

連続可変低周波発振器の開発と公開（オープンソース）

～PCを低周波発振器として使う～

高木 伸雄

北海道札幌北高等学校定時制

【要約】PCから低周波音を連続的に発振することによって、簡単に様々な物理実験を行うことができる。いろいろ調べたけれど連続的に変化させる発振器がなかったので Microsoft Visual C# を使って開発した。オープンソースとして公開するので自由に改変することが出来る。

【キーワード】連続可変低周波発振、PC、物理実験、公開、他のソフトウェアとの連携

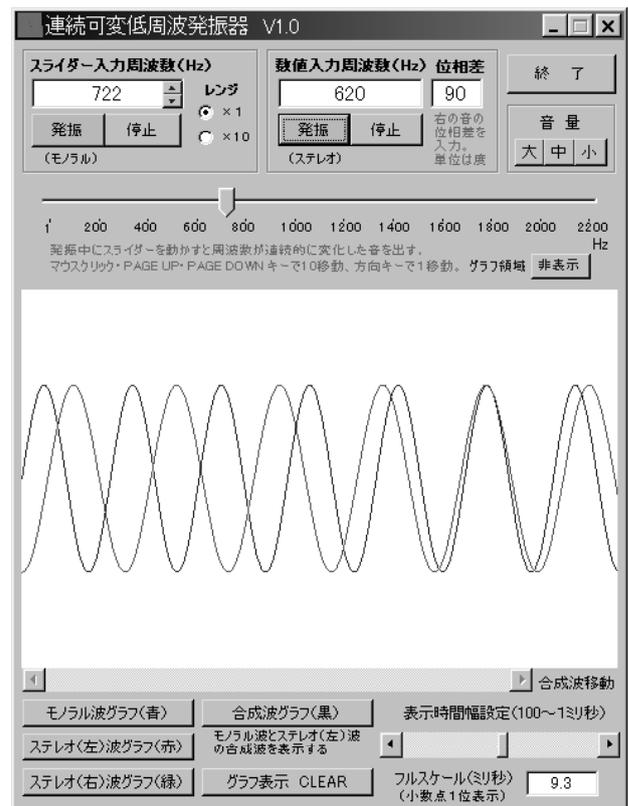
1. 動機

物理実験装置として、電子部品を組み立てた低周波発振器を造って増幅器につないでいくつかの実験に使ってきたが、コンピュータの中で低周波を発振させるとより簡便で利用しやすいものになると考えた。2年半ほど前からインターネットを使っていろいろ探してみたが、周波数を入力してその音を出すソフトウェアにはすばらしいもの（野口博司氏作 DualOscillator 等）があったが、連続的に変化するものはなかった。詳しく調べたところ、Microsoft Visual C# と NAudio（CodePlex で開発されている .NET 向けの音声操作ライブラリ）で作れそうなことがわかった。

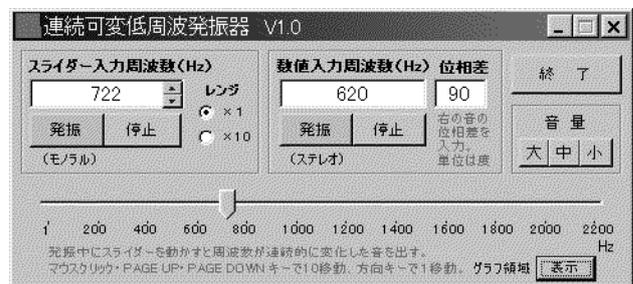
（参考になった記事：MSDN マガジン February 2010 > WPF アプリケーションでの音の生成 Charles Petzold URL：
<http://msdn.microsoft.com/ja-jp/magazine/ee309883.aspx>）

その後、時間をかけて少しずつ作り、何とか満足のいくものが 2011 年 10 月にできた。それを札幌北高全日制の物理担当の今野博行先生（現在函館稜北高校）、中道洋友先生、新年度に入って富士公一朗先生にチェックしてもらったところ、いくつかの機能を追加してより広く使えるソフトウェアに改良すると良いという意見をいただいた。その方向で作直して、2012 年 6 月に完成した。

最初、自分が行う実験のために作ったものであるが、機能を追加していき、普通の実験を行うには十分使えるものになったので公開して、物理関係の先生方に使ってもらおうと考えた。学校に発振器がない場合でも簡単に実験を行うことができるようになると思う。



発振器全体



グラフ領域非表示状態

2. 機能

① 周波数が連続的に変化する低周波を Windows コンピュータ内で発振する。（周波数範囲は 1 ～ 2 万 2 千ヘルツの正弦波）

- ② 波形をリアルタイムでグラフ表示させる。
- ③ ステレオ発振させることが出来る。左右の波の位相 (Phase) を変化させる機能もあり、そのグラフ表示も可能である。
- ④ うなり現象を耳で聞き、グラフで合成波を確認できる。
- ⑤ 上記の機能及び他のソフトウェアとの連携による様々な実験が出来る。
- ⑥ グラフ領域を非表示に出来る。他のソフトウェアと連携して使うときに便利である。

3. 使用方法

A : スライダーを動かして使う場合 (モノラル音)

- ① スライダーを動かすと、数値 (周波数) が 1 から 2200 まで連続的に変化する。ボタンを押すことによって周波数を 0.1 ずつ変化させることが出来る。(レンジ切替で 10 倍)
- ② スライダー上でマウスクリックまたは PAGE UP ・ PAGE DOWN キーで周波数が 10 移動、方向キーで 1 移動する。
- ③ 発振ボタンを押すと表示されている周波数の音を発振する。停止ボタンを押すと止まる。
- ④ 発振中にスライダーを動かすと連続的に音が変わる。
- ⑤ 「大」「中」「小」の音量ボタンがある。初期設定は「中」。ボタンを押すと音量がすぐ変わる。

B : 周波数値を入力して使う場合 (ステレオ音)

- ① テキストボックスに周波数値を入力し、発振ボタンを押すとその音が鳴る。周波数値は整数にする。
- ② 音量については上記と同じ。
- ③ 左右の音の位相差を設定できる。テキストボックスに整数値 (単位は度) を入力する。位相差は右の音に反映する。

※ 上記の A による発振と、B による発振は同時に行うことが出来る。

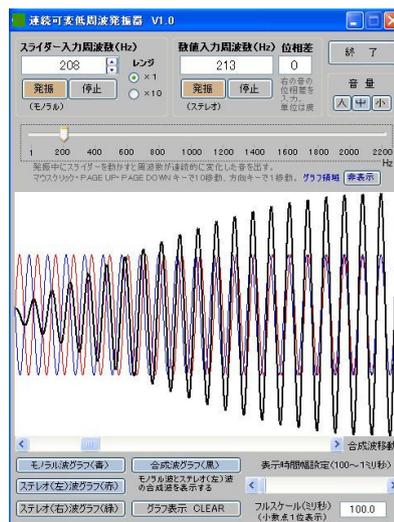
C ; 波のグラフ表示 (それぞれにボタン・バーがある)

- ① モノラル波の表示

- ② 左右のステレオ波の表示 (位相差は右の音に加えてある)
- ③ モノラル波とステレオ波 (左) の合成波の表示
- ④ フルスケール時間の変更バー (100ms ~ 1ms)
- ⑤ 合成波の移動バー (合成波表示時のみ動作)

4. いくつかの実験例

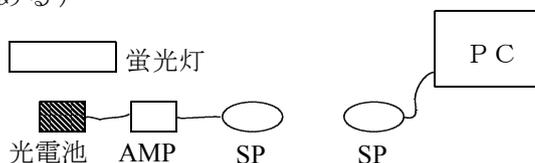
(1) 音波のうなり及びグラフ図示



周波数の異なる音をスライダー入力・数値入力で設定する。それぞれを発振してうなり音を聞く。また、その様子をグラフ表示する。

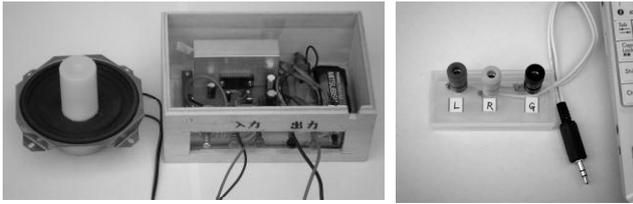
(2) うなりを利用して、周波数未知の音叉の周波数、蛍光管から出る光の周波数の測定
音叉と発振器からの音を同時に出し、発振器の周波数を連続的に変えてうなりが無くなる周波数を調べる。音叉の音をサウンドレコーダー等で録音し、PC オシロスコープと連携して調べると 0.1Hz まで測定できる。

蛍光灯の光を光電池に当て、増幅器とスピーカーを使って音に変える。PC から発振器を使って連続変化させた音を出し、うなり現象を利用して交流の周波数を調べる。(蛍光灯からの光の周波数については、太陽電池からの電流を PC オシロスコープに入れて測定する方法もある)



- ① モノラル波の表示

(3) 弦の定常波



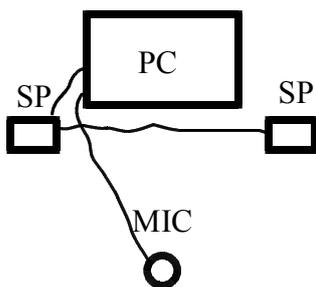
上の装置を作成して使う。左はフィルムケースをのり付けしたスピーカー。その右はキットで作った簡易増幅器。一番右はステレオジャックと端子3つをつないだ部品（これは大変便利である。300円ほどで出来る）

PCから連続的に変化する信号を増幅器で増幅し、フィルムケースをのり付けしたスピーカーから音を出す。フィルムケースを一定の張力を与えた弦に接触させて弦に振動を伝え、ある周波数の時に定常波が出来る様子を観察する。



(4) 左右の音の位相差による干渉の変化
(高速リアルタイム スペクトラムアナライザー WaveSpectra 使用
URL : <http://www.ne.jp/asahi/fa/efu/soft/ws/ws.html>)

下図に示したようにPCから発振器の数値入力で適当な数値を入力し、スピーカーからステレオ音を出す。最初位相差を0度に設定し、上記 WaveSpectra でマイクロフォンの音を表示する。次に位相差を180度に設定して同様に測定する。耳で聞いても干渉による音の減衰は確認できるが、WaveSpectra で数値的にも確認できる。インジケータの数値の単位はdB。



上：位相差0度、下：位相差180度

(5) リサージュ

発振器からステレオで音を出す。位相を例えば45度にする。上記の WaveSpectra を起動する。設定をリサージュにして録音ボタンを押すと下図のような表示が得られる。

PCでステレオ録音する場合、録音コントロールでステレオミキサーを選択する必要がある。インターネットで「PCのステレオ録音」等で検索するとわかりやすいHPが出てくる。次のところもわかりやすい。

URL : <http://kukulu.erinn.biz/live/wiki/index.php?サウンド入力の設定>

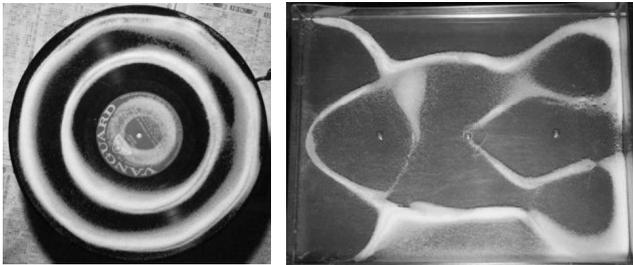


右のように、外部のオシロスコープにつないでリサージュを表示させることができるが、PC内でソフトウェアを連携させるとより簡便に行うことができる。

(6) グラドニ図形

実験例(3)の装置を使い、PCにつないだ増幅器にスピーカーをつなぐ。スピーカーにのり付けされているフィルムケースを物体に押し当てて振動させる。周波数を変えてい

くとある周波数の時に美しいクラドニ図形が得られる。下図左はレコード盤に出来た図形、周波数 326Hz。下図右はプラスチックケースに出来た図形、周波数 362Hz。食卓塩を振りかけて図形を得た。



5. ソフトウェアの公開について

このソフトウェアを、物理関係の先生方に使っていただけたら作った甲斐があり、先生方にも喜んでもらえるのではないかと考えている。

私はこのようなソフトウェアがあればよいと考えて作ったわけであるが、多くの物理関係の先生方もこのようなソフトウェアの必要性については同じように考えると思う。

ソースコード等も含めて公開し、自由に使ってもらい、改造したい方には自由に改造してもらおうと考えている。理科部等の生徒でも、このような機能を付け足したい等の動機があれば、環境を整えてあげて、少し指導することによって簡単に改造できるようになると思う。(例えば、ステレオ出力の左右の周波数を独立させる等)

リナックスがオープンソースであることによって非常にすばらしいものに発展した。それ以外にもオープンソースによって集团的に改良・発展してきたものは沢山ある。理科教員が個別に作っている小さなソフトウェアでも、オープンソースにすることによって集团的に検討・改良が出来るようになる。今は開発言語を簡単に(C#等は無料)手に入れることが出来る時代になった。きっと、結構沢山の先生方が授業を進めていくために自分で小さなソフトウェアを作っていると思う。そのような、理科の先生方がちょっとした工夫を行うために作ったソフトウェアを、出来ればオープンソースにして、北理研や理科教育センターのどこかにおいて、先生方が集团的

に改良していくと、お互いの刺激にもなり、理科教育の発展にも寄与するのではないかと考えている。

6. 開発環境

マシン Windows XP

開発言語 Microsoft Visual C# 2010 Express

その他 NAudio (CodePlex 開発のライブラリ)
Microsoft .NET Framework 4.0

動作OS Windows XP、vista、7

注意点

連続可変低周波発振器.exe と NAudio.dll は同じフォルダに入れて使う。

.NET Framework がインストールされていないと動作しないので、PCに入っていない場合はインストールして使用する。

(C#も NET Framework も NAudio.dll も無料でダウンロード出来る)

追記

5月末に調べごとをしていたところ偶然、「理科ネットワーク 音・波動デジタル教材/音の実験」のところに「振動数と音階(発音:はつね)」という同じようなソフトウェアを見つけました。大変素晴らしいもので、私のソフトウェアを発表する必要はないのではないかと考えましたが、「私のソフトウェアにも使いやすい機能がついている、ソースコード等を公開して誰でも自分に合うように改造できる」ということから、発表・公開の意義があると考えました。

PCをオシロスコープとして使う素晴らしいソフトウェアがあります。私のソフトウェアと組み合わせて使うことが出来ます。

神奈川県立総合教育センター

<http://www.edu-ctr.pref.kanagawa.jp/it/oscillo/oscillo.htm>

その他にもいくつか使いやすいソフトウェアがあります。PCを活用すると実験環境が広がります。

ご意見・連絡等があれば下記のメールアドレス(高木)にお願いいたします。

xmrcj458@ybb.ne.jp