

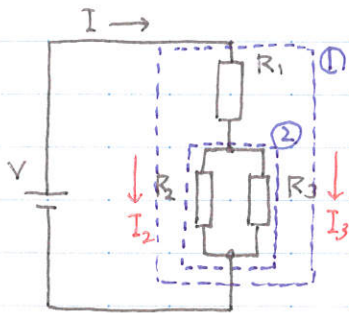
4 抵抗の接続の応用

この項では「直列」と「並列」をもつ入り組んだ回路や、分流器(電流計)、倍率器(電圧計、直列抵抗器ともいふ)について学んでいく。

○ 直並列回路

直並列 = **直列** + **並列**

例



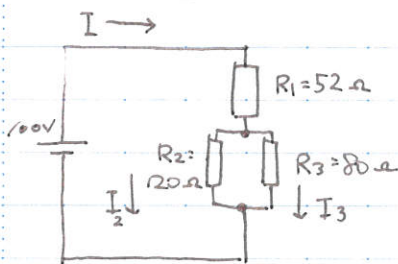
回路の通り ①直列部 ②並列部が混在している。

ポイントは囲みの内側から合成抵抗をまとめる。(②→①の順)



部分部分で見れば「直列」か「並列」の合成抵抗が使える。

練習問題



$R_1 \sim R_3$ の合成抵抗 R と各電流 I, I_2, I_3 を求めよ。

R_2, R_3 の合成抵抗を R' とすると。

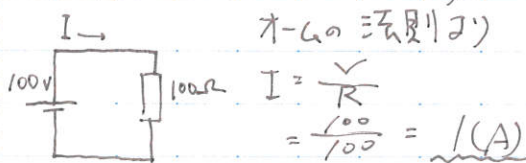
$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{20} + \frac{1}{80}$$

$$= \frac{2+3}{240} = \frac{5}{240}$$

$$\therefore R' = \frac{240}{5} = 48\Omega$$

従って $R = R_1 + R'$
 $= 52 + 48 = 100\Omega$

等価回路は以下の通り
 オームの法則より



R_1 の電圧降下を V_1 とすると
 $V_1 = R_1 \cdot I = 52(V)$

よって R_2, R_3 の両端には $48V$ がかかっている。

これからオームの法則より

$$I_2 = \frac{48}{R_2} = \frac{48}{20} = 0.4(A)$$

$$I_3 = \frac{48}{R_3} = \frac{48}{80} = 0.6(A)$$

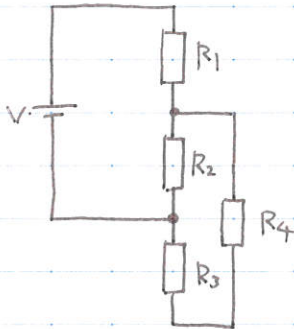
求めよ

従って 合成抵抗 $R = 100\Omega$
 電流 $I = 1A, I_2 = 0.4A, I_3 = 0.6A$

○ 回路のかき直し

場合によって、一見すると「直列」「並列」が分かりにくい
回路の計算をしなければならぬ。

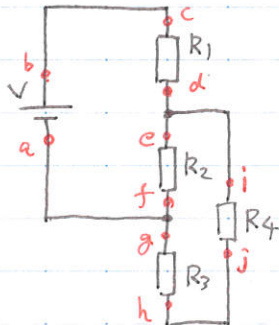
①



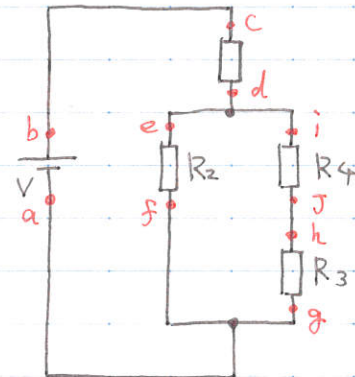
この様な回路図のままでは合成抵抗を
求めにくいので、計算しやすい様に図を書き直す。

書き直しのIL-IL

- ① 電源を左、抵抗を右に書く。
- ② 電源、抵抗の両端に点を打つ。
(点と点の間は何もない時、同電位)
- ③ 同電位の点が2つ → 直列
" 3つ → 並列



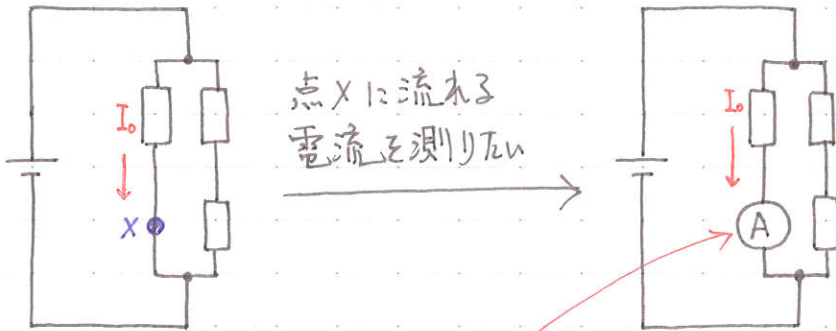
同電位の点2つ
直列なので本線
点が3つは並列
なので枝分け



この様に書き直せば、あとは前項の直並列回路と同様に
小でなままとまり から順に合成していけばよい。

○ 電流計

抵抗の応用として **電流計** を学ぶ。



点Xに流れる電流を測りたい

測りたい所へ"直列"につなぐ

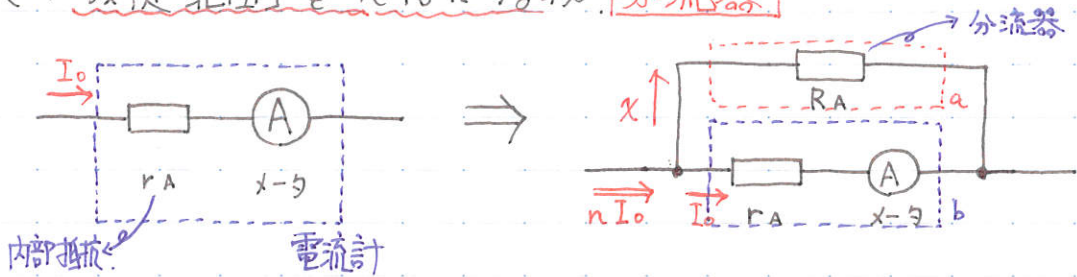
※ 電流計にも抵抗値がある **内部抵抗** という。

↓
抵抗をもた物体を直列につなぐので、電流値が変化する。

↓
変化を極力小さくする様、電流計の内部抵抗は小さくしてある。

電流計には測定範囲に限度がある。

例えば、"100mA"まで測定可能なX-タは"100mA"までしか測定できない。
この"測定範囲"をn倍にするのが **分流器**



本来「 I_0 」までしか流せない

「 I_0 」のn倍「 nI_0 」Aの電流を流しても、X-タが壊れない様、分流器で電流を逃がす。

分流器に流す電流xは

$$nI_0 - I_0 = \underline{(n-1)I_0} [A]$$

a と b は 並列接続なので
 両端電圧 (電圧降下) は 同一値

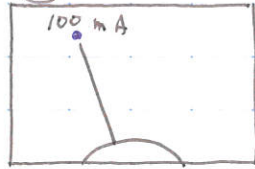
よくなる $R_A \cdot (n-1)I_0 = r_A \cdot I_0$

∴ **分流器の抵抗 $R_A = \frac{r_A \cdot I_0}{(n-1) \cdot I_0}$**

※ 最終的に、計測した電流値をn倍して読む必要がある。

指針が示す値は「 I_0 」だが、実際回路に流れるのは「 $n \times I_0$ 」

(例)



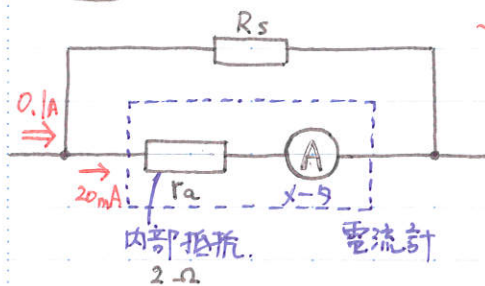
倍率が5倍になる様に分流器を接続しているなら、

右の×-勺は $100 \text{ mA} \times 5 \text{ 倍} = \boxed{500 \text{ mA}}$ と読み。

重要 倍率 n は $\frac{\text{回路に流れる電流}}{n I_0}$ と $\frac{\text{×-勺に流れる電流}}{I_0}$ の比です

$$\frac{n \cdot I_0}{I_0} = n$$

練習問題 教P33 問21



注 ×-勺の最大値と回路の最大値、単位に注意。
(20mA) (0.1A)

どちらかにあおせ... 今回は「mA」
20mA × 100mA

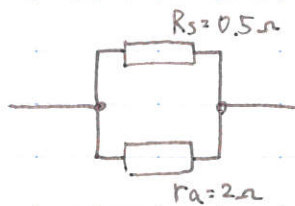
分流器までを含めて「最大目盛0.1Aの電流計」となる

倍率 m は $\frac{\text{回路の電流}}{\text{×-勺に流れる電流}}$ の比

$$\therefore m = \frac{100 \text{ mA}}{20 \text{ mA}} = \underline{\underline{5 \text{ 倍}}}$$

$$\text{分流器の抵抗 } R_s = \frac{r_a}{m-1} = \frac{2}{5-1} = \underline{\underline{0.5(\Omega)}}$$

等価回路は以下通り



分流器までが「最大目盛0.1A電流計」だから
その内部抵抗 R とすると

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{r_a} = \frac{1}{0.5} + \frac{1}{2} = \frac{5}{2}$$

$$\text{従って } R = \frac{2}{5} = \underline{\underline{0.4 \Omega}}$$

※合成抵抗 R の別解 (抵抗が2つの時だけ使える)

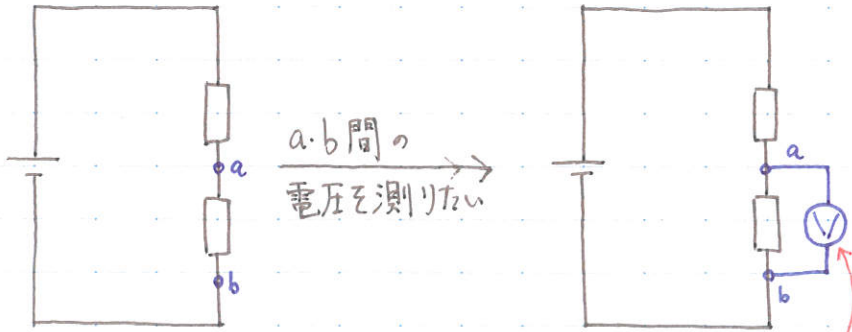
並列接続の合成抵抗 $R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$ [和分の積]

$$R = \frac{R_s \cdot r_a}{R_s + r_a} = \frac{0.5 \times 2}{0.5 + 2} = \frac{1}{2.5} = \frac{10}{25} = \frac{2}{5} = \underline{\underline{0.4 \Omega}}$$

与式はこの形

○ 電圧計

抵抗の応用として **電圧計** を学ぶ。



測りたい所へ "並列" につなぐ

※ 電圧計にも **内部抵抗** がある。

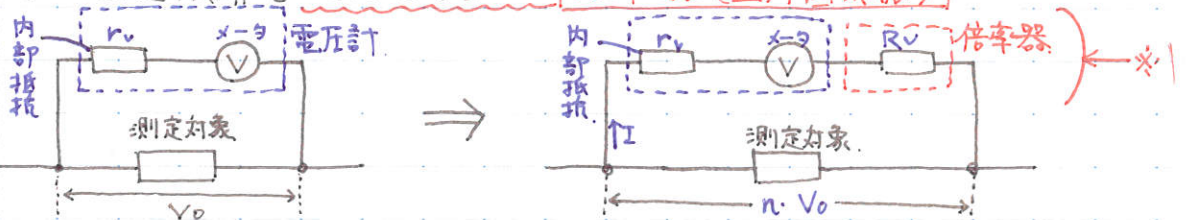
↓
測定箇所と並列につなぐので **電流** が分かれ、**小さくなる**。

(オームの法則から電圧も下がる)

↓
電流の変化をおよぼす為、**電圧計の内部抵抗は大きくする**。

電流計と同様に **電圧計にも測定限界** がある。

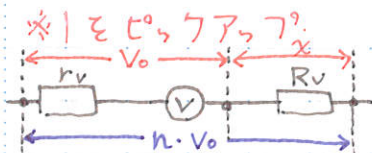
この測定限界を n 倍にするのが **倍率器 (直列抵抗器)**



本来 V_0 までが限界
(測定対象と電圧計は)
並列だから同電位

V_0 の n 倍 $n \cdot V_0$ の電圧をかけた
メーターが壊れない様 **倍率器** で
分圧してやる。

(測定対象と「電圧計+倍率器」は)
並列接続なので同電位



電圧計には V_0 だけがかかる様にしたい。
電圧計と倍率器 R_v は直列接続なので

$$n \cdot V_0 = V_0 + x \quad (\text{電圧降下})$$

$$\therefore x = nV_0 - V_0 = (n-1)V_0$$

倍率器に
かかる電圧

⇒ 続く

また、電圧計と倍率器は直列接続なので、
双方に同じ電流 I が流れている。

よってオームの法則 ($I = \frac{V}{R}$) より、

$$I = \frac{V_0}{r_v} = \frac{(n-1)V_0}{R_v}$$

電圧計 倍率器

従って $\frac{R_v \cdot V_0}{r_v} = (n-1)V_0$

$$R_v = (n-1)V_0 \cdot \frac{r_v}{V_0} = (n-1)r_v$$

電圧計の測定範囲を n 倍にする

$$\text{倍率器の抵抗 } R_v = (n-1) \cdot r_v$$

重要 倍率の考え方は分流器と同様で

$\boxed{\text{回路にかかる電圧}}$ と $\boxed{\text{メータにかかる電圧}}$ の比

$$\frac{n \cdot V_0}{V_0}$$

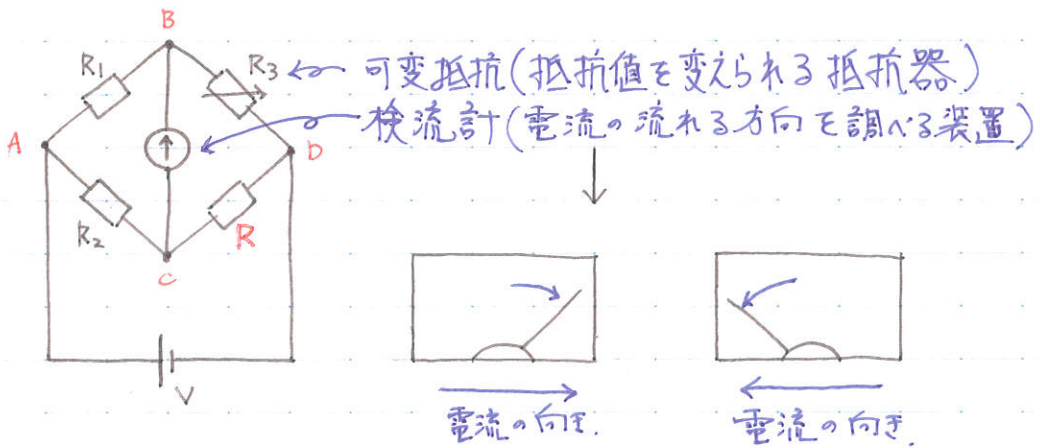
$$\therefore \frac{n \cdot V_0}{V_0} = n$$

• メータの読み方は電流計同様

$\boxed{\text{目盛の値} \times \text{倍率}}$ を忘れない。

○ホイートストーンブリッジ

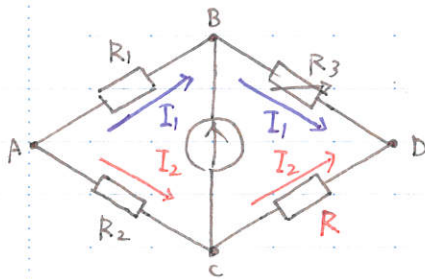
ブリッジ回路を応用して作る。
複数の抵抗から未知の抵抗値を求める装置



重要 検流計の針が動かない
 → 検流計に電流が流れない。
 → 検流計をつないだ2点間と同電位。



これから、値が分かっている「 R_1 」「 R_2 」と。
 値を変えられる「 R_3 」を使って、 R の値を求める。



ポイント 可変抵抗 R_3 を調整して
 検流計に電流が流れるようにする。
 ↓
 点B・C間と同電位

点B・Cは同電位なので

- ・A-B間の電圧降下 = A-C間の電圧降下 $\Rightarrow V_{A-B} = V_{A-C}$
- ・B-D間の電圧降下 = C-D間の電圧降下 $\Rightarrow V_{B-D} = V_{C-D}$

$$V_{A-B} = V_{A-C} \text{ より}$$

$$R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2$$

$$\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1} \dots \textcircled{1}$$

$$V_{B-D} = V_{C-D} \text{ より}$$

$$R_3 \cdot I_1 = R \cdot I_2$$

$$\therefore \frac{R_3}{R} = \frac{I_2}{I_1} \dots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1} \textcircled{2} \text{より } \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R}$$

$$\Downarrow$$

$$R = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$$

) 図の位置と同じ。