
User's Manual

2769

携帯用ダブルブリッジ

はじめに

このたびは、当社の**携帯用ブリッジ 2769** を
ご購入いただきましてありがとうございます。

本書は、本器の取り扱い上の注意や基本的な操作などを
説明したものです。

ご使用前にこのマニュアルをよくお読みいただき、
正しくお使いください。

各国や地域の当社営業拠点の連絡先は、下記シートに
記載されています。

PIM 113-01Z2: お問い合わせ先
国内海外の連絡先一覧

※ 本器は、厳密な社内検査を経て出荷されておりますが、
万一製造上の不備による故障あるいは輸送中の事故等による
故障の節は、当社または販売代理店までご連絡ください。

なお、本器の保証期間はご購入日より 1 年間です。
この間に発生した故障で、原因が明らかに当社の
責任と判定された場合には無償修理いたします。

ご注意

- 本書の内容は、性能・機能の向上などにより、将来予告なしに変更することがあります。
また、実際の画面表示内容が本書に記載の表示内容と多少異なることがあります。
- 本書の内容に関しては万全を期していますが、万一ご不審の点や誤りなどお気づきのことがありましたら、お手数ですが、当社または販売代理店までご連絡ください。
- 本書の内容の全部または一部を無断で転載、複製することは禁止されています。
- 保証書が付いています。再発行はいたしません。
よくお読みいただき、ご理解のうえ大切に保存してください。

安全にご使用いただくために

本器を正しく安全に使用していただくため、本器の操作にあたっては下記の安全注意事項を必ずお守りください。

本書で指定していない方法で使用すると、本器の保護機能が損なわれることがあります。

なお、これらの注意に反したご使用により生じた障害については、YOKOGAWA は責任と保証を負いかねます。

■ 本書または本器には、安全に使用していただくために次のようなシンボルマークを使用しています。



“取扱注意”を示しています。
人体および機器を保護するために、
取扱説明書などを参照する必要がある
場所に付いています。

■ 感電事故など、使用者の生命や身体に危険が及ぶ恐れがあるため、次の事項をお守りください。



警告

● 保護機能

- ・本器を落としたり、ぶつけたりしてケースにひび割れなどがある場合、安全のための絶縁が破壊されていることがあります。
そのまま使用せず修理をお申しつけください。

● 接続・接地

- ・接地端子は、感電防止のため必ず保護接地を行ってください。
- ・測定例に従い保護用ヒューズを必ず挿入してください。

● 測定

- ・許容電流・電圧・電力を確認し、必ずその許容範囲内で使用してください。
許容値が複数になる場合は最小の許容値で制約されます。

● 外部電源

- ・安全に使用していただくため、60 VDC 以下で使用してください。

● 使用環境

- ・可燃性、爆発性のガスまたは雰囲気のある場所では、本器を動作させないでください。
- ・結露した状態では使用しないでください。

● ケースの取り外し・分解の禁止

- ・電池交換のとき以外は、ケースを開けないでください。
当社のサービスマン以外は、本器のケースの取り外し、分解または改造をしないでください。
お客様による修理は大変危険ですでおやめください。

■ 感電事故など，使用者が障害を負ったり機器を
損傷する恐れがあるため，次の事項をお守り
ください。

注意

● 電池

- ・ 違う種類の電池を混ぜて使用したり，新しい電池と古い電池を混ぜて使用しないでください。
また，本器を長時間使用しない場合は，必ず電池をはずして保管してください。
このような条件では電池が液漏れしやすくなり，本器の故障の原因になります。
-
-

目次

はじめに	i	6. 原理	12
安全にご使用いただくために	ii	6.1 基本原理	12
1. 概要	1	6.2 誤差の要因	13
2. 仕様	2	6.2.1 電流導線による誤差	13
3. 各部の名称と機能	4	6.2.2 電圧導線による誤差	13
4. 測定	7		
4.1 準備	7		
4.2 測定	8		
4.3 測定用補助器具	9		
5. 取り扱いおよび保守上の注意事項	10		
5.1 取り扱い上の注意	10		
5.2 保守上の注意	10		
5.3 校正	10		
5.3.1 予備検査	11		
5.3.2 総合動作チェック	11		
5.3.3 標準抵抗の校正	11		
5.3.4 測定辺ダイヤルの目盛校正	11		

1. 概要

2769 ダブルブリッジは、エレクトロニック検流計
およびブリッジ電源を持ち、 $1\text{ m}\Omega \sim 110\text{ }\Omega$ の
範囲の低抵抗の測定を目的とした携帯用の測定器です。
(2771 標準抵抗器を付加することにより $0.1\text{ m}\Omega$
までの測定が可能です。)

本器は携帯用ですから小形軽量ですが、精選された
抵抗材料を使用していますから、いつまでも正確な
測定が行えます。

また電源や検流計をすべて内蔵し、操作が簡単ですから、
測定を短時間で行えます。

2. 仕様

測定範囲： 0.1 mΩ ～ 110 Ω

ブリッジ電源（内蔵）： 1.5 V

測定ダイヤルと倍率：

測定ダイヤル； 1.00 ～ 11.00 (Ω), 200 区分,
1 目盛 0.05 (Ω)
倍率； ×0.001, ×0.01, ×0.1, ×1, ×10
・・・プラグ切り換え
×0.0001・・・標準抵抗器 2771 を
外付け使用したとき

(UM-1 あるいは SUM-1 形
乾電池 2 個並列, ×0.001 で
電流 1 ～ 2 A, 測定時間 15 sec,
休止時間 15 sec として測定を
行ったとき約 1200 回行えます。)

確度： ±〔0.05 Ω × (倍率) + 0.01 mΩ〕

ただし、周囲温度 5 ～ 35℃, 湿度 85% 以下で
C₂ 端子と被測定抵抗間の導線抵抗を 20 mΩ 以下
としたとき

標準抵抗の確度および許容電流： 5 ～ 35℃にて

表 2.1

倍率	測定範囲 (Ω)	標準抵抗			
		抵抗値 (Ω)	確度	許容電流 (A)	外付け / 内蔵
×0.0001	0.0001 ～ 0.0011	0.01	±0.1	10	外付け (2771)
×0.001	0.001 ～ 0.011	0.1	±0.1	3	内蔵
×0.01	0.01 ～ 0.11	1	±0.1	1	内蔵
×0.1	0.1 ～ 1.1	10	±0.1	0.3	内蔵
×1	1 ～ 11	100	±0.1	0.1	内蔵
×10	10 ～ 110	1000	±0.1	0.01	内蔵

エレクトロニック検流計（内蔵）：

電圧感度； 約 $20 \mu\text{V}/\text{div.}$

感度切換； G_0 （入力抵抗 約 $11 \text{ k}\Omega$ ）

$$G_1 = \frac{1}{11} G_0 \text{ (入力抵抗 約 } 11 \text{ k}\Omega\text{)}$$

$$G_2 = \frac{1}{110} G_0 \text{ (入力抵抗 約 } 11 \text{ k}\Omega\text{)}$$

電源； 9 V（006P 形乾電池）

使用可能時間 約 300 h

使用温湿度範囲： $5 \sim 35^\circ\text{C}$ ， 湿度 85% 以下

外形寸法： 約 $182 \times 226 \times 118 \text{ mm}$

・・・把手，ゴム脚を含まない

約 $196 \times 226 \times 130 \text{ mm}$

・・・把手，ゴム脚を含む

質量： 約 2.6 kg

付属品： プラグ (A1025WX) ・・・ 1 個

取扱説明書 ・・・ 1 部

携帯用カバン (B9350AW) ・・・ 1 個

アクセサリ（別売）：

277100

2769 用外付標準抵抗器

(0.01Ω ，リード線 3 本を含む)

約 $30 \times 175 \times 63 \text{ mm}$

約 0.25 kg

3. 各部の名称と機能

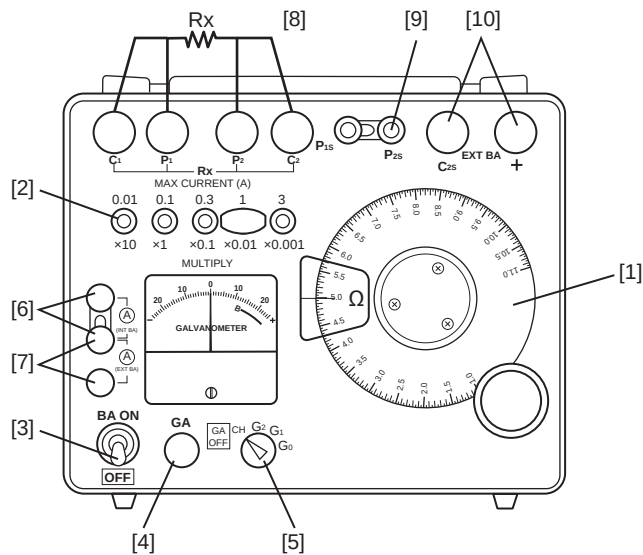


図 3.1 正面パネル

[1] 測定ダイヤル： 測定辺の加減ダイヤルです。

[2] 倍率切替プラグ： プラグを切り換えて倍率を変えます。

[3] BA スイッチ： ブリッジ電源を ON, OFF する
スイッチです。

[4] GA 押し

ボタンスイッチ：

検流計をブリッジに接続する

押しボタンスイッチです。

このスイッチは押して左右
いずれかにまわせばクランプ
(固定) されます。

[5] 感度切換スイッチ：

検流計の感度を切り換えるスイッチで、
 G_2 , G_1 , G_0 の順に感度がよくなります。
検流計回路を駆動させる電池が充分であるか
ないかをチェック (CH) することもできます。
(このとき目盛板の青線の左端より右に振れば
測定可能です。) **B** 

また、検流計電源の ON-OFF も兼用します。

[6] INT. BA (A) 端子：

ブリッジ電源として内蔵電池 (UM-1, 2 個並列：
1.5 V) を使う場合、ショートバーで短絡します。

[7] EXT. BA (A) 端子：

ブリッジ電源として EXT. BA 接続端子に
外付け電源を接続する場合、ショートバーで
短絡します。

[8] Rx 端子：

被測定抵抗を接続する端子で、 C_1 , C_2 の電流端子と
 P_1 , P_2 の電圧端子からなっています。

[9] P_{2S} 端子：

2771 標準抵抗器を使用するときの一方の
電圧端子です。

[10] EXT. BA 端子：

外付け直流電源を接続する端子で、
－(マイナス) 側は上記 2771 標準抵抗器を
使うときの一方の電流端子となります。

● 電池交換

電池は本器底部に納められています。

電池ぶたを開けるには押さえ金具を片手で矢印の方向いっぱいを押したまま、ふたの脚を持ち上げればはずれます。ふたを閉めるには、押さえ金具を矢印の方向に押して、ふたの AA' 端を本体のみぞにかけ、ふたを下に押せば押さえ金具がもどって閉まります。電池は並列接続で使用しますので 2 個同時に新しい電池に交換してください。(新しい電池と古い電池を同時に使用すると電池の消耗が速くなります。)

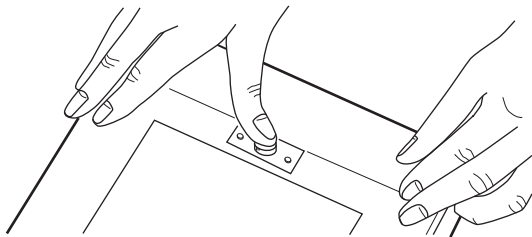


図 3.2 電池ぶたの開け方

● 外付け電源

外付け電源を使用するときは、INT. BA ㉔ 端子間のショートバーをはずして EXT. BA ㉔ 端子間に電流計を接続します。また外付け電源に直列にすべり抵抗器を接続し MULTIPLY 辺の上側に表示してある許容電流値 (MAX CURRENT) を超えないようにします。

Rx に流れる電流を測定するときは、図 3.4 のようにショートバーのかわりに直流電流計を接続します。

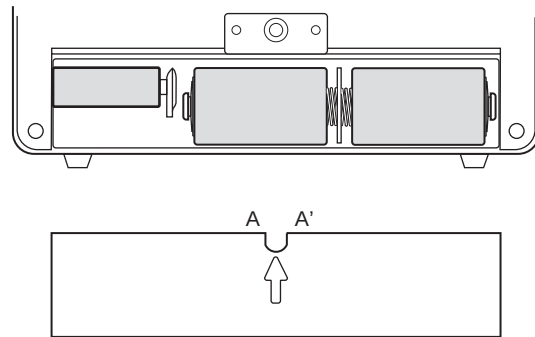


図 3.3 内蔵電池

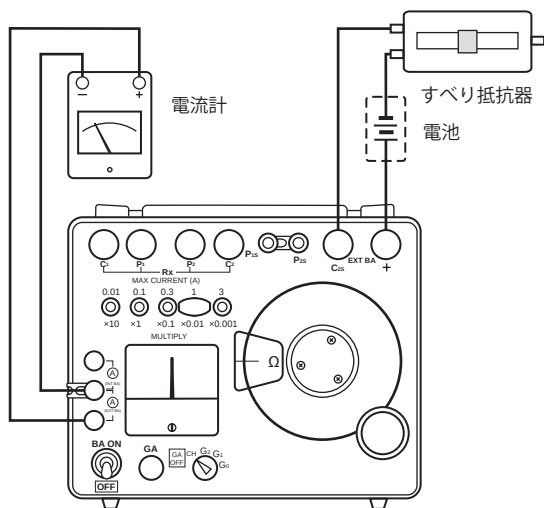


図 3.4 (a) 外付け電源の接続

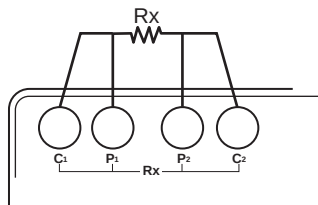


図 3.4 (b) Rx 端子の接続

4. 測定

4.1 準備

- (1) (INT. BA), P_{2S} 端子がショートバーで確実に短絡されていることを確かめます。
- (2) BA スイッチを OFF の状態で, Rx 端子を開放し GA 感度切換スイッチを CH として, 検流計回路駆動用電池が充分であるかないか確かめます。
検流計の指針が目盛板の青線の左端より右に振れば測定可能です。(このとき, 指示が安定するまでに 1 ~ 2 秒かかります。)
- (3) (2) の状態で GA 感度切換スイッチを G₀ とし, 検流計指示が 0 (零) を示すことを確かめます。
もし 0 からはずれているときは, ドライバーで検流計の零調整ねじを静かにまわし 0 に合わせます。
合わせたら GA 感度切換スイッチを G₂ にします。
- (4) 測定しようとする抵抗を Rx 端子に接続します。
(図 3.4 (b) Rx 端子の接続を参照してください。)
- (5) Rx 端子に流れる電流を測定する場合は, INT. BA 端子のショートバーのかわりに直流電流計を接続してください。

4.2 測定

- (1) Rx の大略の値により MULTIPLY プラグを
表 4.1 のように選びます。

Rx	MULTIPLY
0.1 ~ 1 (mΩ)	*) 0.0001
1 ~ 10 (mΩ)	0.001
10 ~ 100 (mΩ)	0.01
0.1 ~ 1.0 (Ω)	0.1
1 ~ 10 (Ω)	1
10 ~ 110 (Ω)	10
*) 2771 使用のとき	

表 4.1

- (2) BA スイッチを ON にします。
(3) 測定ダイヤルを中央付近にして、GA 押しボタン
スイッチを瞬時押し、検流計の振れがプラスのときは
ダイヤル値を増やして指示が 0 (零) になるように
この操作を繰り返します。

0 付近に指示が近づいたら、GA 押しボタンスイッチを
押してから左右どちらかにまわしてこれをクランプ
し、さらに測定ダイヤルを加減して検流計の指示を
0 にします。最初指示がマイナスのときはダイヤル
値を減らして同様の操作により指示を 0 にします。
さらに感度不足のときは G₁, G₀ の順に感度を
あげていきます。

- (4) 測定ダイヤルを加減して検流計の指示が 0 になった
とき、求める抵抗値は次のようになります。

$$Rx = (\text{測定ダイヤルの指示}) \times (\text{MULTIPLY の値}) [\Omega]$$

- (5) 測定が終わったら、GA 感度切換スイッチを OFF に
してから BA スイッチを OFF にします。

● 2769 用外付標準抵抗器 2771 を使用する

1 m Ω 以下から 0.1 m Ω までの抵抗を測定するときは
2771 を使用し、次のような接続 (図 4.1) により
測定できます。

このときは MULTIPLY のプラグは抜きます。
また被測定抵抗の値 Rx は次のようになります。

$$Rx [\Omega] = (\text{ダイヤルの指示}) \times \frac{1}{100} \times (\text{外付標準抵抗値})$$

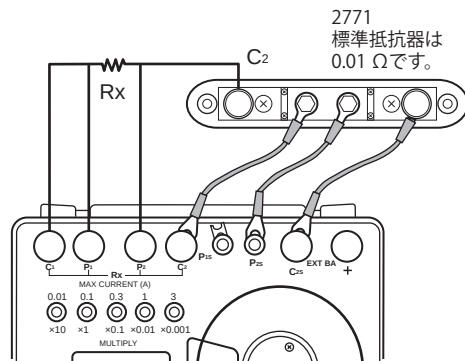


図 4.1 外付標準抵抗器の接続

4.3 測定用補助器具

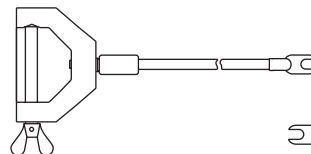
(1) 測定コード (275300)

被測定抵抗との接続用コードとして次のものがあります。

電流コード：長さ 2 m (2 本)，抵抗値 約 3 mΩ

電圧コード：長さ 2 m (2 本)，抵抗値 約 8 mΩ

電流コード



電圧コード

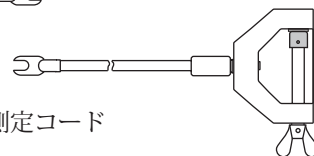


図 4.2 測定コード

(2) クランプ装置 (275400)

単位長の棒抵抗，導電率の測定を行うときに使用すると便利です。

[端子 (P₁-P₂) 間距離 P₁-P₂：約 500 mm]

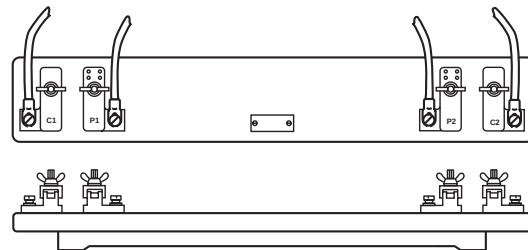


図 4.3 クランプ装置

5. 取り扱いおよび保守上の注意事項

5.1 取り扱い上の注意

- (1) 倍率プラグは使用時にはしっかりと挿入してください。
- (2) 検流計感度切換スイッチは必ず G_2 よりはじめ G_1 , G_0 の順に行ってください。いきなり G_0 とすると過電圧がかかり検流計を損傷することがあります。
- (3) 内付き標準抵抗の電流容量 (MAX CURRENT) は MULTIPLY 辺の上側に示してありますのでこれを超えないように注意してください。
(2. 仕様の表 2.1 を参照してください。)
- (4) 測定するときは、GA 感度切換スイッチを G_2 とし、BA スwitchを ON にしてから GA 押しボタンスイッチを押すようにします。
GA 押しボタンスイッチを押してから BA スwitchを ON にすると被測定物のインダクタンスなどで検流計が正常に動作せず測定ダイヤルの加減方向を誤ることがあります。
- (5) 測定後は BA スwitchと GA 感度切換スイッチは必ず OFF にしてください。

5.2 保守上の注意

- (1) 本器を長期間使用しなかった場合は、倍率プラグや測定辺ダイヤル用すべり抵抗などをきれいな布で拭いてください。この際すべり抵抗の刷子の圧力を変えないように注意してください。
(サンドペーパーなどでみがいたりしないでください。)
- (2) 長期間使用しないときは必ず電池をはずしてください。
- (3) 本器のパネルやケースは ABC 樹脂製で機械的には強くできていますが、熱や化学薬品には弱い面がありますから注意してください。
特にパネルの清掃などにラッカーシンナーなどの有機溶剤を使用しないでください。

5.3 校正

定期的に（年に 1 回くらい）下記項目の校正を行ってください。

5.3.1 予備検査

- (1) すべり抵抗のダイヤルおよびネームプレート、端子、プラグ、スイッチ類の外観に異常がないか、また接続端子類やプラグの接触不良はないか確かめます。
- (2) 内蔵電池が消耗していないかを確認します。

5.3.2 総合動作チェック

100 Ω以下の標準抵抗器を本器で測定して測定値が仕様の許容差以内に入っているかどうかを確認します。同一レンジで2点（ダイヤル目盛で0と10）の測定を行えばより正確な検査が行えます。なお、検査には当社の標準抵抗器 2792A または 2792 シリーズが便利です。（2792 は受注停止製品）

5.3.3 標準抵抗の校正

（R1 ～ R5 および 2771 標準抵抗器）

図 5.1 のように C₂、C_{2S} を電流端子、P_{2S}、P_{1S}（C₂ に同じ）を電圧端子とすると四端子抵抗として R1 ～ R4 をダブルブリッジおよび R5 をホイートストンブリッジ（測定精度 0.1% 以上）で測定し R1 ～ R5 の校正値を求めます。

2771 標準抵抗器も同様に行います。

この際、電流は MULTIPLY 辺の上側 (MAX CURRENT) に表示している値の 1/3 程度とします。

なお、校正には当社の 2752 ダブルブリッジおよび 2768 ホイートストンブリッジが便利です。

5.3.4 測定辺ダイヤルの目盛校正

外付標準抵抗器として、校正済みの 1000 Ωの標準抵抗器を接続します。

（4.2 測定 ● 2769 用外付標準抵抗器 2771 を使用するを参照してください。）

Rx 辺として精度 0.1% 以上かつ校正済みの 10 ～ 110 Ωの可変範囲があるダイヤル抵抗器を接続します。ダイヤルの目盛を設定し、ダイヤル抵抗器により零平衡をとります。

その校正値は次の式で算出されます。

$$\begin{aligned} & \text{（測定ダイヤルの校正値）} = \\ & \frac{100 \times \text{（ダイヤル抵抗器の抵抗値）}}{1000 \text{ } \Omega \text{ 標準抵抗器の抵抗値}} \end{aligned}$$

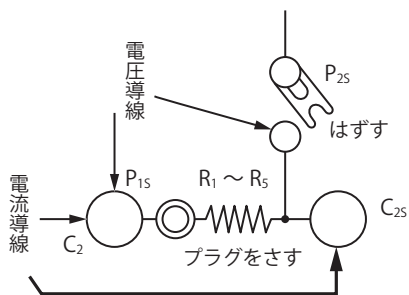


図 5.1 内蔵標準抵抗の校正

6. 原理

6.1 基本原理

ダブルブリッジの原理回路を図 6.1 に示します。
N および n の抵抗を加減して検流計 G に流れる
電流を 0 (零) にしたとき、未知抵抗 X は
式 (6.1) で表わされます。

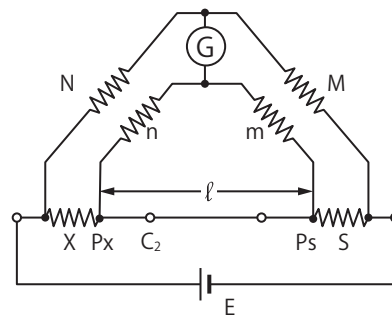


図 6.1 原理回路図

$$X = \frac{N}{M} \times S + \frac{m \times \ell}{m + n + \ell} \left(\frac{N}{M} - \frac{n}{m} \right) \dots (6.1)$$

ただし ℓ は S の Ps 端子から X の Px 端子までの
導線抵抗です。

本器では N, n, M, m が固定抵抗器とすべり抵抗器により、 $N = n, M = m$ になるように作製されていますので

$\frac{N}{M} - \frac{n}{m} = 0$ となり式(6.1)は次のように簡単になります。

$$X = \frac{N}{M} \times S \quad \dots\dots\dots (6.2)$$

すなわち接続導線の抵抗 ℓ の影響を受けないで低抵抗 X の正確な測定ができます。

6.2 誤差の要因

6.2.1 電流導線による誤差

$(\frac{N}{M} - \frac{n}{m})$ は実際には完全に 0 とならず、本器では $\pm (10^{-3}$ から $10^{-4})$ 程度の値となります。

そこで式 (6.1) の第 2 項の値 $\frac{m \times \ell}{m + n + \ell} (\frac{N}{M} - \frac{n}{m})$ を $m + n \gg \ell, \frac{m}{m + n} \div 0.99, \ell = 10 \text{ m}\Omega$ の条件で概算してみると $\pm 1 \times 10^{-5} \Omega$ となり、 $S = 0.1 \Omega$ とすれば式 (6.1) は $X = 10^{-2} \Omega \pm 1 \times 10^{-5} \Omega$ となりダイヤルの読みに対して $\pm 1\%$ の誤差となります。

S の値が小さいとき、すなわち X が小さいと

$(\frac{N}{M} - \frac{n}{m})$ の値がいかに小さくても ℓ / S の値が大きい結果としては大きな誤差となります。

ℓ / S の値には充分注意することが必要です。

本器では ℓ の一部となる P_s と C_2 までの部分はほとんど 0 になるよう設計されていますので C_2 から P_x 点までの導線抵抗が ℓ であると考えてさしつかえありません。

したがって本器を $\times 0.0001$ レンジで使用のとき、 ℓ は $10 \text{ m}\Omega$ 以下にしてください。

6.2.2 電圧導線による誤差

導線抵抗が大きくて無視できないときは P_1, P_2 の電圧端子に接続する導線は、 M, N 辺の値はそのままではなく、その比 N/M が誤差に関係することになるので、 N に導線抵抗 ΔN があれば M に導線抵抗を加えてその影響を打ち消すことができます。

すなわち、

$$X = \frac{(N + \Delta N)}{(M + \Delta M)} \times S \div \frac{N}{M} \times S \left(1 + \frac{\Delta N}{N} - \frac{\Delta M}{M}\right)$$

$$\text{ただし } \frac{\Delta N}{N} \ll 1, \frac{\Delta M}{M} \ll 1 \dots (6.4)$$

本器では P_{2S} 端子間に ΔM としての抵抗を挿入できる

ようになっています。式 (6.4) より $\frac{\Delta M}{M} = \frac{\Delta N}{N}$ のとき誤差が最小になります。

次に ΔM に相当する抵抗を接続しないで電圧導線による誤差が測定値の 0.5% となる測定をするための ΔN の値を求めます。

式 (6.4) から

$$X = \frac{N + \Delta N}{M} \times S = \frac{N}{M} \left(1 + \frac{\Delta N}{N}\right) \times S \dots (6.5)$$

上式のかっこ内が 1.005 となればよいから

$$\Delta N = 0.005N \dots (6.6)$$

本器では測定ダイヤル目盛が最小の 1.0 のとき

$N = 21 \Omega$ となっていますのでこれを式 (6.6) に

代入すれば $\Delta N = 110 \text{ m} \Omega$ となります。

また、 $\Delta N / N$ により N の確度は変わりますが、

これを求めると図 6.2 のようになります。

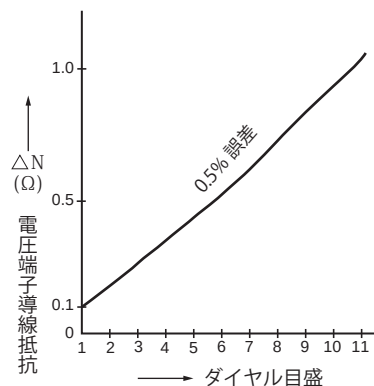


図 6.2 電圧導線による誤差

m 辺, n 辺については P_{2S} に相当する端子はありませんが、 Δm 辺, Δn 辺に対する導線抵抗 m, n の影響は前に述べたように l の値を S の値に比べて充分小さくとれば無視することができます。

Printed in Japan