

# 2018/07/02 電位降下法・置換法による中位抵抗の測定

## issue

- 表番号，図番号が無い←解決 2018/07/16
  - 説明文が無い
  - 軸の単位(軸タイトル ラベル)が無い
- 参考文献は参考にした箇所に参考文献番号を書く←解決 2018/07/16
  - 参考文献はページタイトル，URL，閲覧日時(年月日)
- 表タイトルの修正←解決 2018/07/24
- 参考文献番号を適当に←解決 2018/07/24

## 目的

実験を行ってデータを収集し整理する場合，守るべき原則や注意事項がある。

この実験では数十から数百オームの中位抵抗の測定を通して次のことを確認する。

- アナログ計器の読み方(計器板の鏡の使い方，スケール切り替えの必要性)
- 有効数字の取扱(データ読み取り時，計算時)
- 計器の内部抵抗の影響
- 表とグラフの書き方

## 原理・解説・実験方法

### 基本事項の確認

実験を行ってデータを取る前に確認しておかなければならない事項がある。

ここではその確認を行う。

次の1～3の確認事項を担当教員に必ずチェックしてもらうこと。

1. アナログ計器板にある鏡の意味を理解する。(なぜ鏡があるのか)
2. 有効数字に注意しながら，次の2つのデータを使ってオームの法則により抵抗値を計算すると，抵抗値はいくらか。また，有効数字はいくらか。
  - ある抵抗に0.002[A]の電流が流れたとき，1.1[V]の電圧がかかっていた。
  - ある抵抗に0.00211[A]の電流が流れたとき，1.1[V]の電圧がかかっていた。
3. 上の2つの結果からなぜ針ができるだけ大きく振れるように計器のスケールを切り替える必要があるのか，なぜメモリの1/10まで目分量でデータをとらなければならないのか，理由を考えて説明せよ。

### 置換法による中位抵抗の測定

#### 置換法による測定の原理

電源，保護抵抗，電流計，スイッチ，未知抵抗を接続し，スイッチを道抵抗側に倒し，電流を流す。

このときの電流値 $I$ を測定し，次にスイッチを既知抵抗に切り替えて電流を流す。

既知抵抗側に切り替えて電流を流す。このとき既知抵抗の値を切り替えて調整することにより，電流計を流れる電流値の値を最初の $I$ と同じにする。

このとき未知抵抗の値 $R_x$ と既知抵抗 $R$ は互いに等しくなり， $R_x$ の値を知ることができる。

#### 実験方法

1. 測定回路を実験書を参考にして構成する。置換法によって各未知抵抗の値を測定する。実験方法の詳細は測定の原理をもとに各自で考えること。ただし，測定値には必ず誤差が含まれるため，未知抵抗1個につき電流 $I$ の値を3回(大，中，小)変えて測定し，その平均をとって真の抵抗値を推定すること。
2. 上記の1の測定値において，3回のうち1回の測定値が他の2回と著しく異なっていた場合，どのように処置したらよいか考え説明せよ。
3. 実際に上記の2に該当するデータが測定されていれば，2で考えた適切な処置を施すこと。

### 電位降下法による中位抵抗の測定

#### 電位降下法による測定の原理

抵抗に電流を流すと電位降下が発生する。

このとき、抵抗値R、電流値Iおよび電位降下の値Vの間でオームの法則が成り立つことがわかっている。

V=RI

したがって、未知抵抗を流れる電流の値と未知抵抗の両端で発生している電位降下の値を測定すれば、上式を使って未知抵抗の値を計算で求めることができる。

電位降下法の測定回路は2つある。未知抵抗を流れる電流の値と未知抵抗の両端で発生している電位降下の値を測定するための回路としては、2つの種類が考えられるが、それぞれの回路では計器の内部抵抗の影響で、測定値が次の値となる。

- Aの回路
    - 電流計で測定された電流値は、電流計を流れる電流と道抵抗を流れる電流の和になっている。
  - Bの回路
    - 電圧計で測定された電圧値は、電流計の内部抵抗による電位降下の値と道抵抗による電位降下の値の和になっている。

このため、A,Bの2つの回路とも、測定値をそのまま式に代入して計算したのでは未知抵抗の計算値と真の値との間に誤差が生じてしまう。

そこで、Aの回路では

Rx=V/(I-(V/rv))

また、Bの回路では

Rx=V/I-ra

Rx:未知抵抗

V:電圧

I:電流

rv:電圧計の内部抵抗

ra:電流計の内部抵抗

という補正式を使って未知抵抗の真の値Rxを推定する。

ただし、測定値には必ず誤差がふくまれるため、複数個の測定値の組み合わせを使って、このRxを計算し、その平均値Rx'を求めて真の抵抗値を推定する。

なお、このような補正を施したときの真の抵抗値Rx'に対する誤差率εは

ε=((R-Rx')/Rx')\*100 [%]

を用いて計算する。

実験方法

1. デジタルテスタを使って使用する電流計と電圧計の内部抵抗値を調べる。**内部抵抗の値は端子の組み合わせごとに値が異なるので**実験で使用するすべての端子の組み合わせについて調べること。
  2. Aの測定回路を構成する。電圧計と電流計の端子の組み合わせを1V-1mAとする。
  3. 各抵抗について、電流の値を段階的(大、中、小)に変えながら電圧値と電流値の組を3組測定する。測定する抵抗はNo.1~5までであるが、すべて測定すると時間が足りないと思われる場合は、最小値の抵抗を除く4種類の測定でも良い
  4. 電圧計と電流計の組み合わせを1V-3mAに変更して3の測定を行う。
  5. 電圧計と電流計の組み合わせを3V-3mAに変更して3の測定を行う。
  6. Bの測定回路を構成し、Aの回路と同様に3~5の測定を行う。

実験結果

実験結果として次の内容を報告する。

1. 置換法に関する実験結果をまとめた表(測定データと推定される真の抵抗値)
  2. 電位降下法の実験で利用した各景気の内部抵抗値をまとめた表。
  3. 電位降下法に関する実験結果をまとめた表。表1に示す形式で両方の回路と測定したすべての未知抵抗について報告すること。
  4. 電位降下法の実験における道抵抗と誤差率の関係を表すグラフ。端子の組み合わせのち外による誤差率の違いを比較するグラフを端子の組み合わせ(1V-1mA,1V-3mA,3V-3mA)ごとに各1枚ずつ合計3枚報告すること。また、Aの回路に関する誤差率のグラフはすべて最小二乗法を使って描き、係数を計算した家庭も報告すること。グラフの横軸はRx'縦軸はε(|ε|の平均値)とする。

1 置換法に関する実験結果をまとめた表

表3.1 置換法に関する実験結果

未知抵抗	電流値[mA]	抵抗値(Rx) [Ω]	平均抵抗値(Rx') [Ω]
R1	2.5	100	100
	1.5	10	
	0.5	100	
R2	2.5	120	120
	1.5	120	
	0.5	120	
R3	2.5	266	265
	1.5	259	
	0.5	270	
R4	2.5	395	395
	1.5	390	
	0.5	400	
R5	2.5	675	675
	1.5	675	
	0.5	675	

2 電位降下法の実験で利用した各景気の内部抵抗値をまとめた表

表3.2 電位降下法の実験にて仕様した機材の各端子の内部抵抗をまとめた表

計器	端子	内部抵抗[Ω]
電圧計の内部抵抗rv	1V	1005
	3V	3000
電流計の内部抵抗ra	1mA	360
	3mA	142.1

3 電位降下法に関する実験結果をまとめた表。表1に示す形式で両方の回路と測定したすべての未知抵抗について報告すること。

回路A 測定端子 1V-1mA

表3.3.1 回路Aの測定端子1V-1mAにおける測定結果と道抵抗に間関する表

未知抵抗	I[mA]	V[V]	R[Ω]	rv[Ω]	ra[Ω]	Rx[Ω]	Rx'[Ω]	R-Rx'[Ω]	ε [%]	ε' [%]
R2	0.8	0.08	100	1005	360	111	111	-11	9.90990991	9.90990991
	0.5	0.05	100			111		-11	9.90990991	
	0.2	0.02	100			111		-11	9.90990991	
R3	0.8	0.165	206.25			260	248	-53.75	20.67307692	42.33012755
	0.5	0.1	200			244		-44	18.03278689	
	0.2	0.09	450			239		211	88.28451883	
R4	0.8	0.224	280			388	367	-108	27.83505155	26.70946584
	0.5	0.138	276			380		-104	27.36842105	
	0.2	0.05	250			333		-83	24.92492492	
R5	0.8	0.311	388.75			634	641	-245.25	38.6829653	44.95670803
	0.5	0.155	310			639		-329	51.48669797	

未知抵抗	I[mA]	V[V]	R[Ω]	rv[Ω]	ra[Ω]	Rx[Ω]	Rx'[Ω]	R-Rx'[Ω]	ε [%]	ε' [%]
	0.2	0.072	360			651		-291	44.70046083	

回路Aの 測定端子 1V-3mA

表3.3.2 回路Aの測定端子1V-3mAにおける測定結果と道抵抗に間関する表

未知抵抗	I[mA]	V[V]	R[Ω]	rv[Ω]	ra[Ω]	Rx[Ω]	Rx'[Ω]	R-Rx'[Ω]	ε [%]	ε' [%]
R2	2.5	0.261	104.4	1005	142	116.6	113.4666667	-12.2	10.46312178	9.519898768
	1.5	0.152	101.3333333			112.7		-11.36666667	10.08577344	
	0.5	0.06	120			111.1		8.9	8.01080108	
R3	2.5	0.52	208			267.3	251	-59.3	22.18481107	16.05805566
	1.5	0.306	204			256		-52	20.3125	
	0.5	0.121	242			229		13	5.676855895	
R4	2.5	0.692	276.8			382	373	-105.2	27.53926702	27.06214479
	1.5	0.41	273.3333333			375.4		-102.0666667	27.18877642	
	0.5	0.133	266			361.7		-95.7	26.45839093	
R5	2.5	0.99	396			653.5	640	-257.5	39.40321347	44.28023755
	1.5	0.59	393.3333333			646.3		-252.9666667	39.14074991	
	0.5	0.142	284			621.4		-337.4	54.29674928	

回路A 測定端子 3V-3mA

表3.3.3 回路Aの測定端子3V-3mAにおける測定結果と道抵抗に間関する表

未知抵抗	I[mA]	V[V]	R[Ω]	rv[Ω]	ra[Ω]	Rx[Ω]	Rx'[Ω]	R-Rx'[Ω]	ε [%]	ε' [%]
R2	2.5	0.28	112	3000	142	116.3	117.3	-4.3	3.69733448	3.751231244
	1.5	0.16	106.6666667			110.6		-3.933333333	3.556359253	
	0.5	0.06	120			125		-5	4	
R3	2.5	0.6	240			260.9	261	-20.9	8.010732081	8.010732081
	1.5	0.36	240			260.9		-20.9	8.010732081	
	0.5	0.12	240			260.9		-20.9	8.010732081	
R4	2.5	0.85	340			383.5	372	-43.5	11.34289439	22.20642543
	1.5	0.5	333.3333333			375		-41.66666667	11.11111111	
	0.5	0.1	200			358.2		-158.2	44.1652708	
R5	2.5	1.35	540			658.5	649	-118.5	17.99544419	17.81706861
	1.5	0.81	540			658.5		-118.5	17.99544419	
	0.5	0.26	520			630		-110	17.46031746	

回路B 測定端子 1V-1mA

表3.3.4 回路Bの測定端子1V-1mAにおける測定結果と道抵抗に間関する表

未知抵抗	I[mA]	V[V]	R[Ω]	rv[Ω]	ra[Ω]	Rx[Ω]	Rx'[Ω]	R-Rx'[Ω]	ε [%]	ε' [%]
R2	0.8	0.37	462.5	1005	360	103	97	359.5	349.0291262	372.125355
	0.5	0.229	458			98		360	367.3469388	
	0.2	0.09	450			90		360	400	
R3	0.8	0.485	606.25			246	242	360.25	146.4430894	149.0921409

未知抵抗	I[mA]	V[V]	R[Ω]	rv[Ω]	ra[Ω]	Rx[Ω]	Rx'[Ω]	R-Rx'[Ω]	ε [%]	ε' [%]
	0.5	0.301	602			240		362	150.8333333	
	0.2	0.12	600			240		360	150	
R4	0.8	0.589	736.25			376	372	360.25	95.81117021	98.23994499
	0.5	0.362	724			369		355	96.20596206	
	0.2	0.15	750			370		380	102.7027027	
R5	0.8	0.805	1006.25			641	640	365.25	56.98127925	56.23334308
	0.5	0.5	1000			640		360	56.25	
	0.2	0.199	995			640		355	55.46875	

回路B 測定端子 1V-3mA

表3.3.5 回路Bの測定端子1V-3mAにおける測定結果と道抵抗に間関する表

未知抵抗	I[mA]	V[V]	R[Ω]	rv[Ω]	ra[Ω]	Rx[Ω]	Rx'[Ω]	R-Rx'[Ω]	ε [%]	ε' [%]
R2	2.5	0.635	254	1005	142	112	109.1111111	144.8888889	129.3650794	197.8161504
	1.5	0.38	253.3333333			111.3333333		253.3333333	227.5449102	
	0.5	0.123	246			104		246	236.5384615	
R3	2	0.791	395.5			253.5	189	206.5	81.45956607	194.0154382
	1.5	0.595	396.6666667			254.6666667		396.6666667	155.7591623	
	1	0.2	200			58		200	344.8275862	
R4	1.5	0.78	520			378	372	148	39.15343915	105.3880071
	1	0.52	520			378		520	137.5661376	
	0.5	0.251	502			360		502	139.4444444	
R5	1	0.793	793			651	612	181	27.80337942	92.0367682
	0.7	0.551	787.1428571			645.1428571		787.1428571	122.0106289	
	0.5	0.341	682			540		682	126.2962963	

回路B 測定端子 3V-3mA

表3.3.6 回路Bの測定端子3V-3mAにおける測定結果と道抵抗に間関する表

未知抵抗	I[mA]	V[V]	R[Ω]	rv[Ω]	ra[Ω]	Rx[Ω]	Rx'[Ω]	R-Rx'[Ω]	ε [%]	ε' [%]
R2	2.5	0.615	246	3000	142	104	104.4444444	141.5555556	136.1111111	202.8513268
	1.5	0.38	253.3333333			111.3333333		253.3333333	227.5449102	
	0.5	0.12	240			98		240	244.8979592	
R3	2.5	1	400			258	255	145	56.20155039	122.8327915
	1.5	0.6	400			258		400	155.0387597	
	0.5	0.195	390			248		390	157.2580645	
R4	2.5	1.3	520			378	371	149	39.41798942	105.5496438
	1.5	0.78	520			378		520	137.5661376	
	0.5	0.25	500			358		500	139.6648045	
R5	2.5	2	800			658	653	147	22.34042553	88.67121809
	1.5	1.18	786.6666667			644.6666667		786.6666667	122.0268873	
	0.5	0.399	798			656		798	121.6463415	

4 電位降下法の実験における道抵抗と誤差率の関係を表すグラフ

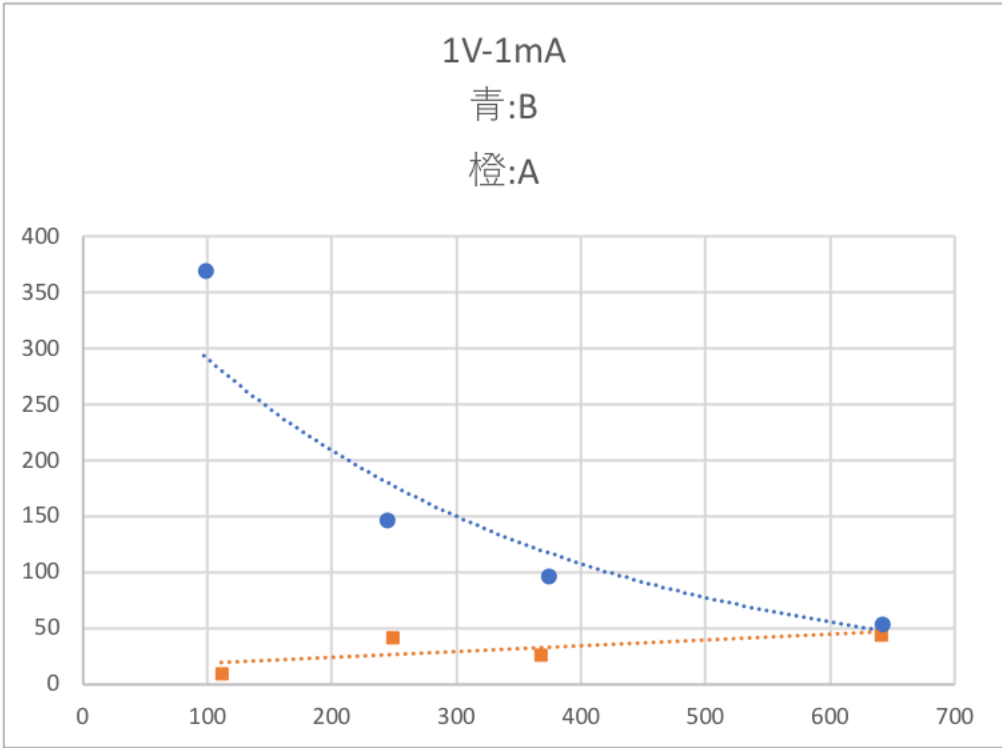
グラフの横軸はRx'縦軸はε'(|ε|の平均値)とする。

1V-1mA

表3.4.1 1V-1mAにおける回路Aと回路BのRx'とε'の表

A		B	
Rx'	ε'	Rx'	ε'
111	9.90990991	97	372.125355
248	42.33012755	242	149.0921409
367	26.70946584	372	98.23994499
641	44.95670803	640	56.23334308

グラフ3.4.2 また、1V-1mAにおけるグラフ

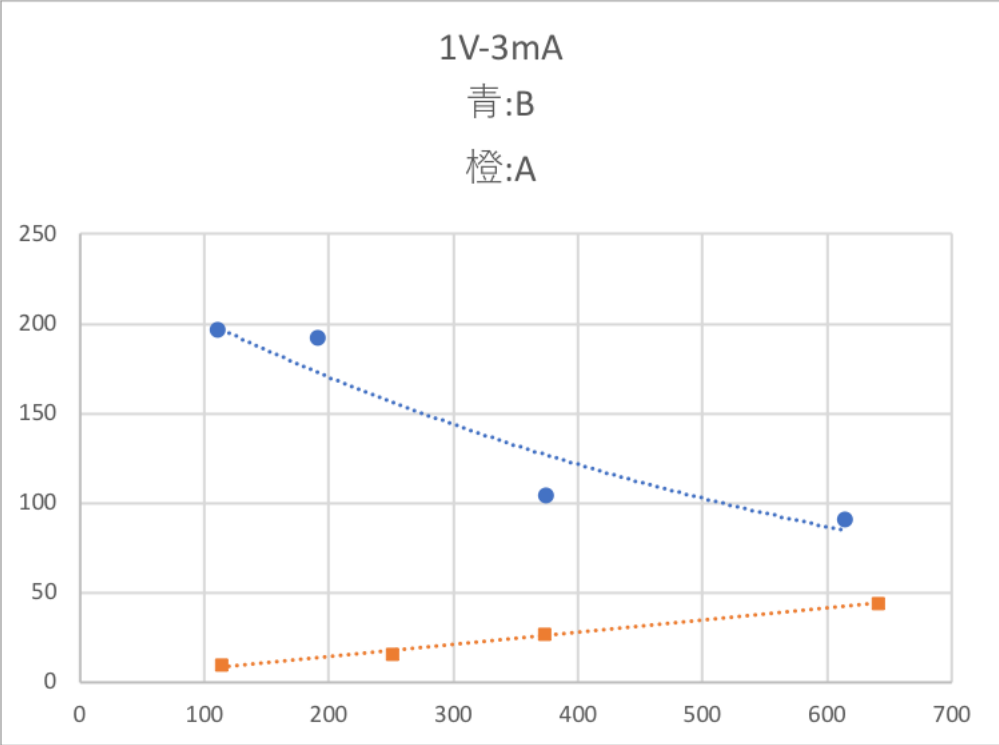


1V-3mA

表3.4.3 1V-3mAにおける回路Aと回路BのRx'とε'の表

A		B	
Rx'	ε'	Rx'	ε'
113.4666667	9.519898768	109.1111111	197.8161504
251	16.05805566	189	194.0154382
373	27.06214479	372	105.3880071
640	44.28023755	612	92.0367682

グラフ3.4.4 3V-3mAにおけるグラフ

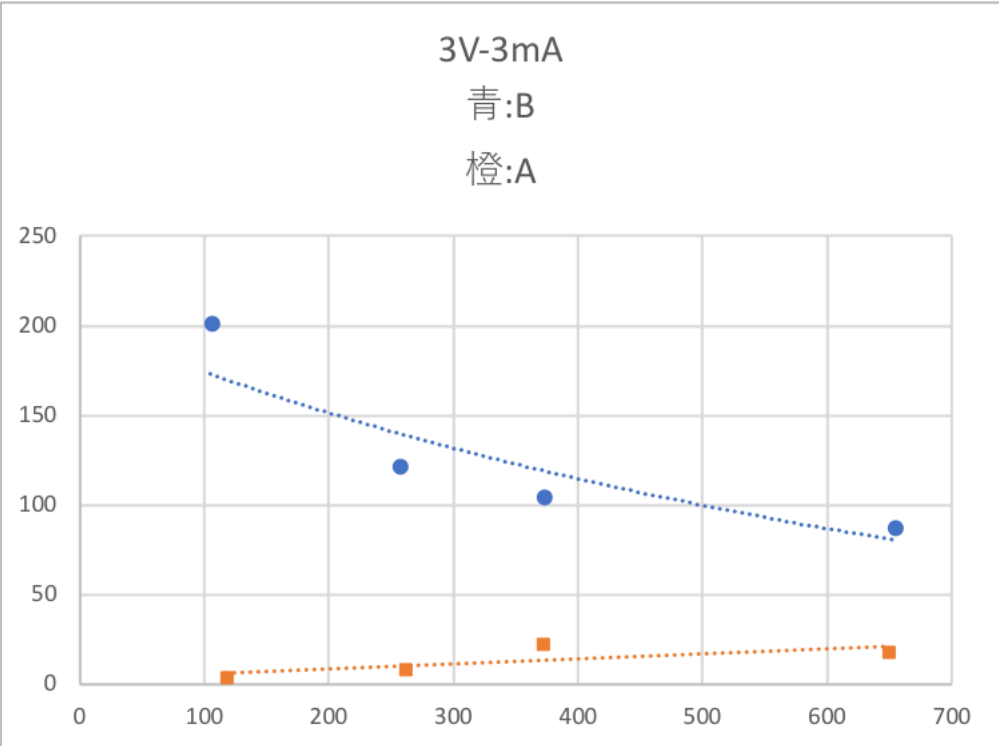


3V-3mA

表3.4.5 3V-3mAにおける回路Aと回路BのRx'とε'の表

A		B	
Rx'	ε'	Rx'	ε'
117.3	3.751231244	104.4444444	202.8513268
261	8.010732081	255	122.8327915
372	22.20642543	371	105.5496438
649	17.81706861	653	88.67121809

グラフ3.4.6 3V-3mAにおけるグラフ



1. 置換法の測定において、既知抵抗の電流値が未知抵抗の電流値と完全に一致しない場合は、未知抵抗の電流値の前後の値となる既知抵抗の電流値を使って補間計算を行う。どのように保管すればよいか調べ、その方法を報告せよ。
2. 電位降下法と比較して、置換法の有利な点と不利な点を調べ報告せよ。
3. 端子の組み合わせごとに、回路の違いによる誤差率の違いを比較するグラフ3枚に $\sqrt{(r_v \cdot r_a)}$ の縦線引いて、縦線の前後で2つの測定回路の誤差率を比較し、どのようなことがわかるか報告せよ。
4. 電位降下法により中位抵抗を測定する場合、実験した範囲内では計器の端子のどの組み合わせが良いか、その理由と共に報告せよ

課題1

置換法の測定において、既知抵抗の電流値が未知抵抗の電流値と完全に一致しない場合は、未知抵抗の電流値の前後の値となる既知抵抗の電流値を使って補間計算を行う。どのように保管すればよいか調べ、その方法を報告せよ。

参考文献番号：1

既知抵抗Rの電流値Iが未知抵抗Rxの電流値Ixと完全に一致しない  
オームの法則V=RIと電圧が一定なことから

$$RI = RxIx = \text{Const.}$$

と考えられる。  
このことからRxについて解くことで、

$$Rx = R \cdot I / I_x$$

が得られる。

課題2

電位降下法と比較して、置換法の有利な点と不利な点を調べ報告せよ。

弱点

既知抵抗の持つ誤差を超える精度は得られない（基準となる既知抵抗が狂っていたらそれと同じだけ狂った測定値しか得られない）  
さらに電流計の誤差が上積みされる（既知抵抗と同じ電流値となったとしても、その値は電流計の固有の誤差を必ず含む）

利点

相対抵抗を揃えることに強い（既知抵抗と相対的に抵抗値の揃った＝計器の誤差範囲内で＝ものを得やすい）

課題3

端子の組み合わせごとに、回路の違いによる誤差率の違いを比較するグラフ3枚に $\sqrt{(r_v \cdot r_a)}$ の縦線引いて、縦線の前後で2つの測定回路の誤差率を比較し、どのようなことがわかるか報告せよ。

表3.2 電位降下法の実験にて仕様した機材の各端子の内部抵抗をまとめた表

計器	端子	内部抵抗[Ω]
電圧計の内部抵抗rv	1V	1005
	3V	3000
電流計の内部抵抗ra	1mA	360
	3mA	142.1

1V-1mA

表4.3.1.1 誤差率の違いを比較するグラフ3枚に $\sqrt{(r_v \cdot r_a)}$ の縦線引いて、縦線の前後で2つの測定回路の誤差率を比較するための表

Rx'	ε'	Rx'	ε'	ra	rv	y	$\sqrt{rv \cdot ra}$
111	9.90990991	97	372.125355	360	1005	0	601.4981297
248	42.33012755	242	149.0921409	360	1005	400	601.4981297
367	26.70946584	372	98.23994499				
641	44.95670803	640	56.23334308				

グラフ4.3.1.2 誤差率の違いを比較するグラフ3枚に $\sqrt{(r_v \cdot r_a)}$ の縦線引いて、縦線の前後で2つの測定回路の誤差率を比較するための表のグラフ

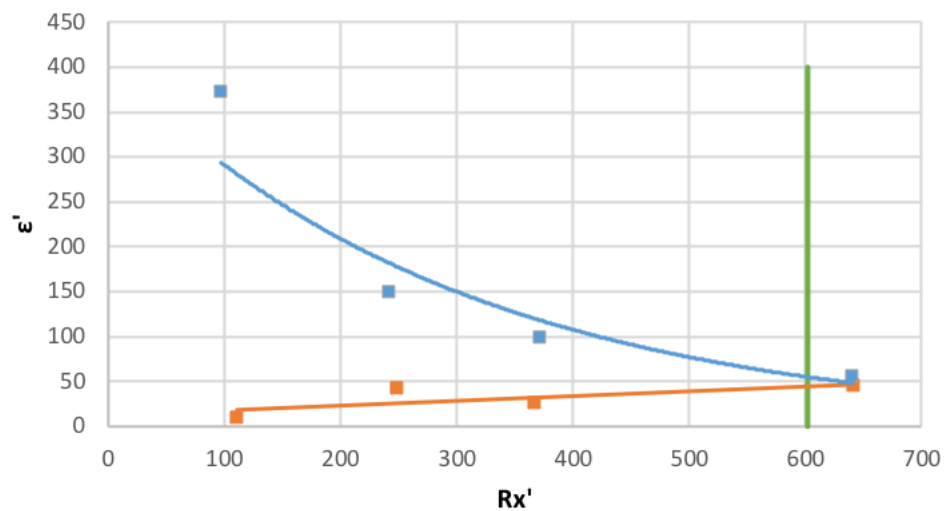


### 1V-1mA

青:B

橙:A

緑: $\sqrt{rv \cdot ra}$



### 1V-3mA

表4.3.2.1 誤差率の違いを比較するグラフ3枚に $\sqrt{rv \cdot ra}$ の縦線引いて、縦線の前後で2つの測定回路の誤差率を比較するための表

$Rx'$	$\epsilon'$	$Rx'$	$\epsilon'$	$ra$	$rv$	$y$	$\sqrt{rv \cdot ra}$
113.4666667	9.519898768	109.1111111	197.8161504	142.1	1005	0	377.9027653
251	16.05805566	189	194.0154382	142.1	1005	400	377.9027653
373	27.06214479	372	105.3880071				
640	44.28023755	612	92.0367682				

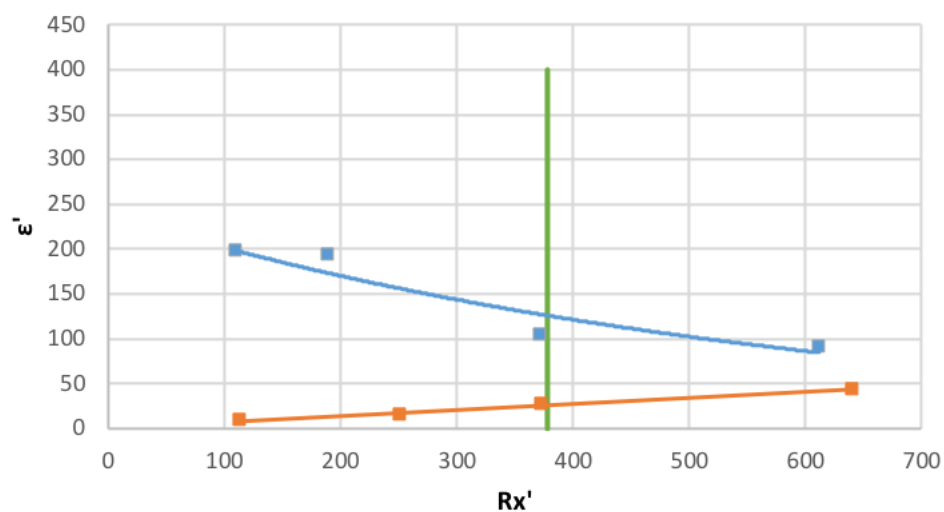
グラフ4.3.2.2 誤差率の違いを比較するグラフ3枚に $\sqrt{rv \cdot ra}$ の縦線引いて、縦線の前後で2つの測定回路の誤差率を比較するための表のグラフ

### 1V-3mA

青:B

橙:A

緑: $\sqrt{rv \cdot ra}$

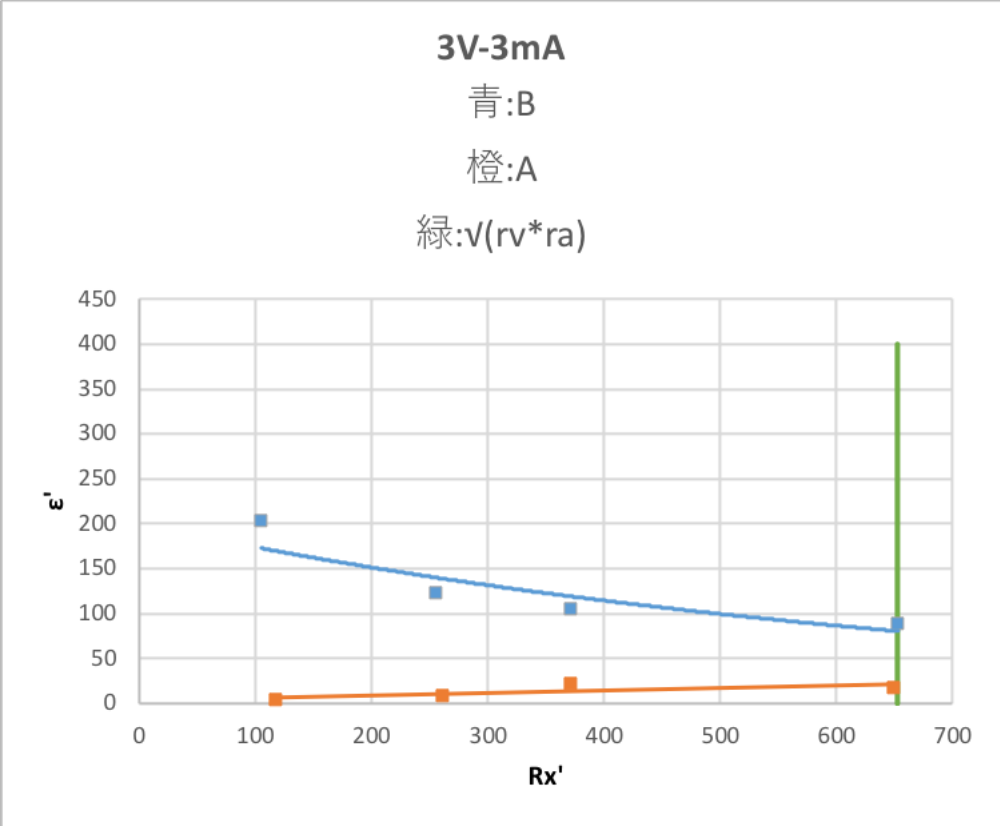


3V-3mA

表4.3.3.1 誤差率の違いを比較するグラフ3枚に√(rv\*ra)の縦線引いて、縦線の前後で2つの測定回路の誤差率を比較するための表

A		B					
Rx'	ε'	Rx'	ε'	ra	rv	y	√rv*ra
117.3	3.751231244	104.4444444	202.8513268	142.1	3000	0	652.9165337
261	8.010732081	255	122.8327915	142.1	3000	400	652.9165337
372	22.20642543	371	105.5496438				
649	17.81706861	653	88.67121809				

グラフ4.3.3.2 誤差率の違いを比較するグラフ3枚に√(rv\*ra)の縦線引いて、縦線の前後で2つの測定回路の誤差率を比較するための表のグラフ



課題3まとめ

緑の先の前は誤差がAとBで離れているが、緑の後ではAとBの誤差が近くなっている。

課題4

電位降下法により中位抵抗を測定する場合、実験した範囲内では計器の端子のどの組み合わせが良いか、その理由と共に報告せよ

参考文献番号：3

Aの回路

3V-3mAのときが最も誤差が小さいためAの回路で計測する場合は3V-3mAが最も適していると考えられる。

Bの回路

3V-3mAのときが最も誤差が小さいためBの回路で計測する場合は3V-3mAが最も適していると考えられる。

課題4まとめ

どちらの回路でも3V-3mAのときが最も適していた。

参考

参考文献番号	タイトル	URL	閲覧日時 (年月日)
—	実験書	—	—
1	電気計測の置換法の補間計算について	<a href="https://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question_detail/q11129240791">https://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question_detail/q11129240791</a>	2018/07/16
2	Tables Generator	<a href="http://www.tablesgenerator.com/markdown_tables">http://www.tablesgenerator.com/markdown_tables</a>	2018/07/16
3	電気回路での抵抗の測定方法について	<a href="https://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question_detail/q12129209112">https://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question_detail/q12129209112</a>	2018/07/16
4	Excel 2016 for Macで複合グラフを作成する方法	<a href="https://hashimototsutomu.com/archives/10772444.html">https://hashimototsutomu.com/archives/10772444.html</a>	2018/07/16
5	グラフ散布図で複数の資料を重ねる。	<a href="https://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question_detail/q1317072898">https://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question_detail/q1317072898</a>	2018/07/16

参考文献番号：2 / 参考文献番号：4 / 参考文献番号：5

各種表の生成に使用しました。