

2. 数値計算プログラム作りについての問題点

長谷川 誠 三

(日本海区水産研究所)

はじめに

世界最初の電子計算機として、よく、アメリカ・ペンシルベニア大学の ENIAC (1946) が引き合いに出されるが、これは、計算の順序 (プログラム) を配線で与える真空管式のものであった。そして、その後、急速な発展を遂げ、コンピュータは、真空管から、トランジスタへ、トランジスタから IC へ、そして LSI へと進化してきた。世界で初めて LSI 化されたマイクロコンピュータは、アメリカのインテル社によって 1971 年に 4004 という製品名で出された。ENIAC から、26 年目のことである。そして、今、世をあげて、マイコン、OA、FA、LA などと、この種の情報が非常にかまびすしい時代に至ってしまった。プロジェクト研究の進むスピードは、個人の知識の吸収するスピードよりはるかに速い。今日、学んだことが、悪くすると明日には、陳腐化してしまう世界である。

現在、我々の職場にも多くのエレクトロニクス機器が入っており、実験や調査結果の解析が極めて迅速に処理されるようになってきている。そうした状況の中、今、我々に多くのマイクロエレクトロニクスに関する知識をも要求されているが、本稿では、それらを理解するに当って少しでも皆様の御役に立てたという気持ちから、ほんの一部ではあるが、マイクロコンピュータの特徴を解説させていただく。また、会議の席上、私の説話力の不足から、申し上げられなかったコンピュータに対する接し方について、私なりの考えを、この稿をお借りして御説明申し上げたい。

電子計算機のハードウェア

電子計算機は、基本的には、情報の入出力を司る、入出力装置、情報を蓄えておく記憶装置、情報を処理する演算装置の 3 つのブロックに分れる。一連の仕事の流れとしては、入力装置から入った情報をあらかじめ設定されたプログラム (記憶装置に格納されている) に従って処理をし (演算装置が行う)、出力装置に出力するということになる。この場合、入力装置はキーボードや、カード、あるいは、諸計測装置 (情報は、デジタル化されている) などであり、出力装置とはディスプレイや、プリンタ、あるいは、加熱・冷却装置、攪拌機といった機械装置などである。記憶装置は、LSI 化された記憶素子であることもあり、磁性化されたディスクや、テープを用いることもある。演算装置が、直接、接する (アクセス: access) ことができる記憶装置は特にスピードの早い種類のもが使われ、主記憶装置と呼ばれている。演算装置は、レジスタとかポインタなどと呼ばれる命令実行時に必要な、情報の一時預り所や、アキュムレータとかカウンタと呼ばれるような情報蓄積所などを有し、それに演算ユニットが付加された形をしており、情報の交通整理と直接処理をする言わば頭脳に当る部分である。これらの装

置間の情報伝達経路はバス（bus）と呼ばれ、装置間の接点をインターフェイス（interface）という。

電子計算機では情報を扱う単位として、ビット（bit）という単位が使われる。1ビットは0または1、あるいは、ON、OFFの状態をとる。たとえば、生物の雌雄の情報は、たいていの場合、1ビットで処理できる。体の特定の部位に斑紋があるか、ないか、特定の水温帯が基準緯度の南にあったか、北にあったか、などという問題も同様である。しかし、これでは、3つ以上の状態は表現できない。5つの場合分けをするには、2ビットでは不足である。 $2^2=4$ 通りしか表現できない。3ビット必要である。電子計算機では、もう1つバイト（byte）という単位も用いる。通常8ビットを1バイトとする。 $2^8=256$ 通りの状態を表現できる。A～Zのアルファベットに0～9の数字、ア～ンのカナ文字、その他、電子計算機を動かすための各種のコントロールコードを表現することができる。1ビット増すと、情報量が2倍になることに注目していただきたい。このことからすると、最近、新聞等を賑わしている、256 KbitのLSIメモリは、約3万2千文字（英・数字、カナ等）をあの小指の先位のところに詰め込むことができるということになる。演算装置が同時に8ビットの情報を処理するものを8ビットCPU、同時に16ビットを処理するものを16ビットCPUという。8ビットパソコンとは、8ビットCPUを搭載したパソコンのことである。

電子計算機の数体系

先に述べたように電子計算機は、ビット処理といういわば、2進法の世界で仕事をしている。ここで、2進法を振り返ってみよう。通常、10進では、各位桁に10倍の重みがつけられている。

$$527 = 5 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 7 \times 10^0$$

一般に、任意の数体系は

$$N = d_n R^n + \dots + d_2 R^2 + d_1 R^1 + d_0 R^0$$

という形で表現される。こうすると、先の、527は、

$$527 = 1 \times 2^9 + 0 \times 2^8 + 0 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 \\ + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

つまり2進法では、

$$(527)_{10} = (1000001111)_2$$

ということになる。では小数はどうだろうか。

$$0.625 = 0.5 + 0.25 \times 0 + 0.125 \\ = 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$$

つまり

$$(0.625)_{10} = (0.101)_2$$

となる。しかし、10進法で0.4という値は、有限桁の2進法では表現できない。

$$(0.4)_{10} = (0.01100110011\dots)_2$$

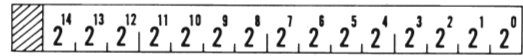
だが、どこかで打ち切らなければ、計算は先へ進めない。0.4×2の答は、2進法では概算結果なのである。このようにすると、先に述べた整数も疑わしくなる。国民所得200兆円などと言ってみたものの、

これを2進数で表わすと47桁にもなる。

パソコンのデータ形式

整数型 (2バイト) (固定小数点形式)

2バイト=16ビットのうち1ビットは正負符号の為に使われるので、残り15ビットで表現される。各ビットは、右図の通りの重みづけがなされているため (±) に、±32767迄の値しか表現できない。



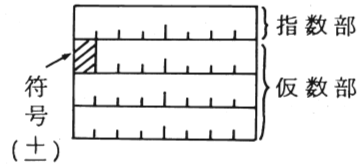
符号
0 : 正
1 : 負 (±)

単精度実数型 (4バイト) (浮動小数点形式)

指数部は8ビットすなわち $2^8 = 256$

6通りの表現が可能であり $2^{(256-1)} \approx 5.789604462 \times 10^{76}$ 及び 2^0 を表現することができる。しかしこれでは指数部の符号を与えることができないため通常は00000000で $2^{-128} \approx 2.938735877 \times 10^{-39}$ というバイアスを設定している。こうしてやると 11111111 で $2^{255-128} \approx 1.701411834 \times 10^{38}$ まで表現できる。

(例) 0.983237×10^3
 仮数 **指数**



一方、仮数部は、最上位ビットが正負の符号に使われるため、実際は $24 - 1 = 23$ ビットしか使用できない。そのため表現できる桁数は2進法で23桁、10進法B桁となる。

$$2^{23} = 10^B$$

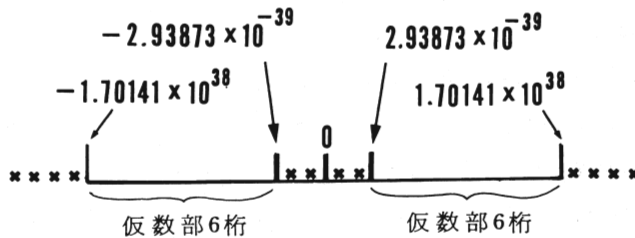
$$23 \log_{10} 2 = B \log_{10} 10$$

$$B \approx 23 \times 0.301029995$$

$$\approx 6.923689901$$

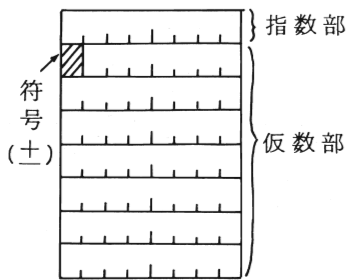
つまり、7桁目が立たないために、6桁目迄が有効となる。

以上を図式化すると、



が単精度型のデータ形式で扱える数値範囲となるわけである。

◦ 倍精度実数型 (8 バイト)



倍精度実数型では、指数部 8 ビット、仮数部 $7 \times 8 - 1 = 55$ ビットで表現しているの、仮数部の精度は、

$$2^{55} = 10^B$$

$$55 \log_{10} 2 = B \log_{10} 10$$

$$B = 55 \times 0.301029995$$

$$\approx 16.55664976$$

となり、16桁目迄が有効となる。数値範囲は単精度と同様だが、仮数部の精度が高くなり

$$\pm 2.938735877055719 \times 10^{-39}$$

$$\sim \pm 1.70141183460486 \times 10^{+38}$$

となる。

電子計算機のソフトウェア

今まで、電子計算機の本体内部と、数処理の方法のごく概要を述べてきた。こうした電子計算機に命令を与え、仕事をさせるにはどうして行うのだろうか。それは、予め演算装置に与えられている数十種～百数十種の命令セットから、必要なものを選んで記憶装置に書き込んでいくのである。勿論、0, 1の2進法コードを使う。これを機械コードという。しかし、2進コードでは、入力が余りにも冗長で、間違いも多い。その為、通常は0~9, A~Fをつなぎ合わせた16進コードで書き込むことが多い。命令セットの対応をもって、これを機械語という。まさに、機械相手の言語である。だが、この方法では、演算装置が変わる度に命令セットも変わってしまう。せっかく苦労して作った統計計算のプログラムも機械が異なると水泡に帰す。そのために、統一された言語が用意される。BASICとかFORTRANと呼ばれているものがそうである。これらは、機械語よりもずっと人間の使っている自然言語に近く、そのため、高水準言語(高級言語)と呼ばれている。これらの言語で書かれたプログラムは、コンピュータ自身によって機械語に翻訳され処理が実行されるのである。通常、パソコンに標準で搭載されているBASICは、ディスクに書き込んであるデータ群(ファイル)を管理したり、記憶装置の内容をプリンタに打ち出したり、CRTに出力したりするための命令が、特定のコマンドとして登録してありプログラム中での使用も可能である。プログラムを作っている途中で、突然にファイル名を変更するといった仕事もできる。だが、大型計算機の場合、周辺装置が余りにも複雑で、また、同時にいくつもの仕事をこなしたり、幾人もの人が使用する場合、これをうまく時間配分しなければ効率化が計れない。このようにユーザーの便宜を考えた資源有効利用の為の一連のプログラム群をオペレーティングシステム(Operating System:OS)と呼ぶ。パソコン用のOSは一部のメーカーから発表されているが、これらは特定の1チップマイクロコンピュータを使用したパソコンのディスク管理に主眼を置いたもので、異機種間のソフトウェアの互換性を計っている。

パーソナルコンピュータの現状とこれから

パーソナルコンピュータという言葉は、アメリカのヒューレット・パカード社が使用したのがはじまりだったと記憶している。10年余り前のことである。15 KB の増設メモリが数十万円した。そして、今、128 KB の増設メモリは数万円である。この間、実質価格は90分の1になった。一昔前のミニコン並の能力を持ったコンピュータが、個人の占有になり脇机に置かれるようになった。使いたい時に、何の気兼ねもなく使用できるようになった。CPU（中央演算装置）の稼動時間を気にしたり、あきファイルサイズに気を遣ったりするシステム管理者も不要である。これを『便利になった』と言わずして、何と言おう。

だが、もう一度考えてみられたい。かつては一週間かかったデータの処理が、パソコンの出現で1日で終るようになった。しかし、6日間の暇が生まれただろうか。かつては4人かかってようやく出来た、データのサンプリングが1人で出来るようになった。しかし、残りの3人は要らなくなったのだろうか。これらの答はすべて否である。また、否でなくては困るのである。コンピュータの導入は暇な時間を作ったり、人を減らしたりする目的で行われるべきではない。個人の能力を何倍にも引き出すために行われるべきなのだ。1人の人間が考えたことの検証時間は短かければ短い程、新たな考えが展開される。1回のサンプリングが省力化されればされる程、より多くの情報を得ることができる。コンピュータは問題解決のための単なる道具でしかあり得ないのだ。

近年、人工知能（Artificial Intelligence：AI）への関心が非常に高まってきている。ハードウェアも幾つか発表されており、一部では翻訳等で既に使用されている。これらは、いわゆる、推論マシンといわれているもので、各種の条件から実行仮説を導く（前向き推論：forward reasoning）方法や、設定した仮説を基に、それが成立する条件を導き出す（後ろ向き推論：backward reasoning）方法、あるいは各種知識ベースのネットワークを用いる方法などが考え出されている。プログラム言語も、LispとかPrologといったものが、既にパソコンレベルでリリースされている。ごくあらましを述べると次のようになる。

（事実）

1. ひとし君はテニスが好き
2. さち子さんはトルストイが好き

（条件）

1. ひとし君はさち子さんが好き

《設問》

ひとし君はトルストイが好き？

《答え》

はい

と、まあ、こんな具合である。

AIが、今後、水産の世界に急速に入ってくるとは考え難いが、魚探画像の魚種識別や、短期の局部

水塊配置予測など、割に浸透し易い部分もあることは確かである。が、何と云っても、人工知能が発揮されるのは、生態系モデルの解析であろう。ただ、ここで再び懐疑的になってしまうのだが、コンピュータを自由に操れるのも確かに重要だけれども、コンピュータの出した答を見て、何となくオカシイと直感できる人間でなければならぬということである。コンピュータはエラーメッセージは出すが、それが正しいかどうかは教えてくれない。

(事実)

1. アナタノ チチ ハ アワノジュウロベエ
2. アナタノ ハハ ハ オユミ

《設問》

キミ ノ ナハ?

《答え》

マチコ デス

参考図書

〈一般〉

『現代電子計算機 ―ハードウェア―』

萩原 宏, 黒住祥祐共著 オーム社

『電子計算機の基礎』

L. ナシエルスキー著 北川 節訳 培風館

『電子計算機のハードウェア』

L. ナシエルスキー著 北川 節訳 培風館

〈マイコン関連〉

『マイクロコンピュータ利用者認定試験のためのマイコン徹底研究 3・4級, (2級)』

渡辺 茂監修 若鳥陸夫, 木納 崇, 加藤隆明共著 日本経済新聞社

『新マイコン用語事典』電子科学ブルーブックス4

日本電気(株)電子デバイスグループ編著 廣済堂産報出版

『はじめて読むマシン語』

村瀬康治著 アスキー出版