

PC 内蔵 A/D コンバータを使った計測 -音源ボード付属の A/D コンバータを使って-

大久保 政俊

OS が Windows のコンピュータに標準で装備されている音源ボードに内蔵されている A/D コンバータを使うと、音（波）の測定に加え、簡単に電圧の測定（例えば電磁誘導の現象の観察など）も行え、従来の外付けの A/D コンバータを使用していた測定に比べ、より手軽にかつ高速・高分解能で計測を行うことができ、非常に有効であることを報告する。

【キーワード】中・高等学校理科 コンピュータ 音 音源ボード A/D コンバータ

1. はじめに

Windows 対応のコンピュータには標準で音源ボードが装備されている。サンプリングレートを見ると C/D の音質で 44.1KHz、16ビット、ステレオが標準で設定されている。このことは分解能が 2^{-16} で 2 チャンネルしかも 1 秒間にデータを 44100 個ハード的（ソフト的ではない）に取り込むことができる A/D コンバータが内蔵されていることを意味している。言い換えると Windows のコンピュータを持っている誰もが上記の条件で計測ができるのである。

コンピュータ計測は使い方によっては有効であることを認めるところではあるが、学校現場での利用普及にあたって問題点がある。一番の問題点は A/D コンバータの製作および配布である。当センターでもプリンタポートを使った計測ボードを開発してきたが、残念ながら学校現場で自由に使えるだけの製作・配布体制にはなっていない。この解決の方法として音源ボードに内蔵の A/D コンバータを使うことは非常に魅力的でかつ有効である。

2. 測定の原理

音声の録音つまり電圧の測定をするにはメモリ上にバッファを作り、そこに A/D コンバータが測定したデータを書き込んでいく¹⁾。連続計測をするにはファイルへの書き込みをせず、測

定データがたまったバッファからポインタを使って直接データを読みこみグラフを描けば、音を録音しているときにはリアルタイムに音固有の波形が描かれ、また電圧の測定の際にはその時間変化が描かれる。データがバッファにたまったことをコールバック (Windows のシステムがプログラムに応答する) を使って確認して、データを読んだ後、バッファを解放して次の測定を行うことで連続計測を可能にした。ソフトの製作にあたっては開発言語 Delphi 4.0 を用いた。

3. 全画面表示でのオシロスコープ

2 の原理を使って、音について一定数毎にデータを取り込み、グラフを描くことを連続的に行うと、音の波形がリアルタイムに連続的に表示され、コンピュータをオシロスコープのように使うことができる。この波形表示（以後「オシロ表示」と呼ぶ）をコンピュータの全画面表示になるようにした。図 1 にあの声 44KHz、16ビット、モノラル（1 チャンネル）で連続的に表示している実行画面を示す。これを複数台のコンピュータで見せたり、あるいはコンピュータ出力対応のプロジェクタを使って見せることにより、授業の中で音の波形観察が可能となる。

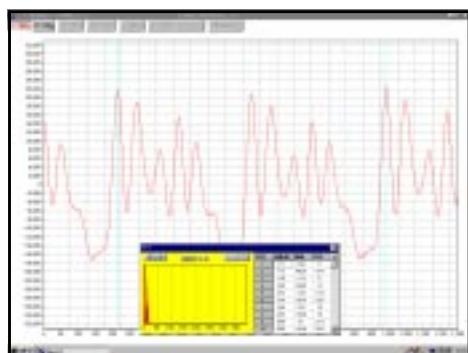


図1 声「あ」の波形

このソフトはオシロ表示の際に画面上の任意の範囲を自由に拡大したり、また、停止させて振動数分析をできるようにしてある。振動数分析はグラフ上から選択したデータを正規化せずに全てそのまま使って、倍音に対応する振動数毎の振幅、位相を計算し表示させた。

さらにオシロ表示とは別に、一度に任意の時間測定して波形を表示し、かつその波形の一部を自由に拡大表示できるようにもした（図2，図3）。

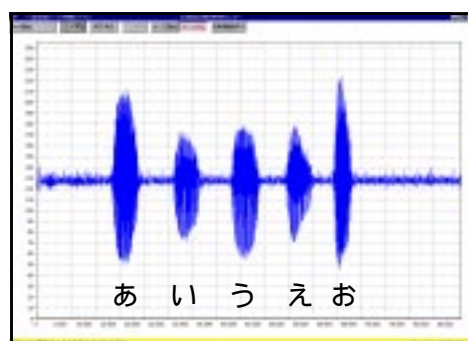


図2 「あいうえお」の波形

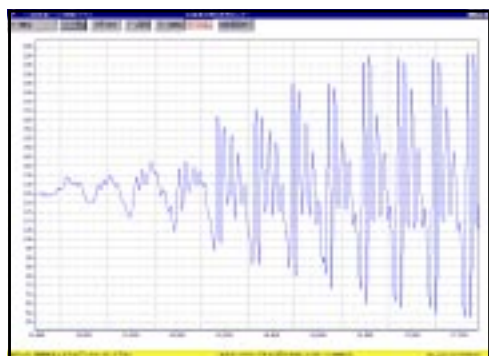


図3 図2の「あ」の部分を同一画面上で拡大表示

4. 音波の測定

4.1 うなりの観察および振動数分布

掃引時間が短いオシロスコープでは観測が難しい周期の長いうなりの時間的变化を、オシロ表示でサンプリングレートととりこみデータ数をうなりの時間に合わせて適当な値に設定することで観測可能となる。

振動数がわずかに違う共鳴箱付きのおんさ（片方のおんさにセロテープを巻いて振動数を減らす）を2つ同時にたたいて、オシロ表示で波形を観察しながら、波形を静止させ振動数分布の解析を行うと、図4のFFT画面のグラフから2つの振動数にピークをもつことがわかる。

このことから、うなりが振動数の異なる2つの波の合成であることが理解できる。

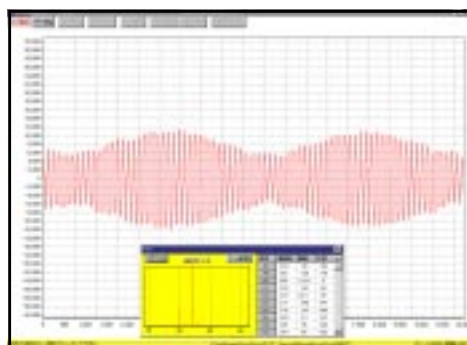


図4 うなりの波形と振動数分布

4.2 金属中の音速を調べる

アルミや銅の金属棒の長さ半分の位置を手で軽く押さえ、棒の端を手で強くこすると、金属棒に主に基本振動が生じる。（この場合は金属棒の長さが基本振動の半波長に相当する）いわゆるクントの実験の縦振動が再現できる。この音を取り込み、振動数分析から得た振動数に波長（＝金属棒の長さの2倍）をかけると、金属中の音速が計算できる。

例 長さ1 mのアルミ棒の縦振動

振動数分析すると図5のように2559 Hz にピークが集中するのでアルミ中の音速は $2559 \times 2 = 5118 \text{ m/s}$ と求まる。この値は理科年表の載っているアルミニウムの棒の縦振動の

速度5000m/sと対応している。

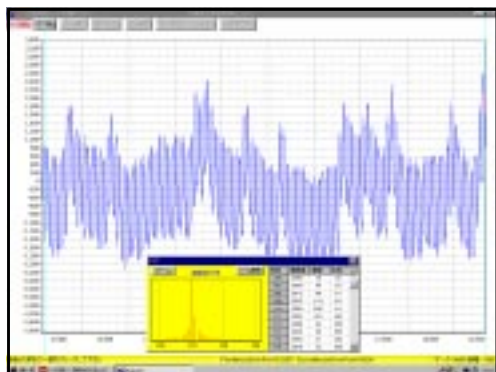


図5 アルミ棒の縦振動の波形と振動数分布

4.3 定常波の観察

長さ160cmの太いアクリル管（両方の口が開いている）の一端にスピーカを近づけ、音を発生させて管の中で定常波を作らせた。具体的には低周波発振器の音をアンプで増幅させてスピーカから出した。（図6）



図6 低周波発振器の音をアンプで増幅



図7 アクリル管での共鳴装置とマイク

発振器の振動数を少しずつ変えていくとちょうど共鳴のときにはピーンと急に大きな音が聞

こえる。実際に定常波が出来ているかどうか、およそ一定の速さでマイクを端から端まで手で移動させて各点の振幅を測定した。この測定をするため、1データ取り込むごとにグラフ上にプロットするようプログラムを改良した。

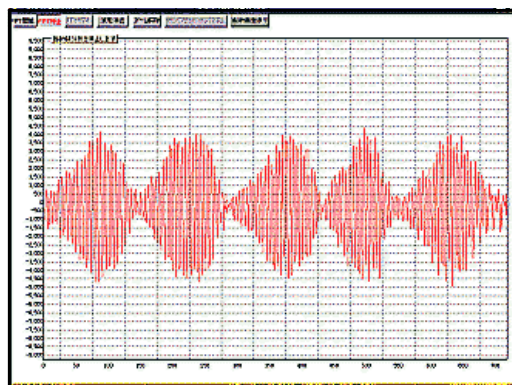


図8 定常波の様子（横軸は管の一端すなわち口からの距離に対応する。）

両端の開口端は腹になっているので圧力の変化は最小になっていることが予想され、マイクで振幅を測定すると図8のように確かに最小になっている。また、管の中には2.5波長の定常波があることになるので一波長は $160 \div 2.5 = 64$ cmと求まる。また波形の振動数分析から504 Hzと求まるので音速は $64 \times 504 = 32256$ m/sとなる。開口端補正をしていないので、波長はもう少し長いと考えられるので、実際の音速より値が小さいのは妥当ではないかと考えられる。

5. 電圧変化の測定(ライン入力を使って)

ライン入力端子にマイクの代わりにステレオジャックのピンを差し込み、アースと左チャンネルに電圧を入力し、その時間的变化を見ることができる。瞬間的に取り込み表示することで、本物のオシロスコープでは測定が難しい瞬間的で非周期的な現象も簡単に測定できる。

5.1 ステレオピンジャックについて

図9のようなステレオピンジャックが使いやすい。一番内側が左チャンネル、次が右チャンネル、一番外側がアースになっている。端子の穴が小さいのでICピンで穴の部分をはさんで接続し

て使用すると便利である。



図9 ステレオ・ピンジャック



図10 ステレオピンジャックの端子

5.2 音源ボード付属のA Dコンバータの入力電圧・入力電流について

入力電圧、電流の最大値について、どのメーカーも自社の音源ボードの特性を明らかにしていないので機種ごとに当たるしかない。電磁誘導（コイルと磁石）の装置を使って、オシロ表示で電圧が振り切れる磁石の早さを感覚で覚えた後、コイルをデジタル電圧計につないで振り切れるときの電圧のおおよその大きさを調べた。電磁誘導の場合、電圧は高いが、電流値が小さいので、まず見当をつけるのにはよい。2万回巻きのコイルと棒磁石を使い、当センターのNEC VALUSTER PC9821V12ではおおよそマイク入力が約10mV、ライン入力が約100mVだった。しかし、特にライン入力では内部インピーダンスが大きいので実際につないで1Vぐらい入力しても大丈夫である。内部インピーダンスと外部のインピーダンスの関係だと思われる。また過大電圧よりも過大電流があぶないので、もともとの電圧が高い交流の場合は外部の回路全体に1MΩの抵抗を入れ電流値を落としかつ

複数の抵抗で分圧し入力した。NEC VALUSTER PC9821V12では入力の電圧が限界を越えるとメッセージが出されるので見当をつけるのに役だつ。

5.3 電磁誘導における電圧変化

図11のように2万回巻きのコイルの両端をステレオピンジャックの一番内側左チャンネルと一番外側アースとにつなぎ、ジャックをライン入力端子に差し込む。



図11 コイルとステレオピンジャックの接続

電圧変化が瞬間的で大きいので内部インピーダンスの大きいライン入力で取り込む。44KHzで録音を開始したのち、コイルの上からフェライト磁石を静かに落とす。フェライト磁石がコイルに入る時と出る時の電圧を比較すると、出るときの方が電圧の大きさが大きくかつ変化する時間間隔が短くなって、典型的な電磁誘導の電圧的变化を示している（図12）。

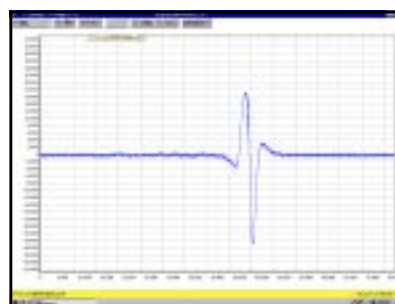


図12 電磁誘導における電圧変化

5.4 交流電圧の変化

図13のように単巻き変圧器の電圧を、1MΩと1KΩの抵抗を直列接続したその両端にかけ、ステレオピンジャックの一番内側左チャンネルと