

課題実験報告書

実験テーマ ： ひずみ波のフーリエ解析

4 年 情報工学科 2 5 番 坂東 樹

<目的>

ひずみ波に含まれる各周波数成分を取り出し、理論値と比較する。

<概要>

1 ひずみ波

正弦波は単一の周波数成分を持つ振動である。これに対し、正弦波以外の信号波形はすべてひずみ波である。ひずみ波は、複数の正弦波を合成することでどのような波形でも作り出すことができる。これは可逆的なことであり、ある波形に含まれる正弦波を取り出すことも可能である。

ひずみ波から特定の周波数成分をもつ正弦波を取り出すには、希望する周波数成分だけを通過させるフィルタ（BPF）が必要である。

2 バンドパスフィルタ（BPF）

最も簡単なフィルタは、共振回路である。

図1．1に示す回路において、コイルとコンデンサからなる回路は共振回路である。この共振回路は電圧源の周波数に依存し、共振周波数において、インピーダンスが（）になる。

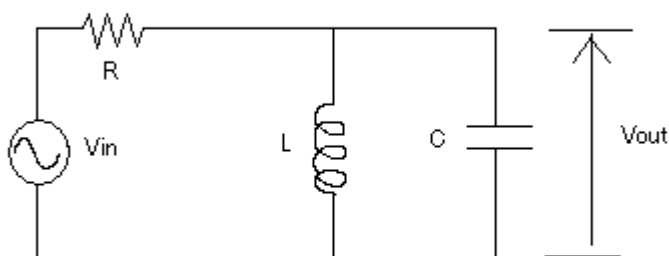


図1．1 並列共振回路

しかし、図1．1の回路は、低い周波数における共振回路を実現するためには非常に大きなインダクタンスが必要であり、現実的ではない。

実際に、低い周波数における BPF を実現するためには、アクティブフィルタを採用する。

3 アクティブフィルタ

ここでは、バンドパスフィルタに状態変数方フィルタ図1．3を採用する。このフィルタの中心角周波数 ω_0 と通過帯域幅 δ は、

$$\omega_0^2 = R_2 / R_3 R_6 R_7 C_1 C_2$$

$$\delta = \omega_0 / Q$$

ただし

$$Q = \{ (1 + R_4) (R_1 + R_5) / (R_1 R_5) \} / (1 + R_2 / R_3) \sqrt{R_2 R_6 C_1 / (R_3 R_7 C_2)}$$

中心周波数と Q は各素子により調整することができる。とくに、 C_2 または R_7 を変化させたときは、通過帯域幅は変わらず、中心周波数だけを変化させることができる。

Q が極端に大きいときは、通過帯域利得が 1 より小さくなることもある。

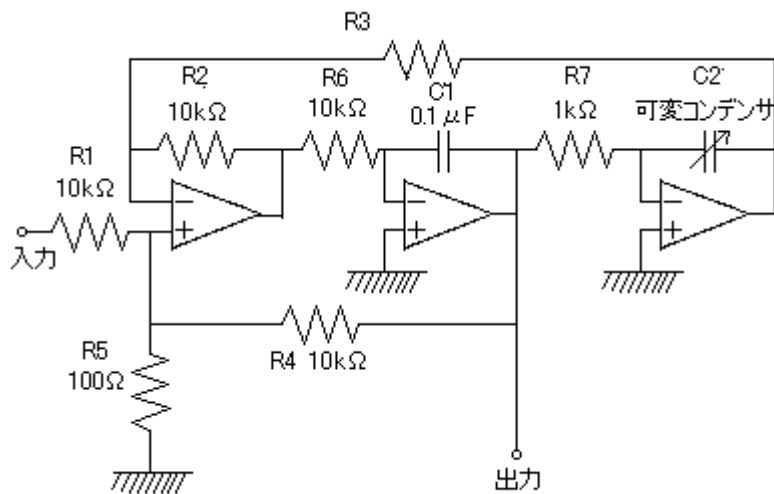


図 1. 3 バンドパスフィルタ(状態変数型)

<実験方法>

1 フィルタ

バンドパスフィルタは図 2. 1 を使用する。

1. 1 中心周波数に対する C_2 のキャリブレーション

- (1) 発振器、電圧計等を図 2. 1 のように接続する。
- (2) 発振器の周波数、出力電圧を一定に保ち、フィルタ出力電圧が最大になるよう、 C_2 を調整する。このときの C_2 と出力電圧を記録する。
- (3) 発振器の周波数を 100Hz、200Hz、... と変化させ、(2) を繰り返す。

1. 2 周波数特性

- (1) 発振器、電圧計等を図 2. 2 のように接続し、フィルタの中心周波数を指定された値に調整する。

- (2) フィルタの入力電圧を一定に保ち、発信器の周波数を変化させ、出力電圧を測定する。

2 ひずみ波のフーリエ解析

2.1 正弦波

- (1) 図2.2のように接続する。
- (2) C_2 によりフィルタの中心周波数を変化させ、フィルタの出力電圧を測定する。あわせて、オシロスコープによりフィルタ入出力波形を観測する。

2.2 三角波

- (1) 図2.2のように接続する。発振器の波形選択ボタンにより、三角波を選ぶ。
- (2) C_2 によりフィルタの中心周波数を変化させ、フィルタの出力電圧を測定する。あわせて、オシロスコープによりフィルタ入出力波形を観測する。

2.3 矩形波

- (1) 図2.2のように接続する。発振器の波形選択ボタンにより矩形波を選ぶ。
- (2) C_2 によりフィルタの中心周波数を変化させ、フィルタの出力電圧を測定する。あわせて、オシロスコープによりフィルタ入出力波形を観測する。
※ duty ratio 20%、50%について実験をおこなう。

2.4 半波整流波形

- (1) 図2.3(a)のように発振器とフィルタの間に半波整流回路を接続し、最大値が1Vになるように調節する。
- (2) C_2 によりフィルタの中心周波数を変化させ、フィルタの出力波形を測定する。あわせて、オシロスコープによりフィルタ入出力波形を観測する。

2.5 全波整流波形

- (1) 図2.3(b)のように発振器とフィルタの間に全波整流回路を接続し、最大値が1Vとなるように調節する。
- (2) C_2 によりフィルタの中心周波数を変化させ、フィルタの出力電圧を測定する。あわせて、オシロスコープによりフィルタ入出力波形を観測する。

※ 相対値

高調波成分のうち、最も振幅の大きいもの（最大振幅成分）を基準とし、各高調波成分を最大振幅成分に対する比率（d B）で表現する。

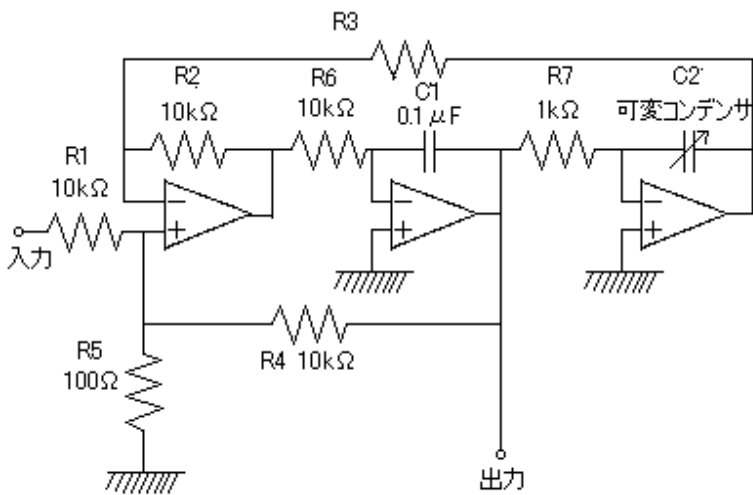


図2. 1バンドパスフィルタ(状態変数型)

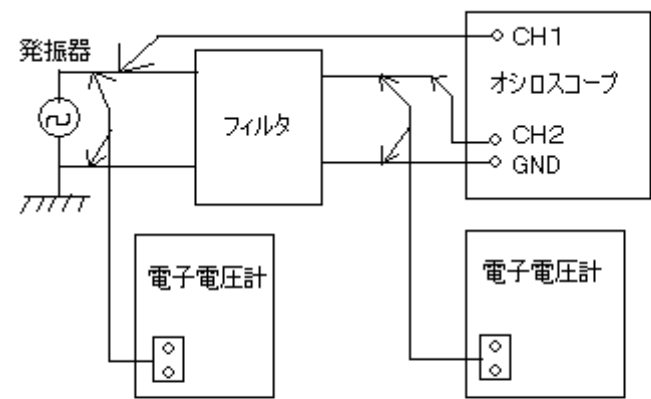


図2. 2 機器接続図

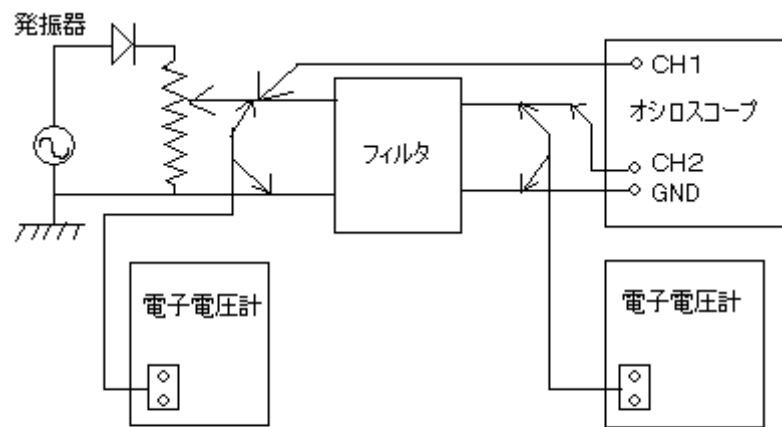


図2. 3 (a) 半波整流回路

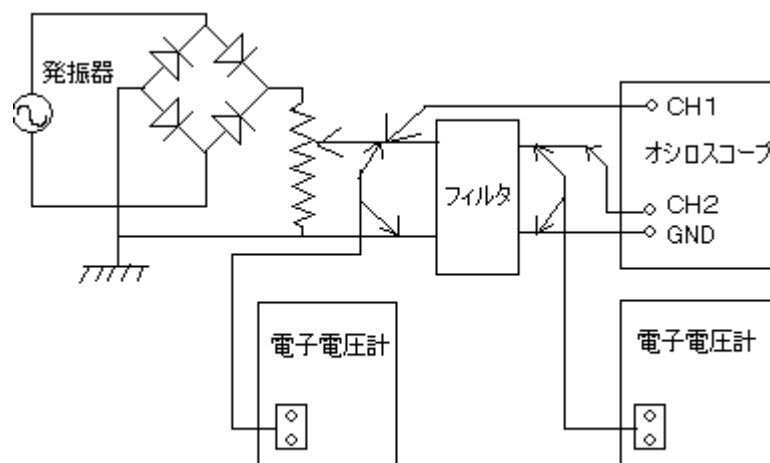


図2. 3 (b) 全波整流回路

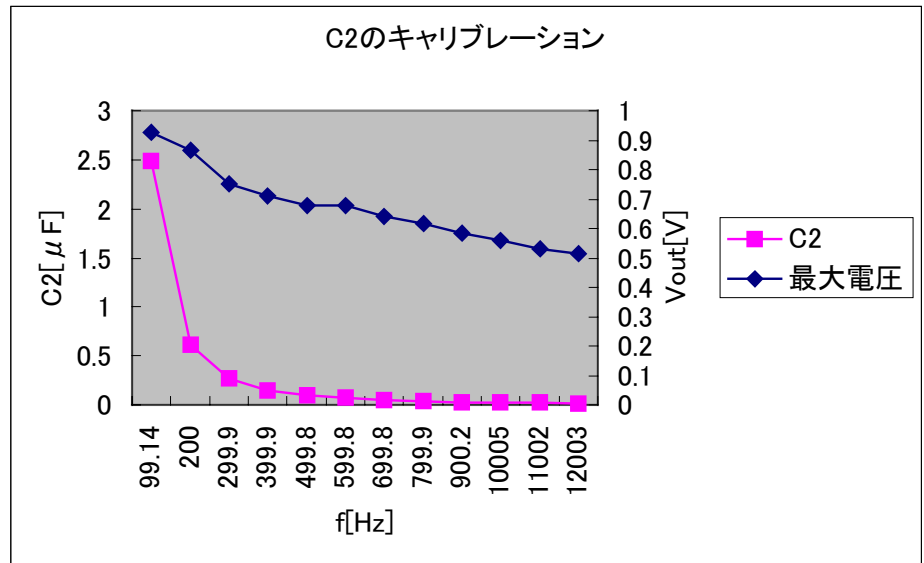
＜実験結果＞

1. フィルタ

1. 1 C₂のキャリブレーション

発振器出力 1 [V]

周波数 f[Hz]	C ₂ [μ F]	最大出力電圧 Vout[V]
99.135	2.486	0.925
199.97	0.609	0.867
299.85	0.271	0.749
399.91	0.15230	0.712
499.77	0.09751	0.677
599.83	0.06767	0.676
699.84	0.04974	0.642
799.87	0.03809	0.615
900.16	0.03006	0.582
10005	0.02431	0.559
11002	0.02013	0.531
12003	0.01691	0.513

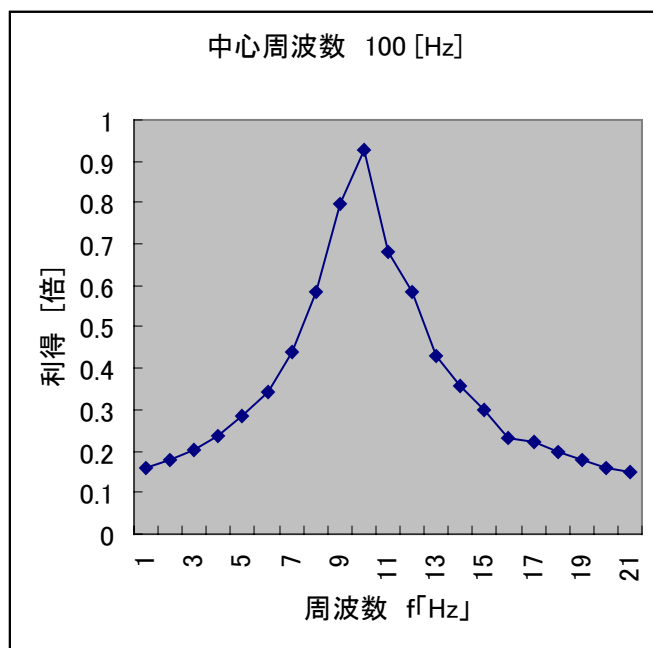


1. 2 周波数特性

発振器出力電圧 $V_{in} = 1$ [V]

中心周波数 $f_0=100$ [Hz] $C_2=0.925$ [μ F]

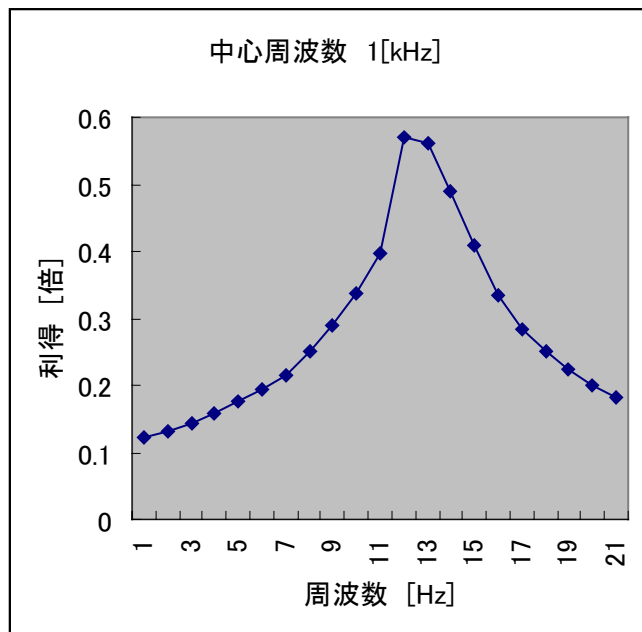
周波数 f [Hz]	出力電圧 V_{out} [V]
90.002	0.160
90.994	0.180
92.003	0.205
93.017	0.239
94.026	0.283
95.018	0.345
96.019	0.438
97.021	0.583
98.096	0.799
99.019	0.928
100.57	0.683
101.05	0.585
102.02	0.431
103.01	0.359
104.01	0.298
105.06	0.230
106.03	0.221
107.04	0.196
108.01	0.177
109.00	0.161
110.03	0.148



中心周波数 $f_0 = 1$ [kHz] $C_2 = 0.02431$ [μF]

周波数 f[Hz]	最大出力電圧 Vout[V]
990.00	0.121
991.00	0.132
992.03	0.143
993.02	0.159
994.03	0.177
994.98	0.194
996.01	0.215
997.00	0.250
998.00	0.289
999.00	0.338
1000.00	0.398
1001.00	0.570
1002.00	0.560
1003.00	0.490
1004.00	0.409
1005.00	0.334
1006.00	0.285

1007.00	0.251
1008.00	0.225
1009.00	0.201
10100.00	0.182



2 ひずみ波のフーリエ解析

2.1 正弦波

発振器出力電圧 $V_{in}=1$ [V]

周波数 f [Hz]	C_0 [μF]	出力電圧 [V]	相対レベル [dB]
100	2.486	818.0	-1.7450
200	0.609	14.6	-36.7129
300	0.271	9.8	-40.1755
400	0.15230	8.4	-41.5144
500	0.09751	8.2	-41.7237
600	0.06767	8.1	-41.8303
700	0.04974	7.8	-42.1581
800	0.03809	7.5	-42.4988
900	0.03006	7.6	-42.3837

1000	0.02431	7.4	-42.6154
1100	0.02013	7.3	-42.7335
1200	0.01691	7.2	-42.8534

2.2 三角波

発振器出力電圧 $V_{in}=5.85$ [V]

周波数 f[Hz]	C2 [μ F]	出力電圧 [V]	相対レベル [dB]
100	2.486	520.0	-21.0231
200	0.609	7.5	-42.4988
300	0.271	50.6	-25.9170
400	0.15230	4.2	-47.5350
500	0.09751	6.5	-59.0449
600	0.06767	3.59	-64.2412
700	0.04974	4.36	-62.5533
800	0.03809	3.50	-64.4618
900	0.03006	3.62	-64.1689
1000	0.02431	3.50	-64.4618
1100	0.02013	3.47	-64.5365
1200	0.01691	3.48	-64.5115

2.3 矩形波

(1)duty ratio = 20% 発振器出力電圧 $V_{in}=5.79$ [V]

周波数 f[Hz]	C2 [μ F]	出力電圧 [V]	相対レベル [dB]
100	2.486	340.0	-24.6240
200	0.609	291.0	-25.9757
300	0.271	99.0	-35.3409
400	0.15230	82.0	-36.9773
500	0.09751	5.9	-59.8365
600	0.06767	43.6	-42.4638
700	0.04974	58.9	-39.8513
800	0.03809	49.9	-41.2916
900	0.03006	26.9	-46.6585

1000	0.02431	4.6	-61.9984
1100	0.02013	11.9	-53.7426
1200	0.01691	26.5	-46.7887

(2) duty ratio = 50% 発振器出力電圧 $V_{in}= 8.98$ [V]

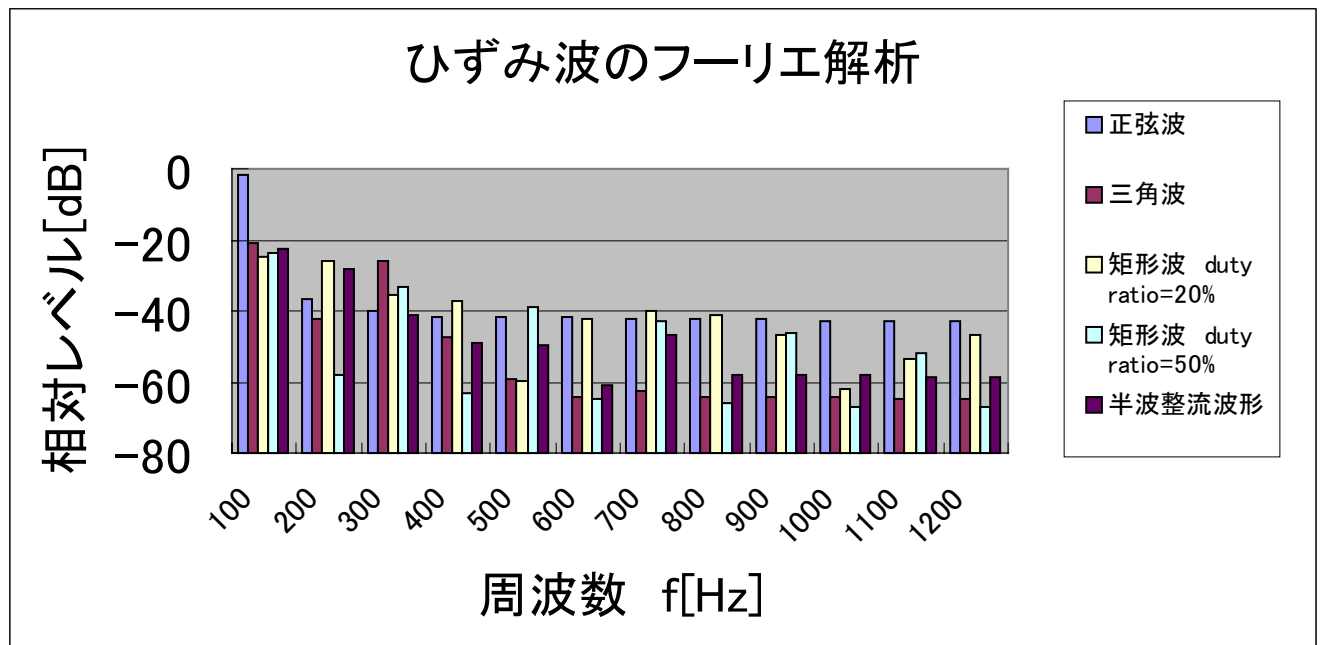
周波数 f[Hz]	C2 [μ F]	出力電圧 [V]	相対レベル [dB]
100	2.486	578.0	-23.8270
200	0.609	11.6	-57.7700
300	0.271	194.0	-33.3094
400	0.15230	6.3	-63.0787
500	0.09751	100.0	-39.0655
600	0.06767	5.1	-64.9141
700	0.04974	63.1	-43.0649
800	0.03809	4.6	-65.8104
900	0.03006	42.8	-46.4367
1000	0.02431	4.1	-66.8098
1100	0.02013	22.3	-52.0994
1200	0.01691	3.9	-67.2442

2.4 半波整流波形

発振器出力 $V_{in}=3.59$ [V]

周波数 f[Hz]	C2 [μ F]	出力電圧 [V]	相対レベル [dB]
100	2.486	265.0	-22.6370
200	0.609	141.0	-28.1175
300	0.271	31.0	-41.2747
400	0.15230	13.0	-48.8230
500	0.09751	11.6	-49.8127
600	0.06767	3.3	-60.7053
700	0.04974	16.0	-47.0195
800	0.03809	4.5	-58.0376
900	0.03006	4.6	-57.8467
1000	0.02431	4.5	-58.0376

1100	0.02013	4.3	-58.4325
1200	0.01691	4.2	-58.6369



<感想>

課題実験を終えて、実験を最後まで成し遂げるのはとても大変なことだと思った。今回の課題実験は自分としてはとても難しい内容で、理解することになり苦労した。反省することも多々あり、実験への理解の低さや段取りの悪さなどで時間を取ってしまった。そのため、実験も最後まで終えることができず中途半端なものとなってしまった。結果もうまくまとめることができず、室内発表は散々だった。考察は自分の調べ方が悪かったため調べることができなかった。

今回の課題実験はとても大変だったが、いろいろと学ぶことがあった実験だった。