

事例 1 観察実験「電圧計の構造」

1 ねらい

身近な計測器である「電圧計」の構造を観察して、倍率器のしくみや配線と回路図の関係について考察させる。

2 準備

電圧計，精密ドライバー，テスター

3 手順

- (1) 電圧計の底面についているパネルを外し、内部の構造を調べ、回路図に表す。
(底面のパネルを外さなくても、内部がよく見えるものもある。)
- (2) 電圧計の+端子（赤）と3V端子の間の抵抗をテスターで測る。このときの値を電圧計そのものの内部抵抗 r_v と見なす。
※このとき、テスターが流す電流によって、電圧計の針が少し振れることがある。電圧計を壊さないためにも極性に注意させたい。
- (3) (1)で描いた回路図を見ながら、3V端子－15V端子間および3V端子－300V端子間についている倍率器（抵抗）がそれぞれ何 $k\Omega$ になるかを予想する。
- (4) (3)で予想した抵抗の値と、テスターで実際に測定した値を比較する。



【図1 実験の様子】

4 結果 (22名の生徒が12グループに分かれて観察・実験を行った。)

(1) 生徒が描いた回路図の例

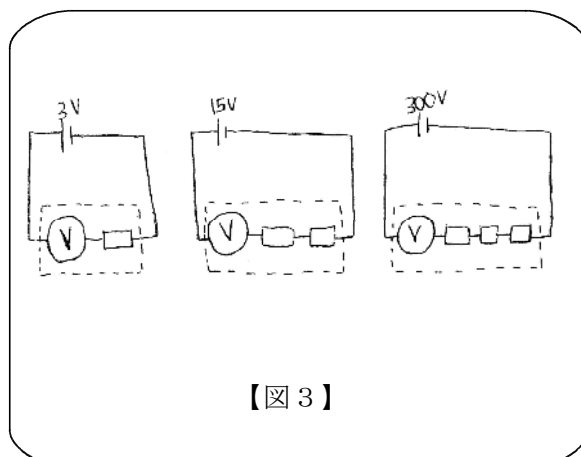
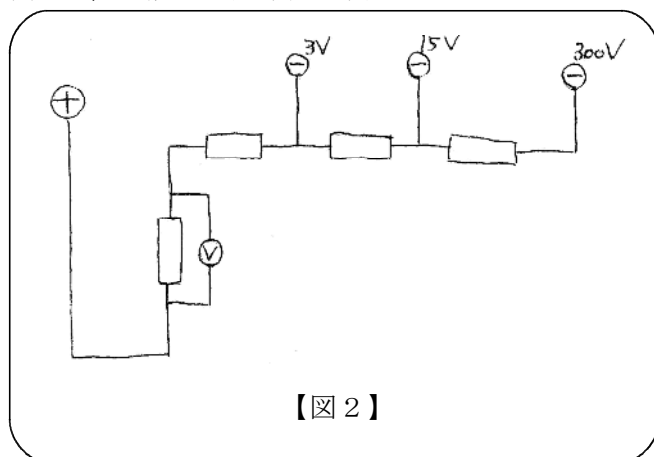


図2は、電圧計の内部を観察して、構造をそのまま回路図に表した例である。かなり細かい部分まで観察し、忠実に表現できている。一方、図3は倍率器の役割に注目して描いた例である。倍率器の原理についてはよく理解できている様子が分かるが、観察したものを回路図にそのまま表現するという点については達成できていない。

ただ観察させるだけでなく、実際に回路図を描かせることによって、生徒の観察力・表現力を確認することができた。

(2) 今回用いた電圧計の内部抵抗 (+端子-3V端子間の抵抗) r_v は、約 $2k\Omega$ であった。

(3) 倍率器の予想値と実測値

	内部抵抗	3V-15V間 [$k\Omega$]		3V-300V間 [$k\Omega$]		備考
	実測値 [$k\Omega$]	予想値	実測値	予想値	実測値	
第1グループ	1.90	7.6	9.90*	188.1	198.9	※測定部分を間違えたと思われる。
第2グループ	2.00	8	7.92	198	197.1	
第3グループ	2.00	8	8.00	198	197.0	
第4グループ	1.98	7.9	7.80	196	194.4	
第5グループ	1.97	7.88	7.95	195	187.2	
第6グループ	1.97	9.85*	7.95	197	187.2	*公式を正しく覚えていないと思われる。
第7グループ	2.00	8	7.90	198	196.9	
第8グループ	2.00	8	7.92	198	197.1	
第9グループ	1.96	8	7.90	190	197.5	
第10グループ	2.00	8	7.89	198	195.2	
第11グループ	2.00	8	8.00	198	197.5	
第12グループ	1.90	7.6	7.90	188.1	189.8	

グループの中には、3V端子ではなく+端子との間の抵抗を測定してしまって、誤差が大きくなるものもあったが、多くのグループについては予想した値と近い測定値が得られた。

(4) 生徒の感想等（抜粋）

<実験そのものに関して>

- 電圧計の回路を実際に見たことがなかったので、回路の観察が楽しかった。
- 電圧計の中身を気にしたことがなかったので、観察できてよかった。
- 誤差が少なくてよかった。

<電圧計に関して>

- うまく計算されてるなあと感じた。
- 結構中身が複雑だった。
- もっと複雑な回路だと思っていたが、意外と簡単な回路だった。
- $R_v = (n - 1) r_v$ ってすごい公式ですね。

<その他>

- テスターが面白かった。
- 今までより倍率器に愛着をもてました。

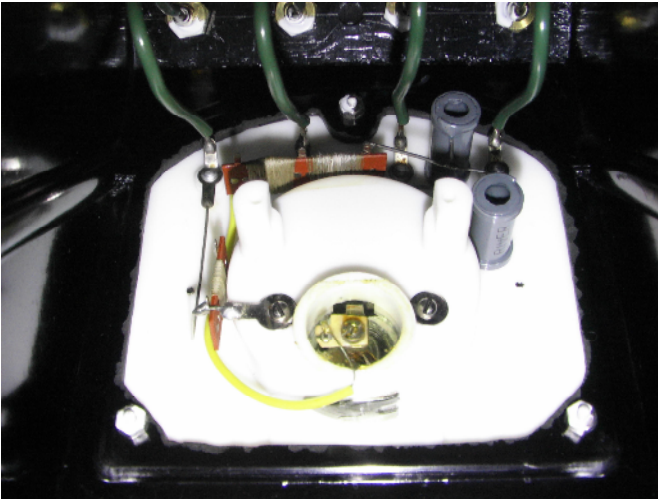
5 この事例のポイント

今回の観察実験では、まず、電圧計の構造について観察させた。電圧計は、身近な計測器であるが、多くの生徒にとっては「ブラックボックス」であり、構造や動作原理についてはよく分からないままであろう。本来、計測器は分解などするべきではなく、構造よりも使用法を理解させることが重要ではあるが、電圧計は構造が比較的単純である上に、電流計などよりも内部抵抗が大きいため損壊のリスクが小さいということもあり、あえて分解・観察をさせてみた。生徒の感想にもあるように、教科書で学んだ倍率器の抵抗値が計算どおりになっていることなどが実際に確かめられて、生徒の興味・関心を高めることができた。教科書で学んだ知識を、実物でおさらいすることは大切なことである。

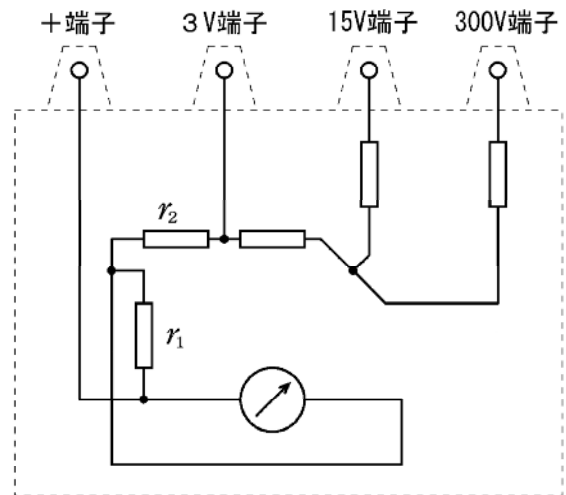
また、回路図を実際に描かせることによって、生徒の観察力・表現力を見たり、手順(2)で得られた内部抵抗の値から、倍率器の抵抗を予想させることによって、生徒の思考力・理解度を見ることができた。

今回の実験では、デジタルテスターを生徒に使わせたが、テスターを使うこと自体に興味を持つ生徒がいた。使用法の指導などが必要になるが、このような機器を生徒に扱わせる機会をつくることも大切である。

6 参考 (電圧計の構造とその回路図)



【図4】



【図5】

図4は、電圧計の底面パネルを外して撮った写真であり、図5はその回路図の例である。多くのアナログ式直流電圧計は、以下のような基本的構造をもつ。

- ① 計測部 …… 基本的には電流計や検流計と同じ構造で、磁石・コイル及びゼンマイばね等からなる。一般的に、直流電圧計では可動コイル型が、交流の場合には可動鉄片型が用いられる。

コイルに電流が流れると、磁石との間に力が働いて回転しようとする。一方で、ゼンマイばねがコイルの回転を妨げようとする。これらの力のモーメントがつり合って、静止するときのコイルの回転角は電流の大きさに比例する。このことを利用して、「微少な電流を測る」メーターがこの部分である。電流計や検流計は、電流の大きさそのものを示すように目盛りが振ってあるのに対して、電圧計は標準抵抗に流れる電流を測定し、その両端にかかる電圧の値を示すように目盛りが振られている。

- ② 標準抵抗 …… 図2中の r_1 , r_2 の部分が標準抵抗に相当する。図4を見ると分かるように、細い導線を巻いて作られている。

前述のとおり、電圧計は標準抵抗に流れる電流を計測し、それから電圧を換算している。しかし、実際には①の計測部自身が内部抵抗をもち、さらに同じ電流に対しても感度に個体差があるため、単純に抵抗器をつけるだけでは誤差が大きくなってしまふ。そこで、細い巻線抵抗を用いることによって、抵抗値の微細な調整を可能にしている。標準抵抗として主要な部分は r_2 であり、計測部に対して直列に接続されている。計測部と並列につながっている r_1 は、微調整用の部分で、この部分を調整することによって、計測部の個体差を修正すると同時に、計測部、 r_1 、 r_2 を合わせた部分の合成抵抗が規定値（今回実験で用いた電圧計の場合は $2\text{ k}\Omega$ ）になるようにつくられている。

- ③ 倍率器 …… 電圧計の計測範囲を n 倍にするために、標準抵抗の $(n-1)$ 倍の抵抗が直列に接続されている。これについても、よく見ると固定抵抗器と微調整用の巻線抵抗が使われている。

7 実験プリント

(次ページに掲載)

物理 実験プリント (電圧計の分解)

3年 組 番 氏名

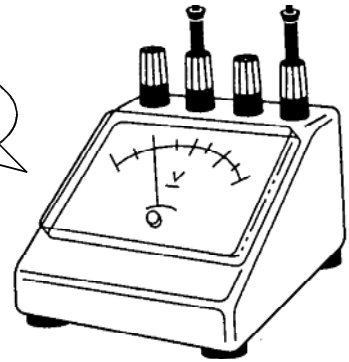
<目的>

実際の電圧計の仕組みを調べて、倍率器の役割を理解する。

<準備>

電圧計, テスター, 小さめのドライバー

電圧計



<参考>

内部抵抗 r_v の電圧計の測定範囲を n 倍に広げる倍率器の抵抗値 R_v は,

$R_v =$

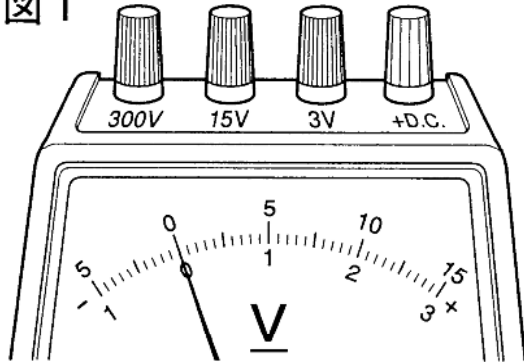
<実験と結果>

手順①: 中身を観察して回路図を描く。必要ならば裏のパネルをドライバーで外してもよい。

<回路図を描こう>

手順②：電圧計の3V端子と+端子間の抵抗を測る。

図 1



$r_v =$

 Ω

この r_v を電圧計そのものの内部抵抗と考えよう。

手順③：回路図と<参考>を見ながら、3V-15V間および3V-300V間の倍率器がそれぞれ何Ωか予想しよう。そして、実際にテスターでその部分の抵抗値を測ってみよう。

	予想の値 (Ω)	測定した値 (Ω)	誤差 (%)
3V-15V間			
3V-300V間			

$$\text{誤差} = \left| \frac{\text{測定値} - \text{理論値}}{\text{理論値}} \right| \times 100$$

<実験上の注意>

- (7) テスターのリード棒を電圧計の端子に当てる際、ただ当てるのではなく、しっかりと止まるようにしましょう。そうしないと、値が不安定になります。
- (4) 複数回データを取り、信頼のおけるデータをとりましょう。

<考察>

この実験で気付いたこと、感想等を書いてください。