

ノート

直流電流の校正における不確かさ評価

水野 裕正^{*1)} 遠藤 忠^{*2)} 吉広 和夫^{*2)}

Evaluation of uncertainty for the calibration of direct current

Hiromasa Mizuno^{*1)}, Tadashi Endo^{*2)}, Kazuo Yoshihiro^{*2)}

キーワード：直流電流, 校正, 不確かさ

Keywords : Direct current, Calibration, Uncertainty

1. はじめに

製品の信頼性や安全性を確保するために計測器のトレーサビリティを証明する校正が重要となっている。電気関連製造業では基準器であるキャリブレーションが定規として使用されている。このキャリブレーションの直流電流 (100 μ A, 1mA, 10mA, 100mA 及び 1A) の校正における不確かさ評価を行ったので報告する。

2. 実験方法

直流電流校正システムの構成図を図1に示す。このシステムはUSB/GP-IB インターフェースにより自動校正システムとなっている。直流電流の校正原理を図2に示す。校正対象であるキャリブレーションからシャント抵抗器に直流電流を流す。このときシャント抵抗器の両端に発生する直流電圧をデジタルマルチメータ (DMM) により測定する。直流電流の標準は世の中に存在しないため、直流電流の求め方はオームの法則 (電流 [I] = 電圧 [V] / 抵抗 [Ω]) により求める。この式で使用する電圧 [V] の測定に使用する DMM は図1の国家標準にトレーサビリティが繋がっているツェナー・ダイオード標準電圧発生器により校正を行った。また、図2に示すシャント抵抗器の開発を行った。開発したシャント抵抗器は図3に示すように 1 k Ω から 100 m Ω の5つである。直流電流 100 μ A を校正する時には 1 k Ω のシャント抵抗器を使用した。同様に、1mA を校正する時に 100 Ω , 10mA を校正する時に 10 Ω , 100mA を校正する時に 1 Ω , 1A を校正する時には 100 m Ω を使用した。これによりシャント抵抗器の両端に発生する直流電圧は全て約 100 mV にして校正を行った。自動校正と不確かさ評価を行うソフト

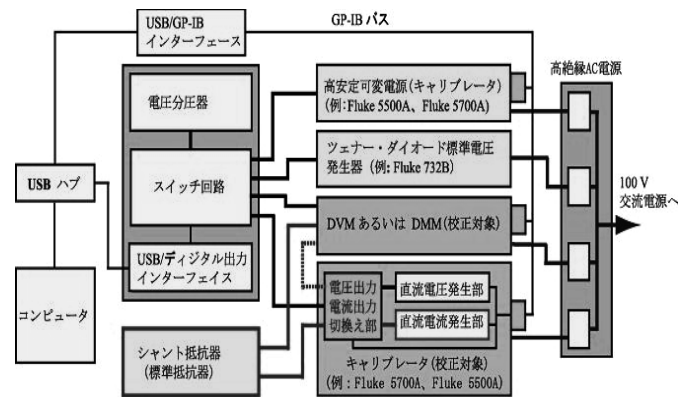


図1. 直流電流校正システムの構成図

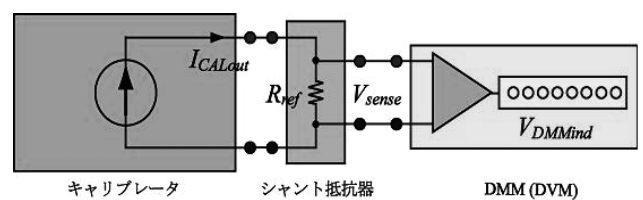


図2. 直流電流の校正原理



図3. 開発したシャント抵抗器

*1) 実証試験セクター
*2) MTA ジャパン株式会社

トウェアのフロント画面を図 4 に示す。①は不確かさ評価を行う時に記す数学モデルである。②は校正対象となるキャリブレータの型式や製造番号等の管理情報を入力する項目である。文字が記入されている部分をクリックすることによりウインドウが立ち上がり情報を記入することができる。③から⑥は不確かさ要因の表記である。③はシャント抵抗と DMM の校正値の不確かさ要因である。④は測定電圧のばらつきの不確かさ要因である。④の文字部分をクリックすると、図 5 の電圧測定画面が開く。図 5 の⑦は DMM の値を表示する測定画面である。⑧は自動測定に必要な計測器のアドレス等を設定する画面である。⑨は、直流電流の測定レンジが変わるときにシャント抵抗器を変える必要があるための待機画面である。シャント抵抗器を変えて待機画面の OK ボタンをクリックすると自動校正が継続する。図 4 の⑤は DMM の安定度, ⑥は DMM の分解能の不確かさ要因である。

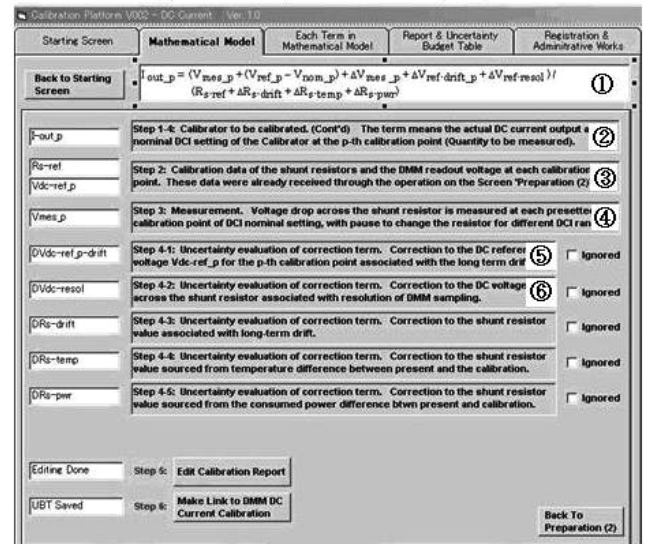


図 4. ソフトウェアのフロント画面

3. 結果と考察

シャント抵抗器の校正値の標準不確かさは次の結果となった。1 kΩ は 1.43 ppm, 100 Ω は 1.56 ppm, 10 Ω は 1.28 ppm, 1 Ω は 1.94 ppm, 100 mΩ は 1.73 ppm であった。DMM の校正値の標準不確かさは DMM の 100 mV レンジを使用することから全て 2.60 ppm であった。測定電圧のばらつきの標準不確かさは次の結果となった。100 μA は 0.859 ppm, 1mA は 0.653 ppm, 10mA は 0.841 ppm, 100mA は 1.26 ppm, 1A は 0.616 ppm であった。DMM の安定度と分解能の標準不確かさは全て同じ DMM を使用することから全レンジ共通で 0.577 ppm と 0.622 ppm であった。また、不確かさ要因としてシャント抵抗器の経年変化等はシャント抵抗器を校正して直ちに直流電流の校正に使用したため今回は考慮しなかった。表 1 に 1A のバジェット表を示す。校正値は 0.999997 A であり、その拡張不確かさは 6.47 ppm であった。同様に、表 2 に直流電流の校正の不確かさの結果を示す。100 μA の校正値は 100.0000 μA であり、その拡張不確かさは 6.28 ppm であった。1mA の校正値は 1.000000 mA であり、その拡張不確かさは 6.31 ppm であった。10mA の校正値は、9.99998 mA であり、その拡張不確かさは 6.15 ppm であった。100mA の校正値は 99.9999 mA であり、その拡張不確かさは 7.03 ppm であった。この結果は電気関連製造業を始めとする産業界で必要とされる拡張不確かさを十分に満たすものとなった。

4. まとめ

東京都内の中小企業の主要産業である電気関連製造業において定規として使用されているキャリブレータの直流電流 (100 μA, 1mA, 10mA, 100mA 及び 1A) の拡張不確かさを約 7 ppm での校正が可能となった。本研究の成果を技術相談や依頼試験の信頼性向上に活用していく。

(平成 23 年 5 月 24 日受付, 平成 23 年 6 月 30 日再受付)

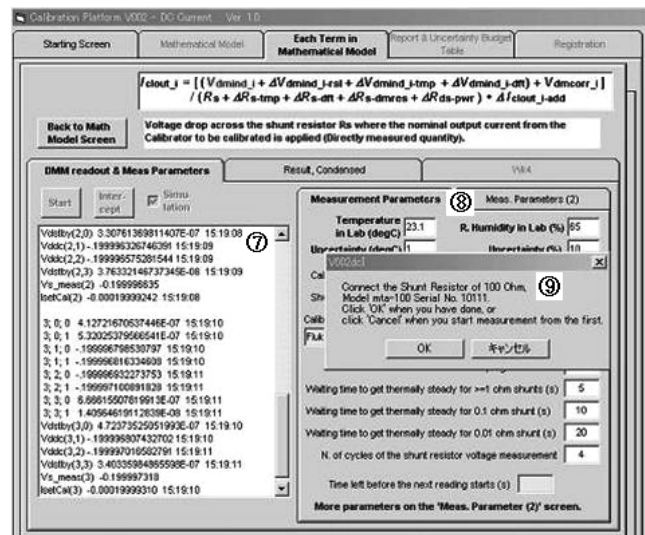


図 5. 電圧測定画面

表 1. 1A のバジェット表

| 不確かさ要因 | 標準不確かさ (ppm) | |
|------------------|-----------------|------|
| シャント抵抗の校正値 | 1.73 | |
| DMM の校正値 | 2.60 | |
| 測定電圧のばらつき | 0.616 | |
| DMM の安定度 | 0.577 | |
| DMM の分解能 | 0.622 | |
| 校正値 : 0.999997 A | 合成標準不確かさ | 3.30 |
| | 拡張不確かさ (k=1.96) | 6.47 |

表 2. 直流電流の校正の不確かさ

| 直流電流 | 校正値 | 拡張不確かさ (ppm) |
|--------|-------------|--------------|
| 100 μA | 100.0000 μA | 6.28 |
| 1 mA | 1.000000 mA | 6.31 |
| 10 mA | 9.99998 mA | 6.15 |
| 100 mA | 99.9999 mA | 7.03 |
| 1 A | 0.999997 A | 6.47 |