JCSS
Japan Calibration
Service System

JCSS

不確かさの見積もりに関するガイド

登 録 に 係 る 区 分：温度

校 正 手 法 の 区 分 の 呼 称：接触式温度計

（第 11 版）

（JCG213S11－11）

改正：2026 年 4 月 1 日

独立行政法人製品評価技術基盤機構
適合性評価推進センター　認定センター

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

目 次

白金抵抗温度計の校正 3

事例 1.1 定点による白金抵抗温度計の校正の不確かさの見積もり 3
事例 1.2 比較による白金抵抗温度計の校正の不確かさの見積もり 5

ガラス製温度計の校正 7

事例 2.1 ガラス製温度計の校正の不確かさの見積もり 7

熱電対の校正 10

事例 3.1 比較による熱電対の校正の不確かさの見積もり 10

温度計校正装置の校正 12

事例 4.1 指示計器付温度計による温度計校正装置の校正の不確かさの見積もり 12

参考資料 校正用機器のトレーサビリティの特例 17

今回の改正のポイント 18

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

白金抵抗温度計の校正

事例 1.1　定点による白金抵抗温度計の校正の不確かさの見積もり

1.　校正方法の例

登録事業となりうる定点に関連した校正のうち、特に一般的な「特定二次標準器により値を付けた定点実現装置（ワーキングスタンダード定点実現装置）を用いた白金抵抗温度計の定点校正」について不確かさの例示を行う。

2.　定点の自己評価で求めておくべき不確かさ

1)　プラトーからの定点値の決定による不確かさ
2)　ブリッジエラー
3)　SPRT の自己加熱補正の不確かさ
4)　熱流入、挿入不確かさ
5)　測定に対する湿気の効果
　　管理値のある場合にその効果が評価できる場合は算入する。
6)　定点セル中のガス圧力の不確かさ
7)　代表値の再現性

これらの Type B の不確かさの要因に加え Type A としての抵抗比の再現性（異なったプラトーのみを繰り返し回数に入れる）の標準偏差も不確かさに算入する。

抵抗比の標準偏差から母集団としてのσ（T plateau）は、評価できる。

（解説）

まず定点校正にプラトーのどの範囲を用いるかを決定する。たとえばプラトー持続中に炉の温度設定を変更して温度計ウェルの温度変動が許容範囲以内である範囲のみを使うことも判断基準となる。

これらの結果から個々の定点の校正に用いるプラトー中の代表値の決定方法を特定する。一般には Induced Freeze をおこない過冷却後の最高温度からたとえば 10 分後から 2 時間といった作業手順が考えられよう。

その温度定点で水の三重点との抵抗比を多数回測定する。これは母集団としての定点温度の再現性を評価するものであり、温度計は安定であれば安定である方がのぞましいため、各校正事業者が使用可能な温度計で最良のものを使うことが望ましい。

3.　参照標準（SPRT）による校正の不確かさ

校正事業者の定点は参照標準により値づけされる。SPRT を介する場合では、その定点温度における水の三重点の校正の不確かさ伝播などを考慮すると共に、静水圧補正、ブリッジの誤差などもすべて考慮して以下のように定点の値が決定される。

1)　校正の再現性 Type A
　　上記のような性能を持つ定点に、参照標準による校正を n 回のプラトー実現で行い、その平均から中心値を推定する場合、その中心値の標準不確かさは、σ（T plateau）／√n である。
2)　静水圧補正（SPRT センサーの場所決定の不確かさ）
　　これは校正に用いた温度計（例えば特定二次標準器）の感温部の長さ L と静水圧補正係数 dT／dz（ITS-90 のテキストにある）から、標準不確かさを dT／dz＊L／2√3 として決める（限界値として処理する。）。
3)　ブリッジエラー

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

a) （温度変化などのための）標準抵抗器の変化
b) ブリッジ読みの再現性
c) ブリッジの非線形性
d) ブリッジの交流測定における Quadrature 効果

4) 水の三重点の抵抗値の不確かさ等から波及した参照標準の不確かさ。また他の複数の定点から校正が与えられたときは、不確かさの伝播を考慮する。また、アルゴン点までの校正結果から窒素の沸点まで外挿により目盛を設定する場合は、外挿の不確かさを考慮する。
5) SPRT の自己加熱補正の不確かさ
6) 熱流入、挿入不確かさ
7) 測定に対する湿気の効果
8) 定点セル中のガス圧力の不確かさ

4. 校正された定点により SPRT を校正する際の不確かさ

校正事業者の定点は、値と共に不確かさが決定される。このような不確かさσ（Plateau）を持つ定点を用いて何回の校正を対象の温度計に対して行えば、どれだけの不確かさを期待できるかを評価できる。このようにして手続き書の校正回数 n を決めることが望ましい。

定点校正により抵抗比 W を決定するときに不確かさは以下のとおりである。

1) プラトーの代表値の標準偏差
2) 静水圧補正（SPRT センサーの場所決定の不確かさ）
3) ブリッジエラー
4) 水の三重点の抵抗値の不確かさから波及した不確かさ
5) SPRT の自己加熱補正の不確かさ
6) 熱流入、挿入不確かさ
7) 測定に対する湿気の効果
   管理値のある場合にその効果が評価できる場合は算入する。
8) 定点セル中のガス圧力の不確かさ

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

事例 1.2　比較による白金抵抗温度計の校正の不確かさの見積もり

1.　校正方法の例

1)　特定二次標準器と対象温度計を比較温槽によりほぼ同一かつ一定温度に保持し、ある温度における抵抗値を決定する校正。

2)　特定二次標準器により校正されたワーキングスタンダードを特定二次標準器に置き換えた 1)の校正。

2.　主たる比較校正の不確かさ項目例

1)　参照温度計の不確かさ

(解説)

参照標準の温度計の不確かさは、一般に校正証明書に記述されている。この校正証明書には水の三重点における抵抗と特定の定点における抵抗との抵抗比、及びその抵抗比の不確かさが記述されている。

校正事業者がこの温度計を用いる場合には、特定二次標準器である水の三重点で改めて特定二次標準器である白金抵抗温度計を自ら校正し、その抵抗との抵抗比により参照温度計の目盛を決定する。したがって、比較校正における参照温度計の不確かさには、水の三重点の不確かさと、抵抗比の不確かさの二つの考慮が必要である。また、複数の定点においてそれぞれの不確かさで校正を受けたときに、その定点の不確かさは定点間に伝播し、一般に複雑な温度依存性を持つ。また、アルゴン点までの校正結果から窒素の沸点まで外挿により目盛を設定する場合は、外挿の不確かさを考慮する必要がある。

校正事業者の校正においては温度範囲ごとに危険率 5 %の校正不確かさを評価し、参照標準の不確かさとすることが必要である。

また、特定二次標準器が校正を受けた後に使用後ドリフトする場合も見られる。この場合は、不確かさに算入する必要があり、校正周期中の特定二次標準器のドリフトが校正測定能力に影響を与える程度になれば、再校正を受けるべきである。

2)　温槽の安定性、分布など温槽に起因する不確かさ

a)　温度分布の不確かさ

b)　時間安定性による不確かさ

(解説)

あらかじめ、使用温槽において、標準温度計及び被校正温度計の位置を検討し、複数の校正済み温度計を用いて、温槽の安定性及び分布を測定する。それにより母集団としての安定性と分布言い換えれば、時間的な平均と標準偏差が求められる。ここで、PID 制御の場合は周期的な変動が予想されるため、時間的な変動に注目し、測定には複数周期(数周期)を必ず含むことが独立な測定の要件となる。ごく短時間の間に何回も測定を繰り返し、温度変動が 1 周期も終了していない場合などは温槽の安定性に対してあまりにも楽観的な評価となる。

以上は実際の校正前に終了すべき評価であり、その分布の情報などは測定回数には依存しない。

この母集団としての安定性と分布がどのように最終的な校正の不確かさに反映されるかは手続きに大きく依存する。

A)　温度差の不確かさの反映などは以下のようになる。

均熱ブロックを用いて温度差の存在がごく小さい場合は、補正せず、その分布を一様分布と仮定して不確かさに算入することが可能である。各ポスト全部を対

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

象に 0 からの最大偏差を ΔT とすれば、標準不確かさは $\Delta T/\sqrt{3}$ である。一方、温度差が安定しており補正する場合であれば、平均値からの標準偏差を使うことが妥当であり、繰り返し回数 n に対して$\sqrt{n}$ で割ることも可能である。但し、校正時に十分な時間をとり PID 制御の周期的変動に対し十分な時間の測定を行いその山の数 m から$\sqrt{m}$ で割るなどの注意が必要である。

B) 温度変動の影響は、より複雑に測定系に依存する。

この場合は一定方向にゆっくりドリフトしている場合で温度の均一性がよい場合はその影響はかなりキャンセルされる。最終的に得られるデータからはある温度での抵抗の比の標準偏差が得られる。ここで得られた標準偏差から最良推定値の不確かさを求めるときに用いるデータ数は、独立に何回測定したかの検討によって行う必要があり、短時間の繰り返し測定回数 n を用いて計算することは楽観的な評価となる。

そのような理想的でない場合、例えば温度計の時間応答性に差がある場合は、温度が一様に変動していても見かけ上の温度差は現れる。これらはすべて温槽の変動周期と比べ十分な時間の測定が必要である。

また、液体窒素などの液体寒剤を用いて比較校正を行う場合には、気圧変動などにより液体寒剤の温度が安定しないことがある。液体寒剤を用いる場合は、校正中の温度変動を常にモニターしたり、複数回の校正結果を比較するなどして、液体寒剤の温度変動が校正結果に与える影響を評価する必要がある。

また、デジタルボルトメータなどを用いているため抵抗の比の直接測定ができない場合などは、温度変動の影響を受けやすい。温槽の温度の変動周期と測定周期が近くなった場合などは大きな偏りが発生する可能性があり、独立な測定条件を満足できるように測定を行うべきである。

3) 校正対象温度計個々の不確かさ

（解説）

校正対象温度計は、個々に挿入深さが十分か、自己加熱はどの程度あるか、 ドリフトを水の三重点の値の変動から見積もるなどの検討が必要である。但し、比較の場合は自己加熱は目標測定精度によっては補正せず不確かさに取り込むことも許される。自己加熱を測定するために独立に電流をやや多く流して測定を行い、本来の測定電流でどの程度自己加熱 ΔT するかを予測し、不確かさとして $\Delta T/\sqrt{3}$ を算入する。

4) 抵抗測定系の不確かさ

（解説）

標準抵抗の安定性及び校正精度、AC／DC の差、抵抗測定系のリニアリティ、抵抗測定系の校正精度、スキャナの安定性、などがその主たる検討対象例である。

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

ガラス製温度計の校正

事例 2.1　ガラス製温度計の校正の不確かさの見積もり

1.　校正方法の例

1)　特定二次標準器又は常用参照標準である白金抵抗温度計、指示計器付温度計又はガラス製温度計（以下「参照温度計」という。）と校正対象ガラス製温度計を比較温槽によりほぼ同一かつ一定温度に保持し、任意の温度における校正結果を求める。

2)　特定二次標準器又は常用参照標準による校正をされたワーキングスタンダードを、特定二次標準器又は常用参照標準に置き換えた 1）の校正方法による校正結果を求める。

3)　氷点によりゼロ目盛の校正結果を求める。

2.　主たる不確かさ項目の例

2.1　白金抵抗温度計の不確かさ

（注）　白金抵抗温度計を参照標準とする場合にのみ適用する。

2.1.1　白金抵抗温度計の不確かさ

参照温度計の校正結果及びその不確かさは、校正証明書に記述されている。この校正証明書は通常、水の三重点における抵抗値と特定の温度定点における抵抗値との抵抗の比、およびその抵抗比の不確かさが記述されている。

校正事業者がこの参照温度計を用いる場合には、校正用機器として所持している水の三重点（又は氷点）で改めて参照温度計を校正し、その抵抗値との抵抗の比により白金抵抗温度計の目盛を決定する。したがって、参照温度計の不確かさには、水の三重点（又は氷点）の不確かさと、抵抗比の不確かさの二つの考慮が必要である。また、複数の定点においてそれぞれの不確かさで校正を受けたときに、その定点の不確かさは定点間に伝播し、一般に複雑な温度依存性を持つ。

校正事業者の校正においては温度範囲ごとに危険率 5 %の校正不確かさを評価し、参照温度計の不確かさとすることが必要である。

また、参照温度計が校正を受けた後に使用後ドリフトする場合も見られる。この場合は、不確かさに算入する必要があり、校正周期中の参照温度計のドリフトが校正測定能力に影響を与える程度になれば、再校正を受けるべきである。

2.1.2　自己加熱による不確かさ

参照温度計に白金抵抗温度計を使った比較測定の場合、自己加熱は目標測定精度によっては補正せず不確かさに取り込むことも許される。自己加熱を測定するために独立に電流をやや多く流して測定を行い、本来の測定電流でどの程度自己加熱 ΔT するかを予測し、不確かさとして $\Delta T/\sqrt{3}$ を算入する。

2.1.3　抵抗測定装置の不確かさ

抵抗測定系の不確かさとしては、標準抵抗の安定性及び校正精度、抵抗測定系のリニアリティ、などがその主たる検討対象例である。

2.2　温槽の温度分布、安定性など温槽に起因する不確かさ

あらかじめ、使用温槽において、参照温度計及び校正対象温度計の位置を検討し、複数の校正済み温度計を用いて、温槽の温度分布及び安定性を測定する。それにより母集

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

団としての温度分布及び安定性、即ち、時間的な平均と標準偏差が求められる。ここで、PID 制御の場合は周期的な変動が予想されるため、時間的な変動に注目し、測定には複数周期（数周期）を必ず含むことが独立な測定の要件となる。ごく短時間の間に何回も測定を繰り返し、温度変動が 1 周期も終了していない場合などは温槽の安定性に対してあまりにも楽観的な評価となる。

以上は実際の校正前に終了すべき評価であり、その分布の情報などは測定回数には依存しない。

この母集団としての温度分布及び安定性がどのように最終的な校正の不確かさに反映されるかは手続きに大きく依存する。

（注） 指示計器付温度計又はガラス製温度計を参照標準とする場合、温槽の温度分布及び安定性が評価できないことがある。この場合、例えば温度分布は、校正対象温度計と参照温度計が同一型式の場合には、挿入位置を入れ替える程度の評価で十分であり、また温槽の安定性については、JCSS の登録事業者に評価して貰うことも考えられよう。

2.2.1 温槽の温度分布（温度差）の影響

温度差の存在がごく小さい場合は、補正せず、その分布を一様分布と仮定して不確かさに算入することが可能である。各ポスト全部を対象に 0 からの最大偏差を ΔT とすれば標準不確かさは $\Delta T/\sqrt{3}$ である。

2.2.2 温槽の安定性の影響

ガラス製温度計同士による測定をする場合、すなわち参照温度計を Gs、校正温度計を G1, G2, G3,などとした場合なら、測定はたとえば Gs, G1, G2, G3, Gs, G3, G2, G1, Gs の順番で行われるであろう。

この場合は一定方向にゆっくりドリフトしている場合で温度の均一性がよい場合はその影響はかなりキャンセルされる。

そのような理想的でない場合、例えば温度計の時間応答性に差がある場合は、温度が一様に変動していても見かけ上の温度差は現れる。PID 制御の場合、温度変動の上限から下限を一様分布とみなすと、最大幅を ΔT とすれば、標準不確かさは $\Delta T/2\sqrt{3}$ である。これらはすべて温槽の変動周期と比べ十分な時間の測定が必要である。

2.3 校正対象ガラス製温度計の不確かさ

2.3.1 露出補正による不確かさ

ガラス製温度計は一般に全浸没状態での校正値を求める。糸球温度計等を使い推定により校正値を求める場合は、その露出補正値の不確かさを見積もる必要がある。ただし、校正対象温度計と参照温度計が同一型式の場合には露出補正は不要となり、不確かさも算入しなくてよい。

2.3.2 液飛びによる不確かさ

高温における校正作業中に発生する液飛びについては、校正対象温度計と参照温度計の液飛び量が同等とは言えないため、例えば標準ガラス製温度計の場合、号数毎に限界値 ΔT を調査し $\Delta T/2\sqrt{3}$ を標準不確かさとする。

2.3.3 上部膨張室の圧力上昇による不確かさ

高温における校正作業中に発生する、上部膨張室の温度変化による毛細管内圧力の増

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

大による影響については、その容積及び形状とも温度計毎に異なるため、液飛びと同様に号数毎に限界値を調査する。

2.3.4　ガラス製温度計毛細管の直線性による不確かさ

校正する目盛の上下で、通常の測定に使用する目盛り数を予め決定し、上下目盛りによる不確かさを評価する。

2.3.5　測定値の不確かさ（バラツキ）

校正に当たっては、校正温度、校正作業時間、測定環境の変化等による影響を十分に把握した不確かさ評価が必要である。特にガラス製温度計の場合には、号数毎に数回の繰り返し測定による実験標準偏差を求めて評価する。

最終的に得られるデータからは、ある温度での校正値の標準偏差が得られる。ここで得られた標準偏差から最良推定値の不確かさを求めるときに用いるデータ数は、独立に何回測定したかの検討によって行う必要があり、短時間の繰り返し測定回数 n を用いて計算することは過小評価となる。独立した校正を n 回行い、その平均から中心値を推定する場合、その中心値の標準不確かさば、$\sigma / \sqrt{n}$ である。データ数が少ない場合は n に依存する係数を乗じる補正が必要である。

2.4　その他の不確かさ要因

2.4.1　氷点の不確かさ

製氷方法（製氷器及び水質）に特段の問題がない限り、文献値を引用してもよい。

（参考）　JIS Z 8710（1993）では 0.003 K とされている。

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

熱電対の校正

事例 3.1　比較による熱電対の校正の不確かさの見積もり

1.　校正方法の例

1)　特定二次標準器又は常用参照標準と校正対象熱電対を電気炉等により、ほぼ同一かつ一定温度に保持し、ある温度における熱起電力値を決定する校正。

2)　特定二次標準器又は常用参照標準(又はワーキングスタンダード温度定点実現装置)により校正されたワーキングスタンダード熱電対を、特定二次標準器又は常用参照標準に置き換えた 1)の校正。

2.　主たる比較校正の不確かさ項目例

1)　参照標準の不確かさ

(解説)

参照標準である熱電対の不確かさは、一般に校正証明書に記述されている。この校正証明書には、特定の定点又は温度における熱起電力値及びその不確かさが記述されている。

校正事業者がこの参照標準を用いる場合には、例えば校正温度における規準熱起電力値からの偏差を求め、これを最小二乗法などの利用により適当な関数に当てはめ、参照標準の温度目盛(温度に対する熱起電力値又は規準熱起電力値からの偏差の関係)を決定する。したがって、比較校正における参照標準の不確かさには、複数の定点又は温度における不確かさが、校正された定点間又は温度間に伝播することを考慮しなくてはならない。

校正事業者の校正においては、その事業温度範囲における危険率 5 %の校正不確かさを評価し、参照標準の不確かさとすることが必要である。

また、特定二次標準器又は常用参照標準の校正を受けた後に、その使用に伴いドリフトする場合も見られる。この場合は不確かさに算入する必要があり、校正周期中の特定二次標準器又は常用参照標準のドリフトが校正測定能力に影響を与える程度になれば、再校正を受けるべきである。

2)　基準(冷)接点装置の不確かさ

(解説)

校正に使用する基準(冷)接点装置は、校正事業者自身において校正に必要とされる繰り返し性あるいは再現性を示すことが評価されるべきである。各種熱電対の比較校正のみを行う校正事業者の場合には、例えば抵抗温度計の校正事業者に高分解能の指示計器付き温度計の 0 ℃の校正を依頼し、これを用いて自身が保有する基準(冷)接点装置を評価することなどが考えられよう。

3)　比較電気炉等の安定性、温度分布などに起因する不確かさ

a)　時間安定性による不確かさ

b)　温度分布による不確かさ

(解説)

予め校正に使用する電気炉等において、標準熱電対及び被校正熱電対の挿入位置を検討し、複数の校正済み熱電対を用いて、安定性及び温度分布を測定する。これにより母集団としての安定性と温度分布言い換えれば、時間的な平均と標準偏差が求められる。ここで PID 制御の場合には周期的な変動が予想されるため、時間的な変動に注目し、測定には複数周期(数周期)を必ず含むことが独立な測定の要件となる。ごく

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

短時間の間に何回も測定を繰り返し、温度変動が 1 周期も終了していない場合などは、電気炉等の安定性に対してあまりにも楽観的な評価となる。

以上は実際の校正前に終了すべき評価であり、その分布の情報などは測定回数には依存しない。

この母集団としての安定性と温度分布がどのように最終的な校正の不確かさに反映されるかは、校正の手続きに大きく依存する。

A) 温度差の不確かさの反映などは、以下のようになる。

校正事業者が想定する校正の不確かさに対して、電気炉等に存在する温度差が小さい場合には補正を行わず、その分布を一様分布と仮定して不確かさに算入することが可能である。標準熱電対の挿入位置からの最大偏差を ΔT とすれば、標準不確かさは $\Delta T/\sqrt{3}$ である。一方、温度差が安定しており補正する場合であれば、平均値からの標準偏差を使うことが妥当であり、繰り返し回数 n に対して$\sqrt{n}$ で割ることも可能である。但し、校正時に十分な時間をとり、PID 制御の周期的変動に対して十分な時間の測定を行い、その山の数 m から$\sqrt{m}$ で割るなどの注意が必要である。

B) 温度変動の影響は、より複雑に測定系に依存する。

同種又は異種の熱電対同士をデジタル電圧計で測定する場合、すなわち標準熱電対を TCr、校正対象熱電対を TC1、TC2、TC3 などとした場合、測定は例えば以下の順番で行われるであろう。

TCr、TC1、TCr、TC2、TCr、TC3、TCr

この場合、温度が一定方向にゆっくりドリフトし、かつ均一性が良いならばその影響はかなりキャンセルされる。このとき最終的なデータからは、ある温度における熱起電力値の標準偏差が得られる。ここで得られた標準偏差から最良推定値の不確かさを求めるときに用いるデータ数は、独立に何回測定したかの検討によって行う必要があり、短時間での繰り返し測定回数 n を用いて計算することは楽観的な評価となる。

そのような理想的でない場合、例えば熱電対の時間応答性に差がある場合などは、温度が一様に変動していても見かけ上の温度差(熱起電力値の差)が現れる。これらはすべて電気炉の変動周期と比べ、十分な時間の測定が必要である。

また、デジタル電圧計による測定では温度変動の影響を受けやすい。電気炉等の温度の変動周期と測定周期が近くなった場合などには大きな偏りが発生する可能性があり、独立な測定条件を満足できるように測定を行うべきである。

4) 校正対象熱電対個々の不確かさ

(解説)

校正対象熱電対は、個々に熱源への挿入長さが十分か、不均質の影響はどの程度あるか、校正中のドリフトを一連の校正順序の繰り返しによる変動などから見積もるなどの検討が必要である。

5) 電圧測定系の不確かさ

(解説)

デジタル電圧計の校正不確かさ及び安定性、デジタル電圧計のリニアリティ、配線及びスキャナの寄生熱起電力などがその主たる検討対象例である。

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

温度計校正装置の校正

事例 4.1　指示計器付温度計による温度計校正装置の校正の不確かさの見積もり

1. 適用

1.1	対象とする校正方法：	常用参照標準指示計器付温度計による温度計校正装置の比較校正方法
1.2	校正の不確かさ：	±0.3 ℃（包含係数 k＝2）
1.3	校正対象品：	金属ブロック型温度計校正装置(指示温度の分解能:0.1 ℃)
1.4	参照標準：	常用参照標準指示計器付温度計又はワーキングスタンダード指示計器付温度計。但し、分解能は校正対象品の 1/10 以下であること。
1.5	校正用機器：	無し
1.6	周辺機器：	レコーダー
1.7	引用資料等：	EA-4/02　p.p 65-68
1.8	著作権：	JCSS

2. 校正の概要

2.1　校正対象品の仕様

附属の指示計器付温度計の温度計部は白金抵抗温度計であって、「JIS C 1604 許容差」の規定を満たすものである。

附属の指示計器付温度計の分解能は 0.1 ℃であって、一以上の校正温度点で、指示温度の校正値からのかたよりを補正する機能を設けている。

附属の指示計器付温度計は熱源により加熱される金属ブロックの温度制御も兼ねている。

熱源により加熱される附属の金属ブロックは、挿入する温度計に比較して十分な熱容量を有しており、容易に脱着できない構造である。

金属ブロックの測温孔は、挿入する温度計との熱接触が十分に保てる内径と浸没深さを有している。温度計と金属ブロックの間に隙間を有する場合は、その隙間に、熱接触が十分に保てて熱接触の再現性があることを事前に評価した、新たな金属ブロックを用いる構造になっている。

2.2　方法

温度計校正装置（校正対象品）が 180 ℃を示すときの金属ブロックの測温孔の温度を計測する。

温度計校正装置に組み込まれた指示計器付温度計の指示が 180 ℃で安定化した時点で、校正作業を開始する。校正値を得る測温孔の温度は、常用参照標準指示計器付温度計をその測定孔に挿着して、指示温度を計測することで決定する。

2.3　校正値の定義

温度計校正装置の指示温度が t_C/℃（校正温度）のときの常用参照標準指示計器付温度計が示す温度 t_S/℃を校正値とする。

2.4　関数モデル

温度計校正装置の指示温度が t_C＝180 ℃のときの測温孔の温度 t_Xは、以下の式で与えられる。

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

$$t_X = t_S + \delta t_S + \delta t_D - \delta t_{iX} + \delta t_R + \delta t_A + \delta t_H + \delta t_V \quad (1)$$

但し、

t_S　　－常用参照標準指示計器付温度計の指示温度
δt_S　－ITS-90 の式を用いて補間する際の不確かさの伝播による温度補正
δt_D　－前回校正からの常用参照標準指示計器付温度計のドリフトによる温度補正
δt_{iX}　－温度計校正装置の温度設定の分解能による温度補正
δt_R　－校正装置付属の指示計器付温度計と常用参照標準指示計器付温度計との半径方向の温度差による温度補正
δt_A　－測温孔の縦軸方向の温度不均一（温度分布）による温度補正
δt_H　－校正の昇降温に伴うヒステリシスによる温度補正
δt_V　－測定中の温度変動（指示温度のバラツキ）による温度補正

2.5　特記事項

常用参照標準指示計器付温度計の白金抵抗温度計の外径は 6 mm 以下であり、そのステムコンダクション（保護管の熱伝導）による温度補正は、事前の評価で無視できることが判明している。

3. 各成分の不確かさ

3.1　常用参照標準指示計器付温度計の校正の不確かさ（t_S）

常用参照標準として用いた指示計器付温度計の校正証明書は、指示温度と校正値（温度）の関係で与えられている。本校正で得られた常用参照標準指示計器付温度計の指示温度 t_Sは 180.1 ℃で、その不確かさは拡張不確かさで U=±0.03 ℃（包含係数 k=2）であった。

3.2　ITS-90 の式を用いて補間する際の不確かさの伝播による不確かさ（δt_S）

常用参照標準として用いた指示計器付温度計の温度は、補間により 180.1 ℃と定められた。

補間する際の不確かさの伝播は、その校正区間の最大値を一定値として採用する。

不確かさの伝播に伴う標準不確かさは $u(\delta t_S)$=±0.01 ℃となる。

3.3　常用参照標準指示計器付温度計のドリフト（δt_D）

用いた指示計器付温度計の指示計器の仕様書と白金抵抗温度計の一般的な使用経験から、前回の校正からの経時変化による温度変化は±0.04 ℃以内と見積もる。

3.4　温度計校正装置の温度設定の分解能による不確かさ（δt_{iX}）

温度計校正装置に付属する指示計器付温度計（金属ブロックの温度制御を兼ねる）の温度設定の分解能は、0.1 ℃である。これは±0.05 ℃の温度分解能が限界であることを意味し、その温度範囲内で金属ブロックが熱力学的に安定に設定できることを意味する。

（注）　指示計器付温度計の指示が温度の単位で与えられない場合（回転式可変抵抗器を用いて温度設定する場合など）は、分解能はその指示値に、相応の装置定数を乗じて相当する温度値に変換しなければならない。

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

3.5　半径方向の温度不均一性による不確かさ（δt_R）

付属の指示計器付温度計と常用参照標準指示計器付温度計の測温孔との半径方向の温度差は、±0.1 ℃以内と見積もった。

3.6　測温孔の縦軸方向の温度不均一性による不確かさ（δt_A）

測温孔の縦軸方向の温度不均一による温度偏差（温度分布）は、異なる挿入深さでの読み取り値から±0.25 ℃以内と見積もった。

3.7　昇降温に伴うヒステリシスの影響による不確かさ（δt_H）

校正対象品の昇降温試験や校正中の温度サイクルでの常用参照標準の読み取り値から、ヒステリシスの影響による校正孔の温度偏差は±0.05 ℃以内と見積もった。

3.8　温度の不安定性（δt_V）

30 分の測定サイクル中の温度不安定性による温度変動は±0.03 ℃以内と見積もる。

3.9　補正

入力量は、全てに何ら有意な補正を行わない。

3.10　繰り返し観察

付属の指示計器付温度計の分解能により、指示値に分散は観察されず、考慮しないこととした。

（注）　付属の指示計器付温度計の校正中、指示値は 180.0 ℃のままで、変化がなかったことを意味する。

4. 不確かさの見積もり表（t_X）

成分 X_i	見積もり x_i	標準不確かさ $u(x_i)$	確率分布	感度係数 c_i	$u_i(y)$ $u_i(y) \equiv \lvert c_i \rvert u(x_i)$
t_S	180.1 ℃	15 mK	正規分布	1.0	15 mK
δt_S	0.0 ℃	10 mK	正規分布	1.0	10 mK
δt_D	0.0 ℃	23 mK	矩形分布	1.0	23 mK
δt_{iX}	0.0 ℃	29 mK	矩形分布	1.0	29 mK
δt_R	0.0 ℃	58 mK	矩形分布	1.0	58 mK
δt_A	0.0 ℃	144 mK	矩形分布	1.0	144 mK
δt_H	0.0 ℃	29 mK	矩形分布	1.0	29 mK
δt_V	0.0 ℃	17 mK	矩形分布	1.0	17 mK
t_X	180.1 ℃				164 mK

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

5. 拡張不確かさ

結果に対する校正の標準不確かさは、明らかに、測温孔の縦軸方向の温度不均一と、半径方向の付属の指示計器付温度計と常用参照標準指示計器付温度計の温度差に起因する未知の温度補正（補正不能な不確かな部分）の影響に支配される。

最終的な不確かさの分布は正規分布ではなく、本質的には矩形分布である。

エッジ係数（edge parameter）$\beta=0.43$ に対応する包含係数は $k=1.81$ となる。

よって、この校正の拡張不確かさは次のようになる。

$$U = k \times u(t_X) = 1.81 \times 164 \text{ mK} \fallingdotseq 0.3 \text{ ℃}$$

6. 校正結果

温度計校正装置（校正対象品）の指示温度が 180.0 ℃における、常用参照標準指示計器付温度計を挿入した測温孔の温度は、180.1 ℃±0.3 ℃である。

示された校正の拡張不確かさは、合成標準不確かさに包含係数 k=1.81 を掛けて算出した。

これは、包含係数は 95 %信頼の一様分布であるという仮定から導き出している。

7. 関数モデルの数学的考察

指示計器付温度計の指示値が関数モデル式(1)の中に明白に現れていないと混乱する校正技術者がいる。その技術者の希望に沿うよう、本件の関数モデルは指示計器付温度計の指示値の偏差（校正値から公称値を引いた値）を用いた以下のような数式でも表わせる。

$$E_X = t_X - t_i \qquad (2)$$

$$E_X = t_S - t_i + \delta t_S + \delta t_D - \delta t_{iX} + \delta t_R + \delta t_A + \delta t_H + \delta t_V \qquad (3)$$

表示値 t_i は公称値である。その影響は測定値の目盛りをシフトすることにある。しかし、その指示値の偏差に関連しての計測の不確かさへの寄与はない。

$$u(E_X) = u(t_X)$$

関数モデル式(1)は式(2)に示す指示値の誤差の定義を用いると、式(3)から導き出せる。

以上のことは、校正の評価モデルは、唯一、一つの選択が必然ではないことを示している。

校正技術者は、課題に対して、技術者の手法・アプローチの仕方にあったモデルの選択権を手にしている。

関数モデルとは、同じ校正プロセスを数学的に一つの表現から他の表現に変換できるというものである。

今回の温度計校正装置の校正で検討したように、指示値の連続目盛りに関するようなケースでは、関数モデルは直線的な目盛り変換で校正課題を異なる表現で表せるようになる。

不確かさ評価の手法は、異なる度量衡学の世界での校正にとって基本であり、それ

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

ゆえ一般的な重要事項である。

本例では、さらに課題を解決するのに同等の 2 つの方法があることを示唆している。即ち、校正対象品の指示値への直接的な数値の割り当てであり、もう一つは一般的に指示値の偏差（又は器差）と呼ばれている指示値の補正を用いた方法である。

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

参考資料　校正用機器のトレーサビリティの特例

JCSS 等技術委員会接触式温度分科会で承認された校正用機器のトレーサビリティの特例は、以下のとおりとする。

1) ブリッジを JCSS の登録事業者により一般校正する場合（JCSS 校正ができないため。）。
2) 非直線性の評価が可能なブリッジ（例：直流高精度抵抗ブリッジ Guildline 9975）を自己校正する場合。
3) 非直線性の評価が可能ではないブリッジ(例:交流高精度抵抗ブリッジ ASL 製 F18 及び F700 等）を JCSS の登録事業者により定期的に JCSS 校正されている複数の標準抵抗器（例：1 Ω×1、10 Ω×1 及び 100 Ω×2）を用いて自己検証する場合。
4) 非直線性の評価が可能ではないブリッジを所有する場合であって、当該ブリッジ専用の抵抗比校正装置（例：ASL 製 Ratio Test Unit 等）により自己検証する場合。
   a) 最大偏差がメーカースペック内であった場合には、メーカースペックを標準不確かさとする。
   b) 最大偏差がメーカースペックを外れた場合には、その評価結果を標準不確かさとする。
5) 抵抗ブリッジ校正装置（例：AEONZ 製 Resistance Bridge Calibrator 等）により自己検証する場合。
   a) 最大偏差がメーカースペック内であった場合には、メーカースペックを標準不確かさとする。
   b) 最大偏差がメーカースペックを外れた場合には、その評価結果を標準不確かさとする。

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

今回の改正のポイント

（改正理由）

1. 組織改編のため、組織名称等の変更

（改正箇所及び内容）

1. 「認定センター」を「適合性評価推進センター認定センター」に変更

以上

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。