

### 3. パーソナル・コンピューターの利用による L. A. の概略と日水研における試み

中 西 孝

(日本海区水産研究所)

#### 1. 科学計測の自動化 ( L.A. ( Laboratory Automation ) ) とは ?

実験室や研究室の自動化であり、とくにデータ収集・加工・記録・管理などをコンピューターの力をかりて行う。科学計測器を用いたコンピューターによる計測の自動化。

実験室における自動化は各種分析機器へのマイクロ・コンピューターの内蔵や、小型コンピューターの付属という形で進んできたが、現在はデータ処理を含めて比較的安価なパーソナル・コンピューターを利用して、BASIC 等の高級言語が使用できる。

L.A. はユーザー側にバス構成を含めたハードの一部を開放する形で登場したマイコンの普及が刺激になっており、1960年にDEC社のPDP-1 ( Programmed Data Processor ) が最初であり、その後、IBMにより集中共用システム等が作成されてきた。これらはそれぞれの企業の戦略と深くかかわっており、また、価格が高いため、研究者の創造性 ( なんでも自分でやってみたいという気持ち ) を満足することにならず (壊しては大変ですから)、ユーザーもそれほど増えなかった。

しかし、最近のパーソナル・コンピューターの性能向上と価格の低落 (これが最大の理由) により、O.A. ( Office automation ) と同じようにL.A.も我々の手の届く所に来ていると思います。私にはL.A.で何が出来て、何が出来ないかとか、know, how についてもそれほど詳しい訳ではないので、出来るだけ参考図書を取り上げ、興味を持った方々の次のステップになればと思っております。L.A.を利用した実験結果の討議や報告書を理解する上での必要最低限の言語とその概説をこの報告書の前半で示し、後半において日水研で利用している入出力装置 (まだL.A.まではいっておりません) の概略を示します。機械語を理解されている方には、私の感想があてはまらないことがあると思います。

#### 2. 目的は ?

##### A. 計測の自動化と省力化 (例) 水質のモニター

測定項目をコンピューターに入力しておけば、その手順に従いコンピューターが測定器を操作し、測定データを自動的に収集する。

##### B. 大量のデータを収集・加工する。 (例) 画像解析

##### C. データ収集の速度と精度 (正確度と精密度) を高める。

##### D. 融通性 (プログラム1つで全く新しい機能を持つ計測システムに変えることが出来る) と費用の低減 (ハード (機器) でなくソフト (ユーザーの知恵) で大きな効果をあげる可能性) がある。

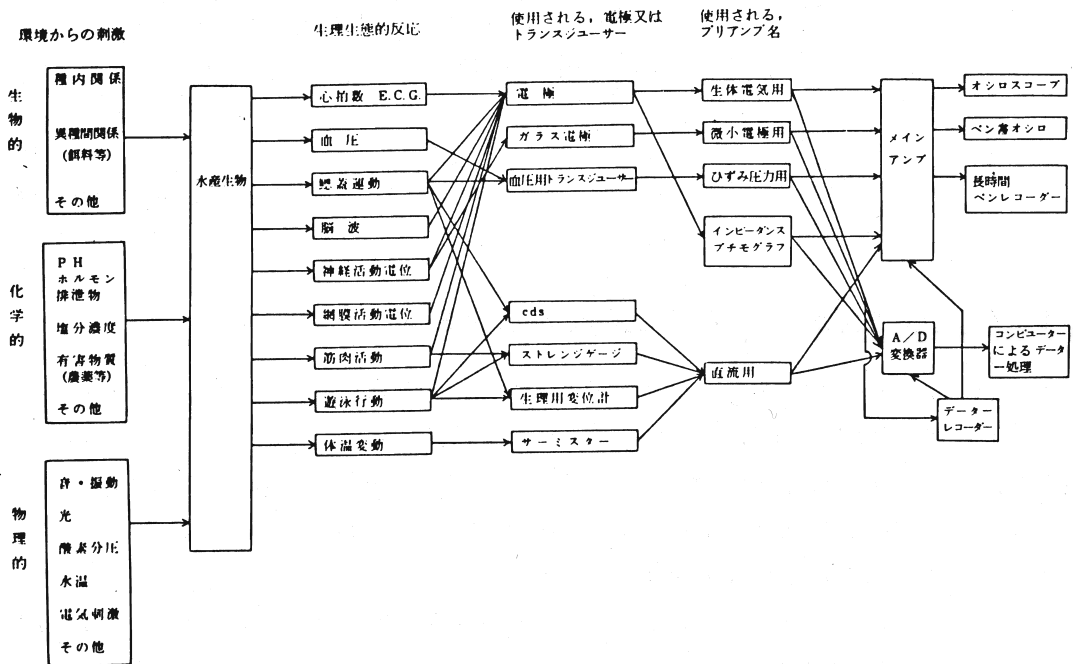


図1 電気生理的手法の水産での利用例

E. コンピューターの利用率の向上。ハード（コンピューターや周辺機器）とデータの有効利用。

### 3. 方法は？

A. 情報（測定値や計測値）を電気信号へ変換する（図1）。

a. 電極とセンサー（温度・光・電導度・ひずみホール素子等）

電極は、1 電極と組織間の分極電圧が小さい。2. 接触抵抗が低い。3. 長期間安定な接触を保つ。4. 体動・振動に強く、ノイズの発生が少ない。

b. プリ・アンプ（図1）

水産においてはあまり使用されていないので、他の分野（M.E. や B.E.）で使用されている機器を流用するか、自分で開発する必要がある。

c. 雑音対策およびインピーダンス・マッチング。

雑音源としてはデジタル回路・スイッチング電源等がある。信号は減衰するが入出力両方でインピーダンス・マッチングをとるほうがよく、入力インピーダンスが高ければ高いほど被測定物へ与える影響は少なくなる。直流ではつながっていないなくても、高周波ではつながっていることがあるので注意が必要。

B. 電気信号（アナログ・データ）をコンピューター（デジタル・データ）へ。A-D変換（A-Dコンバーター）。

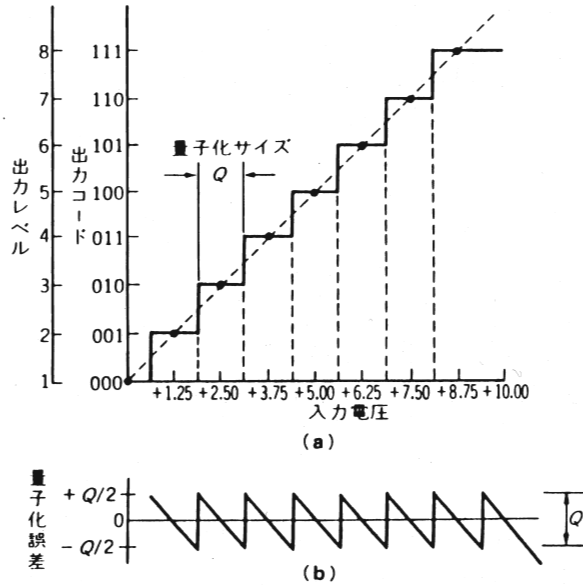


図2 3ビットA-D変換器の入出力特性と量子化誤差

a. 量子化 (図2)。電圧や電流などの連続量を, 1個, 2個といったある間隔をもって分割された離散値のもっとも近い値にあてはめること。

$$Q (\text{量子化サイズ}) = FS (\text{フル・スケール}) / 2^n$$

(例  $FS = 10 \text{ V}$ , 12ビットのA/Dコンバータでは  $Q = 10 / 2^{12} \text{ V} = 2.44 \text{ mV}$ )

b. コーディング

離散値の値を示す番号をつける。

C. A-D変換法

a. V (電圧) - T (時間) 変換型 (二重積分)。変換速度, 数ms ~ 数十ms。

1. 安定精度はクロックや積分コンデンサーの安定性によらない。数msだけ安定でよい。
2. 高周波のノイズが除かれる。
3. 精度のわりには価格が安い。

b. V (電圧) - F (周波数) 変換型 (電荷平衡型)。

1. 変換時間が入力電圧によらず一定。
2. 積分容量 (C) による非直線性が少ない。
3. 変換時間はa. と同じ。
4. 積分器自体のダイナミック・レンジはそれほど要求されない。

c. 逐次比較型。変換速度,  $1 \mu\text{s} \sim 50 \mu\text{s}$  (12ビット)

1. 高い周波数まで変換が可能。
2. D/A 変換部の精度に左右され、一般に微分直線性は静分型に比べて精度が悪い。

d. その他。

1. 同期比較型。
2. 追従比較型。

D. A-Dコンバータの誤差。

- a. オフセット誤差
- b. ゲイン誤差
- c. 非直線性誤差

E. 雑音の除去。

- a. アナログ回路によるフィルターを用いて除去する。
- b. コンピューターにより演算で除去する（平滑化と積算平均化）。

F. 計算機との接続。

a. 専用ボード

そのコンピューター専用になりハードとしての融通性に欠けるが（ボードをいれたコンピューターから RS 232 C・GP-IB によりデータの転送や、他のコンピューターによる制御もある程度は可能）、他に比べると安価であり、いい市販のソフトにあたれば、これを利用してプログラミングが比較的容易に行え、自由度も高い（コンピューターを使いこなしているという（自己？）満足にひたれるでしょう）。

b. GP-IB

価格は高くなるがこのバスをもつ測定器が多く市販されている。平易で正確に記述されている文献が少ないので、特定機種以外のコンピューターでは制御用のプログラミングに経験と試行錯誤が必要。

c. RS-232 C

データの入出力の遅いもののほうがプログラミングが容易である。

RS 232 C・GP-IB のプログラミングはタイミングのとりかたが難しく、今のところは特定機種以外では試行錯誤で知識を増すしかない（時々、職人芸のようなプログラミングにであう楽しみはありますが）。計測器と計算機の接続にあたっては、ハードで処理する場合と、ソフトで処理する場合があります。一般にはソフトで処理するほうが自由度は高いですが、計算機についての知識がかなり要求されます。ソフトを外部発注するにしても高い料金が驚かされると思います。一般常識になりますが、各自の計算機に対する知識のレベルで自由に使えるハードとソフトを入手することが肝要だと思います。市販の機器と、市販のソフトを旨く利用して L.A. に取り組まないと、自動化するために膨大な時間とお金を取られることになり、計測を自動化しても、省力化のメリットはなくなると思います。特に、水産の場合は人手とお金をかけて種々の手法を開発しても、それぞれの分野における研究者も少なく、また、開発した計測方法を他の研究者が利用することもほとんどありませんので、労力の割りに成果をあげにくい分野であることを覚悟する必要があります。しかし、これが研究だと言われればそのとおりですが。

## 4. 日水研における試み

日水研でキーボード以外からデータを入力する方法としては、

- (1) 重さ一秤からデータをインターフェイスで変換して RS 232 C でコンピューターへ。
- (2) 長さ・位置—デジタルライザーで座標軸として読み込み RS 232 C でコンピューターへ。
3. 水温や周波数の低い電気信号—30チャンネルのデータ・ロガーにより収集し GP—IB によりコンピューターへ。
4. 周波数の高い電気信号—ウェーブ・メモリーによりデジタル変換し GP—IB によりコンピューターへ。
5. 専用の A/D や D/A 変換器・タイマー・I/O ボード等をコンピューターの拡張用スロットに入れて、電気信号をコンピューターから入出力し実験条件の設定やデータの収集等を行っている。このようにして得られたデータを演算処理し、プリンターおよび X—Y プロッターに出力し図表を書く。

## 5. 参考図書

コンピューターが日進月歩であるのと同様に、参考図書でも新しい本が次々と刊行されており、より最適な本が本屋の棚にはあると思いますが、私がいままで利用してきた本の中から、関連のある本をリストアップしました。コメントは私の独断ですが、何かの参考にしていただければと思い付けました。

### A. 生物情報を電気信号へ変換

医学生物学電気的実験法 (1950) 本川弘一 南山堂

電気生理について詳しく書いた入門書、少し古いですが実用には十分。

電極に関する記述は詳しい。

M. E. マニュアル (医用電子機器取り扱いと保守) (1970) コロナ社 ¥1700

M.E. のことについて電気の知識を含めて、初歩むきに記述されている。

医用工学の基礎と応用 (1980) 桜井靖久編 共立出版 ¥5800

電気の知識をある程度必要とするが、M.E. の現状がよくわかる。文献も詳しい。

生物電気 (1970) 岩瀬善彦・玉重三郎・古河太郎 南江堂 ¥3600

電気生理についての詳細な解説書。

魚類の電気生理実験法 (1979) 田村 保 生態化学 2巻1号 PP33—39

数少ない水産に関する電気生理の解説書。

電子回路実験の進め方 (1980) 曾根 清 CQ 出版社 ¥1100

電気に関する実験をするときのノウ・ハウが記述されている。

センサ百科 (1983) 日本の最新技術シリーズ (12) 日刊工業新聞社 ¥1500

このような本では珍しく縦書きであるように、センサやトランスジューサーについて初歩むきに記述してある。

センサ・インターフェーシング (1981～ ) トランジスタ技術増刊 1巻～4巻 CQ出版社  
¥1300

センサやトランスジェネレータに関して、詳細に記述されている。囲み記事にも有益な情報がある。

この他、電気関係の解説書や M.E. や B.E. に関する本は多くあります。

#### B. 電気信号 (アナログ・データ) を計算機 (デジタル・データ) へ

A-D/D-A 変換回路の設計 (1980) 長橋芳行 CQ出版社 ¥1300

A/D 変換について詳細に書いてある。

マイコン/パソコンによる科学計測 (基礎編) (1983) インターフェース 2月号

マイコン/パソコンによる科学計測 (応用編) (1983) インターフェース 3月号 CQ出版

L.A. の唯一と言ってよい解説書。この要旨を書くにあたっては、多くを参照した。掲載雑誌がコンピューター関連の専門誌なのである程度の電気の知識を必要とする。

マイコンによるデータ計測 (1984) 江川幸一・磯部俊夫 培風館 ¥2900

前半は L.A. についての入門書。後半はデータ処理に関する BASIC プログラムが掲載されている。

8086 ツールライブラリ (アセンブラソフト開発環境拡充をめざして) (1985) 関岡清次・岩尾憲三  
技術評論社 ¥2500

パーソナルコンピューターを利用した医学関係の L.A. の解説書。機械語を利用すれば、パーソナル・コンピューターでもかなりのことが出来る実用例。

この他、A・B に共通で参考となる月刊誌のなかで、どの本屋でも目につくのはトランジスタ技術 (どちらかと言えばハード中心)、インターフェイス (どちらかと言えばソフト中心) (CQ出版社)。

#### C. コンピューターによるデータ処理

スペクトル解析 (1977) 日野幹雄 朝倉書店 ¥3800

スペクトル解析の入門書。

FFT の使い方 (1980) 安居 他 産報出版 K.K ¥2000

フーリエ変換に関する入門書。

D. RS 232C や GP-IB に関しては参考図書も多く発刊されている。しかし、それぞれの機種によってプログラミングが異なっているにもかかわらず、ある特定機種を中心にして書かれていることが多く、参考にはなるが役に立たないことが多い。種々の本のデータ・バスの記述の中で付け足しのように記述してある中で役に立つことがたまにある。いまのところはマニュアルをよく読む (これ以外でもそうだが、ほとんどの事はマニュアルのどこかに記述されている) しか方法がない。平易で正確な参考書が待たれる。