

音の学習について

—コンピュータを用いた音の分析—

大久保 政俊

本年度の当センターの講座で、コンピュータと自作の音の分析ソフト(音の波形表示と再生が同時にできる)を用いて、音の波形と聞こえ方を中心とした音の学習を実施し、その有効性を検討した。

【キーワード】中学校理科 高等学校理科 コンピュータ 音 WAVEファイル

はじめに

学習指導要領によると、中学校の音の学習では、音の大きさや高さが発音体の振動の仕方に関係することを知り、具体的にモノコード、音さなどを用いて、振動の振幅が大きいほど音が高く、振動数が多いほど音が高いことをとらえことが述べられている。

高等学校の「A」の「音と耳」については、可聴音を中心にして音の振動数・波長・高さ・強さ・音色・音色・反射・吸収などの性質及び音と聴覚との関係を扱う。「物理 B」の波動に関する探求活動では、音波について、オシロスコープ、音響楽器、あるいは身の回りの道具を利用して音波の基本的性質を調べさせたり、楽器等への応用について探求させるとある。

これまで実際に音の波形と聞こえ方を比較して音の強さ・高さ・音色などを調べる方法としてオシロスコープを用いることが多いが、オシロスコープは瞬間的な音の波形しか表示できず、生徒がオシロスコープの波形と発音体の振動の関係をとらえにくい欠点がある。

ここではコンピュータのOSであるWindowsに標準で設定されているサウンドレコーダを用いて音をWAVEファイルとして録音保存し、Visual Basicで作ったソフトでWAVEファイルから音の波形を表示したり、波形に対応する音を再生して、音について学習する方法を検討した。

Windows上での音声の録音と再生

Windowsには標準でアクセサリソフトとして

サウンドレコーダが装備されていて、マイクさえあれば簡単に音の録音・保存・再生ができる。



図1 サウンドレコーダ

音(声)の波形表示・再生ソフト

サウンドレコーダで録音・保存されたWAVEファイルは、先頭にサイズやサンプリング数、分解能などのデータが記録され、それに続いて録音データが音波の強度として記録されている。従って音波の強度を縦軸に、横に時間軸(1秒のサンプリング数より時間間隔がわかる。)をとってグラフ表示をすると音の波形が得られる。

図2は今回自作したソフトの画面である。2つのWAVEファイルを読み込み、それぞれ、全体の波形を表示し、さらにマウスをクリックして任意の時刻の波形を選択し表示させるようにしたものである。また、全体の音の再生および選択した部分の波形に対応する音の再生もできる。

オシロスコープでは音の波形を静止できず、発音(声)した瞬時の音だけの波形表示になり、全体をとらえることが難しい。従って、うなりなどの一定時間の中での振幅の変化などは扱えないが、このソフトでは容易に扱える。

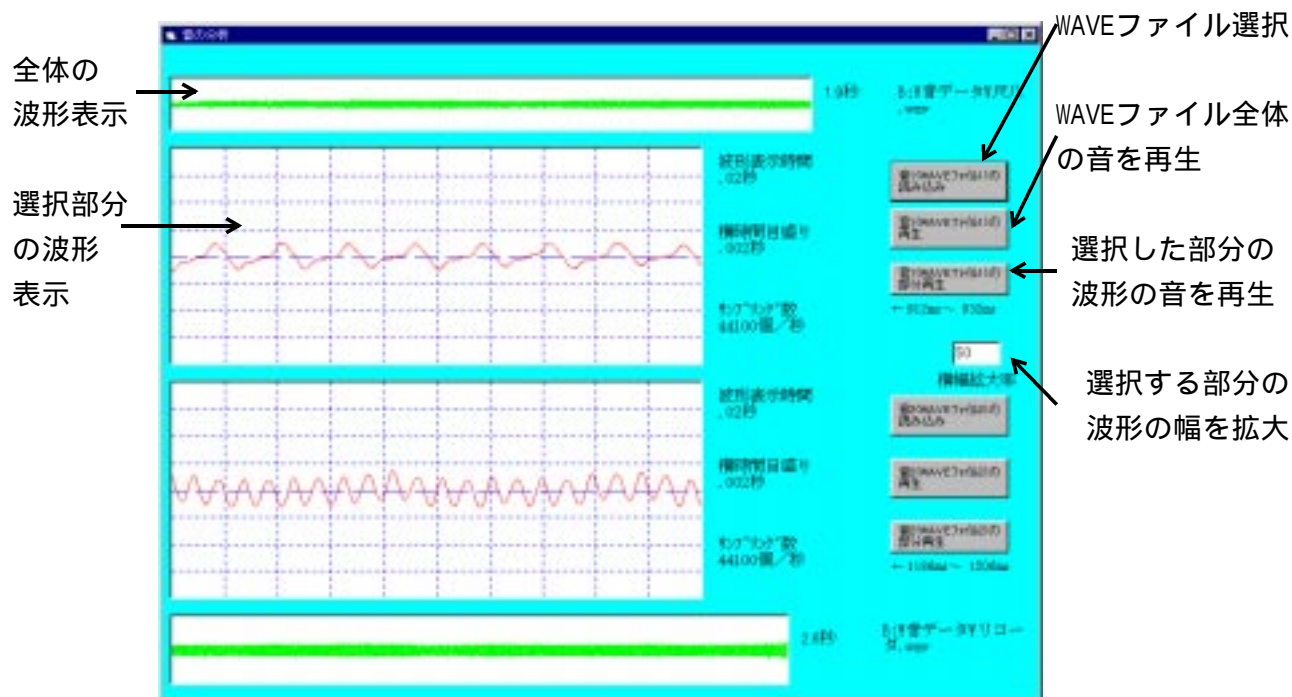


図2 音の波形表示・再生ソフト

音の大小（強さ）の比較

音声の大小を比較できるように任意の時刻の波形を選び波形の表示と同時に選択部分の音の再生ができるようにした。図3はだんだん音が小さくなる音さの波形を示している。上と下に選択表示されている波形は、おんさのWAVEファイル（振動数が一定）の振幅の違う部分である。それぞれを再生することによって、振幅の違いと音の強さが、目と耳で確かめることができる。

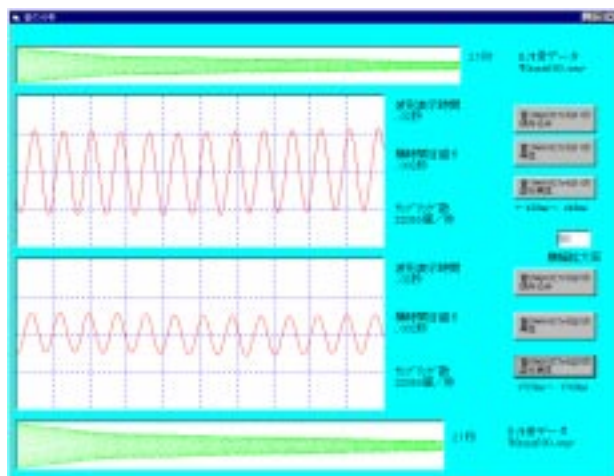


図3 音の大小（強さ）の比較
（音さの強さの聞こえ方の比較）

音の高低の比較

「あ」の声で高い音と低い音を出して録音し、それを比較してみたのが図4である。横軸が時間を示しているので、繰り返される山谷の数が振動数に対応する。下の波形は上の波形と比べてあきらかに振動数が多く、高く聞こえることが予想できる。実際にそれぞれ再生し聞いてみて、高さの違い（振動数の違い）を確かめることができる。

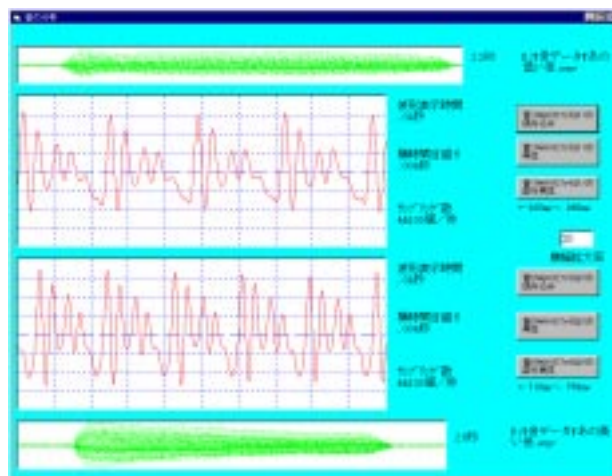


図4 高さの違い
（上が低い「あ」、下が高い「あ」）

音色の違い

ピアノとフルートでそれぞれ音階を演奏してもらい、同じ高さの音を比較してみる。図5の全体の波形は「ド」から上の「ド」までの波形を示している。全体の波形から選択された部分の波形は「ド」の波形を示している。上（ピアノ）と下（フルート）の「ド」の音の波形を見ると時間軸での山の位置や数および振幅が一致しており、高さや強さが同じことがわかる。しかし、音を再生してみると聞こえ方が違うことから、音色は波の形の違うことがわかる。

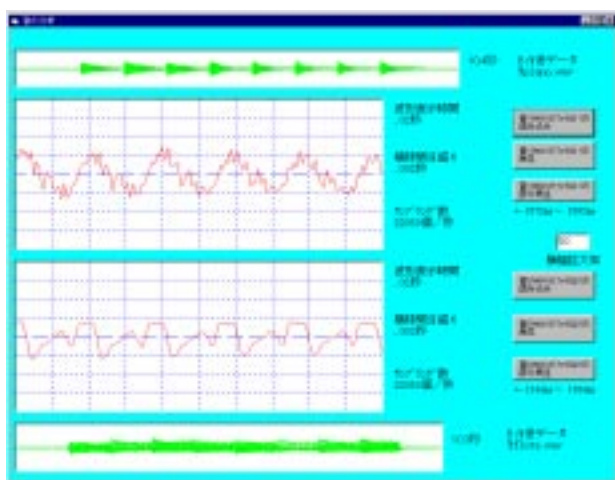


図5 ピアノとフルートの音色の違い
(上がピアノの「ド」、下がフルートの「ド」)

うなり

同じ振動数のおんさを2つ用意し、片方のおんさの上部にビニルテープを5回ほど巻いてわずかな振動数の差をつける。両方のおんさをたたくとうなりが生じる。うなりは振幅が周期的に大きくなったり小さくなったりする現象である。うなりの現象は瞬間瞬間を観察するのではなく、ある長い時間の全体の波形の観察が必要となる。

うなりのような長い時間の波形変化はオシロスコープでは観察できないが、WAVEファイルと自作ソフトを使うと、うなり全体の波形と瞬間瞬間の波形を同時に見ることができる。これにより長い時間ではゆっくりした振幅の変化がわ

かり、任意の瞬間では波形はきれいな正弦波になっていることがわかる。

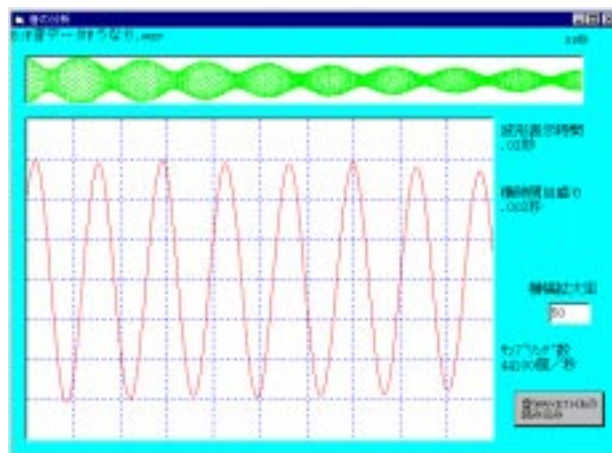


図6 おんさによるうなり

うなりの現象をさらに定量的に扱うとすれば、図7のように低周波発振器を用いて音を合成させ、うなりを作ってみるとよい。

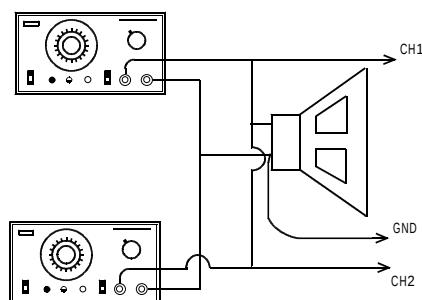


図7 うなりの定量実験

人の声

男性と女性に順番に「あ」の発声をしてもらい、声を録音して表示し音を再生して比べる。

「あ」の声は複雑に山谷を繰り返す波形を示している。自分ののどぼけを触りながら「あ」の音を出すことで、単純そうな発音でも声帯の複雑な振動が密接に関係していることが理解できる。改めて、赤ん坊が耳で聞いて言葉を獲得する行為における聴覚のすごさを感じる。

男性と女性ではくり返しの数が違い、振動数から高さの違いがわかる。また同じ「あ」でも波形が随分と違うことがわかる。

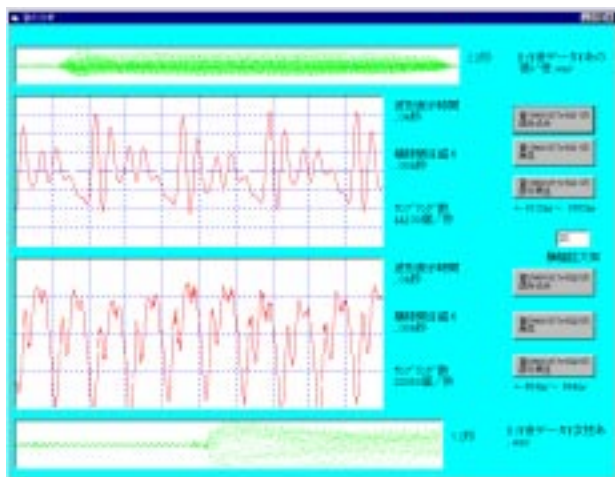


図8 男声と女声の比較
(上が男声「あ」下が女声「あ」)

参考の為に男性になるべく高い声で「あ」を出してもらった女性の「ア」の波形に近づく。

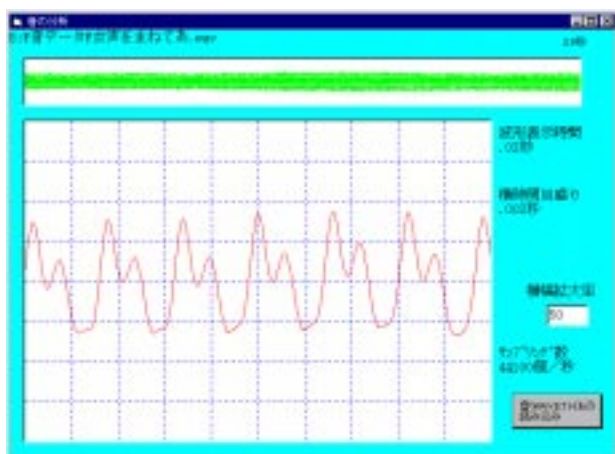


図9 男性が出した高い声「あ」

楽器の音階

音は1オクターブ違うと振動数が2倍になることが知られている。実際にそうなっているかどうか、楽器を使って調べてみる。具体的にピアノの「ド」の音と1オクターブ高い「ド」の音を録音して波形を表示し比較した。同じ時間内に上の「ド」の波形では13の山谷が、下の1オクターブ高い「ド」の波形では26の山谷がある。下の音の振動数が上の音の振動数の2倍で、1オクターブ違うことに対応することがわかる。



図10 1オクターブ違う「ド」の音の比較
(ピアノの音)

おわりに

VisualBasicで音の波形の表示及び音の再生が同時にできるソフトを作製した。これにより、波の山谷の数・振幅の大きさ・波形を目で見て、同時に再生される音を耳で聞いて、音の性質（強さ、高さ、音色など）を調べ理解することができる。

特に音がWAVEファイルとして保存できるので、何度でも再表示・再再生ができ、繰り返し調べることができる。

また、音全体と選択した一部分の波形を同時に表示・再生できることにより、振動体から出る音の振幅の時間的違い（音の大小）やうなりなど、波全体の変化の理解が容易にできる。

さらに2つのWAVEファイルを表示し音を再生できるので異なる2つの振動体から出る音の比較（高さや音色など）も簡単にできる。

これらのことから、従来使われてきたオシロスコープに代わって、コンピュータと音ソフトを使って、「音を出した後、波形を見ながらまたその音を聞く」音の学習は非常に有効といえる。

参考文献

互野恭治 VisualBasicでエンジョイプログラミング CQ出版社 1998
(おおくぼまさとし 物理研究室研究員)