

実験項目	実験 B1 回路製作・測定基礎 (ホイートストンブリッジ)		
校名 科名	熊本高等専門学校 人間情報システム工学科		
学年 番号	3 年 42 号		
氏名	山口惺司		
班名 回数	4 班 1 回目		
実験年月日	2023 年 4 月 27 日 木曜 天候 曇り 気温 22℃ 湿度 47%		
建物 部屋名	3 号棟 1 階 HI 実験室		
共同実験者名	山内玲奈		

科目担任	実験指導者	

1. 実験の目的

ホイートストンブリッジ回路を用いて、抵抗に流れる電流や電圧降下を測定し、キルヒホッフの第1法則（電流則）及び第2法則（電圧則）を確かめる。また、ホイートストンブリッジの平衡条件を求め、その時の電流、電位差などについて成立している関係を実験的に確かめる。

2. 実験の原理

キルヒホッフの第1法則（電流則）：線形な回路網中の任意の1点に流入する電流の総和と、流出する電流の総和は等しい。キルヒホッフの第2法則（電圧則）：線形な回路網中の任意の閉回路において、一定の方向にたどった電圧降下の総和と、起電力の総和は等しい。図2.1の回路において、CD間の電位差がゼロのとき、式(1)のような関係が成立する。

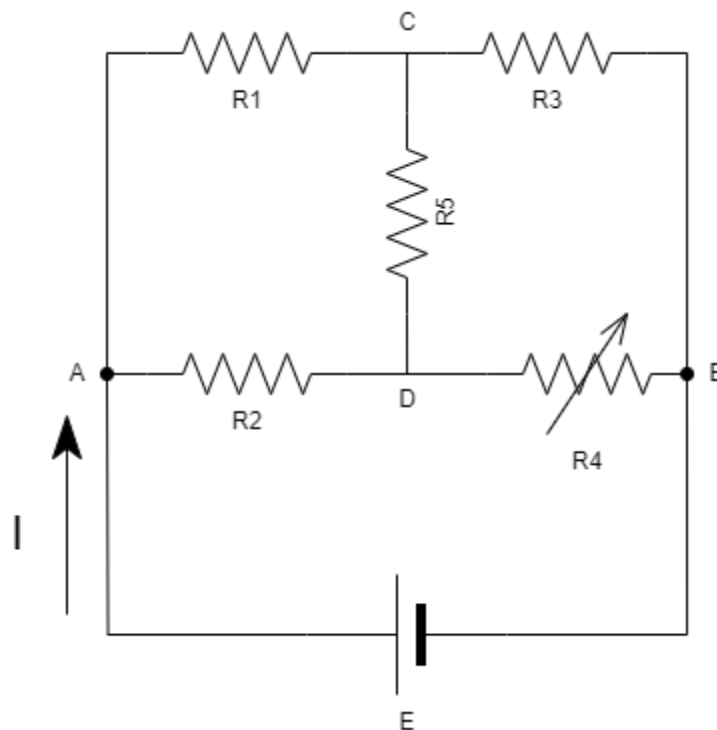
$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3 \quad (1)$$

これをホイートストンブリッジの平衡条件という。

3. 実験回路

今回、実験で使用する回路を図1に示す。

図1



4. 実験の方法

本実験で使用する機材を表 1 に示す。

実験毎の実験の方法については以下の通りである。

・実験 1

回路が非平衡状態にある時、各抵抗の電圧値をデジタルマルチメータで測定し、電流値を計測した後、表 2 にまとめる。

また、図 1 の CD 間に流れる電流の向きを求める。

・実験 2

回路が平衡状態になる条件を求め、実験 1 と同じ手順で、表 3 にまとめる。

・実験 3

平衡条件を満たす R_4 の値の前後で R_4 を変えながら、(1Ω ステップ、 $\pm 5\Omega$)

各抵抗の電圧値をデジタルマルチメータで測定し表 4 にまとめる。

また、 R_4 の変化と I_5 の変化の関係をグラフ 1 に示す。

・実験 4

R_1 の抵抗を大きくし($510\Omega \rightarrow 1k\Omega$)、実験 3 と同じ手順で表 5 にまとめる。

また、 R_4 の変化と I_5 の変化の関係をグラフ 2 に示す。

・実験 5

実験 4 で使用した回路で、CD 間を短絡し、 I_1, I_3 を対応する電圧をデジタルマルチメータで測定し、電流の大きさを計算する。同様の測定を、CD 間を開放して行う。

実験結果を表 6,7 にまとめる。

表 1 実験機材

図中の記号	名称	型番
E	直流定電圧電源	定電圧電源 18-1.8
R_1	抵抗器	$510\Omega, 1002\Omega$
R_2	抵抗器	100Ω
R_3	抵抗器	618Ω
R_4	ダイヤル型抵抗器	250Ω
R_5	抵抗器	101Ω
I	直流電流系	L6-70
その他	デジタルマルチメータ	16101200873
	ブレッドボード	10F-15
	結線用線材	

5. 実験結果

・実験 1

実験の結果を表 2 にまとめる。

CD 間の電流の向きは、デジタルマルチメータの＋極を C に－極を D に触れさせ測定した際、デジタルマルチメータの表示では負の値になっていたため、電流は D→C に流れていたと考えられる。

表 2 非平衡状態における測定結果

抵抗	R1	R2	R3	R4	R5
抵抗値(Ω)	510	100	618	250	101
電圧(V)	0.92	0.83	1.7	1.8	-0.097
電流(mA)	1.8	8.3	2.8	7.3	-0.96

・実験 2

CD間の電位差が 0 であるとき、回路が平衡状態になるための条件は

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$

$$510 \cdot R_4 = 100 \cdot 618$$

$$R_4 = 121$$

より、 R_4 は 121Ω ということがわかる。

この計算を基に R_4 を 121Ω に設定して回路を平衡状態にし、実験をした。

実験の結果を表 3 にまとめる。

また、 R_5 に流れる電流の値が 0 mA になっていることがわかったため、回路が平衡状態にあることが分かった。

表 3 平衡状態における測定結果

抵抗	R1	R2	R3	R4	R5
抵抗値(Ω)	510	100	618	121	101
電圧(V)	0.87	0.85	1.0	1.0	0.0
電流(mA)	1.7	8.5	1.6	8.5	0.0

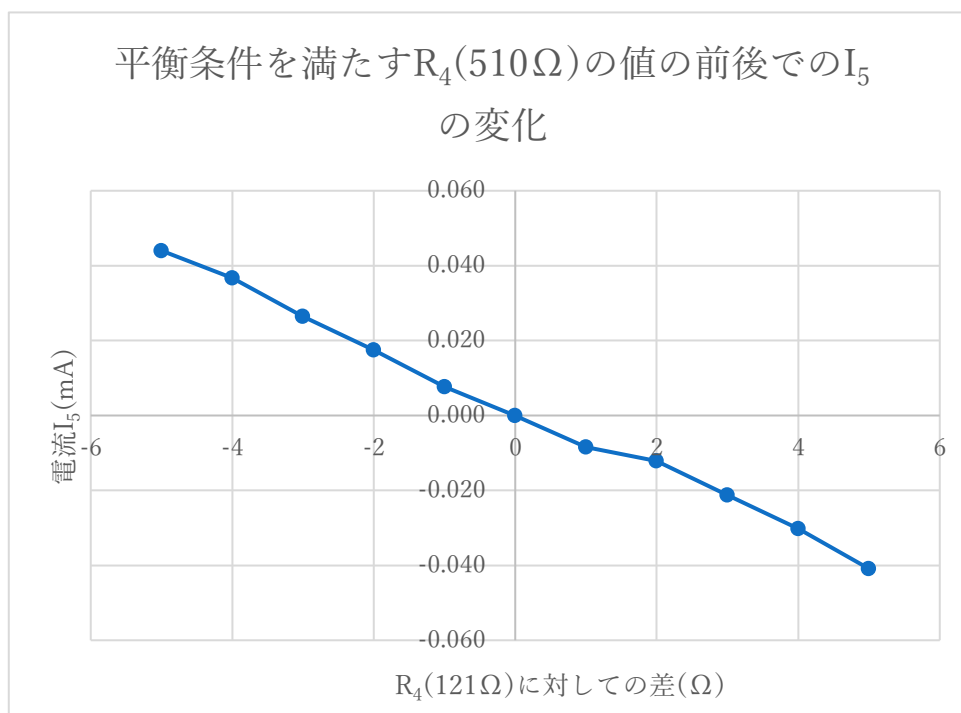
・実験 3

実験の結果を表 4 にまとめ、 R_4 と I_5 の関係をグラフ 1 に示す。

表 4 平衡条件を満たす R_4 の値の前後での I_5 の変化

R_4	$I_5(\text{mA})$	$V_5(\text{mV})$
-5	0.044	4.4
-4	0.037	3.7
-3	0.026	2.7
-2	0.017	1.8
-1	0.008	0.8
0	0.000	0
+1	-0.008	-0.9
+2	-0.012	-1.3
+3	-0.021	-2.3
+4	-0.030	-3.3
+5	-0.041	-4.5

グラフ 1 平衡条件を満たす R_4 の値の前後での I_5 の変化



・実験 4

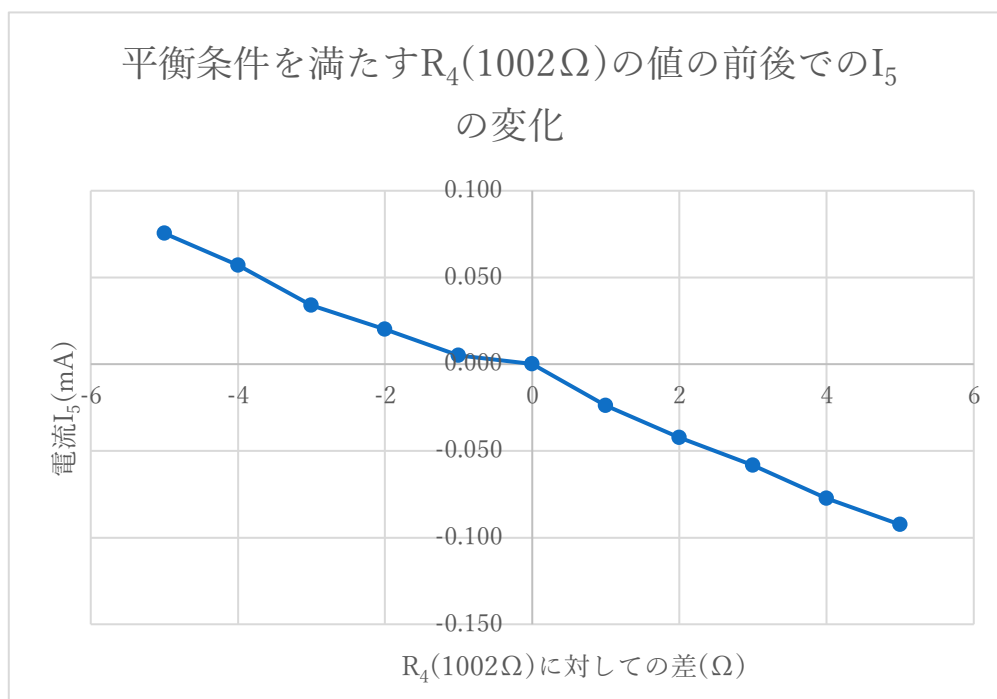
実験 3 から R_1 を $510 \rightarrow 1k\Omega$ に変え、実験 3 の手順で実験を行った。

実験の結果を表 5 にまとめ、 R_4 と I_5 の関係をグラフ 2 にまとめる。

表 5 R_1 を $510\Omega \rightarrow 1k\Omega$ にした時、平衡条件を満たす R_4 の値の前後での I_5 の変化

R_4	$I_5(\text{mA})$	$V_5(\text{mV})$
-5	0.075	4.3
-4	0.057	3.3
-3	0.034	2.0
-2	0.020	1.2
-1	0.005	0.3
0	0.000	0.0
+1	-0.024	-1.5
+2	-0.042	-2.7
+3	-0.058	-3.8
+4	-0.077	-5.1
+5	-0.093	-6.2

グラフ 2 平衡条件を満たす R_4 の値の前後での I_5 の変化



・実験 5

実験 4 の回路を使用して、実験を行った。

短絡状態の時の実験結果を表 6、開放状態の時の実験結果を表 7 にまとめた。

表 6 平衡状態において CD を短絡させたときの R_1, R_3 にかかる電圧と電流

短絡状態	R_1	R_3
電圧(V)	0.92	0.58
抵抗(Ω)	1002	618
電流(mA)	0.92	0.94

表 7 平衡状態において CD を開放させた時の R_1, R_3 にかかる電圧と電流

短絡状態	R_1	R_3
電圧(V)	0.95	0.59
抵抗(Ω)	1002	618
電流(mA)	0.95	0.95

6. 研究課題と研究課題から見る実験の考察

1. 点 A,B,C,D において出入りする電流の関係を調べ、今回の電流の計算結果を利用してキルヒホッフの第 1 法則が成り立っているか計算せよ。

キルヒホッフの第 1 法則では「回路の任意の点において、流れ込む電流の総和と流れ出す電流の総和が等しい」とある。

実験 1 より R_1 と R_2 に流れ込む電流の総和が 10.1mA、 R_3 と R_4 から流れ出る電流の総和が 10.1mA で等しい。

また、実験 2 より R_1 と R_2 に流れ込む電流の総和が 10.2mA、 R_3 と R_4 から流れ出る電流の総和が 10.1mA でほとんど等しい。

実験 1 と実験 2 からキルヒホッフの第 1 法則は成り立っていると言えるだろう。

2. 閉回路 ACD, CDB, ACBD において各電圧の関係を調べ、今回の電圧の測定値を利用してキルヒホッフの第 2 法則が成り立っているか計算せよ。

閉回路 ACD, CDB, ACBD は起電力がないので起電力 $E = 0$ とし、参考にするデータは実験 2 のものとする。

閉回路 ACD において、電流が $R_1 \rightarrow R_5 \rightarrow R_2$ の順に流れていると仮定すると、 R_1 に起こる電圧降下は 0.87V、 R_5 に起こる電圧降下は 0V、 R_2 に起こる電圧降下は -0.85V、よって $0 = 0.87 + 0 - 0.85$ がおおよそ成り立つ。

閉回路 CDB において、電流が $R_5 \rightarrow R_4 \rightarrow R_3$ の順に流れていると仮定すると、 R_5 に起こる電圧降下は 0V、 R_4 に起こる電圧降下は 1.0V、 R_3 に起こる電圧降下は -1.0V、よって $0 = 0 + 1.0 - 1.0$ が成り立つ。

閉回路 ACBD において、電流が $R_1 \rightarrow R_3 \rightarrow R_4 \rightarrow R_2$ の順に流れていると仮定すると、 R_1 に起こる電圧降下は 0.87V、 R_3 に起こる電圧降下は 1.0V、 R_4 に起こる電圧降下は -1.0V、 R_2 に起こる電圧降下は 0.87V、よって、 $0 = 0.87 + 1.0 - 1.0 - 0.85$ がおおよそ成り立つ。

上記より、キルヒホッフの第2法則は成り立っていると言えるだろう。

3. 非平衡と平衡状態における I_1, I_3, I_5 の関係を今回の電流の計算結果を利用して確認せよ。

実験1と実験2を比べると、実験1の非平衡状態における I_1 と I_3 は 1.8mA と 2.8mA で等しくなく、 I_5 は -0.96mA だったが、実験2の平衡状態における I_1 と I_3 は 1.7mA と 1.6mA でほとんど等しく、 I_5 は 0.0mA になっていた。

7. 実験の感想

1年生の時に習った内容の実験だったが、実験を通して復習することができたのでよかった。
また、授業で習った公式がどのようにして求められているかを理解することができた。