

# ハンディ・オシロスコープによる 2 現象の同時測定

## ～PC用 2 現象オシロスコープとUSBオーディオインターフェイスによる測定～

高 木 伸 雄  
北海道岩見沢農業高等学校

ハンディ・オシロスコープは 2 現象を同時に表示可能な PC 用のオシロスコープソフトウェアです。これと、USB オーディオインターフェイス (BEHRINGER UCA202) の Line In を使って簡単に交流電源に対する RC 回路や RL 回路等の位相差や周波数依存性を見ることができます。

【キーワード】 2 現象オシロスコープ USB オーディオインターフェイス 位相差

### 1. オシロスコープについて

PC で使うことのできるオシロスコープにはいくつかあります。USB 接続で性能の高い高価なものもあります (数万円～数十万円)。また、Arduino を PC に接続してオシロスコープとして使って様々な測定を行うこともできます。(※ 1)

PC にインストールしたフリーのソフトウェア (オシロスコープ) でも様々な測定をすることができます。どれも PC の A/D 変換器を利用して、PC をオシロスコープとして使うものです。この中には 2 現象を表示できるものもいくつかありますが、同時に表示できるものはハンディ・オシロスコープだけのようです。このソフトウェアは九州大学の鳥谷隆さんが自身の研究のために作ったそうです。サンプリング周波数は 48kHz まで選択できます。Windows 対応です。

( <https://www.vector.co.jp/soft/win95/art/se376225.html> からダウンロード可)。

このソフトウェアはかなり高度な機能を持っています。特に、縦・横方向に可動するそれぞれ 2 本のカーソルを用いて、カーソル間の時間差・電圧差を求めることができます。また、表示波形を拡大し波形の詳細を見ることができます。ヘルプには詳しい説明がっています。交流成分のみ測定できます。

(※ 2)

### 2. Line In 入力について

PC の入力がマイク入力だけの機種、マイク入力とライン入力の両方を持つ機種があります。

2 現象を同時に使うためには、ステレオ入力が必要ですが、ほとんどの PC のマイク入力はモノラルです。ステレオと表示してあっても、ステレオジャック対応という意味で中身はモノラルのものもありました。ライン入力はステレオになっています。しかし、ライン入力を持っている PC (特にノート型 PC) はあまりありません。

今回実験で使ったのは USB 接続のオーディオインターフェイス (BEHRINGER UCA202 5 千円ほど) です。PC の USB に接続する

だけで自動的に認識され

ます (Windows でも Mac でも使用可)。



ハンディ・オシロスコープは入力デバイスを選択することができます。上記の USB オーディオインターフェイスと組み合わせて実験しました。

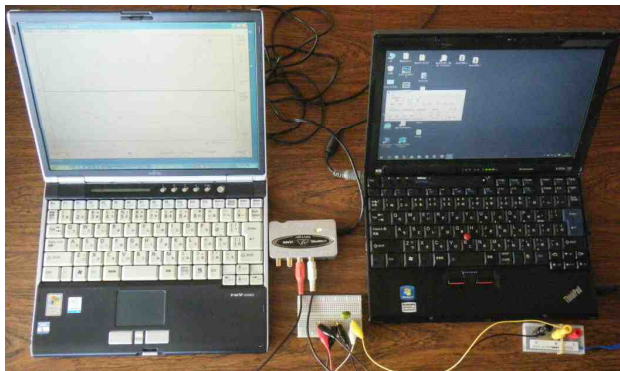
### 3. 実験装置・信号

実験は信号源として PC を使って発振器のソフトウェアから sine 波をイヤホン端子に出しました。回路は RC 回路、RL 回路を使いました。

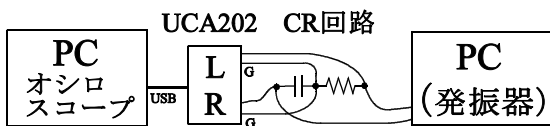
PC への入力はオーディオインターフェイス UCA202 の Line In を使いました。

PC からイヤホン端子へ最大ボリュームで

出力すると 1.3V 程、一方、UCA202 の Max.input level は 2dBV (約 1.26V) なので、機器を壊す心配がありません (出力電圧は機種によってかなり違いがあるようです)。マイク入力端子を使う場合は入力電圧に神経を使う必要がありますが、Line In はその心配がないので気軽に実験できます。また、万一壊しても、外付け機器だけが壊れるので被害が小さくて済みます。



右の PC で発振、左の PC で測定



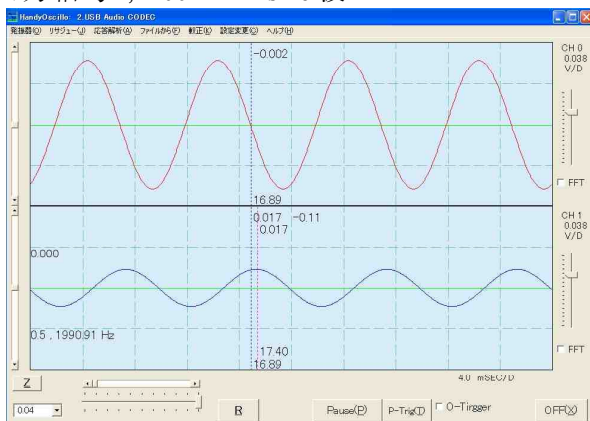
測定装置配置図

#### 4. RC 直列回路の位相差の測定

C ; 0.47  $\mu$  F 無極性コンデンサー使用  
(100Hz の sine 波に対するリアクタンスは計算上 3.4k  $\Omega$ )

R ; 1k  $\Omega$

入力信号 ; 100Hz の sine 波



回路の真中がグランド、両サイドがそれぞれの測定端子。上がコンデンサー、下が抵抗。

波形の片方を上下反転させて考えると、上のほうが 90 度ほど右にずれています。すなわちコンデンサーの電圧は電流に対して 90

度遅れています。位相差がおよそ 90 度になっていることがわかります (ズレは約 7 度ありました)。

測定装置 UCA202 の影響をなくするために装置を外し、デジタルテスターで各部分の交流電圧を測りました。

抵抗に加わっている電圧  $V_r = 0.20$  [V]

コンデンサーに加わっている電圧  $V_c = 0.68$  [V]

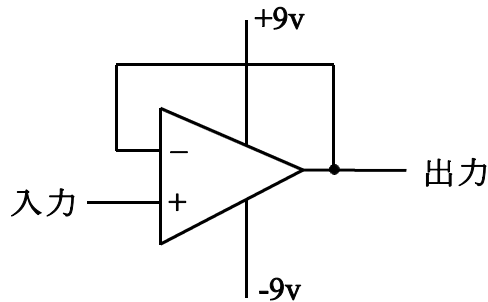
回路全体に加わっている電圧  $V = 0.72$  [V]

位相差が 90 度なので、計算上は平方根 ( $V_r^2 + V_c^2$ ) = V です。

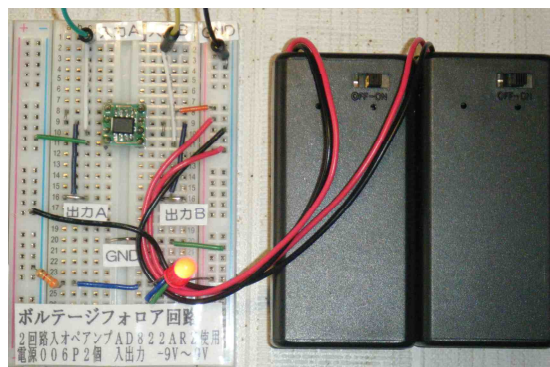
これに上記の測定値  $V_r$ 、 $V_c$  を代入すると 0.71 となり、実測値 0.72 とほぼ合うことが分かります。

#### 5. ボルテージフォロアを使用した RC 直列回路の位相差の測定

一般のオシロスコープの入力インピーダンスは 1M  $\Omega$  程はあります。UCA202 の入力インピーダンスは 27 k  $\Omega$  です。RC 回路のインピーダンスが大きいとその影響が出てくるので、測定回路と UCA202 の Line In の間にボルテージフォロア回路を入れて測定しました。



両電源オペアンプを使ったボルテージフォロア

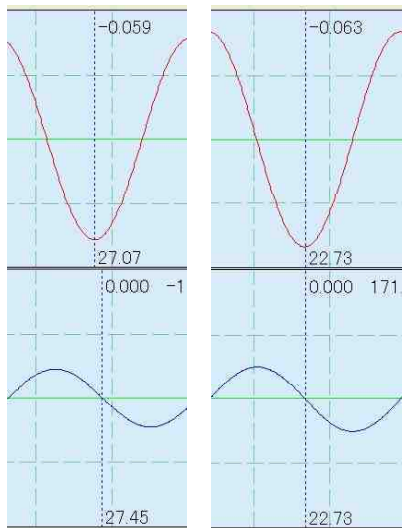


ブレッドボード上に組み立てたボルテージフォロア回路

両電源回路のオペアンプは種類が少ないようですが、2回路入オペアンプ AD822ARZ SOIC（秋月で 300 円）に 006P 電池を 2 個使用して +9V から -9V に対応させました。

測定は上記の 4 と同じ回路、同じ周波数の波を使用しました。

実験結果は位相差がほぼ完全に 90 度になりました。



左 ; ボルテージ  
フォロアなし  
右 ; ボルテージ  
フォロアあり

（測定画面の一部を切りとって示した図。上がコンデンサー、下が抵抗）

## 6. インピーダンスの小さな RC 直列回路の測定

上記のように、回路のインピーダンスの影響を避けるためにボルテージフォロア回路を入れて測定することができますが、回路を作るのは結構面倒です。これを使わないで満足のいく結果を求めるためには、RC 回路のインピーダンスを小さくすればよいことになります。

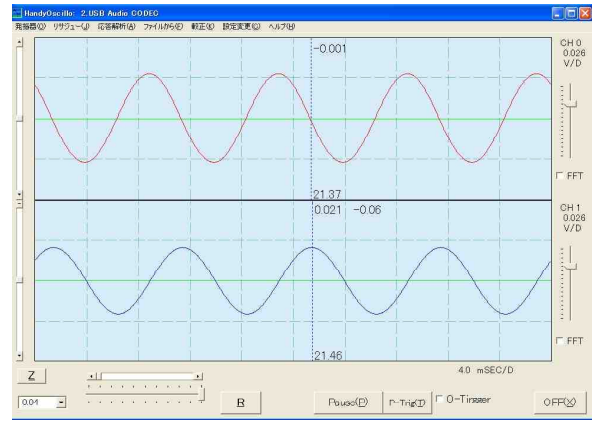
C ; 47  $\mu$  F 積層セラミックコンデンサー（無極性）使用

（100Hz の sine 波に対するリアクタンスは計算上 34  $\Omega$ ）

R ; 33  $\Omega$

入力信号 ; 100Hz の sine 波

実験結果は位相差がほぼ完全に 90 度になりました。



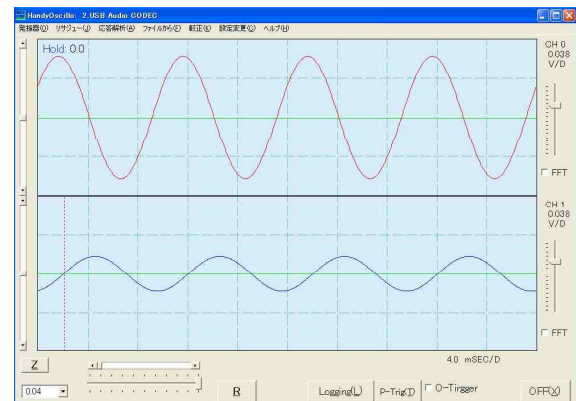
上がコンデンサー、下が抵抗

## 7. コンデンサーのリアクタンスの周波数依存性の測定

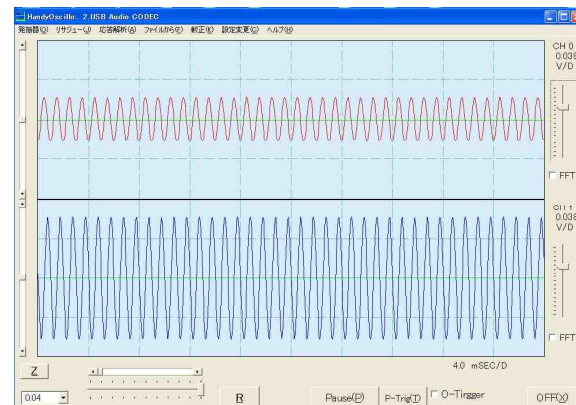
RC 回路に周波数の異なる sine 波を送って R 及び C に加わる電圧の違いを測定します。

（R、C は上記の 4 と同じ）

図の上がコンデンサー、下が抵抗



周波数 100Hz

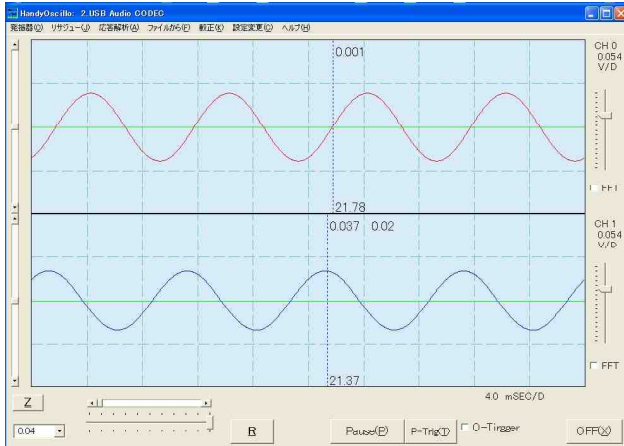


周波数 1000Hz

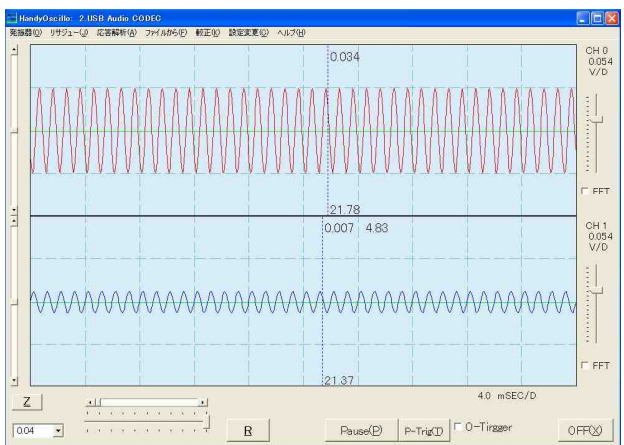
結果を見ると、周波数が大きい方がコンデンサーにかかる電圧が小さくなっています。すなわちコンデンサーのリアクタンスが小さくなっていることが分かります。

## 8. RL 直列回路の周波数依存性

RL 回路に周波数 100Hz と 10 倍の周波数 1000Hz の sine 波を加えたときの変化を調べました。両方とも上がコイル、下が抵抗 (2.98  $\Omega$ )。コイルは電源トランス (HT-605、入力 100V、出力 6.3V) の入力端子を利用しました。



周波数 100Hz

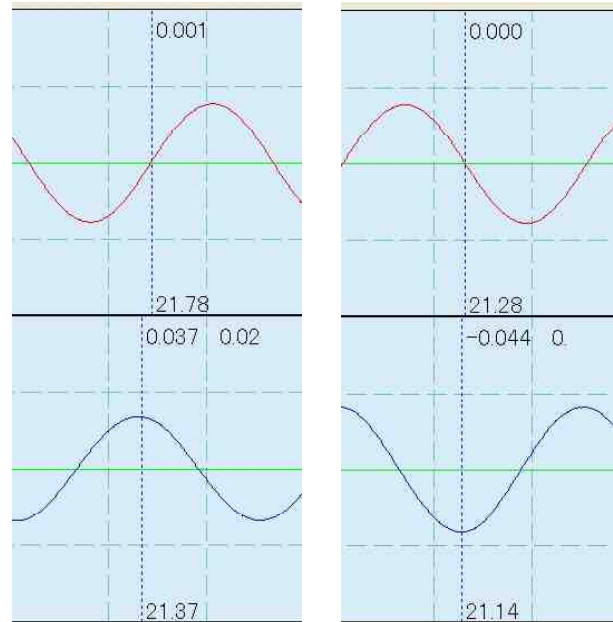


周波数 1000Hz

周波数が大きくなると抵抗にかかる電圧が小さくなっています。すなわち相対的にコイルにかかる電圧が大きくなっています。よって、コイルのインダクタンスが大きくなっていることがわかります。縦軸の拡大率はどれも同じです。

## 9. RL 直列回路の位相差の測定

下図の左がボルテージフォロアなし、右が有り。画面の一部を切り取って示しています。上がコイル、下が抵抗。上記の実験 8 と同じ条件。



ボルテージフォロアを入れると位相差が完全に 90 度ずれていることがわかります。

回路の真中をグラウンド、両サイドを抵抗及びコイルの測定端子にしています (このようにするのは、USB オーディオインターフェイスの左右の Line In のグラウンドが内部で共通になっているため)。

このことから、波形の片方を上下反転させて考えると、コイルの位相が抵抗 (すなわち電流) に対して 90 度進んでいることがわかります。

### ※ 1 について

本 HP の「理科教育におけるマイコンボード Arduino の活用例」にいくつかの測定例が出ています。

### ※ 2 について

「ステレオマイク入力端子を用いた低コスト 2ch 筋電図バイオフィードバック装置」

<http://www.st.nanzan-u.ac.jp/info/gr-thesis/2016/fujii/pdf/13se039.pdf> にハンディ・オシロスコープを使った筋電位の 2 現象測定が記述されています。