0.5℃
室外側吹出空気温度		
乾球温度		±1.0℃
空気体積流量	±5%	±10%
電圧	±1%	±2%
水温度		
入口	±0.1℃	±0.2℃
出口	±0.1℃	±0.2℃
水体積流量	±1%	±2%
空気流への機外静圧	±5Pa	±10Pa

JIS B 8615-1 表 12 より抜粋

## 附属書G 電力計の測定の不確かさについて

一般に、電力量を測定する試験所は、参照標準を用いて試験に使用する電力計を試験所内で検証し、許容差内に入っていることを確認する。検証時点で測定の不確かさが発生するため、参照標準の校正値（校正証明書値）より大きくなることに留意する必要がある。この場合、測定の繰り返しによる不確かさなどが加わることになる。

一方、電力計の仕様値内に入っていることを確認した後、電力計の仕様値を用いる場合がある。この場合は、上記の繰り返し測定の場合と異なり、不確かさの値が大きくなる。

参考までに、電力量の仕様書記載例を示す。

1) 電力計の表示確度（仕様書記載のデータ）  $\text{rdg}^*;\text{reading}$ （読み値）、 $\text{rng}^*;\text{range}$ （レンジ）

± (0.1% of  $\text{rdg}^*$  + 0.1% of  $\text{rng}^*$ ) である。

2) 電力計の確度による不確かさ（校正後 3～12 カ月：仕様書記載のデータ）

上記確度に、0.1% of  $\text{rdg}^*$  の 0.5 を加算

3) 電力計の測定の繰り返し性と再現性による不確かさ

測定のトレーサビリティが取れているデジタル電力計を用いた電力測定を、例えば 10 回行ない、その平均値と標準偏差から変化の割合を求め正規分布とみなして標準不確かさを導く。表 G.1 に一例を示す。

表 G.1 繰り返し測定によるデータのばらつき

測定回数	電力測定値 (W)
1	2 397
2	2 396
3	2 396
4	2 397
5	2 397
6	2 397
7	2 398
8	2 398
9	2 397
10	2 397
平均値	2 397
標準偏差	2.00
標準不確かさ	2.00
相対標準不確かさ	0.1 (%)

電力量の不確かさは、冷房能力試験における基本量であり試験結果に大きな影響を及ぼすため、前者の方法により不確かさを求めることが推奨される。