

報告書

実験番号：5

題目：LC フィルタの特性

©MOOMOO

2003年 6月 19日

1 目的

各種の LC フィルタを製作し、その特性を調べ、フィルタに関する理解を深める。

2 原理

LC フィルタとは、インダクタンス L をもつ素子と静電容量 C をもつ素子の組み合わせからなる 4 端子回路である。その役割は、種々の周波数成分をもった信号が入力したとき、必要な周波数の信号だけを出力することである。基本となる回路構成は、図 1 のように L 形、T 形、 π 形などがある。

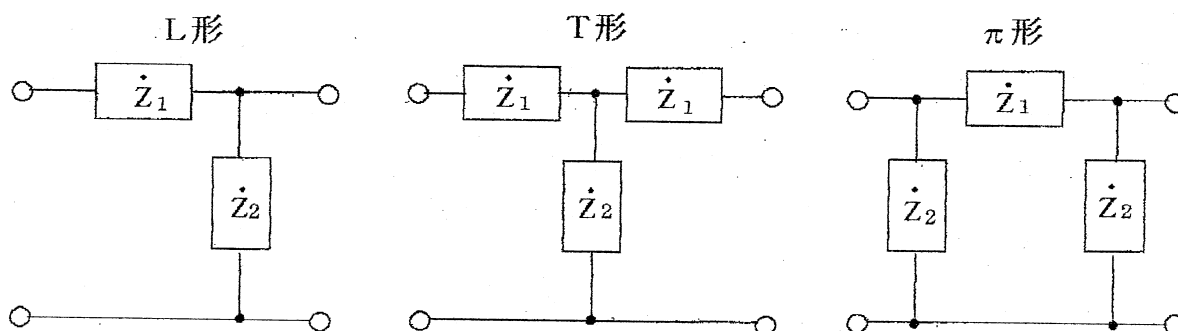


図 1: LC フィルタの基本構成

これらの中で最も簡単で基本的なフィルタである L 形フィルタは、2 組のリアクタンス素子から成っており、直列素子 Z_1 と並列素子 Z_2 は互いに逆のリアクタンスをもつようにする。この積が (抵抗)² の次元になるように素子を選べば、

$$Z_1 \cdot Z_2 = j\omega L \cdot \frac{1}{j\omega C} = \frac{L}{C} = R^2 \quad (1)$$

となる。このような構成のフィルタは定 K 形フィルタと呼ばれ、定数 R で表されるインピーダンスを公称インピーダンスと言う。定 K 形フィルタは L 形フィルタの一種類である。

基本的には、インダクタンス L の素子を直列素子に用いると低い周波数が、容量 C の素子を直列素子に用いると高い周波数が通過しやすくなる。

フィルタは，その伝送周波数によって次のように分類される．

1. 低域通過型フィルタ (Low Pass Filter, LPF)
2. 高域通過型フィルタ (High Pass Filter, HPF)
3. 帯域通過型フィルタ (Band PassFilter, BPF)
4. 帯域阻止型フィルタ (Band Elimination Filter, BEF)

実験は，定 K 形フィルタの LPF, HPF, BPF および BEF について行う．これらの回路の構成と，公称インピーダンス R ，しゃ断周波数 f_c (または帯域周波数 f_1, f_2)，および素子 L, C ，の関係式を図 2 に示す．これらの関係式は影像 (映像) パラメータを用いた計算法で得られる．他に，関数論的手法による設計法もある．

3 実験方法

ここでは，回路のインピーダンスとしゃ断周波数を決めて，それをもとに素子を選び，できあがった回路の周波数特性を調べた．測定するときの終端インピーダンスは，公称インピーダンス R である．また，この場合，フィルタの減衰特性を動作減衰量特性と言う．

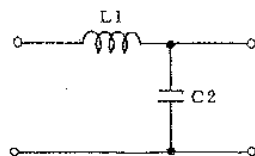
3.1 設計・製作

定 K 形フィルタで，公称インピーダンス R としゃ断周波数 f_c (または f_1, f_2) の数値を用いて，図 2 の関係式によって必要な素子を調べ，これに近い素子を使用して回路を作った．

ただし，次のように条件を設定し計算した．

$$R = 600[\Omega], f_c = 2[\text{kHz}], f_1 = 2[\text{kHz}], f_2 = 4[\text{kHz}] \quad (2)$$

(a) LPF

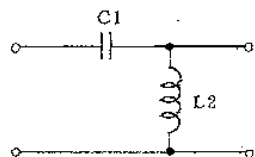


$$L_1 = R / \omega_c$$

$$C_2 = 1 / (R \omega_c)$$

$$\omega_c = 2 \pi f_c$$

(b) HPF

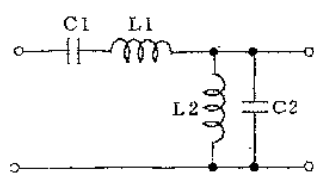


$$L_2 = R / \omega_c$$

$$C_1 = 1 / (R \omega_c)$$

$$\omega_c = 2 \pi f_c$$

(c) BPF



$$L_1 = R / (\omega_2 - \omega_1)$$

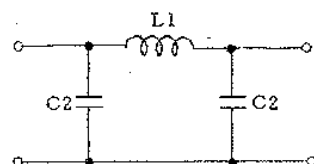
$$C_1 = (\omega_2 - \omega_1) / R \omega_1 \omega_2$$

$$L_2 = R (\omega_2 - \omega_1) / \omega_1 \omega_2$$

$$C_2 = 1 / R (\omega_2 - \omega_1)$$

$$\omega_1 = 2 \pi f_1, \quad \omega_2 = 2 \pi f_2$$

(d) LPF

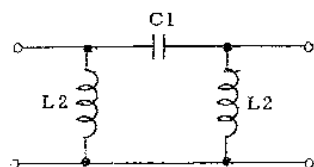


$$L_1 = 2 R / \omega_c$$

$$C_2 = 1 / (R \omega_c)$$

$$\omega_c = 2 \pi f_c$$

(e) HPF

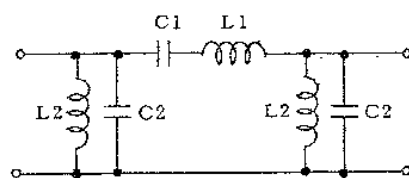


$$L_2 = R / \omega_c$$

$$C_1 = 1 / (2 R \omega_c)$$

$$\omega_c = 2 \pi f_c$$

(f) BPF



$$L_1 = 2 R / (\omega_2 - \omega_1)$$

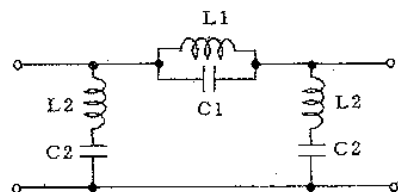
$$C_1 = (\omega_2 - \omega_1) / 2 R \omega_1 \omega_2$$

$$L_2 = R (\omega_2 - \omega_1) / \omega_1 \omega_2$$

$$C_2 = 1 / 2 R (\omega_2 - \omega_1)$$

$$\omega_1 = 2 \pi f_1, \quad \omega_2 = 2 \pi f_2$$

(g) BEF



$$L_1 = 2 R (\omega_2 - \omega_1) / \omega_1 \omega_2$$

$$C_1 = 1 / 2 R (\omega_2 - \omega_1)$$

$$L_2 = R / (\omega_2 - \omega_1)$$

$$C_2 = (\omega_2 - \omega_1) / R \omega_1 \omega_2$$

$$\omega_1 = 2 \pi f_1, \quad \omega_2 = 2 \pi f_2$$

図 2: 測定する定 K 形フィルタとその関係式

3.2 使用器具

電子電圧計: KIKUSUI ELECTRONICS CORP., MODEL 165A, AG000027 ((a)–(d) に使用) /

発振器: KIKUSUI ELECTRONICS CORP., ORC11, 10063396 ((a)–(d) に使用) / BL00373

3.3 測定方法

1. 発振器の出力 (出力インピーダンス $600\ [\Omega]$) に図 3(a) のように抵抗 R と電子電圧計を接続し, 発振器の出力を $1.0\ [V]$ に調整し固定する.
2. 発振器の周波数を $0.1\ [kHz]$ から $100\ [kHz]$ までの範囲で変化させていき, 電圧計のの読みの変化を観察する.
3. 図 3(b) のように結線し, 同様に周波数を変化させていき, それぞれの状態での電圧計の読みを記録する. 変化が大きいところでは細かく測定する.
4. 全てのフィルタについて同様に特性を調べる.

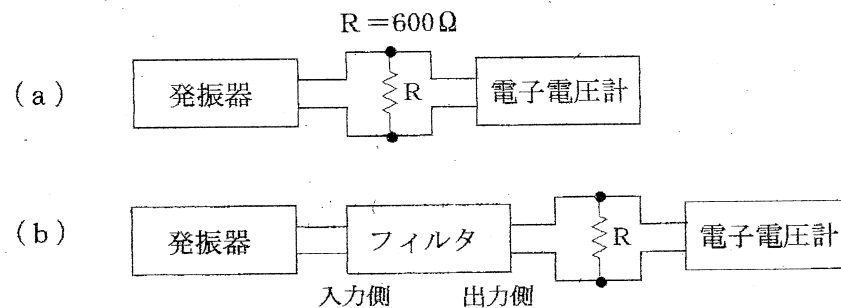


図 3 接続図

図 3: 接続

4 実験結果

測定の結果は表 1 のようになった。また, これをプロットしたものが図 4, 図 5, 図 6 である。

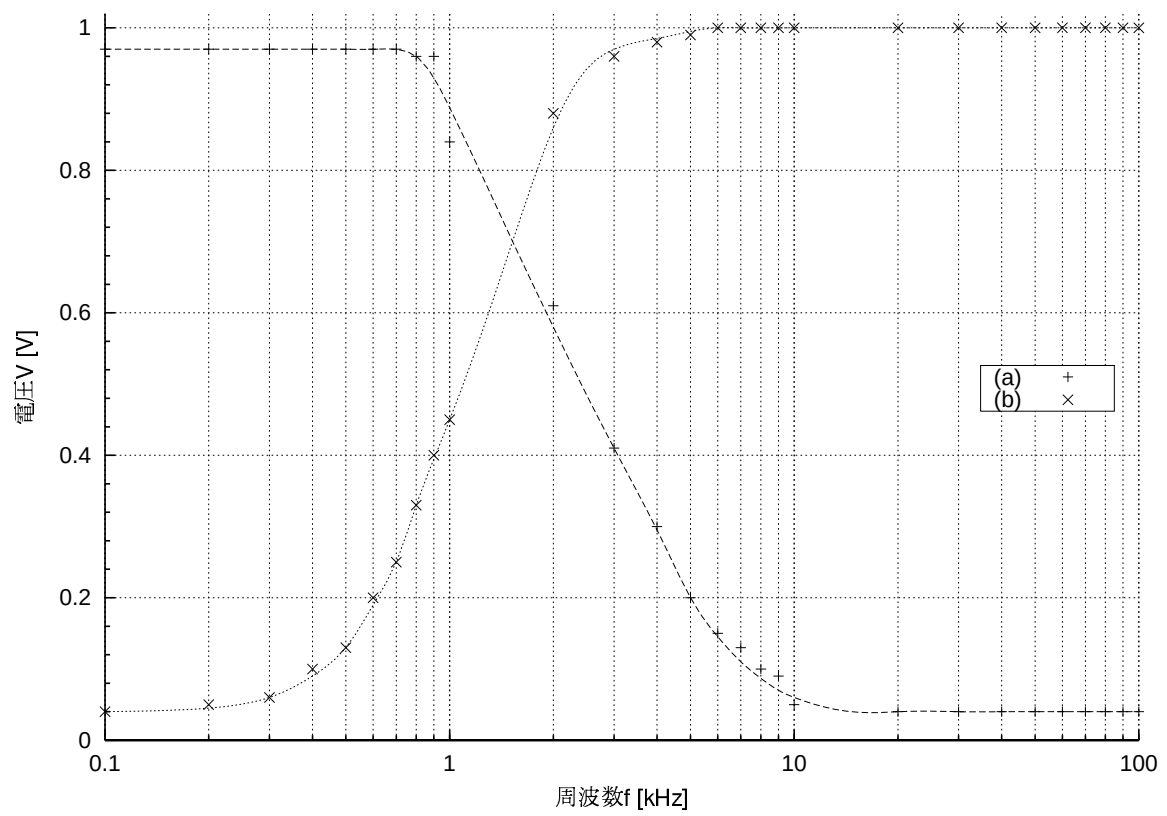


図 4: フィルタ回路 (a) ・ (b) の周波数特性

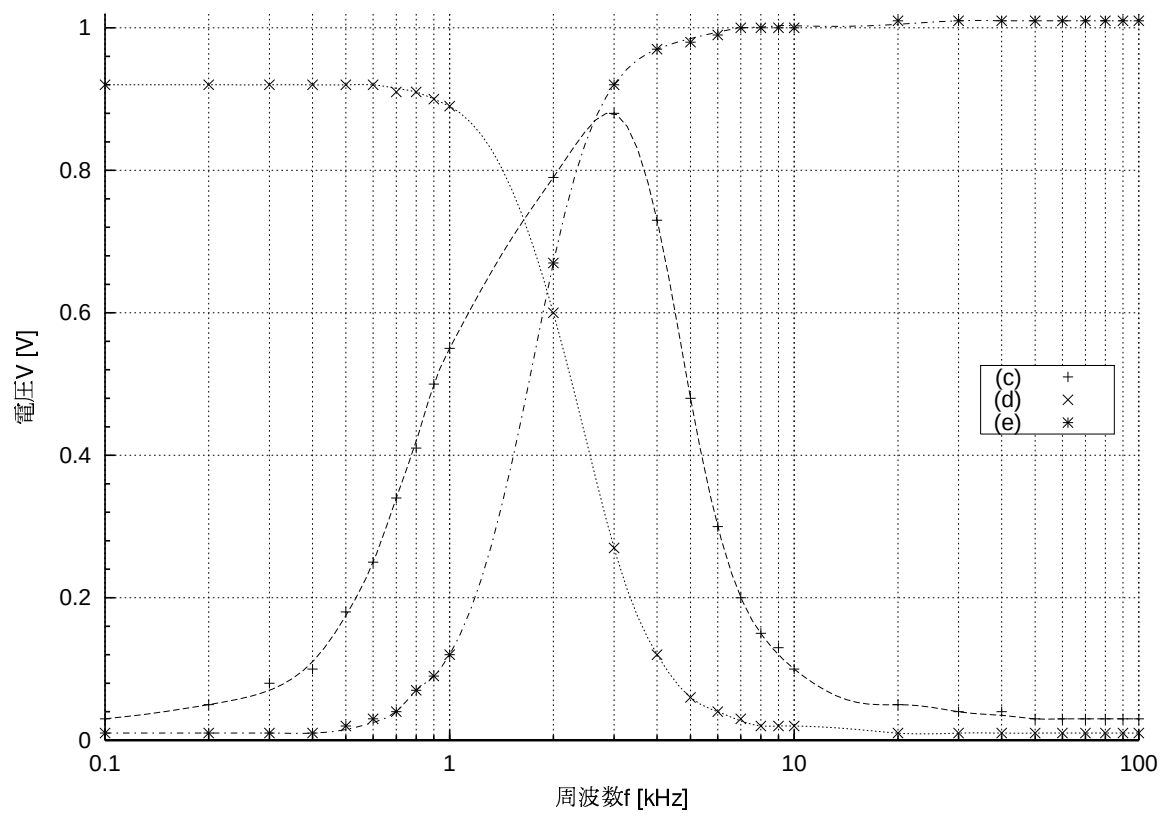


図 5: フィルタ回路 (c)–(e) の周波数特性

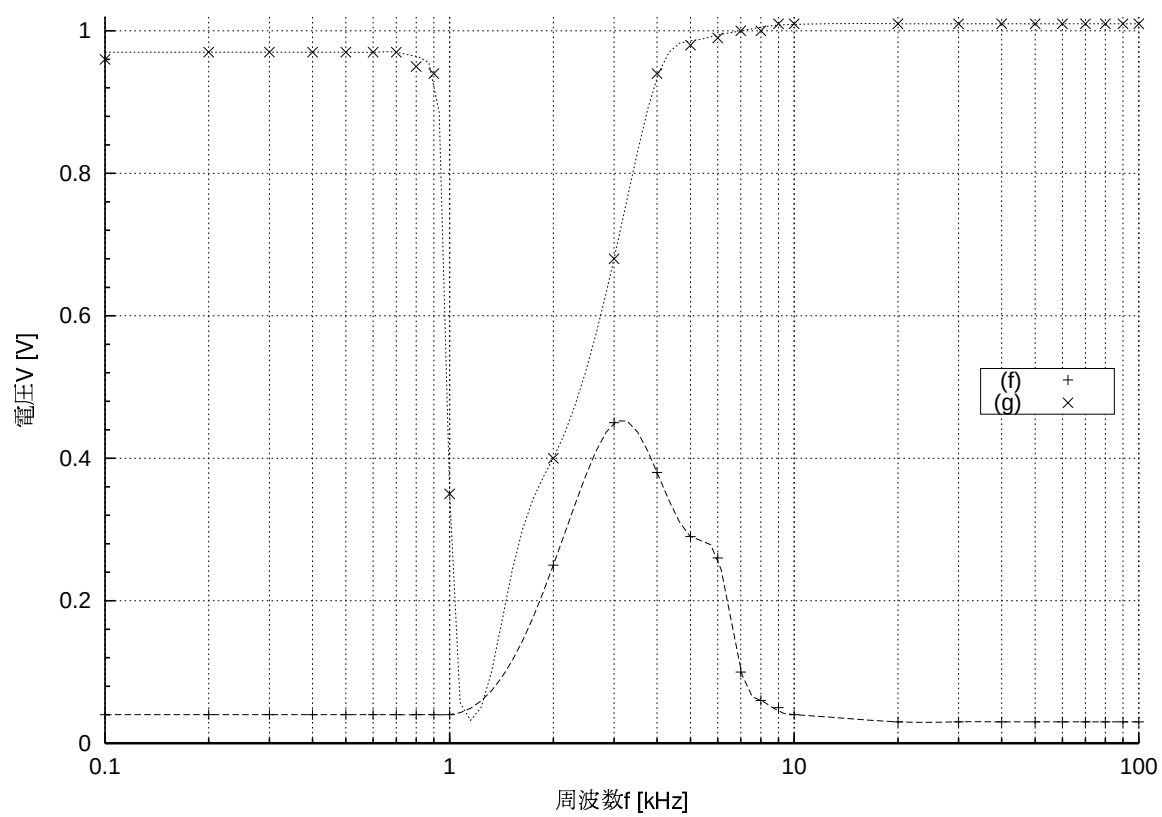


図 6: フィルタ回路 (f)・(g) の周波数特性

表 1: 実験結果

周波数 [kHz]	出力電圧 [V]						
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
0.1	0.97	0.04	0.03	0.92	0.01	0.04	0.96
0.2	0.97	0.05	0.05	0.92	0.01	0.04	0.97
0.3	0.97	0.06	0.08	0.92	0.01	0.04	0.97
0.4	0.97	0.10	0.10	0.92	0.01	0.04	0.97
0.5	0.97	0.13	0.18	0.92	0.02	0.04	0.97
0.6	0.97	0.20	0.25	0.92	0.03	0.04	0.97
0.7	0.97	0.25	0.34	0.91	0.04	0.04	0.97
0.8	0.96	0.33	0.41	0.91	0.07	0.04	0.95
0.9	0.96	0.40	0.50	0.90	0.09	0.04	0.94
1.0	0.84	0.45	0.55	0.89	0.12	0.04	0.35
2.0	0.61	0.88	0.79	0.60	0.67	0.25	0.40
3.0	0.41	0.96	0.88	0.27	0.92	0.45	0.68
4.0	0.30	0.98	0.73	0.12	0.97	0.38	0.94
5.0	0.20	0.99	0.48	0.06	0.98	0.29	0.98
6.0	0.15	1.00	0.30	0.04	0.99	0.26	0.99
7.0	0.13	1.00	0.20	0.03	1.00	0.10	1.00
8.0	0.10	1.00	0.15	0.02	1.00	0.06	1.00
9.0	0.09	1.00	0.13	0.02	1.00	0.05	1.01
10	0.05	1.00	0.10	0.02	1.00	0.04	1.01
20	0.04	1.00	0.05	0.01	1.01	0.03	1.01
30	0.04	1.00	0.04	0.01	1.01	0.03	1.01
40	0.04	1.00	0.04	0.01	1.01	0.03	1.01
50	0.04	1.00	0.03	0.01	1.01	0.03	1.01
60	0.04	1.00	0.03	0.01	1.01	0.03	1.01
70	0.04	1.00	0.03	0.01	1.01	0.03	1.01
80	0.04	1.00	0.03	0.01	1.01	0.03	1.01
90	0.04	1.00	0.03	0.01	1.01	0.03	1.01
100	0.04	1.00	0.03	0.01	1.01	0.03	1.01

5 考察

5.1 L 形と π 形の特徴の比較

次の図のように、L 形より π 形の方が変化している部分の傾きが急であるため、フィルタとしての性能はよいということがわかる。

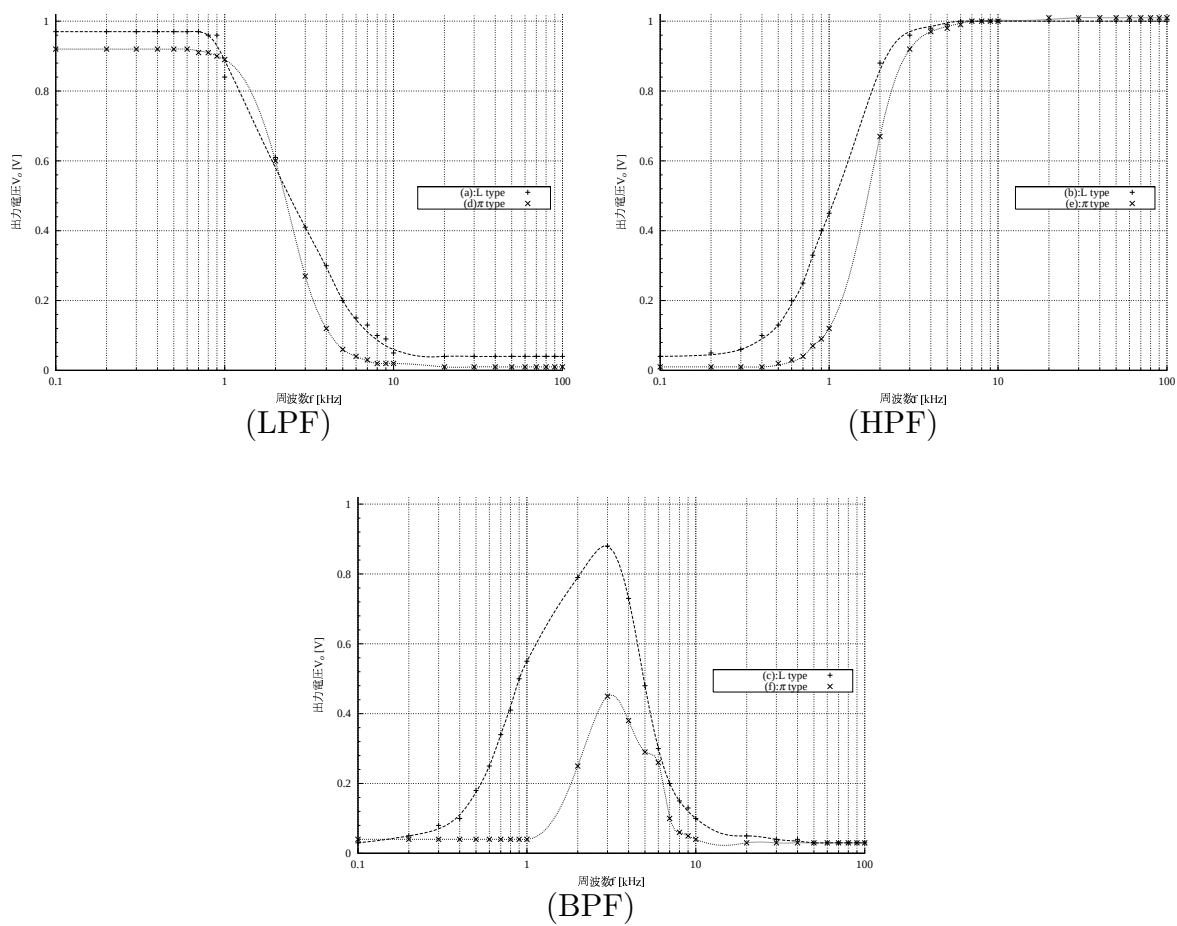


図 7: L 形と π 形の特徴比較

5.2 アクティブ・フィルタについて

アクティブ (active:能動的な) ということおり，オペアンプなどの増幅回路を含んだフィルタで，今回の実験で使用したような L や C によって構成されたパッシブ・フィルタよりも良い特性が得られる。

ただし，オペアンプの開放利得との関係により高周波領域で利得が下がってしまうという欠点がある。

5.3 低域フィルタと高域フィルタの組み合わせによる帯域フィルタの作成

LPF と HPF を組み合わせれば，特定の周波数帯域以下は HPF によって阻止され，また，それ以上の部分は LPF によって阻止されるので BPF なる。

たとえば，今回の実験で測定した回路でも，(c) は (a) と (b) の組み合わせと見る事が出来るし，(f) も (d) と (e) の組み合わせと見る事が出来る。

5.4 電子電圧計を使用した理由

今回の測定では広範囲の周波数を測定する必要があるため，一般の電圧計ではすべての場合には対応できないので，電子電圧計を使用した。

5.5 実験やフィルタに関する事で，理解したことや感じたこと

- 半端な周波数での部分の測定データが削られていたりして，グラフが若干曖昧になってしまった。
- 制作は，久しぶりにはんだごてを使って楽しかった。
- 実験を通し，パッシブな素子のみで，高性能なフィルタを構成するのが難しいということがわかった。

参考文献

- [1]『指導書—LC フィルタの特性—』, 2003