

## 計算機科学実験及演習 2（論理素子）

### 第 1 回

締め切り  
2016 年 12 月 13 日

提出  
2016 年 12 月 13 日

班

第 14 班

実験者

谷 勇輝

共同実験者

北川 亮  
祐源 英俊

# 実験 1 オシロスコープの使い方

実験日： 2016 年 11 月 29 日

場所： 京都大学 7 号館 地下実験室

## 1.1 目的

オシロスコープはあらゆる電気信号を観察できるようにする基本的な計測器である。計算機は電子回路で動作していることが多いことから、電気信号の観察、計測の基本的な方法を知ることが必要である。オシロスコープの波形表示、X-Y 表示を行いその使用法を確認する。

## 1.2 原理

### 1.2.1 オシロスコープ

オシロスコープは、「時間の経過と共に電気信号（電圧）が変化していく様子をリアルタイムでブラウン管に描かせ、目では見えない電気信号の変化していく様子を観測できるようにした波形測定器」<sup>(1)</sup>である。単純な電圧の測定だけではなく、2つの信号の関係や移り変わりを観察することもできる。

### 1.2.2 信号発生器

信号発生器は、様々な電圧、周波数、波形を出力する電子機器である。

## 1.3 実験方法

### 1.3.0 使用器具

オシロスコープ	1 台	(IWATSU OSCILLOSCOPE)
信号発生器	2 台	(IWATSU SG-4105 FUNCTION GENERATOR)

### 1.3.1 波形の表示

1. オシロスコープの校正用信号端子にプローブを繋ぐ
2. 信号が正しく表示されているか確かめる

### 1.3.2 X-Y 表示

1. 信号発生器 2 台をオシロスコープの Ch1、Ch2 にそれぞれ繋ぐ
2. X-Y 表示ボタンを押し、波形を観察する。

## 1.4 結果

### 1.4.1 波形の表示

信号が正しく表示された。表示された様子を図 1 に示す。

### 1.4.2 X-Y 表示

両方の信号発生器の周波数が同じ時、斜めの軸を持つ楕円が表示された。片方の信号発生器の周波数を少し変えると、時間が経つごとに少しずつ潰れていき、斜めの線となった後、再び膨れていき円形に戻る動きを繰り返した。

2つの信号発生器の周波数を大きく変えると、複雑な図形が現れたり、動きが激しくなったりした。

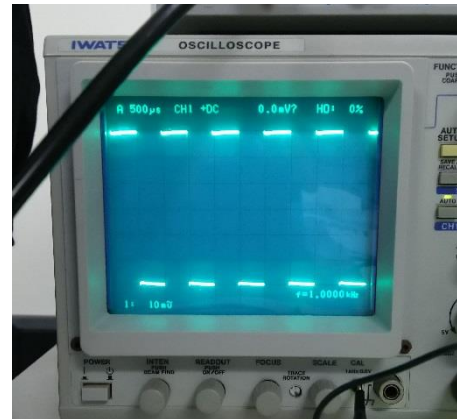


図 1 校正用信号表示の様子

## 1.5 考察

### 1.5.1 波形の表示

基本的なオシロスコープの操作を身に付けることができた。

プローブの 2 つある端子のうち、クリップになっている方を最初 GND 端子に接触させていたが、今回の実験ではそれを外してもオシロスコープの波形に変化は見られなかった。信号もオシロスコープ内部で発生させているため、内部的に GND に相当する接続が成されていると考えられる。

また、校正用信号の存在理由を調べた<sup>(2)</sup>。プローブには周波数特性補正回路があり、校正用信号の波形の角が丸くなっている時はドライバを用いて調整ネジを回し、それをプローブの校正をする必要があることが分かった。

### 1.5.2 X-Y 表示

X-Y 表示では、ch1 の信号を X 軸、ch2 の信号を Y 軸にとり、時間を媒介

変数とした時のグラフが表示される。従って入力がどちらも同じ周波数の純粋な  $\sin$  波の場合、位相が全く同じであれば傾き 1 の線分に、位相が  $\pi/2$ 、または  $3\pi/2$  ずれていれば真円に、位相が  $\pi$  ずれていれば傾き -1 の線分になる。

今回は異なる 2 台の信号発生器を用意入力を行ったので、同じ周波数の  $\sin$  波を指定しても位相差が生じる。最初に観察された楕円は傾き 1 の軸を持っていたので、 $0 \sim \pi/2$  の位相差、または  $3\pi/2 \sim 2\pi$  の位相差がある状態だったと考えられる。

2 つの周波数をわずかに変えた時に観察された動きはうなりによるものであり、少しずつ 2 つの波の位相差が変化することによって上記の状態が徐々に遷移し、図形が変化していくものである。

以下付随してこの図形について調べた<sup>(3)</sup>。このように 2 つの正弦波を時間を媒介変数として X-Y 表記した図形をリサーチ曲線といい、左右に現れた山の数と上下に現れた山の数の比が、入力した波の周波数比に一致する性質を持つ。これを利用して、周波数既知の波と周波数未知の波で同様の操作を行い、山の数の比を調べることで未知の周波数を算出することができる。これを比較法という。

### 1.5.3 操作と使用法

オシロスコープの使用法について理解したことをまとめる。

画面下部にある摘みは「画面表示」に関する調整用である。グリッドのランプ調整、明るさ調整、ピント調整などを担う。

画面右側、各チャンネルの上にある共通操作の領域にある摘みやボタンは、全体の左右移動や上下移動、引き伸ばしなどの機能を持つ。観察する際に、観察しやすい画面を表示させるのに使用する。

各チャンネル領域に用意されたボタンや摘みは、各チャンネルの波形個別の設定を担う。縦軸の単位設定や表示の切り替え、足し合わせなどの機能を持つ。

今回の実験で試行錯誤することで、オシロスコープと信号発生器の基本的な使用法を身に付けることができた。

## 1.6 参考文献（実験 1）

(1)田中 新治. (2000). オシロスコープ入門. 参照先: オシロスコープ入門:

<http://www.cqpub.co.jp/column/books/2001a/11891osiro/>

(2)田中 新治. (日付不明). プローブの校正. 参照先: オシロスコープ入門:

[http://www2.plala.or.jp/Artificial/HomePage/Nob\\_SW/probe\\_cal.html](http://www2.plala.or.jp/Artificial/HomePage/Nob_SW/probe_cal.html)

(3)掲載者不明 リサージ図形 参照先: Wikipedia

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%AA%E3%82%B5%E3%82%B8%E3%83%A5%E3%83%BC%E5%9B%B3%E5%BD%A2>

## 実験 2 微分回路、積分回路

実験日: 2016 年 11 月 29 日

場所: 京都大学 7 号館 地下実験室

### 2.1 目的

微分回路、積分回路を構成して動作を観察する。回路から求めた時定数と実験結果から得られた時定数を比較検討する。

### 2.2 原理

#### 2.2.1 微分回路

図 2 に微分回路を示す。

この回路にステップ入力

$$V_0(t) = \begin{cases} 0 & (t < 0) \\ E & (t > 0) \end{cases}$$

を入力した際の出力応答  $V_1$  について考える。図のように電圧、電流をとり、コンデンサの容量を  $C$ 、蓄えた電荷を  $Q$ 、抵抗値を  $R$  とすれば以下の式が成り立つ。

$$V_1 = V_0 - \frac{Q}{C} = iR$$

$$i = \frac{dQ}{dt}$$

従って、

$$\frac{dV_1}{dt} + \frac{V_1}{CR} = \frac{dV_0}{dt}$$

$t > 0$  で  $dV_0/dt = 0$  だから、左辺 = 0 を解いて、

$$V_1 = Ae^{-\frac{t}{CR}}$$

ここで  $t = 0$  の微小時間前と微小時間後でコンデンサの電荷量は変化しないこと（電荷保存則）から  $V_1(0) = V_0(0)$  であるので、

$$V_1(t) = V_0(t)e^{-\frac{t}{CR}} \quad (2.2.1)$$

ここで  $CR$  を時定数と定義する。

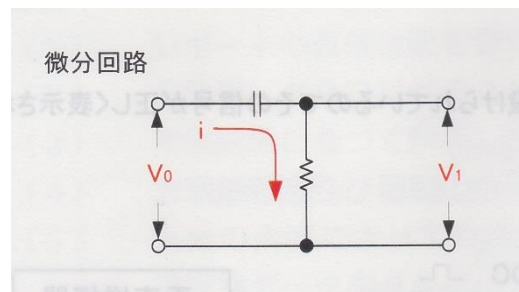


図 2 微分回路

### 2.2.2 積分回路

図 3 に積分回路を示す。

微分回路と同様に文字を置き、同様に計算を行うと以下の式が導かれる。

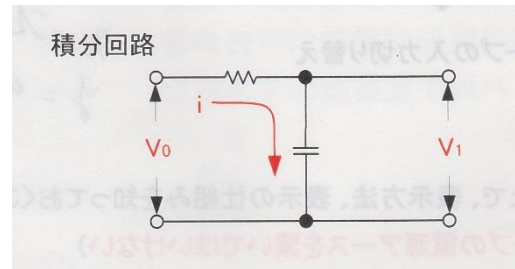


図 3 積分回路

$$V_1(t) = V_0(t)(1 - e^{-\frac{t}{CR}}) \quad (2.2.2)$$

## 2.3 実験方法

### 2.3.0 使用器具

オシロスコープ	1 台	(実験 1 と同機種)
信号発生器	1 台	(実験 1 と同機種)
コンデンサ (510pF)	1 つ	
抵抗器 (10kΩ)	1 つ	
ロジックボード	1 台	
銅線		

### 2.3.1 手順

1. 微分回路（前項図 2）をロジックボード上に構成する。
2. ステップ信号（10.0V、10.000kHz）を入力し、オシロスコープの波形を観察する。
3. 積分回路（前項図 3）でも同様に観察する。

## 2.4 結果

微分回路の結果を図 4 に、積分回路の結果を図 5 にそれぞれ示す。

## 2.5 考察

それぞれ式 2.2.1、式 2.2.2 が示す形のグラフが得られた。

図 4 の微分回路のグラフは、20V から 0V へ漸近するグラフと、-20V から 0V へ漸近するグラフから成っている。前半が 10V を入力として印加した時、後半

が-10Vを印加した時に対応している。時間が経ちコンデンサが十分な電荷を持つと、抵抗に電流が流れなくなり、抵抗の両端が短絡したかのような状態になる様子が良く分かる。

最大電圧が印加した 10V の二倍の 20V である点に一度は疑問を覚えたが、これは入力した電圧が -10V、10V のステップ状信号であるためであり、2.2.1 式を導出した際に使った入力信号  $V_0$  の  $t < 0$  の値を  $-E$  とすることで正しく得られる。電氣的にはコンデンサに 10V 分の電荷が蓄えられていることに拠ると理解できる。

図 5 の積分回路のグラフは、0V から 10V へ漸近するグラフと、そこからさらに-10Vに漸近するグラフから成っている。前半が 10V を入力として印加した時、後半が-10Vを印加した時に対応している。時間が経つとコンデンサが十分に電荷をもつことで、あたかもコンデンサの両端が開放されているかのような状態へと遷移する様子が良く分かる。

ステップ信号が切り替わる 2  $\mu$  秒前から電圧変化が起きているのが確認できるが、これは信号発生器のステップ信号の精度限界によるものと考えられる。

## 2.6 問題 1

グラフから微分回路、積分回路の時定数を求め、理論値と比較する。

### 2.6.1 微分回路の時定数

理論的な時定数  $\tau'$  は次式の通りである。

$$\tau' = CR = 510(\text{pF}) \times 10(\text{k}\Omega) = 5.1 \times 10^{-6}(\text{s})$$

グラフの波形の立下りが 37% ( $20\text{V} \times 37\% = 7.4\text{V}$ ) となる時間  $\tau$  は図 4 の橙色の線から

$$\tau = 5.4(\mu\text{s}) = 5.4 \times 10^{-6}(\text{s})$$

であり、2つの値の相対誤差は 5.6% である。抵抗器以外の抵抗値などもあるため、妥当な数字と言える。

### 2.6.2 積分回路の時定数

理論的な時定数  $\tau'$  は微分回路の時と同じであり、

$$\tau' = CR = 510(\text{pF}) \times 10(\text{k}\Omega) = 5.1 \times 10^{-6}(\text{s})$$



グラフの波形の立ち上がりが 63%(10V×63% = 6.3V)となる時間  $\tau$  は図 5 の橙色の線から

$$\tau = 7.2(\mu s) = 7.2 \times 10^{-6}(s)$$

であり、40%近い違いがでてしまっている。オシロスコープの目盛りの精度と値の小ささを考慮すると、それほど大きな誤差とは言えないがより正確なグラフを描くよう心掛けたい。

また、二回目の立ち上がりの方を用いて  $\tau$  を計算すると、63%(20V×63% = 12.6V)変化するのにかかった時間は青色の線から

$$\tau = 5.6(\mu s) = 5.6 \times 10^{-6}(s)$$

であり、こちらであれば誤差 10%以内である。

## 2.7 参考文献（実験 2）

杉山進, 田中克彦, 小西聡. (2014). 電気電子回路 -アナログ・デジタル回路-. コロナ社.

## 3 感想

初めてのオシロスコープを使った実験であったので、最初は使用法にとっても戸惑った。しかし、今回の実験で課題に課された繋ぎ以外のいろいろな繋ぎ方を試すうちに、だんだんスムーズに使えるようになっていった。次回以降オシロスコープを使うことがあれば、効率よく進めることが出来そうだ。

グラフはより精密に書くように心がけ、実験中も回路の原理や仕組みにまで気が回せるようになっていきたい。

また、今回の実験を期に抵抗の「カラーコード」が読めるようになった。今後の実験に活かしていきたいと思う。