

1 目的

キャパシタと抵抗の直列回路に一定の交流電圧を加え，抵抗値，キャパシタンス，電源周波数を変化させるとそれぞれどのような現象が起こるかを，電圧のベクトルの変化の軌跡から調べ，電圧，電流，位相などの関係を理解する．

2 原理

実験に使用する C-R 直列回路 (図 1) で，抵抗とキャパシタの両端電圧をそれぞれ V_R ， V_C とすると，

$$\begin{aligned}\dot{V}_R &= \frac{\dot{I}}{\dot{R}} = \frac{I}{R} \\ \dot{V}_C &= \frac{\dot{I}}{\dot{X}_C} = -j \frac{I}{\omega C}\end{aligned}$$

となるので， V_R に対して V_C は常に位相が $\frac{\pi}{2}$ 遅れる．

また，

$$\begin{aligned}\dot{V} &= \dot{V}_R + \dot{V}_C \\ &= \sqrt{V_R^2 + V_C^2}\end{aligned}$$

この式から，電源電圧を一定に保ったまま R ， C ， f などを変化させたとき， \dot{V} を基準にベクトルの軌跡を描くと， \dot{V} を直径とする半円形になる．このとき，各点での \dot{I} と \dot{V} 位相差 ϕ は，

$$\phi = \tan^{-1} \frac{V_C}{V_R}$$

3 実験方法

3.1 使用機具

発信機	KIKUSUI ELECTRONICS CORP. , ORC11 , 5[Hz] – 500[kHz] , 0dB=3.16Vrms , 0 – 79.9[dB] , AM000378
デジタルマルチメータ	Tektronix , CDM250 , SERIAL NO.CDM250TW51216
ダイヤル式可変キャパシタ	ANDO ELECTRICS CO., LTD , TYPE DSC-1 , RELATED VOLTAGE 150V DC , 150[pF] – 13.61[μ F] , NO.70513002
ダイヤル式可変抵抗	SIMADZU RIKA INSTRUMENTS CO., LTD. , TYPE RD-56A , 0.1 – 111111[Ω] , NO.H80554

3.2 手順

1. 図 1 の様に回路を作る .
2. $V = 2[V]$, $f = 1[kHz]$, $C = 0.11[\mu F]$ に設定し , $V = 2[V]$ に保ちながら R を $0 - 12800[\Omega]$ の範囲で変化させてゆき , その都度 V_R と V_C の値を記録する .
(実験 1)
3. 2 の状態で , $R = 3[k\Omega]$ に設定し , C を $0.02 - 0.28[\mu F]$ の範囲で変化させ同様に実験する . (実験 2)
4. 3 の状態で , $C = 0.11[\mu F]$ に設定し , f を $100 - 6400[kHz]$ の範囲で変化させ同様に実験する . (実験 3)

図 1: 実験回路

4 結果

表 1: 結果 (実験 1)

P	抵抗電圧 V_R [V]	キャパシタ電圧 V_C [V]	抵抗値 R [Ω]	回路電流 I [mA]	位相差 ϕ [rad]
P1	0.00	2.00	0	1.38	90.0
P2	0.54	1.93	400	1.35	74.4
P3	0.98	1.74	800	1.225	60.7
P4	1.29	1.53	1200	1.075	49.9
P5	1.50	1.34	1600	0.938	41.8
P6	1.73	1.01	2400	0.721	30.5
P7	1.84	0.82	3200	0.575	24.0
P8	1.96	0.43	6400	0.306	12.4
P9	1.995	0.23	12800	0.156	6.6

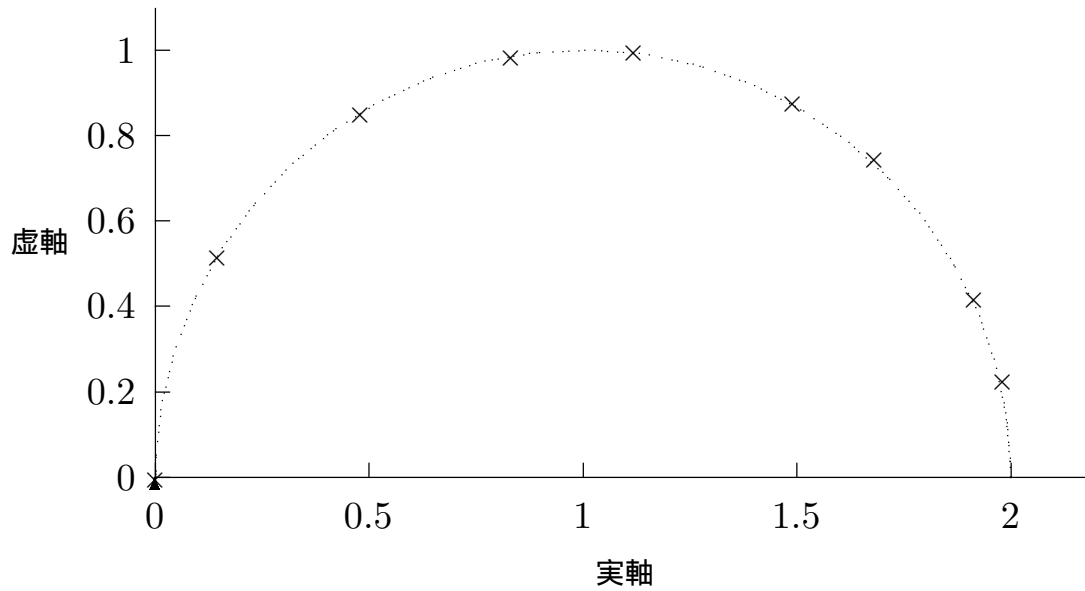


図 2: ベクトル軌跡 (1[kHz], 0.11[μ F], 2[V])

表 2: 結果 (実験 2)

P	抵抗電圧 V_R [V]	キャパシタ電圧 V_C [V]	静電容量 C [μ F]	回路電流 I [mA]	位相差 ϕ [rad]
P1	0.72	1.87	0.02	0.24	68.9
P2	1.00	1.74	0.03	0.33	60.1
P3	1.22	1.59	0.04	0.41	52.5
P4	1.51	1.32	0.06	0.50	41.2
P5	1.68	1.09	0.08	0.56	33.0
P6	1.77	0.93	0.10	0.59	27.7
P7	1.89	0.69	0.14	0.63	20.0
P8	1.94	0.51	0.20	0.65	14.7
P9	1.97	0.36	0.28	0.66	10.4

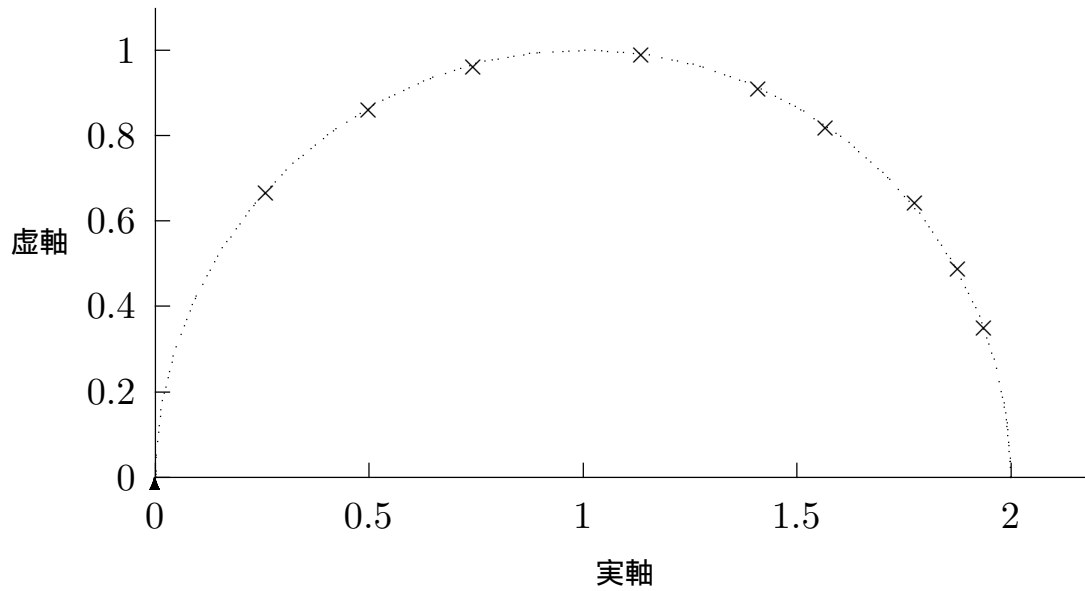


図 3: ベクトル軌跡 (1[kHz], 3[kΩ], 2[V])

表 3: 結果 (実験 3)

P	抵抗電圧 V_R [V]	キャパシタ電圧 V_C [V]	電源周波数 f [Hz]	回路電流 I [mA]	位相差 ϕ [rad]
P1	0.41	1.97	100	0.14	78.2
P2	0.78	1.86	200	0.26	67.3
P3	1.30	1.54	400	0.43	49.8
P4	1.74	1.03	800	0.58	30.6
P5	1.86	0.73	1200	0.62	21.4
P6	1.90	0.56	1600	0.63	16.4
P7	1.93	0.37	2400	0.64	10.9
P8	1.98	0.24	3200	0.66	6.90
P9	1.99	0.088	6400	0.663	2.52

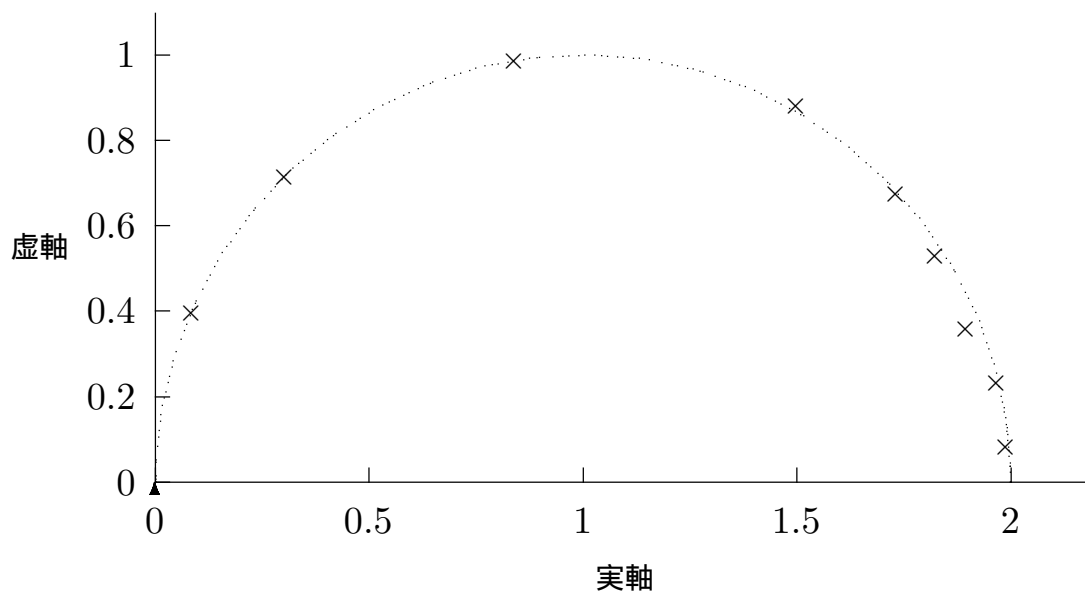


図 4: ベクトル軌跡 (3[kΩ], 0.11[μF], 2[V])

5 考察

5.1 誤差

各実験のベクトル軌跡の測定値と理論値の間には若干の誤差がある．この原因は，条件を変えるたびに電源電圧を調製しなおす事や，測定器の誤差などと思われる．

5.2 理論的なベクトル軌跡の形

インピーダンス $\dot{Z} = R + jX[\Omega]$ の回路で，虚部 $X = const.$ として，実部 R を 0 から ∞ まで変化させたときには図 5 の様なベクトル軌跡になる．

また，実部 $R = const.$ として，虚部 X を 0 から ∞ まで変化させた場合の軌跡は図 6 の様になる．

つまり，この場合，虚部または実部が変化しても電圧が一定である限りベクトル軌跡は等しい．

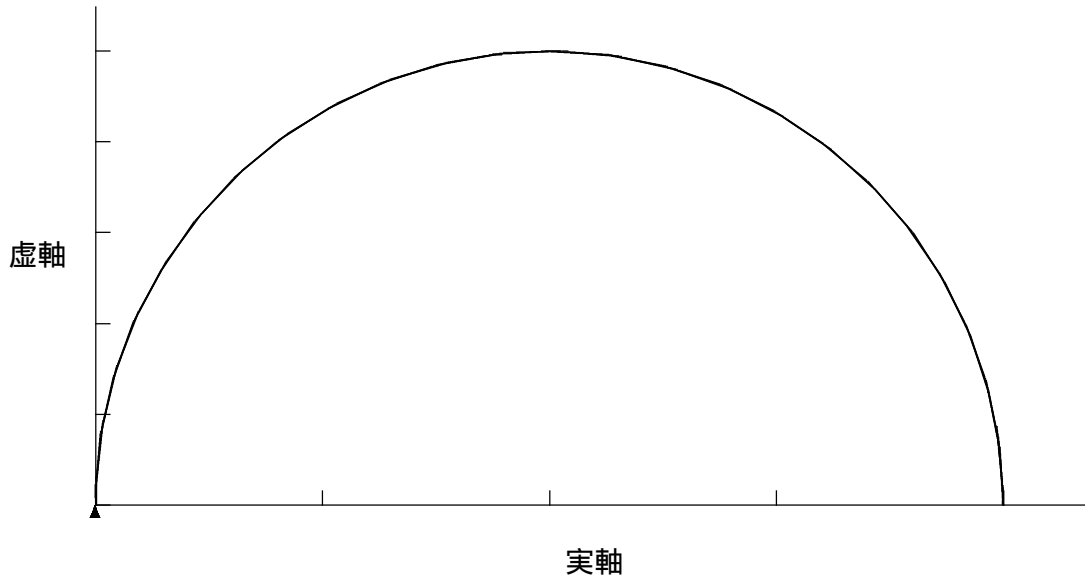


図 5: 虚部が一定の場合のベクトル軌跡

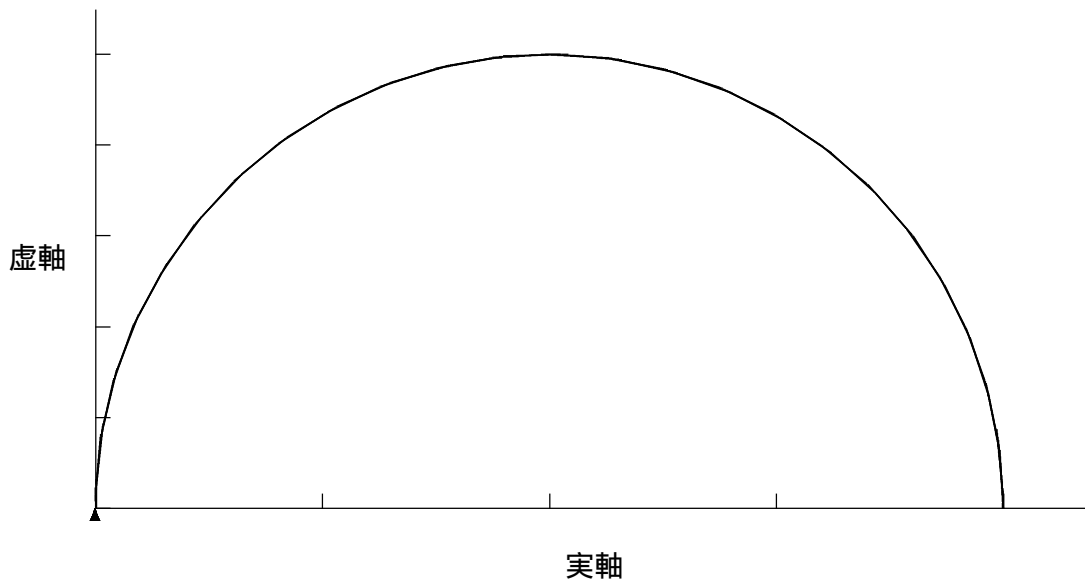


図 6: 実部が一定の場合のベクトル軌跡