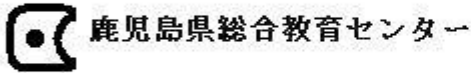


指導資料

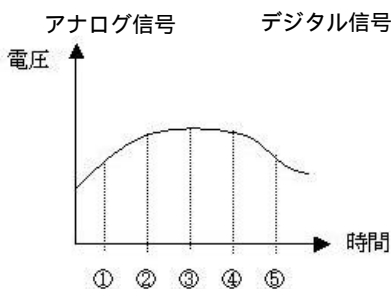
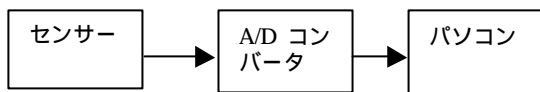


理科 228 号
- 中・高・盲・聾・養護学校 -
平成 13 年 9 月発行

理科におけるコンピュータの活用

- センサーによる計測 -

パソコンを利用したセンサーによる計測は、実験の効率化が図れるほか、今まで不可能であった測定が可能になるなど、その利用価値は高い。ただし、パソコンが取り扱えるデータはデジタル方式であり、センサーからの信号はアナログ方式である。そのため、アナログ方式をデジタル方式に変換する装置、すなわち A/D コンバータが必要になる。



A/D コンバータは、電圧の変化を一定時間ごとに () サンプルングし、その値をデジタル信号に変換する。1 秒間に何回サンプルングを行うかをサンプルング周波数 (KHz) という。

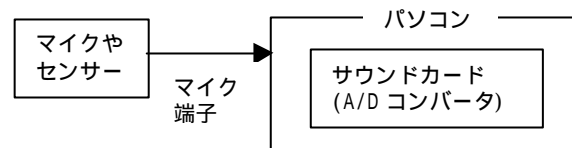
このときデータを 8 個の 0 と 1 の組合せで表現すれば、2 の 8 乗で 0 ~ 256 の範囲の精度となる。8 個で表したものを 8 ビットの信号という。音楽 CD はサンプルング周波数 44.1KHz、信号ビット数は 12 ビットである。

また、パソコンの入力装置にもいろいろあり、どれを使うかを考える必要もある。さらに、取り込んだデータを処理するソフトウェアも必要であるなど課題も多い。

今までも、ボードに組み込みパソコンの slots に差し込むタイプやシリアルポートを利用するものなど、数多くの A/D コンバータが開発されている。しかし A/D コンバータ、ソフトウェアともに機種依存性の高いものが多く、汎用性に乏しいことが難点であった。

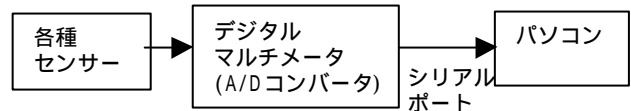
そこで、今回 Windows 上で動き、特殊な装置を必要としない、汎用性の高い計測方法を開発した。装置ができるだけ簡単になるように、時間の短い高速な変化に対してはパソコン内蔵のサウンドカードを使用し、時間の長いゆっくりとした変化にはデジタルマルチメータにセンサーをつなぐ方法を取った。

サウンドカードの利用



* サンプルングは高速であるが記録時間が短い。マイク端子から電圧変化を入力する。

デジタルマルチメータの利用



* サンプルングは低速であるが記録時間は長い。電圧、電流、抵抗が測定できるので、いろいろなセンサーをつなぐことができる。

1 サウンドカードの利用

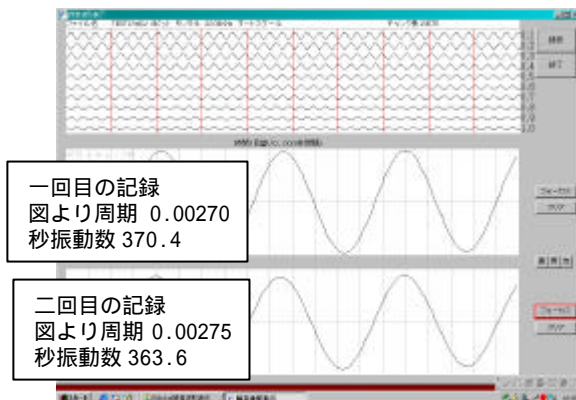
ほとんどのパソコンにはサウンドカードが実装されている。標準添付のソフトウェアである「サウンドレコーダ」などで利用されるもので、A/D コンバータを内蔵している。記録時間は短いがサンプリングは高速（最大 44.1Kz）である。これを利用するには、マイク端子から電圧変化の信号を入力し作成される WAVE ファイルを解析すればよい。今回、自動的に記録・解析・表示するプログラムをいくつか作成したので、その使用例を示す。プログラムはすべて 8 ビットの精度、モノラル録音、サンプリング周波数 22.05KHz で作成してある。また、自動的にスケールを調整し、小さい信号も表示する。

参考 WAVE ファイル（拡張子 wav）

WAVE ファイルは Windows 標準仕様の音声や音楽などの記録形式である。信号ビット数、ステレオ・モノラルなどの違いにより数種の形式がある。

(1) 音波の振動数の測定

プログラム「録音波形表示」を起動し、「録音」ボタンをクリックすれば、マイクからの音を 1 秒間録音し、自動的に画面に表示する。画面上部の波形をクリックすればその部分を下に拡大表示する。表示色を変えて重ね書き、消去、上部と下部を選択して表示することができる。



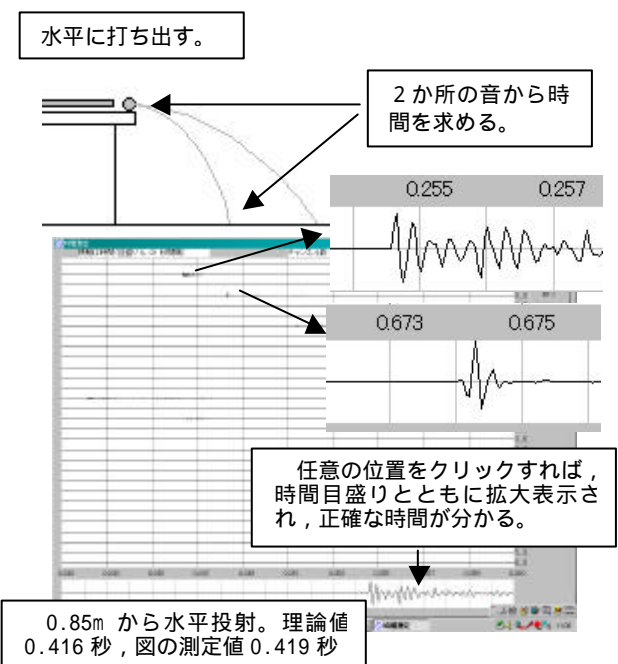
また、拡大表示の部分を残したまま何回でも録音・表示できるので、振動数の異なる音叉の音を録音し、並べて拡大表示すれば簡単に振動数の違いが比較できる。

(2) 微小時間の測定

プログラム「時間測定」を起動し、「録音」ボタンをクリックすれば、マイク端子からの信号を 3 秒間録音し、自動的に画面に表示する。画面上部の波形をクリックすればその部分を下に拡大表示する。(1)との違いは時間を 1000 分の 1 秒単位で表示し、およそ 10000 分の 1 の精度で測定可能な点である。このプログラムでは次のような利用例が考えられる。

物体の衝突音の解析

下図のように机上の端の鋼球を棒で突き、水平に打ち出す。このときの音と床に着いたときの音をプログラム「時間測定」で記録し画面から時間を測定する。初速を変え数回測定すれば、初速に関係なく時間が一定であることが実感できる。

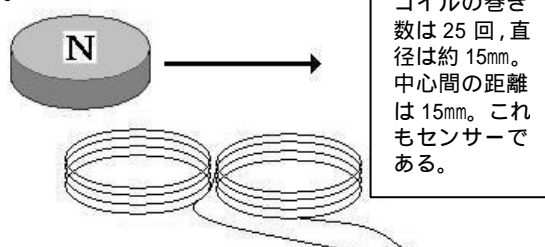


同様にして床で弾むボールの音の記録が

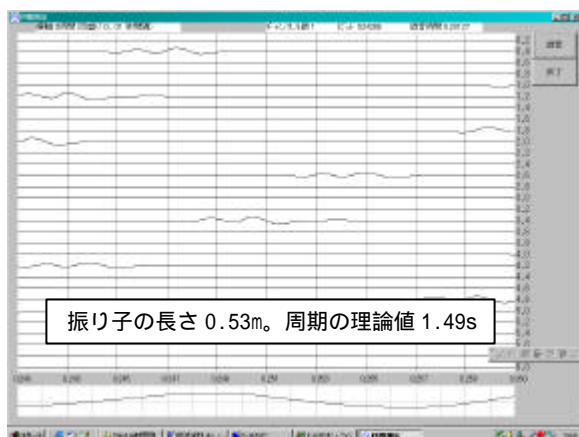
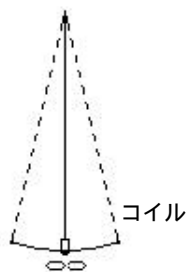
ら跳ね返り係数の測定なども可能である。

誘導起電力を利用した速度の測定

下図のようにコイルを巻き、この上を水平に磁石を通過させると誘導起電力が生じる。

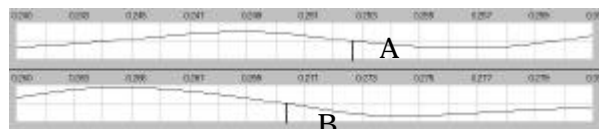


磁石がコイルに近付くときと遠ざかるときでは誘導電流の向きは逆になり、プログラム「時間測定」で、生じた誘導起電力をマイク端子から直接取り込んで記録すれば、一つのコイルが上下に1回振れた波形を記録する。次の図は振り子の錘の下に磁石を取り付け、振らせたときの記録である。



図中の と の間の時間が振り子の周期の二分の一である。図より 0.738 秒と分かる。 の部分を拡大したのが次の図で、AとBがコイルを通過したときの時刻である。2個のコイルの中心間の距離をA B間の時間で割ったものが2個のコイルの中心

を錘が通ったときの速度となる。図から時間は0.0176秒、コイルの中心間の距離15mmから 0.86m/s と分かる。

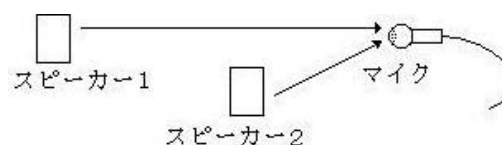


しばらく時間をおいて測定すれば振幅が小さくなるにつれて最下点での錘の速度は小さくなっていることが分かる。

この実験では、磁性体が近くにあると磁場の影響を受けるので注意が必要である。

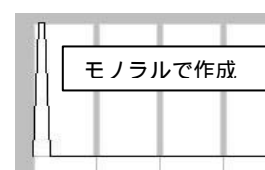
(3) 2個のスピーカを利用した音速の測定

2個のスピーカとマイクを下図のように配置し、スピーカから同じ音を出して録音すれば時間的にずれた波を記録できる。



ただし記録されるのは2個のスピーカから出た音波を合成したものになる。もし音波が正弦波で振動数や周期が同じならば、位相が異なっても二つの音波を重ねた結果はやはり正弦波となり、時間的にずれた二つの波を観測することができない。

そこで右のようなパルスを 0.10 秒間隔



で発生する WAVE ファイルを作成し、これをコンピュータの外部スピーカから出力させることにした。プログラム「音速測定」はこのパルス波の発生、録音、表示を自動的に行うもので、実効結果は次のようになった。2個のスピーカからマイクまでの距離の差は 1.20m である。図 1 が1番目のスピーカを OFF にしたとき、図 2 が両方のスピーカを ON にしたときである。波形

がパルスになっていないのはスピーカーのコーン自体が振動体であり振動が残ってしまうためであろう。また、0.10 秒間隔で記録されていないのはパソコンの再生速度がわずかに速いせいと考えられる。

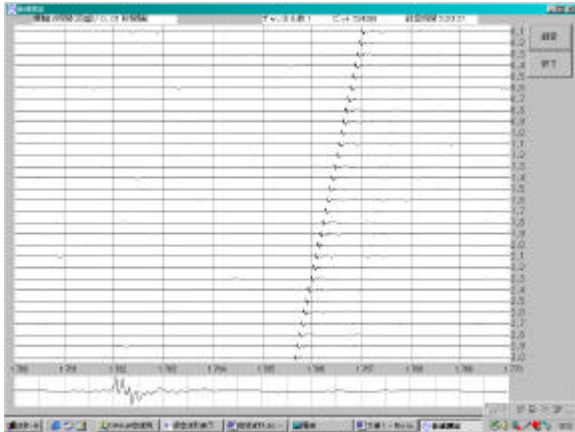


図 1

なお 振動が残る時間が約 0.0030 秒程度であるから音速を約 340m/s として、1.04m (340 × 0.0030) 以上のスピーカーの間隔が必要である。

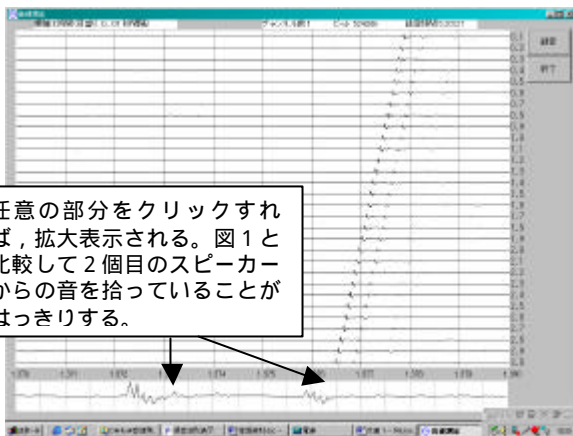
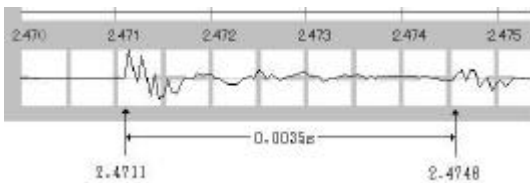


図 2

図 2 の矢印部分を拡大すると下図のようになり、スピーカーの距離の差が 1.20m なので、音速は 343m/s (1.20 ÷ 0.0035) となる。



2 デジタルマルチメーターの利用

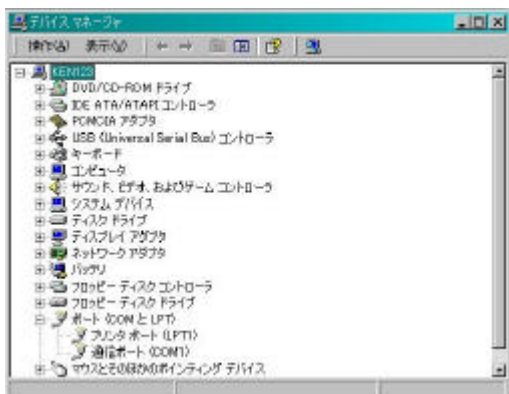
デジタルマルチメーター (DMM, 回路試験機, テスターとも呼ばれる。)にはパソコンのシリアルポートを通して信号を送る機能をもったものが増えてきている。かなりの精度をもつが、サンプリング周波数は低く 0.50 (Hz) すなわち毎秒 2 回程度である。また、つまみを切り替えることで交流・直流電圧、電流、抵抗、周波数などが測定できる。センサーはサーミスタ (半導体)。



数値表示 (デジタル表示) しているものは必ず内部で A/D 変換している。
 温度センサーなどにもパソコンにデータを送れるものがある。また、次のようないろいろなセンサーがある。
 酸素センサー、二酸化炭素センサー、磁気センサー、圧力センサー、加速度センサー、振動センサー、熱線センサー、マイクロ波センサー、電波センサー、流体センサー、光センサー、トルクセンサー、風速センサー、UV センサー、光化学センサー、超音波センサー、流量センサー、pH センサー、各種バイオセンサー

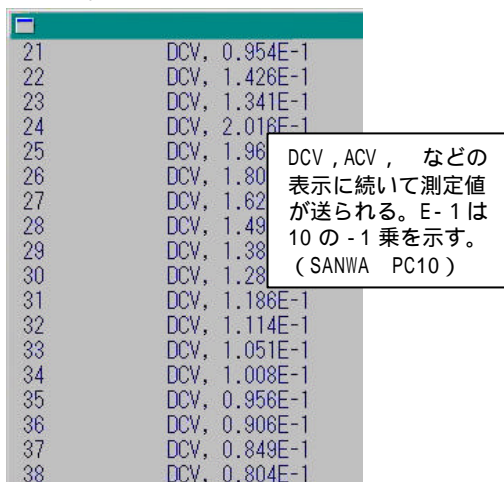
温度により抵抗値が変わる。)などのように簡単なものから、回路を組み込んだ複雑なものまで様々であるが電圧や電流、抵抗値などのアナログデータを出力する。したがって、その電圧や電流、抵抗値などを DMM で測定し、シリアルポートからパソコンに取り込めばよい。シリアルポートは RS-232 規格に準拠した入出力ポートで 1 ビットずつ送受信する。COM ポートと略される。パソコンは少なくとも一つは COM ポートを標準で実装している。その状況を見るには、パソコンのスタートボタンから「設定」、「コントロールパネル」、「システム」の順に開き、「デバイスマネージャ」をクリ

ックする。



COM1, COM2 のように表示されるので, DMM をどの COM ポートに接続するかを判断できる。

今回使用した DMM は測定値を自動的にテキストデータとして送るタイプのもので, 面倒な信号要求などの処理が不要であり, プログラム作成が簡単である。下図はこの DMM の送るテキストデータをそのまま表示したものである。



センサーからの信号は電圧や電流値, 抵抗値等なので測定する物理量に応じて温度や圧力などに変換する必要があるが, DMM からのテキストデータは Excel などで簡単にデータ変換処理することができる。以下に示すものはデータ受信, データ変換, 表示までを自動化したプログラムである。必要な変換データはあらかじめ組み込んである。

(1) 熱電対を用いた温度の測定

温度の測定にはサーミスタがよく利用されているが, 温度が上がれば抵抗が減るものや逆に増えるものなど多くの種類がある。これに比べ熱電対は特性がはっきりしており, 理科年表でも簡単に調べることができる。ただし, 下図のように, 温度差による起電力を利用しているので, 基準の温度が必要であり, 通常は氷水 (0) や室温の測定値を利用している。この点を除けば測定範囲も広くサーミスタよりも優れている。



異種の金属線をつなぎ, 両端に温度差を与えると, 温度差に応じた電圧が生じる。

表 . 熱電対の起電力特性 (, mV)

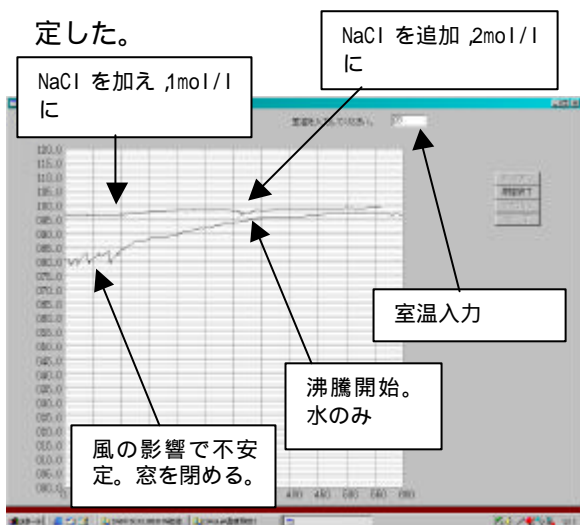
温度	電圧	温度	電圧	温度	電圧	温度	電圧
0	0	100	4.277	200	9.286	300	14.860
10	0.391	110	4.749	210	9.820	310	15.443
20	0.789	120	5.227	220	10.360	320	16.030
30	1.196	130	5.712	230	10.905	330	16.621
40	1.611	140	6.204	240	11.456	340	17.217
50	2.035	150	6.702	250	12.011	350	17.816
60	2.467	160	7.207	260	12.572	360	18.420
70	2.908	170	7.718	270	13.137	370	19.027
80	3.357	180	8.235	280	13.707	380	19.638
90	3.813	190	8.757	290	14.281	390	20.252

銅 コンスタantan熱電対・理科年表より
起電力は一端が 0 のときの起電力

上表より銅 コンスタantan熱電対の 100 での出力電圧は約 4.0mV となるので, 1.0 あたり 0.040mV となる。今回使用した DMM (SANWA PC10) の最小レンジが 0.10mV なので, OPEアンプ (アナログ信号増幅用 IC。使用方法が簡単である。) を用いて 100 倍の増幅を行ない連続測定可能な温度測定装置を作成した。プログラム「温度測定」は DMM からの出力を温度に換算しグラフを表示するものである。これを用

いてモル沸点
上昇の測定を
行った結果は
下図のよう
になった。

なお、基準
の温度は室温
を入力して測
定した。



下図は上の、水、NaCl 1mol/l, 2mol/l
の沸点の部分を取り、拡大したもので
ある。沸点が上昇しているのが分かる。

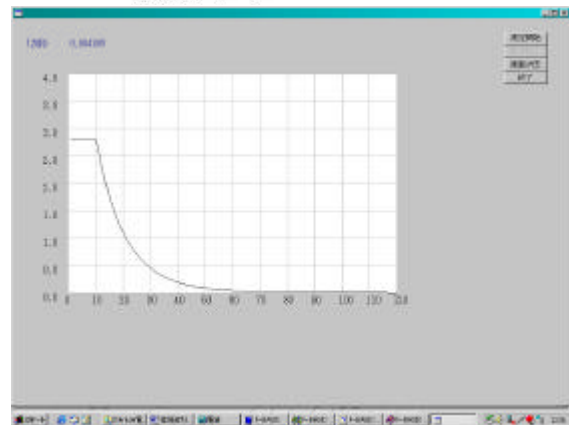
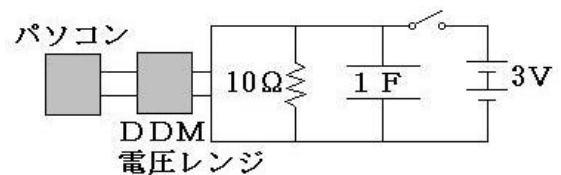
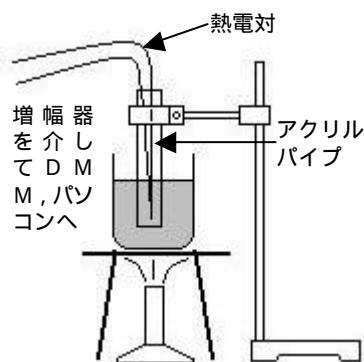


参考

銅 - コンスタンタン熱電対は最大約 400 まで測定可能だが、クロメル アルメル熱電対は約 1300 まで測定でき、金属の融点も測定可能である。

(2) 電圧センサーを用いたコンデンサーの放電曲線の測定

DMM 自体がレンジを切り替えることにより電圧センサー、電流センサーとなり得る。プログラム「電圧測定」は DMM から電圧出力をグラフ表示するものである。電圧変化の例として、次図の回路でコンデンサーの放電の様子を測定した。



グラフを残したまま何回でも測定できるので抵抗値や充電電圧を変えて比較することも可能である。また、測定値をテキストデータとして記録すれば Excel など、蓄えられていたエネルギーの計算も可能である。

パソコンを利用したセンサーによる計測は、特製の拡張ボードなどを使わなくても安価な市販の DMM や標準実装のサウンドカードで様々なことが可能である。また、ほとんどのパソコンの OS が Windows になったことでソフトウェアにも互換性があり、どこの学校でも同じように利用することができる。ここに述べた熱電対の利用などのように、通常は煩雑な実験も効率のよい計測が可能になる。また、DMM を使用すれば他にもいろいろなセンサーをつなぎ利用することができる。今後もソフトウェアの開発も含めパソコン利用の研究を進めていくことが必要であろう。なお、プログラム・マニュアル・OPE アンプを利用した増幅器の製作ほか詳しい資料は当研修室へご請求いただきたい。(第二研修室)

center23@edu.pref.kagoshima.jp