

Date of Lab 2/15/2017

Date of Submission 2/22/2017

Laboratory Report

Title Multimeter / Resistance of Conductive Paper

表題 テスター、導電性紙の電気抵抗

Homeroom 11-I	Section	Name 氏名 Hinako Nakayama
------------------	---------	-------------------------------

Lab Partners Shiena Yabe
共同実験者

Summary

テスターの使い方を学び、9V電池の電圧や私達の体の抵抗などを測った。直流と交流の違いや、直列と並列に接続した時に用いる公式 $R=R_1+R_2$, $R=\frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}}$ がどうして成り立つのかも理解できた。導電性紙を使った実験では、テスターを使って測定した値と計算して予想した値を比較し、実験の正確性も求めた。測定した電圧と抵抗をオームの法則にあてはめたところ、テスターに表示された電流 I とほぼ一致した。 *よ.. Summary 2/21*

- Meet a deadline
- Write logically
- Write clearly
- Write with your own words
- 締切り守って
- 論理的に
- わかりやすく
- 自分のことばで

Teacher Comments

水路の図で模型化したのは大変良い。(一部誤解あり)。データもまとめ方も正確でわかり易い。

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Due 提出期限	Summary 要旨	Intro. 序	Method. 方法	Results 結果	Table/Fig. 表/図	Discussion 考察	Clearness わかりやすさ	General 全般
+	+	+			+	+	++	++++

* Write your report in Japanese or in English * Use this form as a cover sheet.
* Submit your reports by the seventh day after your lab.

目的

- テスターの使い方をマスターする
- 導電性紙の電気抵抗を測定する

理論

1) 電流 (A)

電流とは電荷の移動する流れのことである。電流の大きさとは電荷粒子の流れの大きさを表し、単位はアンペア [A] である。電流の向きは陽子の動く向きと一緒である。一秒間に何個の電子が通り受けるかを数値化して表す。導線の断面を一秒間に通過する電気量を1クーロン [C] の時、電流の大きさは1アンペア [A] という。

導線のある断面を t 秒間に通過する電気量が q [C] の時、電流の大きさ I [A] は: $I = \frac{q}{t}$

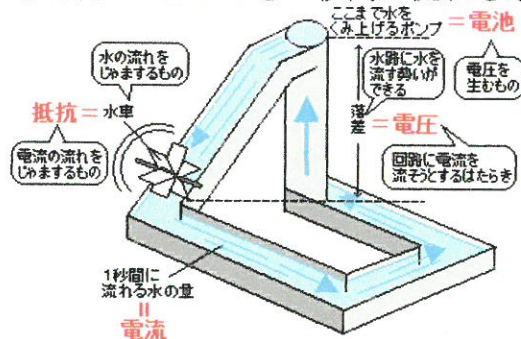
2) 電圧 (V)

2点間の電位の差を電圧といい、単位はボルト [V] である。つまり、電圧は電位差のことである。

3) 抵抗 (Ω)

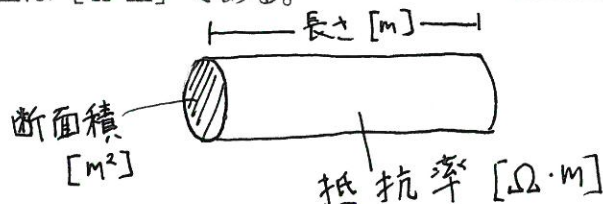
電気抵抗が大きいと同じ電圧を加えても流れる電流が小さくなるので電流の流れにくさを表す量を電気抵抗という。単位は Ω (オーム) で、電圧と電流の比で表される。 $1\Omega = 1 [V/A]$ である。電気抵抗は物質の種類によって異なる。

電圧・抵抗・電流は水車のメカニズムによく似ている。水車のように落差（電圧）が大きいほど1秒間に流れる水の量（電流）は多くなる。水車（抵抗）が小さいほど、1秒間に流れる水の量（電流）が多くなる。しかし、水の勢い（電流の勢い）は落差だけに関係し、水路（回路）のどこでも1秒間に流れる水の量（電流）は一定である。



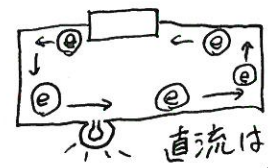
4) 抵抗率

同じ太さの銅線の電気抵抗 R [Ω] は銅線の長さ l [m] に比例し、その断面積 S [m^2] に反比例する。比例定数は ρ である時、 $R = \rho \frac{l}{S}$ が成り立つ。 ρ を抵抗率と言い、単位は [$\Omega \cdot m$] である。



電圧 ↑ 直流

時間 →



直流は一方に走るだけ

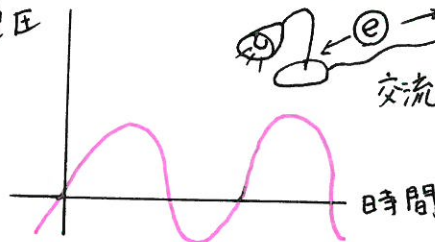
5) 直流 DC

電池から得られた電気は電圧や電流の向きが一定で変化しない。このような電気を直流という。

6) 交流 AC

家庭で使われているような電気は電圧や電流の向きが周期的に変化する。このような電気を交流という。

電圧

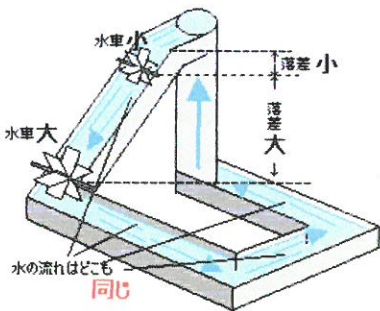


交流は行ったり来たりしていきがしい

7) 直列接続

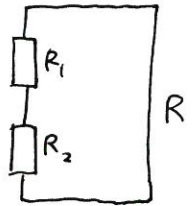
複数の抵抗を繋げ、一つの大きな抵抗とみなした時の抵抗を合成抵抗という。

2個の電気抵抗を電流の流れる道筋が1本になるようにつなぐことを抵抗の直列接続という。抵抗を直列につなぐと回路全体の抵抗は、各抵抗の和になる。つまり、どの抵抗にも同じ大きさの電流が流れている。直列に接続した時、抵抗は大きくなる。



水車で考えると、それぞれの水車は自分がじゃまする水量に見合った落差を必要とし、落差を分け合う。2個の水車に流れをじゃまされて水量は1個のときより減る。つまり、抵抗が大きくなる。

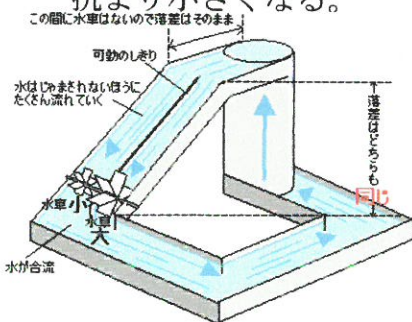
水量は変化しない、落差が減る



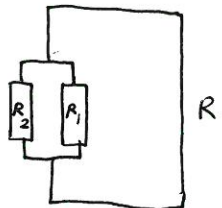
直列接続の公式: $R = R_1 + R_2$ (R: 全体の合成抵抗[Ω], R₁とR₂: つなげる抵抗[Ω])

8) 並列接続

合成抵抗で、電気回路で使われる器具や抵抗を並べて接続することを並列接続という。各抵抗に加わる電圧は等しい。抵抗を並列につなぐと回路全体の抵抗は、各抵抗より小さくなる。



これも水路で考えると、水が水車のところに達すると、枝分かれする。水路が枝分かれすると、どちらの水車にも同じ落差で水が流れていく。水は邪魔されないように楽な方にたくさん流れていき、合流してポンプにもどる。全体の抵抗は小さくなる。



並列接続の公式: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ (R: 全体の合成抵抗[Ω], R₁とR₂: つなげる抵抗[Ω])

9) 電圧降下

電流を回路に流した時に存在する電気抵抗の両端に電位差が生じる現象のことを電圧降下という。

10) オームの法則

抵抗器の両端に電圧をかけると電流が抵抗器に流れる。同じ電圧を二つの物体にかけた時、抵抗器の抵抗の値が大きいほど流れる電流は小さくなり、抵抗器の抵抗が大きい場合はたくさんの電流を流した時にかかる圧力が大きくなる。かける圧力・抵抗の値・流れる電流の大きさの関係を表したのがオームの法則である。

例えば金属線を流れる電流の強さ I [A] は金属線の両端の電圧 [V] に比例する。

比例定数が $\frac{1}{R}$ で公式は：
$$I = \frac{V}{R} \text{ または } V = RI$$

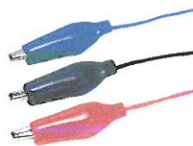
(V: 電圧 [V]、I: 電流 [A]、R: 電気抵抗 [Ω])

実験器具

テスター



鱈口クリップ



ミニランプ



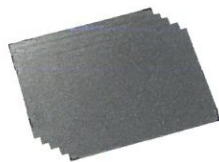
抵抗



9V 電池



導電性紙



はさみ



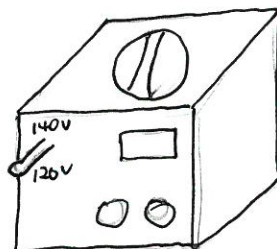
定規



バインダークリップ



トランス




実験方法

ロータリースイッチが OFF であることを確認し、黒のリード線は COM、赤のリード線は VΩMA につなげる。データを Hold する時以外は使わない。

実験① 導通テスト


実験方法

- 9V 電池にミニランプを鱈口クリップを使って繋げ、光るかを見る。
- ロータリースイッチを  のマークがある 6 時の位置まで回し、赤のリード線と黒のリード線の先端の金属部分をくっつけ合わせ、音が鳴るかを確認する。

実験結果

ミニランプは明るく光った。9V 電池から電流が出て、鱈口クリップの導線に伝わって光ったのであろう。回路に電気が通ったということなので、9V 電池にはまだ電圧が残っていたことを確認できた。



 は電通ブザーのことで、電氣的に導通していればブザーがなる設定である。黒と赤のリード線をくっつけたら導通している場合は電流の測定値が表示されるとともに、ブザー音がする。一方、断線などで導通していない場合は数値の表示もブザー音もない。今回の実験では『ビー』というブザー音も数値表示も共にあったため、電流が流れ、テスターが正常に動いているということが分かった。



実験② 直流電圧測定

実験方法

- テスターのロータリースイッチを =V の V20 にまず合わせ、9V 電池に赤と黒のリード線を繋げ、電池に残っている実際の電圧を測る。
- ロータリースイッチを回し、テスターの電圧測定レンジを 200m~500 などに変えて測定する。

実験結果と考察

設定電圧	9V 電池の電圧 [V]
V20	8.25V
V200	8.3V
V500	8V
2000m	1

電池にも黒と赤のリード線にも正負の記号がある。黒いリード線はマイナス端子で COM、赤はプラス端子で $V\Omega$ である。そのため、黒と赤のリード線を電池に逆につけるとマイナスで表示される。符号は違っても値は変わらなかった。元は 9V あった電池も使っているうちに徐々に減り、今は 8.25V 残っていることが分かった。また、ロータリースイッチで測定範囲を変えても同じものを測定しているので同じような数値の電圧が表示された。V20 の時が一番有効桁数が多く、正確だったので測定範囲を狭めた時の方がより正確な値が表示された。また、2000m の時、最大で測れる電圧は 2V までなので、9V である電池はその値をオーバーしているため測定不可能で 1 と表示された。

正しい

実験③ 交流電圧測定

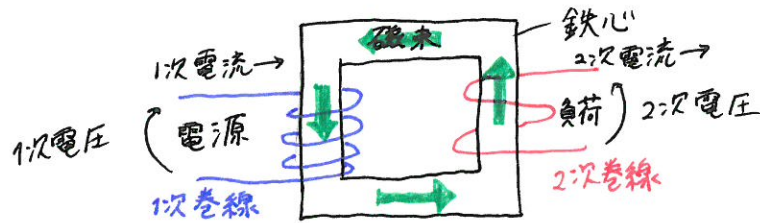
実験方法

- トランスを 120V に設定し、プラグに赤と黒のリード線を差し込み、スイッチを入れる。
- テスターのロータリースイッチを交流電圧 (V~) 200 に設定し、トランスを時計回りにゆっくり回す。
- テスターで数値を確認し、最高の時の数値を確認する
- 反時計回りにトランスを回して、テスターに表示される数値が 0 に戻るのを確認してからトランスのスイッチを切ってリード線を抜く。

実験結果と考察

トランス (変圧器) とは交流の電圧を変化させる機械である。直流は電流が一定なため電圧はトランスを使っても変化させることはできない。トランスは銀心に 1 次コイルと 2 次コイルを巻きつけた構造で、1 次コイルに電流が流れるとコイル内部に電界が発生し、2 次コイルには電圧が発生する。この時に生じる電圧の大きさはコイルの巻き数に比例し、それが多ければ多いほど高い電圧が得られる。トランスの V を徐々に上げていくとテスターで測っている数値も上がった。トランスを 120V に設定し電圧を

最大まで上げた時、テスターに表示された最高値は 118V であった。トランスで設定した電圧と近い数値がテスターで表示され、交流の電圧は自由に変えられることがわかった。



実験④ 抵抗測定

実験方法

- ロータリースイッチを 200mA のところでセットする
- 抵抗の両端に付いている導線にテスターのリード線を片方ずつ当てる
- 人体の抵抗を測るためにリード線を左右の手で片方ずつ握り、テスターに表示される数値を記録する

実験結果と考察

- A) テスターを 20k に設定して測定したところ、10.06kΩ という値が表示された。
 実験で使った抵抗についての線の色の順番は 茶・黒・黒・赤・茶 であった。

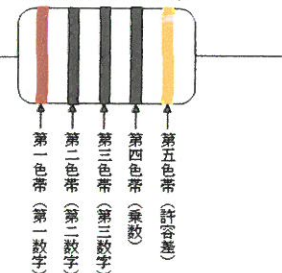
4本帯

色	有効数字	乗数	許容差
黒	0	10 ⁰	-
茶	1	10 ¹	±1%
赤	2	10 ²	±2%
橙	3	10 ³	-
黄	4	10 ⁴	-
緑	5	10 ⁵	-
青	6	10 ⁶	-
紫	7	10 ⁷	-
灰	8	10 ⁸	-
白	9	10 ⁹	-
金	-	10 ⁻¹	±5%
銀	-	10 ⁻²	±10%

5本帯

カラーコードによる抵抗値は表を使って求めると 10kΩ で許容差は±1%となった。これを実際に測定した値である 10.06kΩ と比較すると±1%以内なので一致した。

抵抗 5 色帯



- B) 手でリード線を握ったところ、20M に設定したテスターに表示された値は 1.02 MΩ だった。

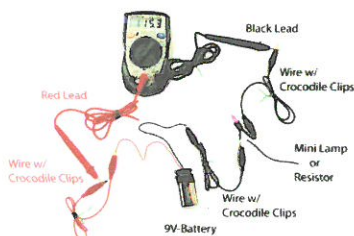
人間の抵抗を測る時に、パートナーと測ってみた。二人で手をつないでいれば一人の時と同じように数値が出るが、手をつながずに離れた状態で二人が互いに違う色のリード線を持つと、抵抗値が測れなかった。これは二人が繋がっていないため、途中で電流が止まってしまったからである。また、数値が落ち着くのに少し時間がかかった

理由として、汗やちょっとした動きで電気抵抗が変動していたからである。同じ人でも体のどこに当てるかによって抵抗は違ってくる。

実験⑤ 直流電流

実験方法

a. 抵抗に鱈口クリップをつけ、図のようにテスターのリード線・電池・抵抗が直列に接続されるようにつなげる。



b. テスターのロータリースイッチを直流電流（200mA）に設定し、電流を測る。

実験結果と考察

直列で電流を測ったところ、直流電流の数値は **8.4mA** だった。オームの法則の $I = \frac{V}{R}$

に当てはめて電流の数値を求めてみると：

実験②より電圧は **8.25V**

実験④より抵抗は **10.06kΩ**

これらを公式に当てはめると $I = 8.2 \times 10^{-3}$ なので、法則上では **8.2mA** になるはずである。実際に測った電流の数値と近く、オームの法則とほぼ一致したが、2.4%の誤差があった。これは使っているうちに電池の電圧が低くなってきていることが原因であるのかもしれない。

実験⑥ 伝導性紙の抵抗

実験方法

- 指定された大きさに黒い伝導性紙を切る
- 指示通りにクリップで直列や並列に紙を繋げ抵抗を作り、抵抗をテスターで測る。
- 測定値に基^つ付き、次に測定する紙の抵抗を推測する。

実験結果と考察

#			予想値(kΩ)	測定値(kΩ)	エラー(%)
1	30.0cm×3.0cm		Standard (180.6)	180.6	
2	15.0cm×3.0cm		90.3	85.0	6.2%
3	30.0cm×1.5cm		361.2	332.4	8.7%
4	15.0cm×1.5cm		180.6	164.8	9.6
5	Series		270.9	269.0	0.4
6	30.0cm×1.5cm+30.0cm×1.5cm		180.6	223.4	19.2
7	30.0cm×1.5cm+15.0cm×1.5cm		120.4	99.0	21.6
8	Your Originals 30cm×1.5cm+30cm×1.5cm 直列		722.4	701.0	3.1

#1 の値を standard として考える

#2 は #1 より長さが半分であるため、抵抗も半分になる。

#3 は#1 と比べて幅が半分で、抵抗は物体の幅に反比例するため#1 の数値のを 2 倍すれば良い

#4 は#1 より長さも幅も半分で、抵抗は長さに比例し幅に反比例することから#1 と数値は変わらない。

#5 は#2 と#4 の直列接続で合成抵抗なので全ての電気抵抗の和なので、#2 と#4 の予想値を足せば良い。

#6 は#3 を二つ使った並列接続で合成抵抗なので、 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ の公式を使って予想値を求める。

#7 は#3 と#4 の並列接続で合成抵抗なので、 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ の公式より予想値が求められる。

#8 は#3 を二つ使った直列接続なので、合成抵抗より#3 の予想値を 2 個足して求めた。

この実験のエラーは $\frac{\text{予想値} - \text{計測値}}{\text{計測値}} \times 100(\%)$ より求められる。

紙の長さを短くした時に抵抗は減り、紙の太さを細くすると抵抗は増えた。紙が細くて長い時には抵抗が密集して多いため、抵抗は増えた。一方で紙が短くて太い時は抵抗が自由に動けるスペースがもっとあるため、抵抗は減った。抵抗の予想値と測定値のエラーが10%以下に収まったものが多かった。つまり、抵抗率の公式は成り立つ。しかし、20%を超えてしまったものもある。これは紙の切り方や極僅かな長さや太さのミスからだと思われる。正確に指示された長さや太さに合わせられたものの方が数値は近かった。物体の大きさによって抵抗は変わることが分かった。

結論

オームの法則では抵抗に流れる電流が電圧に比例し、抵抗に反比例することを示している。直流電流の実験より、実際の測定値とオームの法則より計算した値を比較したときに誤差が2.4%のみだったので、オームの法則が成り立つことがわかった。

導電性紙の実験では、導電性紙が長くて幅が細い方がスペースは狭いため、抵抗値が高くなることがわかった。また、抵抗率の公式より、抵抗は物体の長さに比例して断面積に反比例するということがわかった。直列接続では $R = R_1 + R_2$, 並列接続では

$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$ によって合成抵抗が求められた。

感想

私の体にも抵抗があるということを知り、実際にそれを数値化して見る事ができたのでとても興味深かった。電気は今まで学習してきた分野や実験とは違い、目で電流の動きなどを見る事ができないで、理解しづらかった。しかし、テスターの使い方を学び、目に見えないものを数値化していくことで少し理解を深められた気がするので良い実験だったと思う。



参考文献

Kanon Asai, Kana Inoue さんのレポート