

は2次元信号であり、時間の関数として記述される。時間に対しても振幅（電圧値）に対してもいづれも連続している。これをコンピュータで扱うには、まず時間に関して離散化（標本化、サンプリング）し、ついで振幅に対して量子化を行い、コンピュータで扱える1と0に変換する。

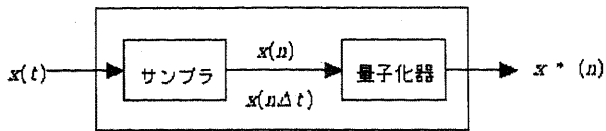


Fig.2 A/D Converter function and constitution
3-2 時間に関する離散化

A/D変換器では信号のある時刻の値をサンプリングする。その信号が含む最大周波数の2倍以上の頻度でサンプリングを行えば、情報は完全に保持される。逆に言うとA/D変換器のスペックのうち、最高サンプリング周波数の半分の周波数までしか測定信号を扱えないことになる。取り込む信号の中で必要な情報が上記の制限を満たしていても信号の帯域内に他に不要な周波数成分があると変換誤差を生じる。変換の前処理として帯域制限が必要になる。

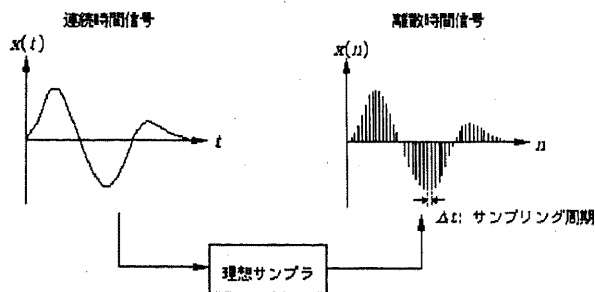


Fig.3 Sampling of Continuous Signal

3-3 振幅に対する量子化

振幅の変化を2のn乗の階段で近似する。nが大きいほど信号に近似される。しかしデータ数は多くなる。A/D変換器のスペックでビット数で表される分解能は8bitで256刻み、16bitで65536刻みを示す。図3には3ビットの量子化器を示した。これは直線量子化と呼ばれる特性であるが、先進的な技術ではビット数の上昇によるデータ数の増加を防ぐため、常に入力信号の微分係数を監視し、その値が一定値を越えたときに、量子化

を行う適応量子化という方式もある。

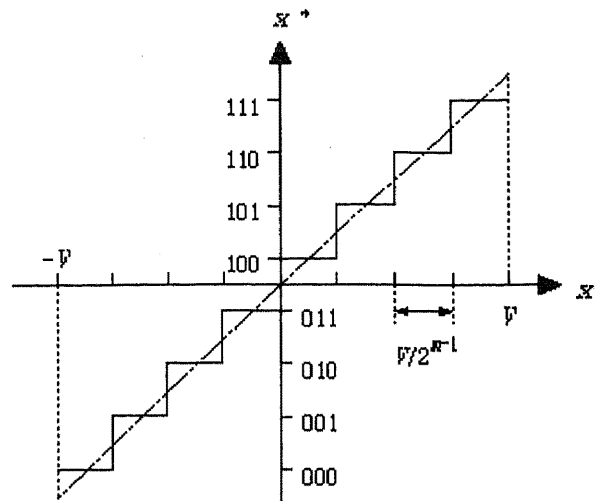


Fig.4 3bit Quantization Input and output

4. 適用例：情報工学実験II、過渡現象

4-1 学生実験の概要

電氣的過渡現象の例として直流電源へのスイッチを開閉することによりコンデンサの充電、放電の特性を測定させている。この現象ではコンデ

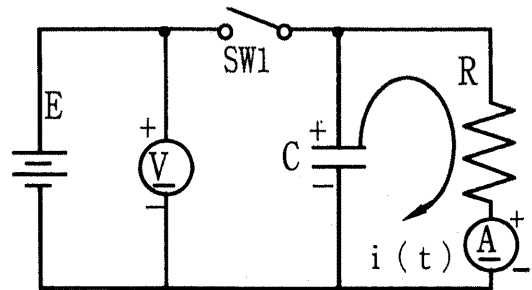


Fig.5 Discharge circuit

ンサの容量と抵抗値の積からなる時定数という値が大きな意味を持ち、この値を理論値とXYレコーダの出力チャートより求めた実験値と比較検討している。

4-2 現行システムの問題点

理論に基づけば、図6に示すように本来スイッチを操作したt=0を基点にして曲線に接線をひき、時間軸との交点が時定数である。しかし実験結果（図6下）を見て分かる通り機械的なXYレコーダでは不連続な点では慣性のため、正しく接線を引くのは無理である。

4-3 適用箇所

上記XYレコーダで取得の部分コンピュー

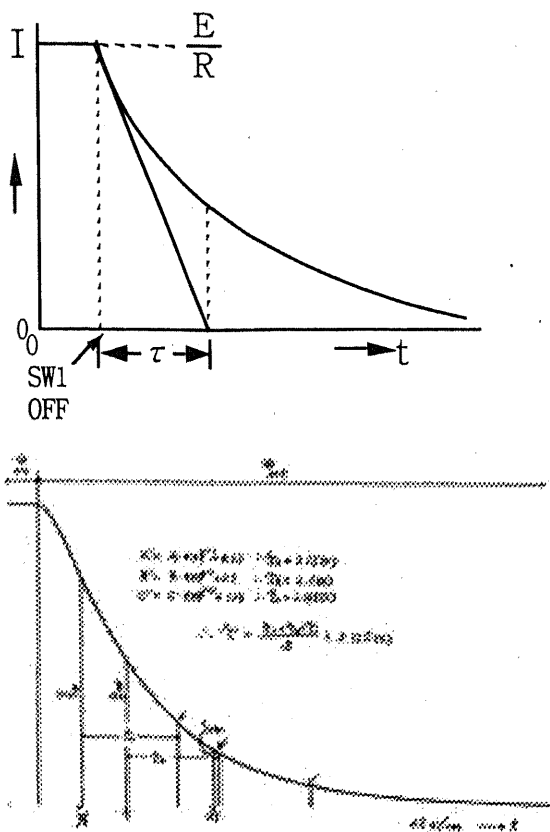


Fig.6 A theory value and an experiment value
 タ計測に置き換える。取得するチャートのX軸は時間であるので、置き換えの際にはサンプリングの周期から正確な時間軸の設定が容易に可能である。Y軸は電流値であるため電子電圧電流計で測定値に比例した電圧に変換する。

5. 用意した機器

5-1 パーソナルコンピュータ

ノート型のパソコンで Pentium100MHz という数世代前のものである。データ収集のみを担当するのであればこうしたもので十分である。データの共有の意味でフロッピディスクドライブを最低限としている。OS はドライバの関係で Windows95 を用いる。データの処理は別途高速なマシンで行う。

5-2 データ収集対応型デジタルオシロ

岩崎通信機製の Bringo と呼ばれる小型のデジタルオシロである。特色はフロッピディスクドライブを持っていることで測定データをそのまま csv 形式で保存でき、データ処理に供することができる。また、オシロスコープであるので、波

形を画面上で任意に拡大、縮小が可能である。このことはサンプリング周期やアンプの増幅率が任意に変更可能なことを示し、非常に便利である。つまりここでは A/D 変換はオシロスコープが担当する。

5-3 GID-ADC (RS232C ポートを利用した A/D 変換器)

A/D 変換を MAX186 というデバイスが行う。分解能 12bit, 最大サンプリング周波数 133KHz である。サンプリングクロックをパソコンから与えるので実際のサンプリングレートは使用するパソコンのクロックや通信速度に依存する。このため正確な時間計測として使用しないチャンネルにタイムベースを入力し、同時計測する。ソフトウェアで 0~4.096V か ±2048V の入力レンジを選択する。通常入力で 8 CH 同時計測が可能である。基準電圧源を持ち、低消費電力のため、RS232C ポートに出ている +5V だけで動作可能である (但し、推奨はしていない)。RS232C ポートを使用するため特別なドライバは必要としない。いろいろな言語のソースが公開されている。

5-4 PCMCIA 規格 A/D カード AXP-AD02

アドテックシステムサイエンスが製造、供給する PCMCIA 規格の A/D 変換カードである。分解能 12bit, サンプリングレートは $16\mu\text{S} \sim 8\text{mS}$ の間で可変。外部トリガで変換を開始することが可能で本格的な自動計測が可能。入力は ±10V と ±5V をソフトウェア上で選択する。

5-5 ソフトウェア

5-2 を除いて制御用のソフトウェアが必要である。データの取り込み等にはそれほど速度が要求されないのであれば、文法が分かり易い各種の BASIC が手頃である。以前よく用いた N88-BASIC は Windows 上のエミュレータは存在するが、I/O 関係は完全にサポートされていない。Visual Basic, Delphi, Visual C 等が使えるが今回は Visual Basic を用いた。もちろんウィンドウを開いて DOS のアプリケーションを起動してもいい。今回の測定程度であれば、本格的にプログラミングする必要はなく、A/D 変換器の

添付ソフトの改良で十分である。

なお、Visual BasicはVer.5の機能を一部制限された(実行モジュールが作れない)ものが無料で配布されている。

6. データ処理の流れ

収集したデータを以下の手順で処理する。

- (ア) 測定プログラムから得られるデータファイルを表計算ソフト(例えばExcel)で開く。
- (イ) 測定データの中で不要と思われる部分を削除, 編集する。
- (ウ) グラフ機能で結果を最適なグラフ形式で表示し, 再度不要分の削除, 軸比の検討を行う。

7. 実験結果

7-1 データ収集対応型デジタルオシロ

ここでは秒あたり250回のサンプリングである。即ち横軸250が1秒に相当する。これであればスイッチを閉じた時間から放電曲線に接続を引くことができる。実際に引いてみると理論値によく一致する。

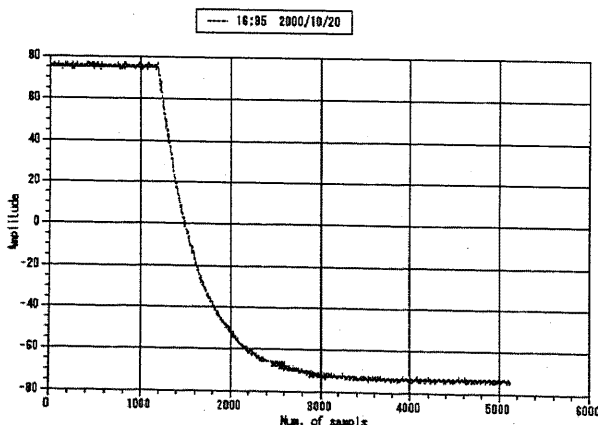


Fig.7 Measurement result of Digital Oscilloscope "Bringoo"

7-2 GID-ADC

前述したようにこの場合, サンプリングレートが機器に依存するため, タイムベースを同時入力する。下段の正弦波は発振器から入力した1Hzである。タイムベース2周期分が求める時定数であるが, 十分な精度を確保している。

7-3 AXP-AD02

ここでは2000 μ secでサンプリングを行った。測定点数は約6500点で約13秒である。このカードの使用にあたっては連続データ取得のためにプログラムを改良した。通常繰り返しのためのループを回すとコンピュータの演算速度に応じた時間で処理が行われる。しかしこれではサン

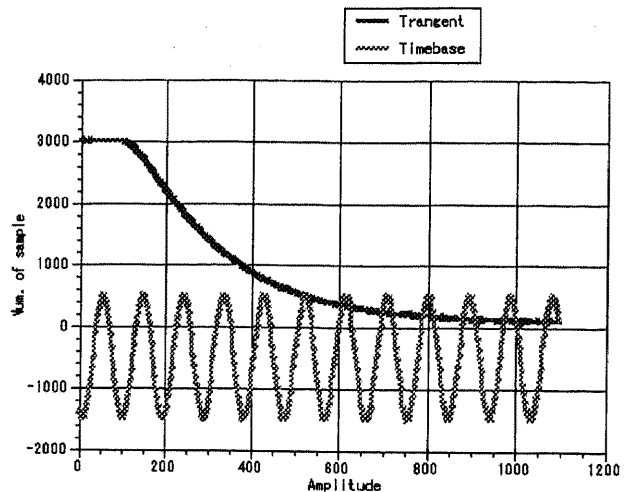


Fig.8 Measurement Result of GID-ADC

プリングとデータの書き込みが行われないうちに次の処理が行われるため, うまく動作しない。一定の待ち時間を適当な場所において処理する必要がある。

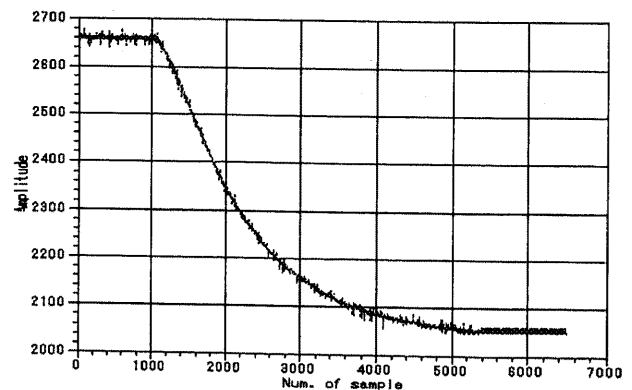


Fig.9 Measurement Result of A/D Converter Card

8. データ処理の一例

表計算ソフト(例えばExcel)を用いたデータ処理としては, 分析ツールと呼ばれるアドイン機能を用いて統計解析を行う方法がある。Excelの持つ代表的な統計解析機能には以下のようなものがある。

平均, 標準誤差, 中央値, 最頻値, 標準偏差, 分散, 相関, 回帰, 共分散, Z検定, t検定, F検定, 移動平均, 指数平滑, フーリエ解析等々

こうした専用のツールを使用しなくても簡単な計算でデータ処理を行える例として、測定値の細かな変動を除くフィルタとして移動平均処理

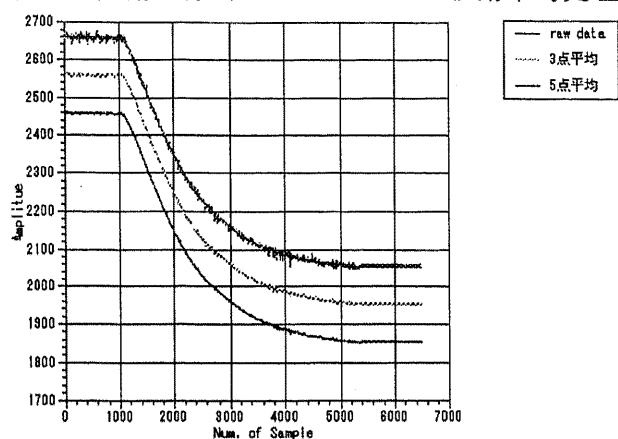


Fig.10 Moving Average Processing Result

の例を示す。ここでは結果を見やすくするため、振幅を100ポイントずつ、ずらして表示している。原理は非常に単純で測定値の前後3点あるいは5点の平均をとり、その中心のデータを次々と移動するだけである。平均化は一種の低域通過フィルタであるから細かなドリフトは除けるが、結果を見ても分かる通り、5点平均では不連続な部分（スイッチを操作した点）を鈍らせてしまっている。

9. まとめ

技術的にも費用的にも比較的容易に通常の学生実験にコンピュータ計測を導入可能であることを示した。このノウハウは直接卒業研究等に適用することが可能である点でも教育的効果が期待できる。Visual Basic と Excel を結合させた Active X 等でより完成度の高いソフトウェアも構成可能であるが、学生実験という意味では一考の必要がある。

謝辞

学生実験用のテキストおよびその電子媒体の提供を情報工学科石渡宏基技術専門職員から受けた。本文中でも複数の図を引用させていただいた。ここに感謝する。

参考文献

- 1) トランジスタ技術 Special#53 パソコンによる計測・制御入門, CQ 出版
- 2) 南茂夫: 科学計測のための波形データ処理, CQ 出

版

3) 猪俣清二: 統計学ハンドブック, 聖文社

参考 Web

- 1) <http://www.madlabo.com/mad/index.htm>
- 2) <http://ricen.manabi.pref.hokkaido.jp/computer/contitle.html>
- 3) <http://www.microsoft.com/japan/developer/vbasic/Controls/GUIDE.HTM>