

課題 1 - 1 デジタルマルチメーターの基本的な使い方

(1) 電圧の測定

電圧の読み
6.34V

(2) 抵抗値の測定

抵抗値の読み
998Ω

課題 1 - 2 抵抗による電圧の分割

(1) 電池の電圧 $E =$

6.34V

(2) (3) (5)

R_A [kΩ]	R_B [kΩ]	I [mA]	e_0 [V]	$\frac{E}{e_0}$
1	1	3.14	3.14	2.01
1	2	2.10	2.10	3.01
1	3	1.57	1.57	4.03
1	5	1.05	1.05	6.03
1	9	0.63	0.63	10.06

(5)

$e_0 = \frac{R_A}{R_A + R_B} E$

課題 1 - 3 可変抵抗器による電圧の分割

(1)

回転数	①②間の抵抗値	②③間の抵抗値	①②間の抵抗値 + ②③間の抵抗値
0	198 Ω	1 Ω	199 Ω
10	137 Ω	62 Ω	199 Ω
20	61 Ω	139 Ω	200 Ω
30	1 Ω	198 Ω	199 Ω

(2) 可変抵抗器 R_p の①②間の電圧の予想値とその根拠

$$\frac{100\Omega}{120\Omega + 100\Omega} \times 6.34V = 2.88V$$

(3)

可変抵抗器 R_p の①②間の電圧
2.85V

比較結果：

ほぼ一致した。

課題 2 - 1 ひずみゲージの性質

	曲げない状態	ひずみゲージがついてい る側に 3 cm 曲げる	ひずみゲージがついて いない側に 3 cm 曲げる
ひずみゲージ 1	121.2Ω	121.1Ω	121.4Ω
ひずみゲージ 2	121.3Ω	121.1Ω	121.4Ω

課題 2-2 ひずみゲージによる測定 I

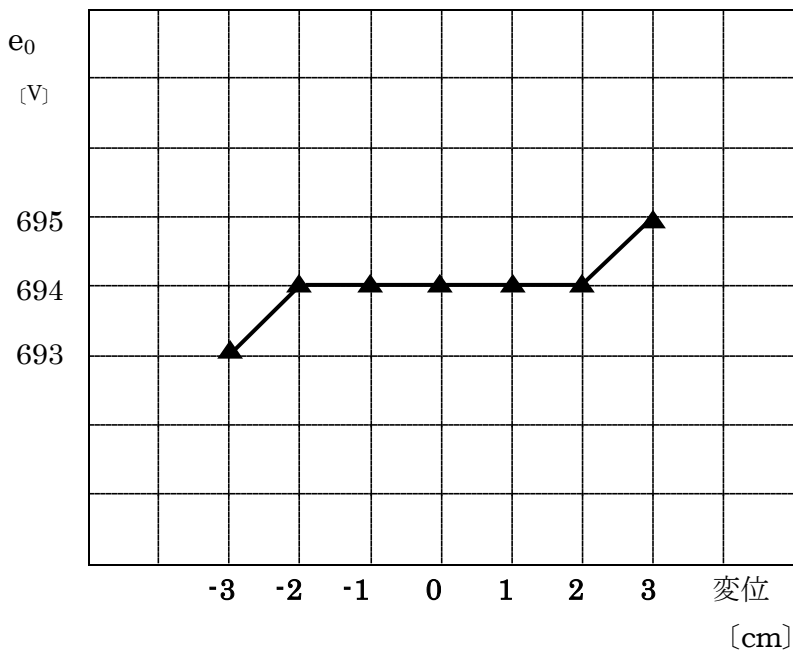
(1)

$$e_o = \frac{R_{g1}}{R_1 + R_{g1}} E$$

(2)

金属板先端の位置	10 cm	11 cm	12 cm	13 cm
e_o	694mV	694mV	694mV	695mV
金属板先端の位置	10 cm	9 cm	8 cm	7 cm
e_o	694mV	694mV	694mV	693mV

(3)



先端部の変位と e_o の間の関係

変位とともに e_o が上昇する傾向が見られる。(変位と e_o が線形の関係にあるかどうかは、このグラフからは判断できない。)

課題 2-3 ひずみゲージによる測定Ⅱ

(1)

$$e_o = \left(\frac{R_{g1}}{R_3 + R_{g1}} - \frac{R_2 + R_p}{R_1 + R_2 + R_p} \right) E$$

(2)

金属板先端の位置	10.0 cm	10.5 cm	11.0 cm	11.5 cm	12.0 cm	12.5 cm	13.0 cm
e_o	0.1 mV	0.4 mV	0.7 mV	1.1 mV	1.4 mV	1.7 mV	2.1 mV
金属板先端の位置	10.0 cm	9.5 cm	9.0 cm	8.5 cm	8.0 cm	7.5 cm	7.0 cm
e_o	0.1 mV	-0.3 mV	-0.6 mV	-0.9 mV	-1.2 mV	-1.5 mV	-1.8 mV

課題
2-

4 ひずみゲージによる測定Ⅲ

(1)

$$e_o = \left(\frac{R_{g1}}{R_{g2} + R_{g1}} - \frac{R_2 + R_p}{R_1 + R_2 + R_p} \right) E$$

(2)

金属板先端の位置	10.0 cm	10.5 cm	11.0 cm	11.5 cm	12.0 cm	12.5 cm	13.0 cm
e_o	0.0 mV	0.5 mV	1.1 mV	1.9 mV	2.5 mV	3.3 mV	3.9 mV
金属板先端の位置	10.0 cm	9.5 cm	9.0 cm	8.5 cm	8.0 cm	7.5 cm	7.0 cm
e_o	0.0 mV	-0.7 mV	-1.4 mV	-2.1 mV	-2.7 mV	-3.4 mV	-4.1 mV

(3) 先端部の変位と、 e_o との間の関係性

課題 2-3, 2-4 とも、 e_o は変位と1次の関係にあるということがわかる。(比例関係でも可)

(4) 課題2-2～2-4では、いずれも金属板の曲がり具合を電圧変化として取り出している。ただし、それぞれの課題には次のような特徴がある。

- ・課題2-2では、測定値3桁のうちの3桁目が最大でも±1程度変化するだけであり、小さな変化を検出することができない。一方課題2-3、2-4では（ブリッジ回路を組むことにより）変化する桁のみを測定しているので、小さな変化まで検出することができる。
- ・課題2-4では、金属板の両面にひずみゲージが取り付けられているので、金属板を曲げたときの両面の伸びと縮みをと同時に測定することにより、同じ変位でも課題2-3よりも約2倍の電圧変化として検出することができる。

課題3-1-1



図3-1

課題3-1-2 波形はどのように変化したかを述べよ。

可変抵抗器をゆっくり反時計回りに回したとき、

- ・波形の振幅は同じ大きさのまま、
- ・周期が短くなった。

課題 3 - 2 - 1

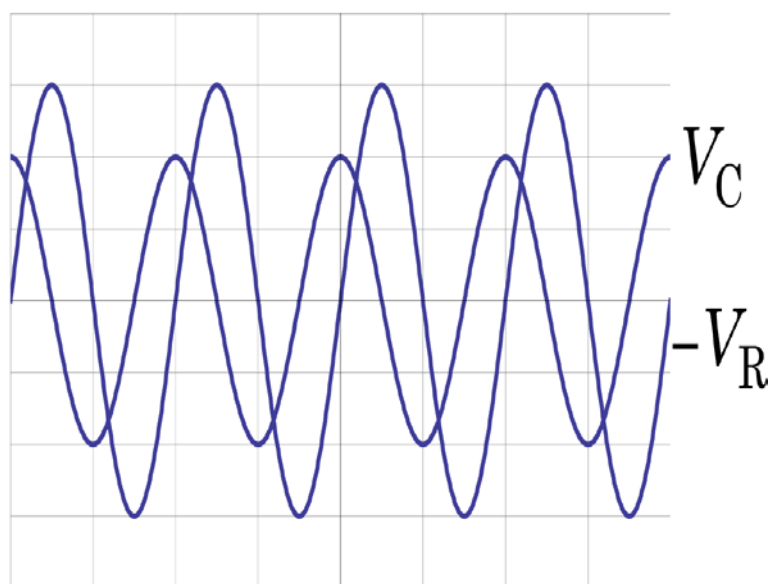


図 3 - 2

課題 3 - 2 - 2

$$V_C = -V_{C0} \cos \omega t = V_{C0} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

課題 3 - 3 - 1

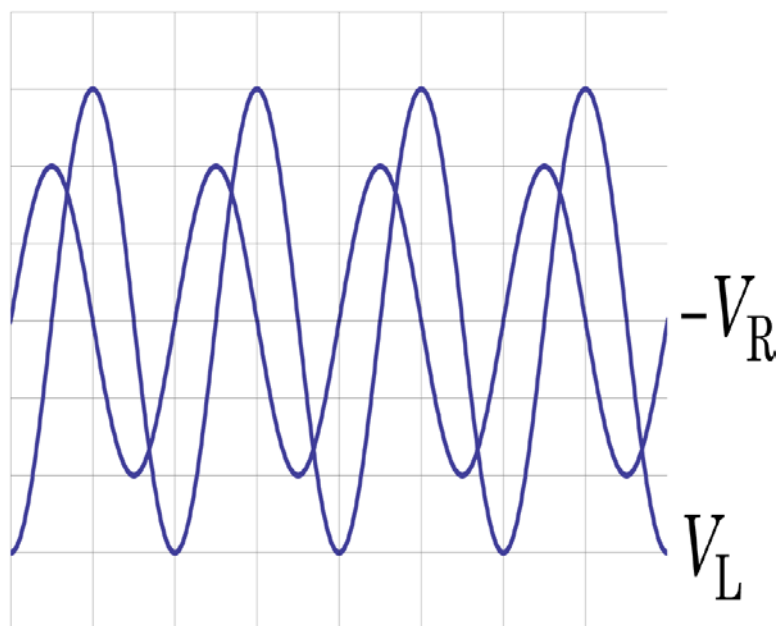


図 3 - 3

課題 3-3-2

$$V_L = V_{L0} \cos \omega t = V_{L0} \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

課題 3-4-1 コンデンサーと抵抗の直列回路

周波数 $f = \omega / 2\pi$ (kHz)	V_R の頂点間振幅 V_{pp} (V)	V_C の頂点間振幅 V_{pp} (V)	$\frac{V_{R0}}{V_{C0}}$ (課題 3-4-3)
0.505	0.168	1.4	0.120
1.00	0.288	1.4	0.206
2.08	0.528	1.28	0.413
5.00	0.90	0.92	0.978
10.0	1.06	0.56	1.89
20.0	1.12	0.32	3.50
50	1.14	0.132	8.64

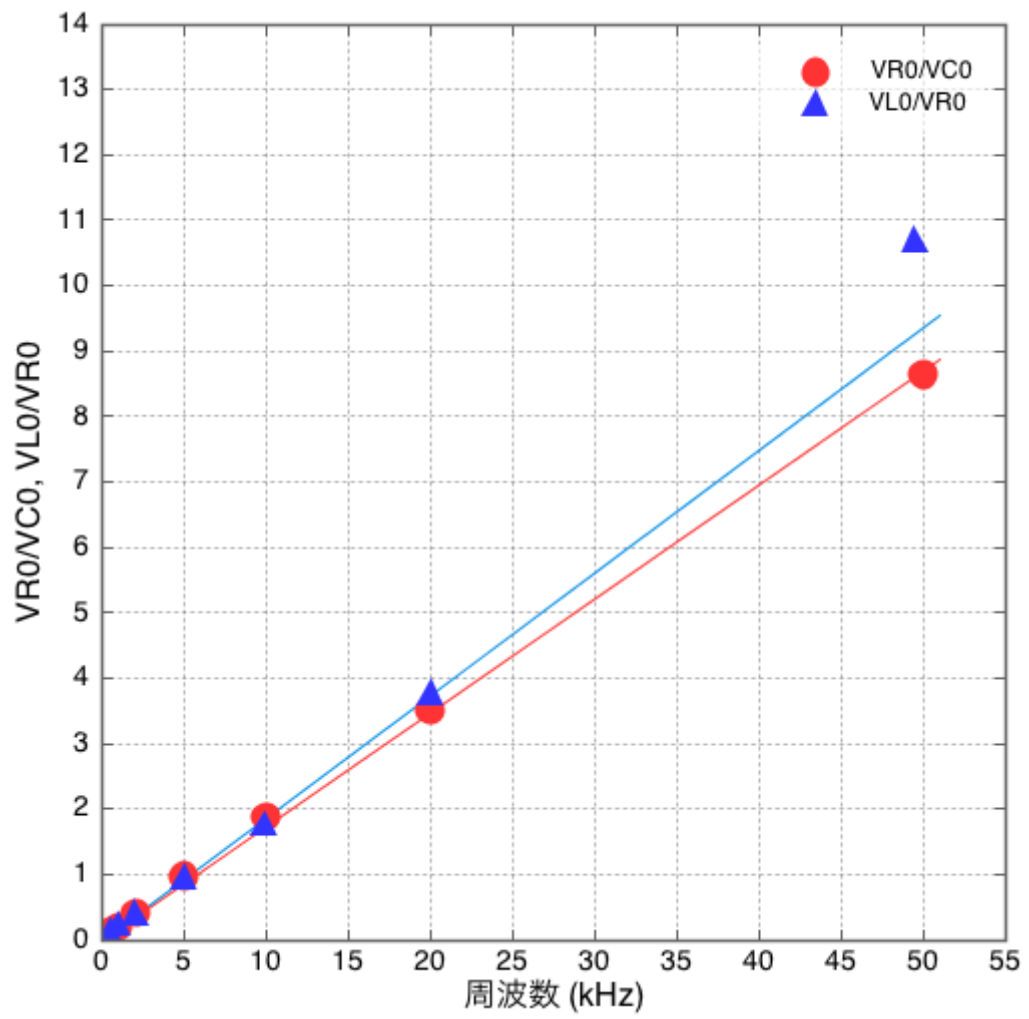
表 1

課題 3-4-2 及び 3 コイルと抵抗の直列回路

周波数 $f = \omega / 2\pi$ (kHz)	V_R の頂点間振幅 V_{pp} (V)	V_L の頂点間振幅 V_{pp} (V)	$\frac{V_{L0}}{V_{R0}}$ (課題 3-4-3)
0.505	1.16	0.152	0.131
1.00	1.08	0.248	0.230
2.04	1.08	0.440	0.407
5.00	0.920	0.880	0.954
9.9	0.680	1.20	1.76
20.0	0.360	1.36	3.78
49.5	0.132	1.40	10.7

表 2

課題 3 - 4 - 4

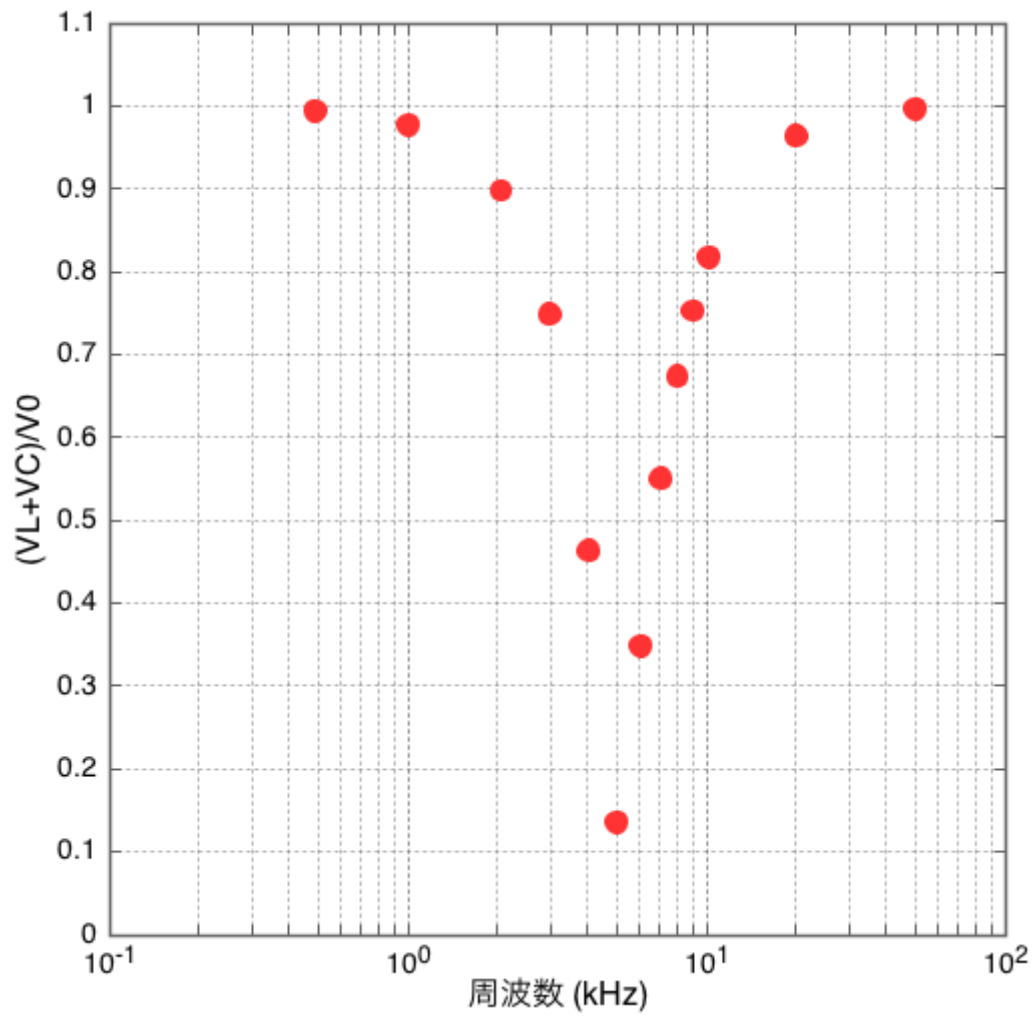


課題 3-5-1 及び 2

周波数 $f = \omega / 2\pi$ (kHz)	V_R の頂点間振 幅 V_{pp} (V)	$V_L + V_C$ の頂点 間振幅 V_{pp} (V)	$V_o =$ $\sqrt{(V_{L0} + V_{C0})^2 + V_{R0}^2}$ (課題 3-5-2)	$\frac{V_{L0} + V_{C0}}{V_o}$ (課題 3-5-2)
0.490	0.160	1.44	0.724	0.994
1.00	0.304	1.40	0.716	0.977
2.05	0.608	1.24	0.691	0.898
2.98	0.848	0.960	0.64	0.749
4.03	1.03	0.540	0.581	0.464
5.00	1.08	0.148	0.545	0.136
6.02	1.02	0.380	0.544	0.349
7.04	1.00	0.660	0.599	0.551
8.00	0.92	0.840	0.623	0.674
9.01	0.84	0.96	0.638	0.753
10.2	0.76	1.08	0.66	0.818
20.0	0.372	1.34	0.695	0.964
50.0	0.120	1.44	0.722	0.997

表 3

課題 3 - 5 - 3



課題 3-5-4

(1)

$$\frac{V_{L0} + V_{C0}}{V_0} = \frac{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}{\sqrt{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2 + R^2}} = \frac{\left(2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C}\right)}{\sqrt{\left(2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C}\right)^2 + R^2}}$$

この比の絶対値が最小になる周波数を求めればよい。

$$2\pi f_r L - \frac{1}{2\pi f_r C} = 0 \quad \text{が最小の条件になるので、}$$

$$\text{答は、 } f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

(2)

値を代入すると、

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{1}{2\pi\sqrt{100 \times 10^{-3} \times 0.01 \times 10^{-6}}} \\ &= \frac{1}{2\pi\sqrt{1 \times 10^{-9}}} \\ f_r &= 5 \times 10^3 \text{ Hz} = 5 \text{ kHz} \end{aligned}$$

実験値とほぼ一致した。

課題 3-5-4

(3)

$$V_R = RI_0 \sin \omega t, \quad V_C = -\frac{I_0}{\omega C} \cos \omega t, \quad V_L = \omega LI_0 \cos \omega t \quad \text{より}$$

$$V_L + V_C = \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) I_0 \cos \omega t \quad \text{であるから、}$$

$f = f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ の時は、時間によらず、

$V_L + V_C = 0$ が成り立っている。

(4)

$I_0 = \frac{V_0}{\sqrt{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2 + R^2}}$ であるから、

$f = f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ の時は、電流が最も多く流れる。

このとき、 $I_0 = \frac{V_0}{R}$ となっている。

課題 4 - 1

オシロスコープで画面から測定した 周波数	$C=100\text{ pF}$ として式(4-3)から 計算した周波数
1.3 kHz 前後 (使った素子による)	1.3 kHz

課題 4 - 2

(1) 実験例 (各自が作った可変容量コンデンサーに依存)

重なる長さ L (cm)	(1) 発振周波数 f (Hz)	(2) 電気容量 C (F)
2	64	20 pF
4	18	70 pF
6	13	97 pF
8	11 kHz	120 pF
10	9.5 kHz	130 pF
12	8.5 kHz	150 pF
14	7.4 kHz	170 pF
16	6.7 kHz	190 pF
18	6.0 kHz	210 pF
20	5.6 kHz	230 pF
22	5.0 kHz	250 pF

課題 4 - 2

(2) 電気容量と重なりの方さの関係 :

比例する : (1) の実験結果は直線的ではないが、C と長さの関係のグラフは原点を通る直線となることが推定される

(3) 測定 20 cm : 230 pF 5.6 kHz 計算 : 250 pF (テープ無視した場合)

- 1 ϵ 部分と ϵ_0 部分直列の C として計算できる テープの薄い間は厚みに比例して C 増加 (1 割程度) 270 pF)
- 2 テープ無視する 250 pF
- 3 すべてテープで満たしたと見る 700 pF

(4) 絶縁性液体で粘度の低いものの液面計として使われている (例 液体窒素)

変位検知器として使うのも可