



J C S S

不確かさの見積もりに関するガイド
登録に係る区分 :質量
計量器等の区分 :はかり
(第8版)

改訂 :平成 20年 5月 13日

独立行政法人製品評価技術基盤機構
認定センター

この指針に関する全ての著作権は、独立行政法人製品評価技術基盤機構に属します。この指針の全部又は一部転用は、電子的・機械的（転写）な方法を含め独立行政法人製品評価技術基盤機構認定センターの許可なしに利用することは出来ません。

発行所 独立行政法人 製品評価技術基盤機構
認定センター
住所 〒151-0066 東京都渋谷区西原 2丁目 49 - 10
TEL 03 - 3481 - 1921 (代)
FAX 03 - 3481 - 1937
E-mail jcoss@nite.go.jp
Home page <http://www.iajapan.nite.go.jp/jcoss>

目次

1. 前書き	5
1) 常用参照標準の不確かさ	5
2) はかり及びその関連機器に起因する不確かさ	5
3) 環境条件に起因する不確かさ	5
4) 校正作業に伴う不確かさ	6
2. 校正の不確かさ見積り事例 1 (電子式非自動はかり)	7
2.1 校正対象のはかりと校正用の常用参照標準	7
2.2 繰返し性の分散 n_r	7
2.3 丸め誤差の分散 n_d	7
2.4 偏置荷重による相対分散 n_e	7
2.5 正確さ	8
2.6 温度特性による相対分散 n_t	8
2.7 常用参照標準による相対分散 n_s	8
2.8 はかりの校正結果	8
3. 校正の不確かさ見積り事例 2 (電子式非自動はかり)	10
3.1 校正対象のはかりと校正用の常用参照標準	10
3.2 繰返し性の分散 n_r	10
3.3 丸め誤差の分散 n_d	10
3.4 偏置荷重による相対分散 n_e	10
3.5 正確さ	11
3.6 温度特性による相対分散 n_t	12
3.7 常用参照標準による分散 n_s	12
3.8 はかりの校正結果	12
4. 校正の不確かさ事例 3 (機械式非自動はかり)	13
4.1 校正対象のはかりと校正用の常用参照標準	13
4.2 繰返し性の分散 n_r	13
4.3 読み取り誤差の分散 n_d	13
4.4 偏置荷重による相対分散 n_e	13
4.5 正確さ	15
4.6 温度特性による相対分散 n_t	15
4.7 常用参照標準による相対分散 n_s	15
4.8 はかりの校正結果	15

電子式非自動はかり 機械式非自動はかりの校正の不確かさ評価（事例）

1. 前書き

はかり校正の不確かさを評価するために想定される要因について、以下のとおり列挙する。

1) 常用参照標準の不確かさ

はかり校正用の常用参照標準は、特定二次標準器により校正された又は特定二次標準器に連鎖した計量器により校正された分銅及びおもりで、校正事業を行う際の標準器として使用するものでなければならない。

分銅及びおもりに起因する不確かさは、

- ・ 質量校正の不確かさ
- ・ 安定性及び使用方法により生じる不確かさ
- ・ 空気浮力に起因する不確かさ
- ・ 磁性特性による不確かさ
- ・ 環境との温度差による不確かさ

などからなる。

2) はかり及びその関連機器に起因する不確かさ

電子式非自動はかり及び機械式非自動はかりは、種々の形式により広い範囲の性能を有する製品が多数販売されている。これら多種多様なはかりの評価を行うために、はかりの特性に起因するものと、測定台や風防ケースなどの関連機器に起因するものとに分類して検討する。

はかりの特性に起因する要因としては、

- ・ 感度誤差
- ・ 非直線性
- ・ ヒステリシス差
- ・ 感度の温度特性
- ・ 偏置荷重
- ・ 指示値の丸め誤差（デジタル指示の場合）
- ・ 指示値の読み取り誤差（アナログ指示の場合）
- ・ 繰返し性
- ・ 零点ドリフト
- ・ クリープ
- ・ 電気的な特性

などがある。

関連機器に起因する要因としては、

- ・ 強度
- ・ 磁性
- ・ 操作性
- ・ 帯電性

などがある。

3) 環境条件に起因する不確かさ

はかりは様々な環境条件で使用されるので、

- ・ 空気の流れ
- ・ 空気密度 温度 湿度
- ・ 振動
- ・ 測定台の傾き

- ・ 重力加速度の空間差
- ・ 磁場
- ・ 清浄性

などによって不確かさが生じ得る。

4) 校正作業に伴う不確かさ

校正作業に伴う不確かさは、

- ・ 校正の方法
- ・ はかりの操作技術

などに起因するものが挙げられる。

はかりの校正は、質量測定の信頼性の確認を目指すユーザを対象に、その要求を実現する評価手法を確立することが求められる。このため、各種の不確かさの要因の中で有意なものを選択し、ユーザの使用状況に即した現実的な不確かさを見積もることが重要である。

以下では、はかり校正の不確かさ見積りの事例 3つを紹介する。これらの事例ははかりの使用場所において、増加方向の荷重に対する空気中での測定に適用するものである。この 3つの事例について、1)メーカーが開示している技術情報、2)メーカーに照会して得た技術情報、3)経験に基づく専門家の判断などにより、下記のとおり校正の不確かさ要因を選択した。

なお、JCSS 制度におけるはかりの校正方法及びそれに伴う不確かさの見積り方法はこれらの事例に限られるものではない。

2. 校正の不確かさ見積り事例 1（電子式非自動はかり）

事例 1 として、DKD-R-7-1「Calibration of non-automatic electronic weighing instruments, Issue 98」を参照したはかり校正の不確かさ見積り事例を紹介する。ただし、校正結果の表記については、JCSS 制度にしたがった改訂を加えた。

2.1 校正対象のはかりと校正用の常用参照標準

ひょう量 $Max = 3100$ g、目量 $d = 0.1$ g

常用参照標準として管理された分銅を用いる。これらの分銅は、JCSS 校正証明書に記載された協定質量及びその不確かさ、並びに分銅の特性、協定質量の変化など分銅の使用時の不確かさを考慮して、協定質量についてはそれぞれ 200.0000 g、500.0000 g、1000.0000 g、1000.0000 g、2000.000 g で管理されており、また相対拡張不確かさ U_s （包含係数 $k = 2$ ）については 5.0×10^{-6} で管理されているものとする。

2.2 繰返し性の分散 n_r

荷重として、 $0.1Max$ 以上 Max 以下の範囲内にある $w_r = 2000$ g が選ばれた。はかりは各測定の前に指示値をゼロに設定され、荷重はひょう量皿の中心に置かれた。繰返し測定は少なくとも 6 回以上行う。6 回測定の結果を表 1 に示す。

表 1 繰返し性評価データ

測定順序 i	1	2	3	4	5	6
指示値 I_i [g]	2000.1	2000.1	2000.1	2000.2	2000.1	2000.1

繰返し性の分散 n_r は、

$$n_r = s^2 = 0.0017 \text{ g}^2$$

のように推定される。ここで、 s は 6 回測定の標準偏差である。

2.3 丸め誤差の分散 n_d

測定前の指示値ゼロ設定及び測定の指示値 I の読み取りにより、指示値の丸めの分散 n_d は、

$$n_d = 2 \times \frac{1}{12} \times d^2 = 2 \times \frac{1}{12} \times 0.1^2 = 0.0017 \text{ g}^2$$

のように推定される。

2.4 偏置荷重による相対分散 n_e

荷重として、 $0.3Max$ 以上 Max 以下の範囲内にある $w_e = 1000$ g が選ばれ、 $Max/3$ の荷重に正規化された中心と偏置荷重の指示値間の最大差を評価に用いる。はかりは各測定の前に指示値をゼロに設定され、荷重の負荷位置及び測定順序を図 1 の“ ”に示す。ここで、負荷位置は図 1 に示すような四つの区分の中央とする。測定の結果を表 2 に示す。

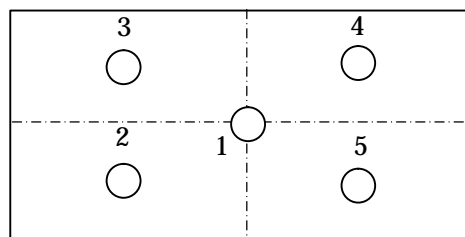


図 1 荷重の負荷位置

表2 偏置誤差評価データ

荷重の負荷位置 i	1	2	3	4	5
指示値 I_i [g]	1000.0	999.8	1000.1	1000.2	999.9
中心との差 [g]	-	- 0.2	0.1	0.2	- 0.1

偏置荷重による相対分散 n_e は、

$$n_e = \frac{1}{3} \times \left(\frac{E_1}{Max} \right)^2 = \frac{1}{3} \times \left(\frac{E}{3 \times W_e} \right)^2 = \frac{1}{3} \times \left(\frac{0.2}{3 \times 1000} \right)^2 = 14.8 \times 10^{-10}$$

のように推定される。ここで、 E は中心と偏置荷重の指示値間の最大差 0.2 g で、 E_1 は、

$$E_1 = E \times \frac{Max}{3 \times W_e}$$

のように $Max/3$ の荷重に正規化された中心と偏置荷重の指示値間の最大差である。

2.5 正確さ

評価は風袋荷重なし及びありにおいて行われた。測定の結果を表3に示す。表3において、荷重 $w_1(w_5)$ 、 $w_2(w_6)$ 、 w_3 、 w_4 は計量範囲にわたってほぼ均等に選ばれ、測定順序 $i=5, 6$ の場合は、 $0.25Max$ 以上 $0.5Max$ 以下の範囲内にある 1000 g の風袋荷重が選ばれた。はかりは各測定の前に指示値のゼロ設定又は風袋引きを行い、荷重はひょう量皿の中心に負荷された。

表3 正確さ評価データ

測定順序 i	1	2	3	4	5	6
風袋荷重 T_i [g]	0	0	0	0	1000	1000
荷重 w_i [g]	700.0000	1500.0000	2200.000	3000.000	700.0000	1500.0000
風袋引き後の指示値 I_i [g]	700.0	1500.0	2200.1	3000.1	700.0	1500.1
偏差 [g]	0.0	0.0	+0.1	+0.1	0.0	+0.1

それぞれの荷重において偏差を計算し、結果を表3に示す。

2.6 温度特性による相対分散 n_t

はかりは、温度変動環境 $\Delta t = 2$ K で校正された。また、感度の温度係数は $t_k \leq 5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ であることが、当該のはかりのメーカーにより保証されている。温度特性による相対分散 n_t は、

$$n_t = \frac{1}{12} \times (\Delta t \times t_k)^2 = \frac{1}{12} \times (2 \times 5 \times 10^{-6})^2 = 0.8 \times 10^{-11}$$

のように推定される。

2.7 常用参照標準による相対分散 n_s

この事例では、校正時の空気浮力及び協定質量の変化等の影響は、常用参照標準の相対拡張不確かさ U_s において管理されており、その包含係数 $k=2$ であるので、常用参照標準による相対分散 n_s は、

$$n_s = \left(\frac{U_s}{k} \right)^2 = \left(\frac{5.0 \times 10^{-6}}{2} \right)^2 = 0.6 \times 10^{-11}$$

で与えられる。

2.8 はかりの校正結果

はかり校正の拡張不確かさ U ($k=2$) は、

$$U = k \times \left[n_r + n_d + (n_e + n_t + n_s) \times I^2 \right]^{1/2} = 2 \times \left[0.0017 \text{ g}^2 + 0.0017 \text{ g}^2 + (14.8 + 0.08 + 0.06) \times 10^{-10} \times I^2 \right]^{1/2}$$

で与えられる。包含係数 $k=2$ は、およそ 95% の信頼レベルを意味する。
校正結果は表 4a の形で記載される。

表 4a 校正結果

風袋荷重	公称値	偏差	拡張不確かさ
0 g	700 g	0.0 g	0.13 g
0 g	1500 g	0.0 g	0.16 g
0 g	2200 g	+0.1 g	0.21 g
0 g	3000 g	+0.1 g	0.26 g
1000 g	700 g	0.0 g	0.13 g
1000 g	1500 g	+0.1 g	0.16 g

表 3 の正確さ評価データにおいて、偏差を一次式で表わす場合は、相対偏差 a_i 、

$$a_i = \frac{I_i - W_i}{W_i}$$

の平均 a と分散 n_a を、

$$a = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n a_i = \frac{1}{6} \times \sum_{i=1}^6 a_i = 0.000024$$

$$n_a = s_a^2 = \frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (a_i - a)^2 = \frac{1}{6-1} \times \sum_{i=1}^6 (a_i - 0.000024)^2 = 8.2 \times 10^{-10}$$

のように推定する。

はかり指示値の偏差 ΔI 及びその拡張不確かさ U ($k=2$) は、

$$\Delta I = a \times I = 0.000024 \times I$$

$$U = k \times \left[n_r + n_d + (n_e + n_t + n_s + n_a) \times I^2 \right]^{1/2} = 2 \times \left[0.0017 \text{ g}^2 + 0.0017 \text{ g}^2 + (14.8 + 0.08 + 0.06 + 8.2) \times 10^{-10} \times I^2 \right]^{1/2}$$

または、 U の近似式として、

$$U_0 = 0.12 \text{ g} (I = 0), U_{Max} = 0.32 \text{ g} (I = 3100 \text{ g})$$

$$U = U_0 + \frac{U_{Max} - U_0}{Max} \times I = 0.12 \text{ g} + \frac{0.32 - 0.12}{3100} \times I = 0.12 \text{ g} + 0.000065 \times I$$

で与えられる。

この場合は、表 4a の偏差及び拡張不確かさは表 4b になる。拡張不確かさは、一次式の適用による不確かさを加味され、大きくなっていることがわかる。

表 4b 校正結果（一次式適用）

風袋荷重	公称値	偏差	拡張不確かさ
0 g	700 g	+0.02 g	0.17 g
0 g	1500 g	+0.04 g	0.22 g
0 g	2200 g	+0.05 g	0.26 g
0 g	3000 g	+0.07 g	0.32 g
1000 g	700 g	+0.02 g	0.17 g
1000 g	1500 g	+0.04 g	0.22 g

3. 校正の不確かさ見積り事例 2（電子式非自動はかり）

3.1 校正対象のはかりと校正用の常用参照標準

ひょう量 $Max = 205 \text{ g}$ 、目量 $d = 0.1 \text{ mg}$

常用参照標準として管理された分銅を用いる。JCSS 校正証明書により、これらの分銅の協定質量と拡張不確かさ U_s （包含係数 $k=2$ ）は表 5 に示されたものとする。

表 5 常用参照標準

分銅公称値	分銅番号	協定質量	±	拡張不確かさ
100 mg	1	100 mg - 0.0017 mg	±	0.005 mg
20 g	2	20 g + 0.025 mg	±	0.025 mg
50 g	3	50 g - 0.032 mg	±	0.03 mg
100 g	4	100 g - 0.04 mg	±	0.05 mg
200 g	5	200 g + 0.02 mg	±	0.10 mg

3.2 繰返し性の分散 n_r

荷重として $w_{r1}=50 \text{ g}$ 、 $w_{r2}=200 \text{ g}$ が選ばれた。はかりは各測定の前に指示値をゼロに設定され、荷重はひょう量皿の中心に置かれた。10 回測定の結果をそれぞれ表 6a、6b に示す。

表 6a 繰返し性評価データ（荷重 50 g）

測定順序 i	1	2	3	4	5
指示値 I_i [g]	50.0000	50.0000	50.0001	50.0000	50.0000
測定順序 i	6	7	8	9	10
指示値 I_i [g]	50.0000	50.0001	50.0000	50.0000	50.0000

表 6b 繰返し性評価データ（荷重 200 g）

測定順序 i	1	2	3	4	5
指示値 I_i [g]	199.9999	200.0000	200.0000	199.9999	199.9998
測定順序 i	6	7	8	9	10
指示値 I_i [g]	199.9998	199.9999	200.0000	199.9999	199.9998

繰返し性の分散 n_{ri} ($i=1, 2$) は、

$$n_{r1} = s_1^2 = 0.0018 \text{ mg}^2 \quad (w_{r1}=50 \text{ g})$$

$$n_{r2} = s_2^2 = 0.0066 \text{ mg}^2 \quad (w_{r2}=200 \text{ g})$$

のように推定される。ここで、 s_i ($i=1, 2$) は 10 回測定の結果の標準偏差である。 n_{r1} は負荷荷重 $\leq 50 \text{ g}$ 、 n_{r2} は $50 \text{ g} < \text{負荷荷重} \leq Max$ において適用される。

3.3 丸め誤差の分散 n_d

測定前の指示値ゼロ設定及び測定の際の指示値 I の読み取りにより、指示値の丸めの分散 n_d は、

$$n_d = 2 \times \frac{1}{12} \times d^2 = 2 \times \frac{1}{12} \times 0.1^2 = 0.0017 \text{ mg}^2$$

のように推定される。

3.4 偏置荷重による相対分散 n_e

荷重として、 $0.3Max$ 以上 Max 以下の範囲内にある $w_e = 100 \text{ g}$ が選ばれ、 $Max/3$ の荷重に正規化された中心と偏置荷重の指示値間の最大差を評価に用いる。はかりは各測定の前に指示値をゼロに設定され、荷

重の負荷位置及び測定順序を図2の“ ”に示す。ここで、負荷位置は図2に示すような四つの区分の中央とする。測定の結果を表7に示す。

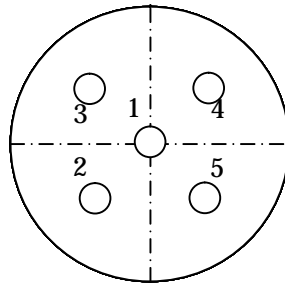


図2 荷重の負荷位置

表7 偏置誤差評価データ

荷重の負荷位置 i	1	2	3	4	5
指示値 I_i [g]	100.0000	99.9997	100.0002	100.0003	99.9998
中心との差 [mg]	-	- 0.3	0.2	0.3	- 0.2

偏置荷重による相対分散 n_e は、

$$n_e = \frac{1}{3} \times \left(\frac{E_1}{Max} \right)^2 = \frac{1}{3} \times \left(\frac{E}{3 \times W_e} \right)^2 = \frac{1}{3} \times \left(\frac{0.3}{3 \times 100000} \right)^2 = 33.3 \times 10^{-14}$$

のように推定される。ここで、 E は中心と偏置荷重の指示値間の最大差 0.3 mg で、 E_1 は、

$$E_1 = E \times \frac{Max}{3 \times W_e}$$

のように $Max/3$ の荷重に正規化された中心と偏置荷重の指示値間の最大差である。

3.5 正確さ

本事例では、依頼者との合意に基づいて、はかり校正の不確かさの推定において風袋荷重の影響を考慮しないものとする。

測定の結果を表8に示す。表8において、荷重 w_i は計量範囲にわたってほぼ均等に選ばれた。その中で、 w_1 は計量範囲の下限近くでの荷重である。ただし、下限近くでの荷重の選定方法はこの事例に限るものではない。はかりは各測定の前に指示値をゼロに設定され、荷重はひょう皿の中心に負荷された。

表8 正確さ評価データ

測定順序 i	1	2	3	4	5
分銅番号	1	2	3	2、3	4
荷重 w_i [g]	0.0999983	20.000025	49.999968	69.999993	99.999996
指示値 I_i [g]	0.1000	20.0000	50.0000	70.0001	100.0000
偏差 [mg]	+0.00	- 0.03	+0.03	+0.11	+0.04
測定順序 i	6	7	8	9	-
分銅番号	2、4	3、4	2、3、4	5	-
荷重 w_i [g]	119.99999	149.99993	169.99995	200.00002	-
指示値 I_i [g]	120.0000	149.9999	169.9999	199.9999	-
偏差 [mg]	+0.01	- 0.03	- 0.05	- 0.12	-

それぞれの荷重において偏差を計算し、結果を表8に示す。

3.6 温度特性による相対分散 n_t

はかりは、温度変動環境 $\Delta t = 1$ K で校正された。また、感度の温度係数は $t_k \leq 1.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ であることが、当該のはかりのメーカにより保証されている。温度特性による相対分散 n_t は、

$$n_t = \frac{1}{12} \times (\Delta t \times t_k)^2 = \frac{1}{12} \times (1 \times 1.5 \times 10^{-6})^2 = 18.8 \times 10^{-14}$$

のように推定される。

3.7 常用参照標準による分散 n_s

この事例では、校正目標の不確かさに比べて校正時の空気浮力及び協定質量の変化等による不確かさは無視できるものとする。したがって、常用参照標準による分散 n_s は、

$$n_s = \left(\frac{\sum_j U_{sj}}{k} \right)^2 = \left(\frac{\sum_j U_{sj}}{2} \right)^2$$

で与えられ、表 9 のように計算される。ここで、 j は常用参照標準の分銅の組合せ数である。

表 9 常用参照標準による分散

分銅番号	1	2	3	2、3	4
荷重 w [g]	0.0999983	20.000025	49.999968	69.999993	99.99996
分散 n_s [mg^2]	0.00001	0.0002	0.0002	0.0008	0.0006
分銅番号	2、4	3、4	2、3、4	5	-
荷重 w [g]	119.99999	149.99993	169.99995	200.00002	-
分散 n_s [mg^2]	0.0014	0.0016	0.0028	0.0025	-

3.8 はかりの校正結果

校正ポイントの負荷荷重 w において、はかり校正の拡張不確かさ U ($k=2$) は、

$$U = k \times [n_r + n_d + n_s + (n_e + n_t) \times W^2]^{1/2} = 2 \times [n_r + 0.0017 \text{ mg}^2 + n_s + (33.3 + 18.8) \times 10^{-14} \times W^2]^{1/2}$$

で与えられる。包含係数 $k=2$ は、およそ 95% の信頼レベルを意味する。

校正結果は表 10 のように記載される。

表 10 校正結果

公称値	偏差	拡張不確かさ
0.1 g	+0.00 mg	0.12 mg
20 g	- 0.03 mg	0.13 mg
50 g	+0.03 mg	0.14 mg
70 g	+0.11 mg	0.22 mg
100 g	+0.04 mg	0.24 mg
120 g	+0.01 mg	0.26 mg
150 g	- 0.03 mg	0.29 mg
170 g	- 0.06 mg	0.32 mg
200 g	- 0.12 mg	0.36 mg

4. 校正の不確か事例 3（機械式非自動はかり）

事例 3 として、日本工業規格 JIS B 7611-1 の技術要件を満たしている台手動はかりの校正の不確か見積り例を紹介する。

4.1 校正対象のはかりと校正用の常用参照標準

台手動はかりは掛量 1/50 で、定量増おもりは 5 kg、10 kg(No.1)、10kg(No.2)、20 kg 及び 50 kg のものから構成される。目盛さおの計量範囲は 0 kg ~ 5 kg である。

計量範囲 $Min \sim Max = 2.5 \text{ kg} \sim 100 \text{ kg}$ 、目量 $d = 50 \text{ g}$ 、目盛さおの目盛はひょう量皿側と外側に両面あり、目盛さおを釣合わせ、読み取り限界は目量 d の 1/10 とする。

本事例では、依頼者との合意に基づいて、はかり校正は目盛さおのひょう量皿側目盛のみについて行う

校正には常用参照標準として管理された分銅を用いる。これらの分銅は、JCSS 校正証明書に記載された協定質量及びその不確かさ、並びに分銅の特性、質量の経時変化など分銅の使用時の不確かさを考慮して、協定質量についてはそれぞれ 50.000 g、500.00 g、2.0000 kg、5.0000 kg、10.000 kg、20.000 kg で管理されており、また相対拡張不確かさ U_s （包含係数 $k=2$ ）については 5.0×10^{-4} で管理されているものとする。ただし、50 g の分銅は指示値を読み取り可能にするための調整荷重である。また、20 kg 分銅は 5 個である。

4.2 繰返し性の分散 n_r

荷重として、 $0.5 Max$ 以上 Max 以下の範囲にある $w_r = 60 \text{ kg}$ が選ばれた。定量増おもりとして、5 kg、50 kg が選ばれた。はかりは各測定の前に指示値をゼロに調整され、荷重はひょう量皿の中心に置かれた。繰返し測定は少なくとも 6 回以上行う。6 回測定の結果を表 11 に示す。

表 11 繰返し性評価データ

測定順序 i	1	2	3	4	5	6
指示値 I_i [kg]	59.980	59.970	59.970	59.960	59.970	59.980

繰返し性の分散 n_r は、

$$n_r = s^2 = 56.7 \text{ g}^2$$

のように推定される。ここで、 s は 6 回測定 of 標準偏差である。

なお、この事例では、一つの荷重を用いているが、それぞれの校正ポイントの荷重における校正結果の不確かさに対して、繰返し性の不確かさの過大または過小評価の影響を無視できない恐れがある場合は、複数の荷重を用いて評価するのは一つの対処方法である。例えば、3.校正の不確か見積り事例 2 はその一例である。

4.3 読み取り誤差の分散 n_d

本台手動はかりは、JIS B 7611-1 に定められた構造要件に満足しており、読み取り誤差の上限は目量 d の 1/3 とする。したがって、測定前の指示値ゼロ調整及び測定 of 指示値 I の読み取りにより、読み取り誤差の分散 n_d は、

$$n_d = \left(\sqrt{2} \times \frac{d/3}{\sqrt{3}} \right)^2 = 2 \times \frac{1}{27} \times d^2 = 2 \times \frac{1}{27} \times 50^2 = 185.2 \text{ g}^2$$

のように推定される。

4.4 偏置荷重による相対分散 n_e

荷重として $0.3 Max$ 以上 Max 以下の範囲内にある $w_e = 40 \text{ kg}$ が選ばれ、 $Max/3$ の荷重に正規化された中心と偏置荷重の指示値間の最大差を評価に用いる。定量増おもりとして、5 kg、10 kg(No.1)、20 kg が選ばれた。はかりは各測定の前に指示値をゼロに調整され、荷重の負荷位置及び測定順序を図 1 の “ ” に示

す。測定の結果を表 12 に示す。

表 12 偏置誤差評価データ

荷重の荷重位置 i	1	2	3	4	5
指示値 I_i [kg]	39.980	39.990	39.975	39.970	39.975
中心との差 [g]	-	10	- 5	- 10	- 5

偏置荷重による相対分散 n_e は、

$$n_e = \left(\frac{E_1 / \text{Max}}{\sqrt{3}} \right)^2 = \frac{1}{3} \times \left(\frac{E}{3 \times W_e} \right)^2 = \frac{1}{3} \times \left(\frac{10}{3 \times 40000} \right)^2 = 2.1 \times 10^{-10}$$

のように推定される。ここで、 E は中心と偏置荷重の指示値間の最大差 10 g で、 E_1 は、

$$E_1 = E \times \frac{\text{Max}}{3 \times W_e}$$

のように $\text{Max}/3$ の荷重に正規化された中心と偏置荷重の指示値間の最大差である。

4.5 正確さ

測定の結果を表 13 に示す。表 13 において、荷重 W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 及び W_5 は計量範囲にわたってほぼ均等に選択された。ただし、定量増おもりの組み合わせは依頼者との合意によった。はかりは各測定の前に指示値のゼロ調整を行い、荷重はひょう量皿の中心に負荷された。それぞれの荷重において、偏差を計算し、結果を表 13 に示す。

表 13 正確さ評価データ

測定順序 i	1	2	3	4	5
定量増おもり C_i [kg]	0	20	50	5、20、50	5、10、10、20、50
荷重 W_i [kg]	2.5000	25.000	50.050	75.050	100.000
指示値 I_i [kg]	2.500	24.985	50.025	75.015	99.955
偏差 [g]	0	- 15	- 25	- 35	- 45

4.6 温度特性による相対分散 n_t

台手動はかりは、温度変動環境 $\Delta t = 2$ K で校正された。本台手動はかりは JIS B 7611-1 の技術要件を満たしており、校正時の温度変動幅では、温度特性による影響が無視できるため、温度特性による相対分散 n_t を 0 とする。

(注)例えば、ばねはかりなど温度特性による影響が無視できない機種もある。

4.7 常用参照標準による相対分散 n_s

この事例では、校正時の空気浮力及び質量の経時変化等の影響は、常用参照標準の相対拡張不確かさ U_s において管理されており、その包含係数 $k=2$ であるので、常用参照標準による相対分散 n_s は、

$$n_s = \left(\frac{U_s}{k} \right)^2 = \left(\frac{5.0 \times 10^{-4}}{2} \right)^2 = 6.25 \times 10^{-8}$$

で与えられる。

4.8 はかりの校正結果

はかり校正の拡張不確かさ U ($k=2$) は、

$$U = k \times \left[n_r + n_d + (n_e + n_t + n_s) \times I^2 \right]^{1/2} = 2 \times \left[56.7 \text{ g}^2 + 185.2 \text{ g}^2 + (0.021 + 6.25) \times 10^{-8} \times I^2 \right]^{1/2}$$

で与えられる。包含係数 $k=2$ は、およそ 95% の信頼レベルを意味する。

校正結果は表 14 の形で記載される。

表 14 校正結果

公称値	偏差	拡張不確かさ	定量増おもり
2.5 kg	0 g	31 g	0 kg
25 kg	- 15 g	34 g	20 kg
50 kg	- 25 g	40 g	50 kg
75 kg	- 35 g	49 g	5kg、20kg、50 kg
100 kg	- 45 g	59 g	5 kg、10 kg、10 kg、20 kg、50 kg

(注)校正は目盛さおのひょう量皿側目盛のみについて行った。

以上

改正のポイント

＊機械式はかり1台で、複数点の校正を行う場合を追加した。