電気・電子計測
【第4回】

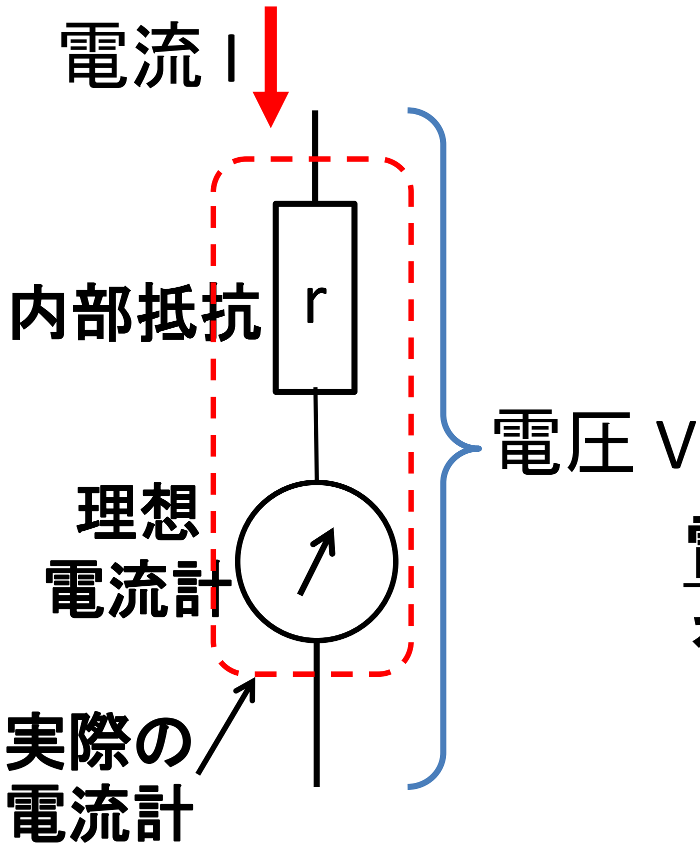
http://cobayasi.com/keisoku/4th/4th.pdf

■ 電気計測・直流2（教科書P24～30）

6. 直流電流計による直流電圧の測定
7. 電圧降下法の特徴を知ろう
8. 回路計（テスタ）を用いて抵抗を測定しよう
9. 零位法を用いて電圧・抵抗を計ろう

6.直流電流計による直流電圧の測定

（教科書P24-26）



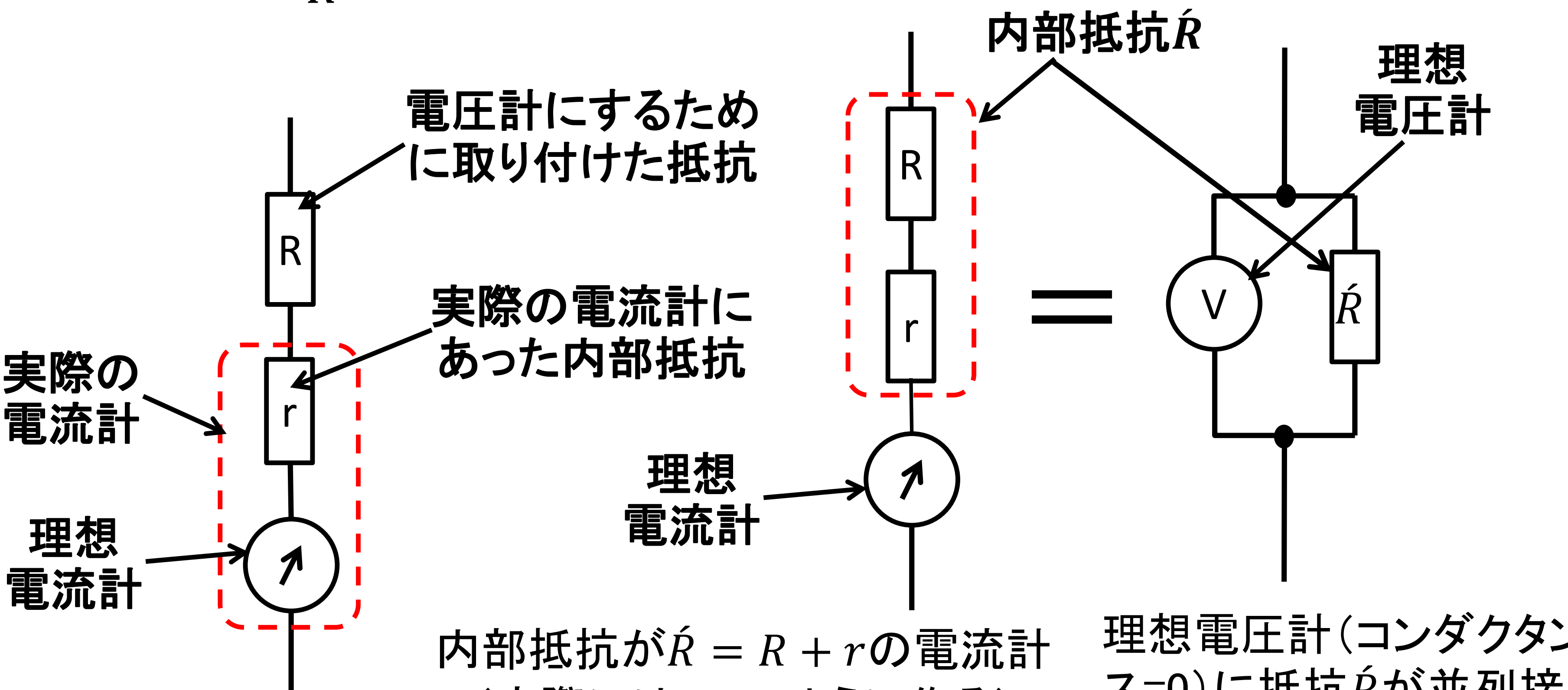
電流計で、電圧を測る

電流計の読み取り値Iから電圧Vを求めることができる

$$I = \frac{V}{r} \quad \Rightarrow \quad V = Ir$$

実際の電流計の内部抵抗rは非常に小さいので、大きな電流が流れてしまい、そのままでは、電圧計として使用することができない

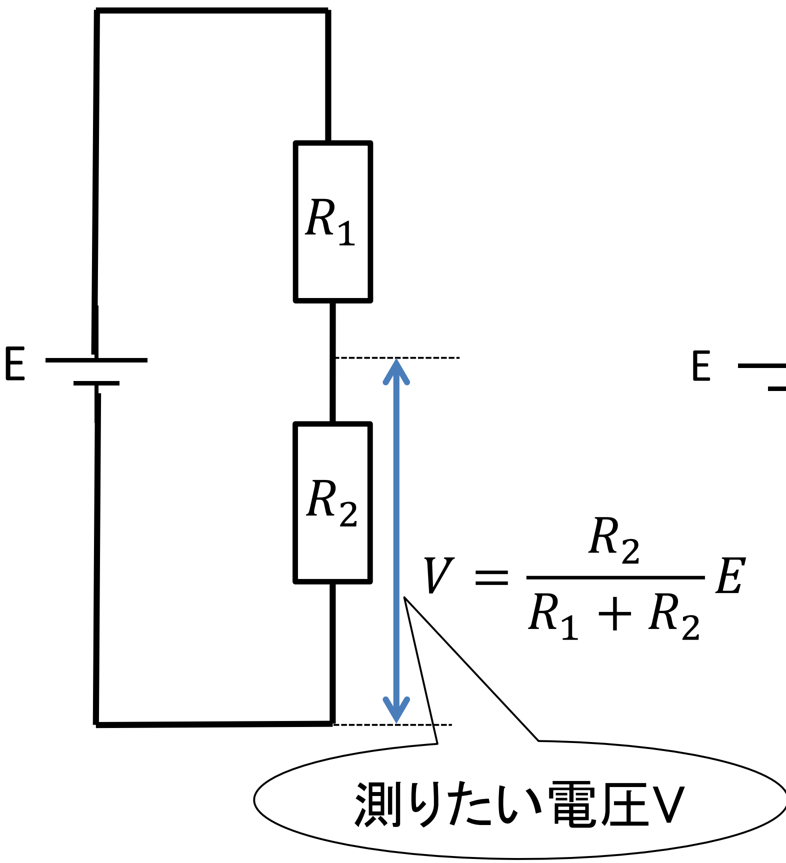
そこで、直列に適切な抵抗Rを接続して、内部抵抗（コンダクタンス$\frac{1}{\acute{R}}$）の電圧計として使うことができる



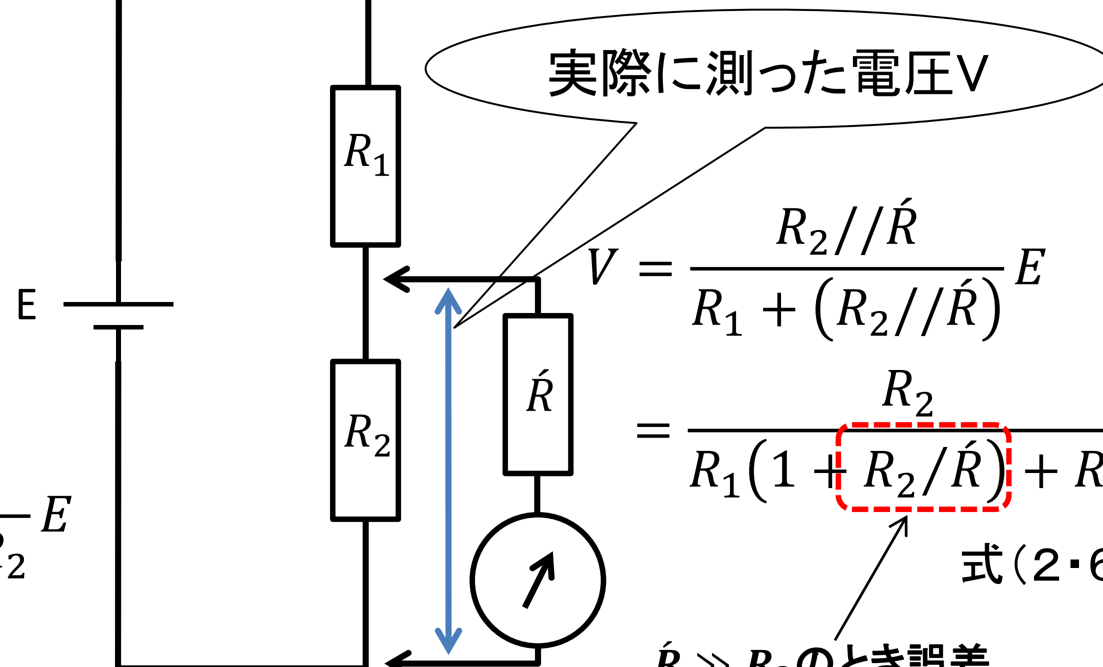
内部抵抗が$\acute{R} = R + r$の電流計（実際には、このように作る）

理想電圧計（コンダクタンス=0）に抵抗$\acute{R}$が並列接続された電圧計

■内部抵抗$\acute{R}$の電圧計で電圧を測ると、指示値に誤差が含まれる



$$V = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E$$



$$V = \frac{R_2 // \acute{R}}{R_1 + \left(R_2 // \acute{R}\right)} E$$

$$= \frac{R_2}{R_1\left(1 + \boxed{R_2/\acute{R}}\right) + R_2} E$$

式（2･6）

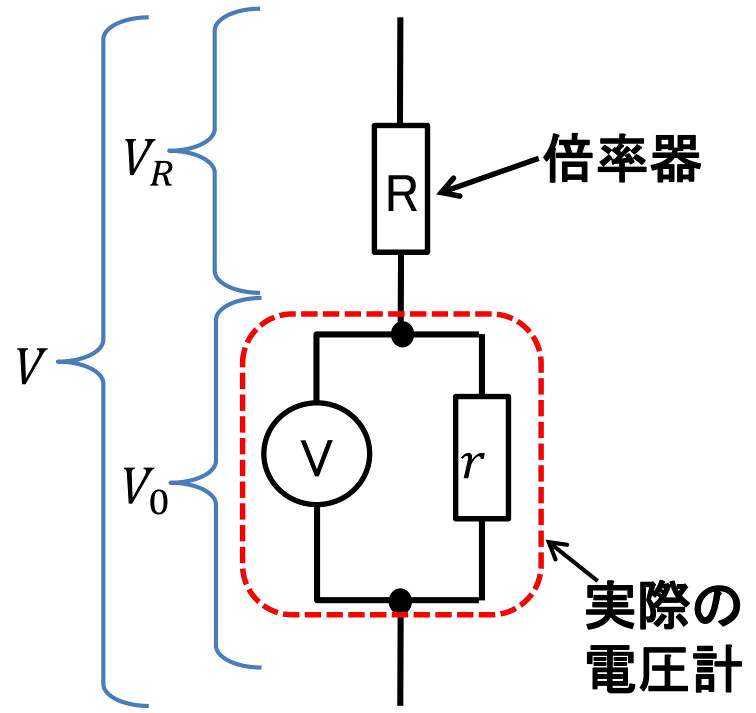
$\acute{R} \gg R_2$のとき誤差は小さくなる

■分圧器（倍率器）

内部抵抗rの電圧計に、直列に抵抗Rを接続すると、電圧計の最大目盛りV_{max}以上の電圧を測ることができる

$$V = \frac{r+R}{r}V_0 = \boxed{\left(1+\frac{R}{r}\right)}V_0 \quad 式（2・7）$$

倍率



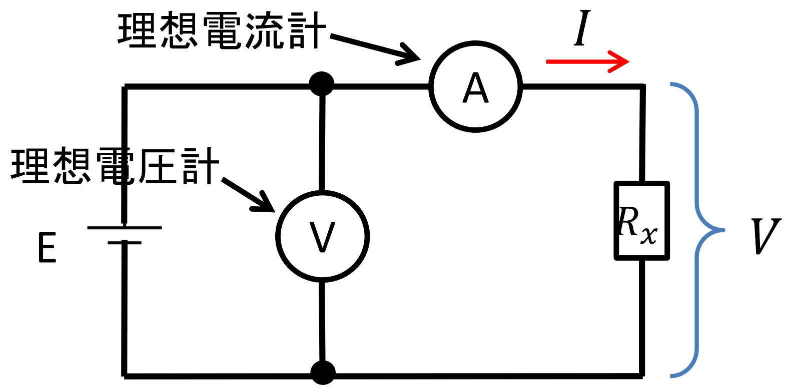
7.電圧降下法の特徴を知ろう
（教科書P26‒27）

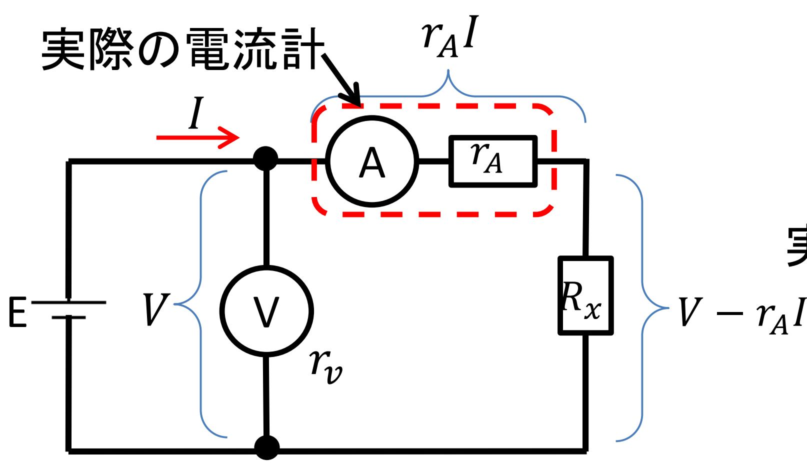
値が分からない抵抗R_xに流れる電流Iと両端にかかる電圧Vから、オームの法則を使って抵抗R_xの値を求める測定法 ➡ 電圧降下法

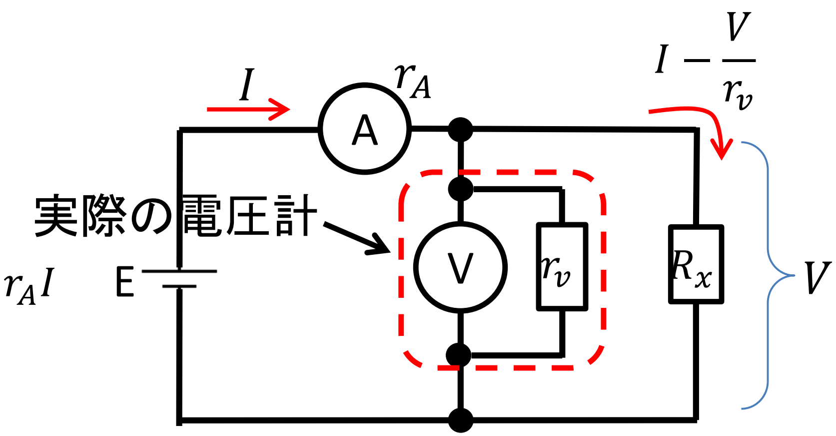
理想電圧計の指示値

$$R_x = \frac{V}{I}$$

理想電流計の指示値







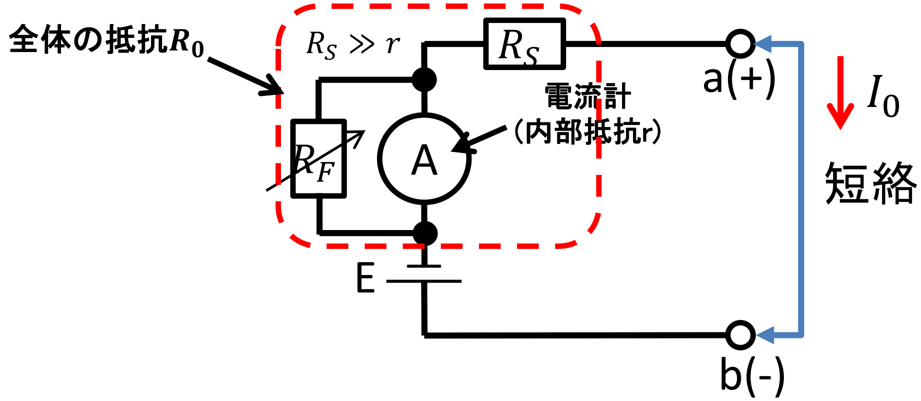
$R_x \gg r_A$のときは$R_x = \frac{V - r_A I}{I}$　式（2・8）

$R_x \ll r_v$のときは$R_x = \frac{V}{I - \frac{V}{r_v}}$　式（2・9）

8.回路計(テスタ)を用いて抵抗を測定しよう
(教科書P27-28)

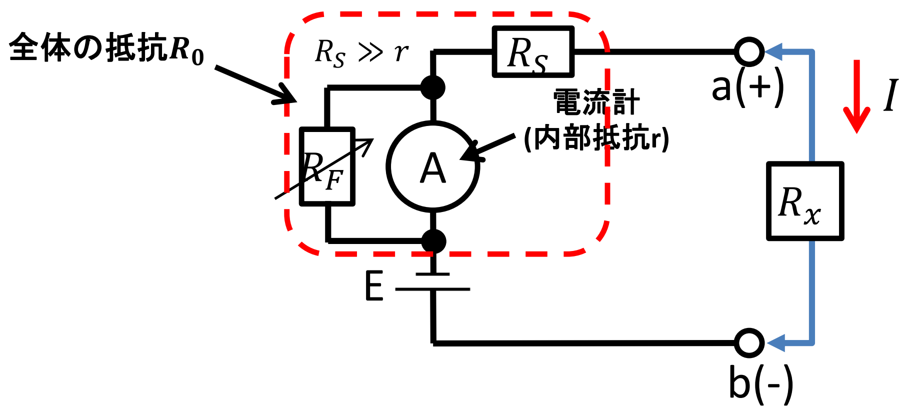
■ テスタで抵抗値を測定する方法

【手順1】
端子a-bを短絡し、電流計の目盛りが最大となるように抵抗R_Fを調整する



$$I_0 = \frac{E}{R_0} \quad 式(2.10)$$

【手順2】
端子a-b間に測定したい抵抗R_xを接続して、流れる電流Iを測定する



$$I = \frac{E}{R_0 + R_x} \quad 式(2.11)$$

【手順3 】
①の電流I_0と②の電流Iの比率から抵抗値を求める

$$\frac{I}{I_0} = \frac{R_0}{R_0 + R_x}$$ 式（２･12）

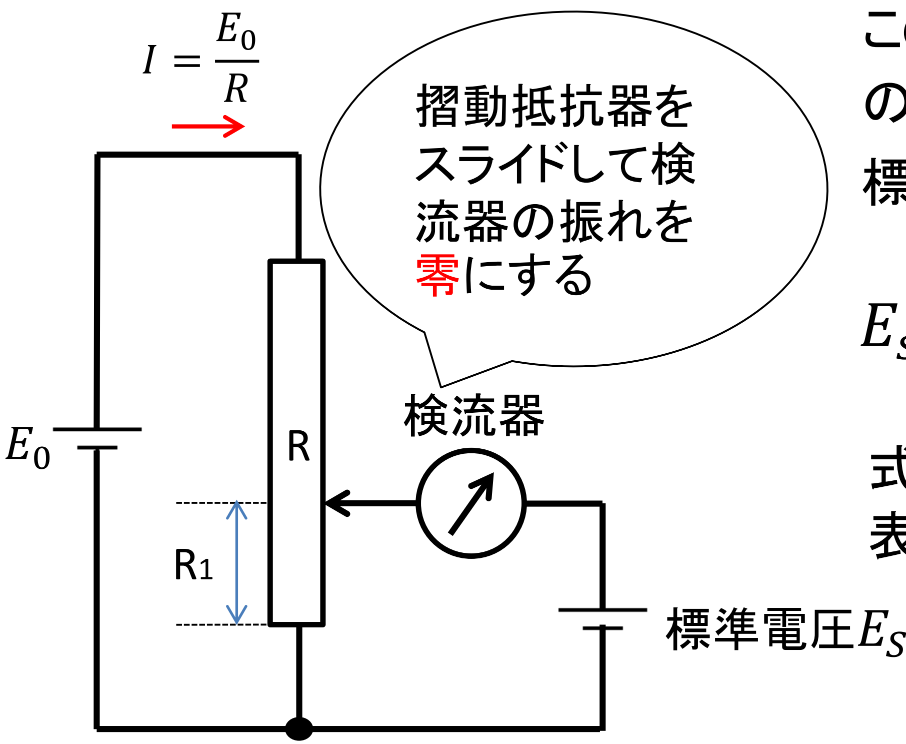
$$R_x = R_0\left(\frac{I_0}{I} - 1\right)$$ 式（２･13）

式（２･１３）から分かるように、抵抗R_xは電源電圧Eに関係しない。しかし、電流値から抵抗値を直接読めるようにするので、非線形の目盛りを振る必要がある。

9.零位法を用いて電圧・抵抗を計ろう
（教科書P28−30）

零位法を使って、未知の電圧 E_x測定する

■ 教科書P29図2・11(a)の回路で、SWを1に倒したとき



このとき、検流器の回路には電流が流れないので、抵抗Rには電流$I = \frac{E_0}{R}$が流れているから、標準電圧E_Sは、式（2・14）のようになる

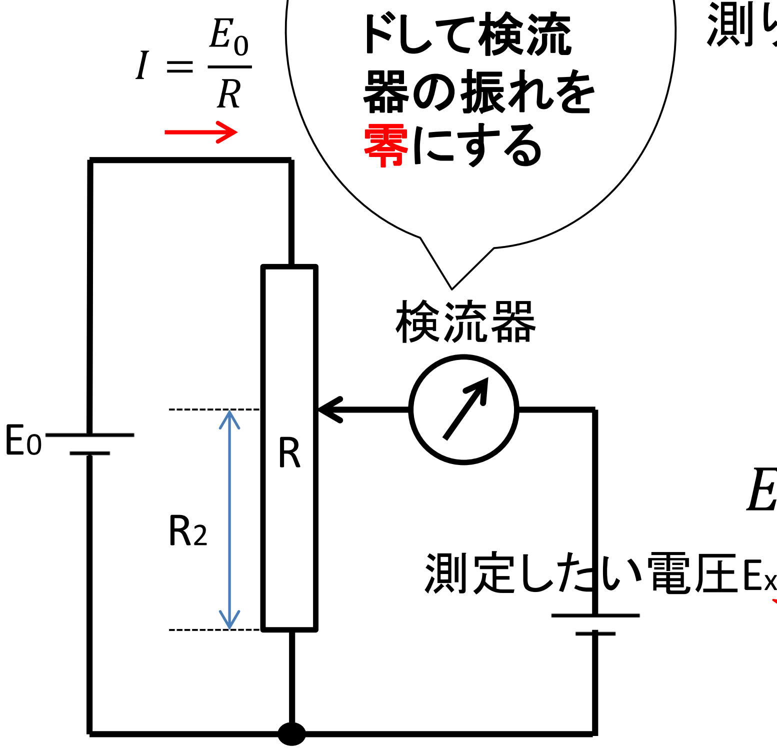
$$E_s = R_1 I = R_1 \frac{E_0}{R} = \frac{R_1}{R} E_0 \quad （2・14）$$

式（2・14）から電圧E_0は、式（2・15）と表すことができる

$$E_0 = \frac{R}{R_1} E_s \quad （2・15）$$

■ 教科書P29図2･11(a)の回路で、SWを2に倒したとき

摺動抵抗器をスライドして検流器の振れを零にする



このときも、検流器の回路には電流が流れないので、抵抗Rには電流$I = \frac{E_0}{R}$が流れているから、測りたい電圧Exは、式（2･16）のようになる

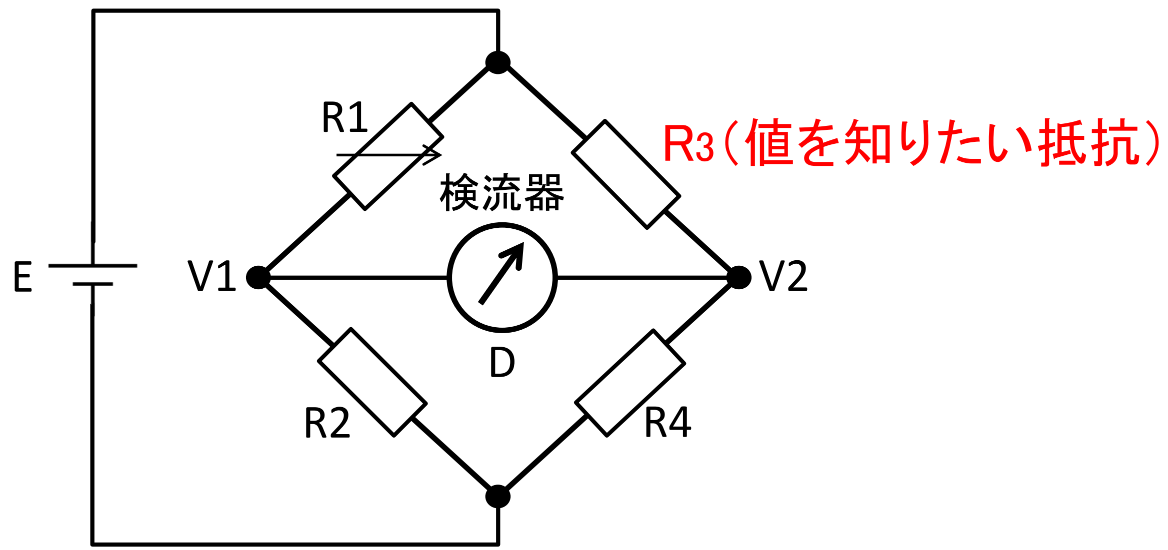
$$E_x = R_2 I = R_2 \frac{E_0}{R} = \frac{R_2}{R} E_0$$

上式に、式（2･15）を代入すると

$$E_x = \frac{R_2}{R} E_0 = \frac{R_2}{R} \frac{R}{R_1} E_s = \frac{R_2}{R_1} E_s \quad (2･16)$$

測りたい電圧Exは、標準電圧Esと摺動抵抗の比率から求めることができる

■ブリッジ回路の零位法による抵抗の測定



検流器の値を零になるようにR1を調整することで、R3の値を知ることができる
このとき、端子V1−V2間の電位差は零となり、式（2・17）が成り立つ

$$R_1 : R_2 = R_3 : R_4 \qquad (2\cdot17)$$

従って、知りたい抵抗値R3は式（2・18）のように求めることができる

$$R_3 R_2 = R_1 R_4 \qquad R_3 = \frac{R_1 R_4}{R_2} \qquad (2\cdot18)$$

【問題1】

直流電流計で直流電圧を測るときの方法として、正しい内容をa.～d.から選べ

a. 適切な内部抵抗値の直流電流計で直流電圧を測ると、誤差はない（零）

b. 内部抵抗値の低い直流電流計は、このままでも直流電圧を測ることができる

c. 大変低い内部抵抗値の直流電流計に、適切な抵抗を直列接続すると、直流電圧計として使用することができる

d. 直流電流計は、どのような方法でも直流電圧を測ることはできない

【問題２】

内部抵抗値が20[kΩ]の電圧計で、5[V]レンジで電圧100[V]を測る時の倍率器の値を求めよ

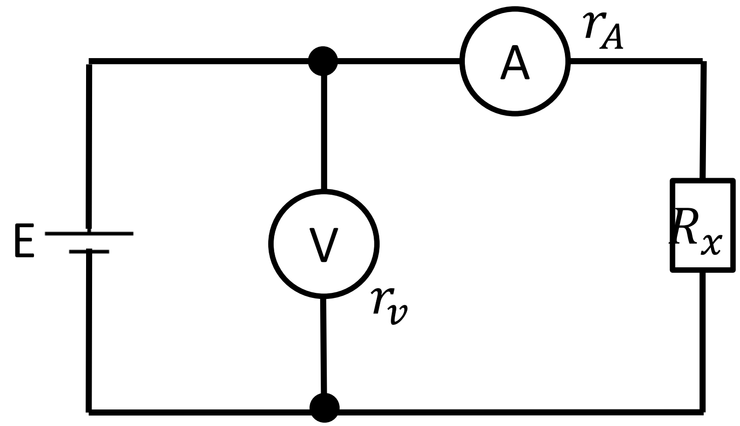
式(2･7) $\boldsymbol{V = \left(1 + \frac{R}{r}\right) V_0}$ より

$$\boldsymbol{R = \left(\frac{V}{V_0} - 1\right) r = \left(\frac{100}{5} - 1\right) \times 20 \times 10^3 = 380 \times 10^3}$$

$$\boldsymbol{= 380[k\Omega]}$$

【問題3】

次の回路で、電圧計V（内部抵抗値r_v =10[kΩ]）の指示が6[V]、電流計A（内部抵抗値r_A = 1[Ω]）の指示が2[mA]であった。このときの抵抗R_xの値を求めよ。



式（2･8）$\boldsymbol{R_x = \dfrac{V - r_A I}{I}}$ より

$$\boldsymbol{R_x = \frac{6 - 1 \times 2 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-3}} \cong 3 \times 10^3 = 3[k\Omega]}$$

【問題4】

テスタ（回路計）を使った抵抗の測定手順として、正しい順番を以下のa.～d.から選べ

①測定端子a–b間に測定したい抵抗を接続する
②測定端子a–b間を短絡する
③測定端子a–b間を短絡した時の電流と抵抗を接続したときの電流の比率から抵抗値を計算する
④電流計の指示を最大に調整する

a. ①→②→③→④

b. ②→④→①→③

c. ④→①→②→③

d. ②→③→①→④

【問題5】

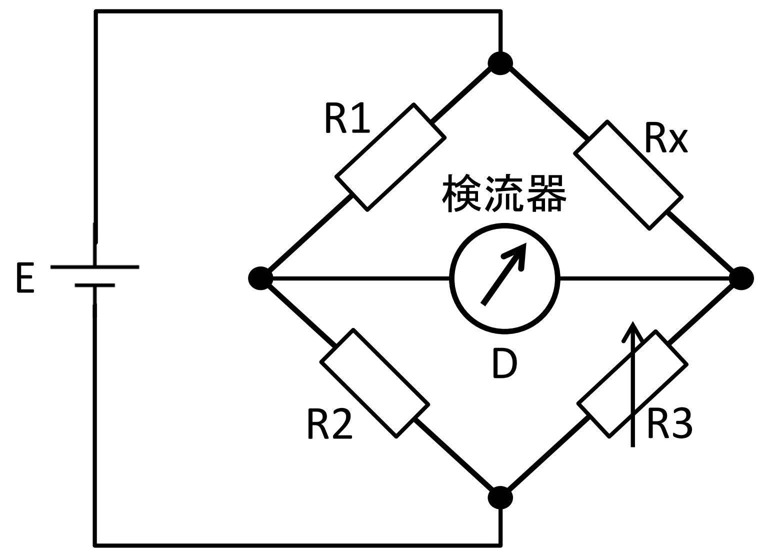
下図のブリッジ回路を使って未知抵抗Rxの値を測定する方法について、正しい内容を以下のa.～d.から選べ

a. 検流器Dの値を零になるようにR3を調整する

b. 検流器Dを測定レンジの最大値なるようにR3を調整する

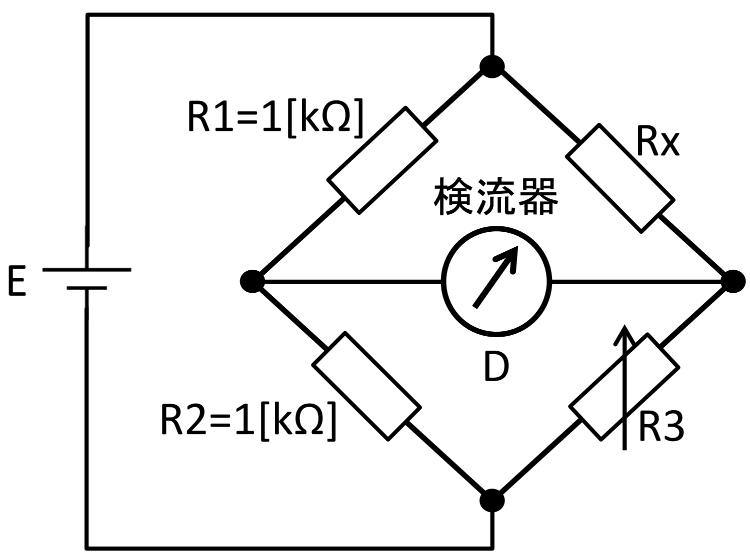
c. 検流器Dの値を最低値（零ではない）になるようにR3を調整する

d. 未知抵抗Rxの値は、$Rx = R_1R_2R_3$で計算する



【問題6】

下図のブリッジ回路を使って、検流器Dの値を零になるようにR3を調整したら、R3=2[kΩ]であった。このときの未知抵抗Rxの値を求めよ。



$$R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2}$$
$$= \frac{1\times10^3\times2\times10^3}{1\times10^3} = 2\times10^3$$
$$= 2[k\Omega]$$

本日の提出課題

【問題7】

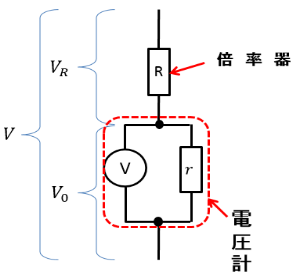
1[V]レンジで電圧10[V]を測る時、倍率器の値を90[kΩ]にした。電圧計の内部抵抗値を求めよ。

【ヒント】

■分圧器（倍率器）

内部抵抗rの電圧計に、直列に抵抗Rを接続すると、電圧計の最大目盛りV_{max}以上の電圧を測ることができる

$$V = \frac{r+R}{r}V_0 = \underbrace{\boxed{\left(1+\frac{R}{r}\right)}}_{倍率}V_0 \qquad 式（2・7）$$



式(2・7) $V = \left(1+\frac{R}{r}\right)V_0$ より

$$r = \frac{R}{\left(\frac{V}{V_0}-1\right)} = \frac{90\times10^3}{\left(\frac{10}{1}-1\right)} = 10\times10^3 = 10[k\Omega]$$