

抵抗ブラックボックスの法則性

2年A組 西上 魁人
指導教員 米田 隆恒

1. 要約

私は、中の見えない回路をテスターで測定して中の回路を推測していく授業を受けた。この抵抗ブラックボックスは端子が6個ある。その端子間に抵抗が必ずあるとした場合について、ある法則を発見することができたので報告する。

キーワード 抵抗ブラックボックス、直列つなぎ、並列つなぎ、法則性

2. 研究の背景と目的

授業で中の回路が見えない「抵抗ブラックボックス」(図1)が扱われた。私は測定値から予想される回路の法則性を求めようとしたが、それはあまりにも複雑で、規則的には考えることができなかった。

そこで、それらの法則を見つける過程として、端子間には必ず抵抗が入っているものとして法則性を探すことにした。



図1 抵抗ブラックボックスとテスター

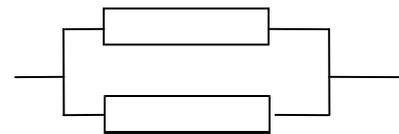
3. 研究内容

法則性を考える前に、合成抵抗を導きだす基本的な計算について簡単にまとめ

ておく。ここでの抵抗はすべて 100Ω とする。直列つなぎの場合、つながっている抵抗どうしの値を足し合えば、それらの抵抗の合成値が求められる。並列つなぎの場合は、抵抗を逆数にして足し合わせ、最後に再び逆数をとると合成値が求められる。

実際の計算例は以下の通りである。

$$100\Omega + 100\Omega = 200\Omega$$



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{100} + \frac{1}{100} = \frac{2}{100} = \frac{1}{50}$$
$$\therefore R = 50\Omega$$

次に、抵抗がすべての端子間にある場合について考える。最初から6端子の場合を考えるのは困難なので、最初は端子数を少なく設定して考えていく。また抵抗の値はすべて等しく、周りを囲うように接続している場合を考える。以下、端子間の測定値を $R(\Omega)$ として、抵抗1本

の抵抗値を $X(\Omega)$ とする。また、図2以降、直線は抵抗 X を示す。

1端子の場合は何もつなぎようがないので考えない。また、2端子の場合は測定値 R がそのまま答 X になる。したがって、 $X=R$ である。3端子の場合は、抵抗が1つ(①-②)と2つ(①-③-②)の並列になる。

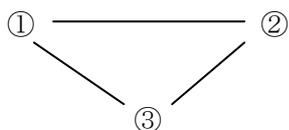


図2 3端子の構成

これを計算すると以下のようになる。

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{X} + \frac{1}{2X} = \frac{3}{2X} \quad \text{より、} \quad X = \frac{3}{2}R.$$

このとき、分子が3になっていることから端子の個数と関係しているのではないかと考え、「答の式の分子は端子数と等しくなる」と仮説を立てた。この仮説を4端子の場合に検証した。

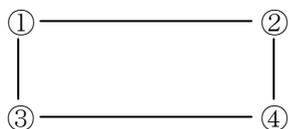


図3 4端子の構成

図3の4端子回路では、測定方法として①②間の測定か、①④間の測定の2種類がある。

まず、①②間の測定値を R とすると、

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{X} + \frac{1}{3X} = \frac{4}{3X} \quad \text{より、} \quad X = \frac{4}{3}R.$$

次に①④間の測定値を R とすると、

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2X} + \frac{1}{2X} = \frac{2}{2X} = \frac{1}{X} \quad \text{より、}$$

$X = R$ となる。

このように、4端子の場合は2通り考えられるが、となり同士(①②)を測定し

た場合、3端子と同じような式の形を示したので、仮説を次のように修正した。

4. 仮説

となり同士の端子の測定値 R から、 X の値は次の式で求められる。

$$X = \frac{(\text{端子の個数})}{(\text{端子の個数})-1} \times R$$

5. 検証

上記の仮説を5端子の場合で検証する。

5端子のとなり同士の測定値 R から、

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{X} + \frac{1}{4X} = \frac{5}{4X} \quad \text{ゆえ、} \quad X = \frac{5}{4}R \text{ とな}$$

り、5端子の場合、仮説は正しいことが示せた。この法則を7端子、8端子の場合にあてはめてもうまくいった。

6. 結論

端子数を N とし、端子間の抵抗がすべて等しく、周りを囲むように結んだとき、となり同士の端子をテスターで測定した値を R とすると、抵抗1本の値 X は次の式となることがわかった。

$$X = \frac{N}{N-1} R$$

7. 今後の課題

この抵抗ブラックボックスについて、さらに多くの法則を見つけていきたい。

8. 謝辞

最後に、今回の研究をするにあたってご指導して下さった顧問の米田先生に深く御礼申し上げます。