

易しくない パソコン リテラシー(2/4)

ハードウェア編

2. 計算・保存・表示の道具(ハードウェア)

2.1 数の認識と計算

2.1.1 体で理解する数と量

数の計算と確認に使う最も原始的な道具には、指を使います。10 までの数の足し算・引き算には、指折り数えをします。子供だけでなく、大人でも、一寸した場面で見かけます。桁数の多い計算には、電卓が便利です。この操作は、キーを押す回数で作業時間の長短が決まります。銀行などの金融企業、統計業務に関わる場面では、桁数の多い大量の数値並びの入力作業に、テンキーを使います。帳票を見ながらキーを打つ作業では、「ブラインドタッチタイピングで、正確、速く、リズムカルなストロークができる技能」が必要です。インタフェースとして見れば、数値は、直列インタフェースでレジスタに入力され、エンターキーや演算子キーは、並列インタフェースで内部的に電気信号を転送します。データ移動の時間は、直列インタフェースが並列インタフェースよりも何倍も時間が掛かります。パソコンも含め、計算機器の設計と利用の場面では、処理時間を短縮することに多くの努力と開発が行われてきました。大型のコンピュータ(メインフレーム)を利用していた頃、複数のユーザが見掛け上独立して利用するような環境を、電話の利用と似た分散形のワークステーションで構成しました。データの転送は直列インタフェースです。メインフレーム、そしてワークステーション内では、並列インタフェースで高速処理化が図られます。TSS(time sharing system: 時分割システム)は、ユーザインタフェースが直列インタフェースである機能を、ソフトウェアで見掛け上並列インタフェースとして利用する方法です。昔の電話機は、ダイヤル式の構造であって、パルスの回数を信号としました。1と0とではダイヤル時間が大きく異なります。プッシュ式の電話機は、周波数違いの音で数と記号とを区別する方法です。接続時間も短縮しました。

算術は、四則演算(足し算・引き算・掛け算・割り算: 漢語では加減乗除)の技術です。技法としては、足し算(加法)が基本です。残り三つは、足し算の応用です。桁上がりの計算は、筆算で覚える必要があります。紙と鉛筆は、道具です。掛け算は、複数回の足し算です。回数を減らし、計算時間を節約するため、数並びの位置を左右にずらす方法を使います。これをシフトと言います。小学校での引き算の学習は、小さな数から大きな数を引く場面の無い算法から始めます。前の桁から 10 を下ろして引き算をする桁下がりの計算は、暗算が難しいので、筆算で教わります。これは補数(complement)の足し算をしています。ただし、明示的な説明はされていません。割り算は、複数回の引き算です。10 を基底とする補数は、暗算で計算することになるのですが、小学校の低学年の学習では一つのバリアです。二桁以上の補数は、アラビア数字を紙に書く筆算で計算します。筆算は、アラビア数字と記号を書いて計算する技法です。小学校では、九九を声に出して覚えさせる教育を組みます、基礎的な掛け算の暗算に応用されています。

2.1.2 アナログ量とデジタル数との変換

アナログ(analog)とは、切れ目のはっきりしない連続した事象を言う語です。感覚的に理解する量ですので、別のアナログ量との類似(アナロジー)で理解することもあります。例えば、時刻は、アナログ時計の針の位置を、目で見て理解しています。数字が書いてない時計もあります。アナログの対義語がデジタル(digital)です。指で数えることから派生した語です。こちらは、飛び飛びに整数で数値化します。離散化(discrete)するとも言い、有限桁数の数値で理解します。有限桁数の実数は、また、循環小数は、分母・分子に整数を使って表すことができます。分数で表せない無理数は、無限に桁数を並べるしか表せない数ですので、アナログ量です。アナログ的な事象は、実用の場面では、部分的に分割することもあります。時刻で言えば、「時・分・秒」の長さ単位に分けることがそうです。そうすると、小数点を持つ実数表示も使います。例えば、「3.5 時間; 3 時間半」の言い方があります。筆者は、15 時半の面会約束を、腕時計として使っていたデジタル時計の表示で、3:50の時刻と誤解して、遅刻した失敗の経験があります。デジタル時計の表示は、12 時間制と 24 時間制と切り替えができます。習慣違いの言い方を紹介しましょう。アナログ時計の針で、昼の 12 時から 1 時までの間を、例えば、12 時 45 分のように言うか、0 時 45 分と言うかの区別があります。ゼロを言わない方が普通です。後者の表現は、24 時制を使う鉄道の時刻表で使い始めた方法です。デジタル時計でも 12 時間制の表示では前者の方式です。12 時59分までの表示の次が1時です。0 分、0 秒の表示も使い見ますが、「正…分、正…秒」が日本語です。

2.1.3 長さの単位に体の寸法を使う

日本の長さの単位は、古くは尺でした。英米ではフィートです。Foot の複数形ではなく、単位名です。日常の生活環境と密接に関わるため、古くから、人の体の一部の長さを基本に置きました。尺は腕の長さ、フィートは足の長さです。アナログ的な計量単位ですが、尺とフィートとは約 30cm と殆ど同じ長さです。メートル法は、科学技術で利用することを目的とした、人為的な提案単位です。これも正確な数値化には問題があることが分かってきましたので、光の波長を使うデジタル的な定義に代わっています。しかし、日常的な場面では、科学的な正確さを気にしない使い方をします。むしろ、異なった単位系、古い単位系についての知識も常識として弁えておかないと、昔の設計法の理解が難しくなります。コンピュータ関連の技術はアメリカ主導型で開発・研究されてきましたので、元がインチ単位の数値が多く使われています。数の3を使う補助単位は、生活環境で多く見られます。1 ダースは 12 個を単位とします。食器などを3×4個詰めにするときに適した数です。12を単位にする方法は、時刻や方位を表すときの干支(子丑寅卯辰…亥)があります。旧型のテレビの画面寸法は、縦横寸法比で3:4です。長さの単位には、例えば、畳の寸法は、通称では 3 尺×6 尺です。一間は 6 尺、1町は 60 間、1里は 36 町です。ゴルフコースの長さを言うヤードは 3 フィート区切りの単位です。ただし、1マイル(1760 ヤード:約 1.6Km)は別基準であって、後付けで決めた数です。マイルの原義はラテン系の語で 1000 のことです。歩いて 1000(複歩)の距離です。健康維持のため、1日1万歩を歩くことが勧められています。この長さは、5000 複歩 =5 マイル =8km =2 里です。歩く時間は約 1 時間半です。このアナログ的な知識があれば、正確な数値で補数を計る万歩計のような、デジタル道具の使用にこだわらなくても済みます。

2.1.4 高等動物は数を理解できるか？

江戸時代の日本では、寺子屋教育で、「(文字の)読み・書き・(数の)数え」を教えました。慣用は「読み・書き・ソロバン」です。英語でも three R's(スリーアールズ)の語句があって、「reading, writing, arithmetic」を言います。英字 R を含む三つの語であることから呼ばれています。英語と日本語、どちらも、基礎的な初等教育として重視されていることを言う成句です。ソロバンは道具ですので、教科書だけを使う学問的な教科とは違う技術教育が必要です。道具が無くても、暗算で簡単な算術ができるのは賢さの一つです。人の脳も計算道具と考えることができます。人類以外の高等動物が、数を理解できるかどうかは、分かりません。鳥類は卵を産みます。カルガモは 12 個前後の卵を産みます。つばめは 5 個程度です。鶏卵産業は、生んだ卵を採り上げると、生み足しを続ける本能を利用しています。産卵行動は時間的にみれば、直列インタフェースです。或る数までまとまってから暖めます。これは並列インタフェースです。個体識別もできる知能はあるようですが、数との関連を理解しているかは分かりません。数の多い子供の集合から、居なくなった特定の子供を親が探す行動を取ることは、個体識別と数とを区別して理解しているかどうかの問題と考えることができます。人の集合でも、10 人程度までは何とか確認行動ができますが、学校など、50 人もの集合では、机の並べ方を工夫し、視覚的な方法で確認しなければ区別ができません。

2.1.5 百は巨大な数です

指(ゆび)は、最も原初的な計算道具です。数の表示方法にも使います。10 までの数を、自分だけでなく、相手にも示す指遣いは、世界中で使われていて、100 種類くらいあるそうです。暗算は、指を使わない技能です。小さな子供には無理です。10 以上の数の加減算には、古くからアバカス(abacus)が使われていました。珠を色分けし、10 珠単位の構造で 100 珠に抑えることで、理解に役立てます。世界各地の幼稚園や小学校で、数を教える道具に使われています。図 2.1 は、100 までの数えに使います。100 を超える数は大きい数(大数)です。日常生活では、数で表す場面がありますが、二桁までの数並びを使うことが普通です。戦前の日本のお金の単位は、円と銭とを使いました。百銭が 1 円です。アメリカのドルも、下位単位にセントがあり、100 セントが 1 ドルです。戦前、ドルと円とは、ほぼ同じ価値でした。日常生活では、1 円は大金でした。1 円の支払いをする買い物は、ぜいたくであると考えられていました。百円は超大金です。百円の月給がもらえることは、ステータスシンボルでした。

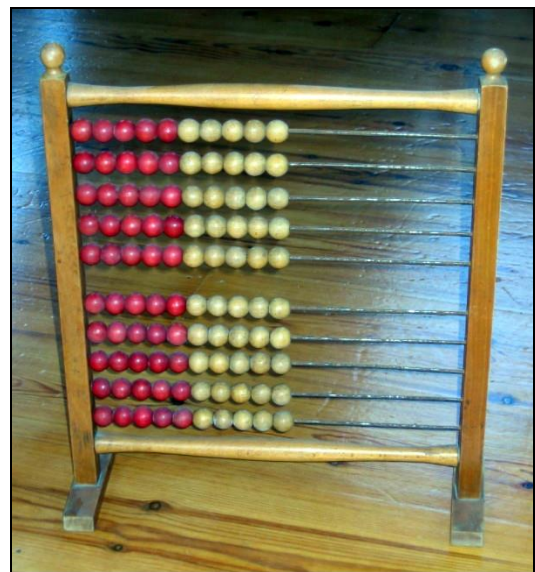


図 2.1 デンマークの小学校のアバカス。
19 世紀初め (Wikipedia より)

2.1.6 長期記憶と短期記憶

数を紙などに記録として残す方法がなければ、覚えておける数は10 程度までです。電話帳を見ないで電話を掛けるとき、電話番号を幾つ覚えているかを考えると分かります。ずっと覚えている長期記憶と、すぐ忘れる短期記憶とがあります。数値を覚えておく実践的な方法には、口調の良い語呂合わせを使うことがあります。例えば、2, 3, 5 の平方根は、「1.41421356(一夜一夜に人見ごろ)、1.7320508(人並みに奢れや)、2.2360679(富士山麓オーム鳴く)」と覚えます。連想(association)で覚えることもします。例えば、仏教伝来の西暦年 538 を「御参拝」、明治元年 1868 をヨーロッパに似せて「イヤロッパ」、塩素の原子量 35.5 は「遠足でサアご飯」、などがあります。受験勉強で暗記する技術に起源があるようです。どの方法も、声に出して、自分の耳で聴くフィードバック(再帰)を掛けることで、良く覚えます。実は、文字も、書くことで正確に覚えます。漢字は、読むことができて、書けないことも多いのです。お習字は、想像以上に教育効果があります。日本人は英語の L と R の使い分けが苦手です。これも、綴りを書く英語のお習字(calligraphy)をすることと、声に出して自分の耳で聴くフィードバックを掛けることで、正確に覚えます。紙と鉛筆のセットで代表される筆記用具は、道具です。なお、上で再帰の用語を使いましたが、これは日本語の環境では理解の難しい概念です。他動詞を使う場面、主語と目的語とを同じにすると、再帰(recursion)と言うのですが、コンピュータ関連で造語された語です。普通の英語の辞書には載っていません。自分を激励する「頑張るぞ」また「反省する」は再帰と言えるでしょう。

2.1.7 長期・短期の記憶装置

計算器械のレジスタは、短期記憶の装置です。表示される計算結果は、筆記用具を使って記録しなければ残りません。装置上の表示を消すためのクリアレバーなどが付きます。ソロバンの読み上げ算では、始めに「ご破算で願ひましては」と言って、クリアの操作を促します。パソコンのレジスタ、そして集積回路の RAM も短期記憶装置であって、電気の供給が止まると、データは消えます。一定周波数の電圧を掛けて、リフレッシュさせることで、利用中のデータ値を保持しています。RAM は、cash memory と言うことがあります。手許において、現金のように、高速でデータ出し入れの使い方ができるからです。データの 0 を書き込むことで、クリア操作が行われます。一方 ROM は、電気の供給が止まっても、データが残り、書き変えのできないメモリです。ただし、ユーザの利用環境では、CD-ROM を別として、書き込みができません。

2.1.8 数字の品詞

日本語の数詞は、漢数字です。文法的には「基数詞・助数詞・序数詞」の三種類、使い方では「個数・順序数」の二種類、の区別があります。「一・二・三…九」が基数詞です。こちらにもゼロがありません。「十・百・千・万・億・兆・京」は、基数詞としての使い方と、単位名(助数詞)としての使い方とがあります。数を言うとき、単位名を付けて、例えば「八百八町」のように言います。「八」が基数詞、「百」は単位名、十の位がありません。ゼロ十とは言いません。「町」が助数詞です。種類が多く、使い方の約束があります。「一個・二人・三枚・四棟…」のように書きます。外国人は、物質名詞の扱い方である、と割り切って覚えるようです。順序数であるときは、第五番目のように書きます。アラビア数字は、日本だけでなく、欧米でも外来文字扱いです。アラブ人が欧米に紹介したため、アラビア数字と言いました。アラビア語の環境では、インドから伝わったインド数字と言うそうです。そのため、正規の文書の中では使わないのが原則です。英語では、数字並びではなく、文字並びで数を表すことをスペルアウト(spell out)と言います。英文では、文頭に数字を使うことは文法違反であって、英大文字で始めるようにスペルアウトで表記します。綴りが長くなりますので、文中ではアラビア数字で書くことも許されています。日本語文でも、文頭は、アラビア数字ではなく、漢数字を使います。なお、洋数字、算用数字の用語も使います。

現代社会は、大量の数の集合、また、桁数の大きい整数・実数に溢れています。数の記録と参照とに道具が必要です。紙に手書きをすることは、記憶を助ける最も普通の方法です。暗算で扱う数値(number)は、一過性(その場限りの)データですので、記録を残すための道具が必要です。英語の digit は、アラビア数字 0~9 の文字を言い、10 種類の字形があります。原義は指です。英語の figure も指ですが、親指は thumb と言い、別扱いです。数の字形 1~9 は「one, two, ..., nine」の語を当て、読みがあります。ゼロに当てる語はありません。これらの語は数詞とも言います。英語では形容詞としての使い方が普通ですが、名詞でもあって、複数形の使い方があります。例えば、複数の野球チームを言うとき nines、複数のサッカーチームは elevens の複数形を使います。他の数詞「twelve, thirteen, ..., hundred, thousand, ...」もそうです。したがって、第 1.7.4 項で解説したように、単複の区別、冠詞との関連があって、場面に応じて意味と使い方が変わります。複数形で書かれている場面では、集合名詞である、と考えれば、納得が得られると思います。単位名として使うときは、単数形で書きます。例えば、「hundred thousands」では、hundred が形容詞、thousands が名詞の使い方です。

2.2 レジスタを理解する

2.2.1 ソロバンはレジスタの基本モデル

乗除の計算には、古くから計算道具を工夫してきた歴史があります。中国では、紀元前から算木(さんぎ)が使われていました。数字表記の部品です。算盤(さんばん)は、算木を四則演算に使う道具です。珠(たま)を使うソロバンの原型は、2世紀頃からとされています。日本には 15 世紀頃に輸入されたと言われています。その構造は、16 進数の計算用でしたので、上段2珠、下段5珠でした。大正年代(1920 頃)、上段を一珠にした五つ珠ソロバンとして使っていました。現代の四つ珠ソロバンは、昭和初期(1930 頃)に標準化されました。日本では、算木も伝来していて、家紋のデザインにも見られます。名古屋市に本社のある株式会社イチビキは、1772 年創業の醸造会社であって、その会社のロゴマークは算木のイチビキです。四つ珠ソロバンの標準的な構造は、0~9 の表示ができる縦方向の珠並び、横方向には一続き 24 桁が並びます。上段は珠一つ、五の珠と言います。下段は一の珠を四つ使い、5 進数の原理を応用しています。小数点位置を仮に決めるため、4 桁ごとの定位点マークを利用します。この桁並びがレジスタ(register)です。レジは、レジスタを詰めた語です。飲食店や商店などで、金銭支払いをする場所として日本語化しています。機械本体は、金銭登録機と言いました。戦前、1920 年に設立された日本 NCR がアメリカ製の Cash Register の輸入販売を始めたことでレジスタの用語が普及しました。簡単な機械式の手回しの加算機と、簡易な印刷機能がありました。金銭計算だけならば、ソロバンでも済みますが、領収書のなどの記録を残せる印刷装置のあることが画期的でした。

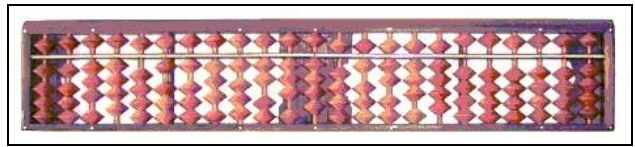


図 2.2 標準的な24桁の算盤(ソロバン)

2.2.2 読み・書き・パソコン

現代(2022)のパソコンの心臓部は、眼で構造を確認することのできない半導体の集積回路(IC: integrated circuit)で構成された CPU(中央演算処理装置: central processing unit)です。パソコン用は、MPU(マイクロプロセッサ micro processing unit)とも言います。CPU の中核は、算術計算を司る2進数のレジスタ(register)です。オペレータとも言い、漢字用語は、演算器です。この原理は、ソロバンで説明するのが便利です。ソロバンを使いこなす技能(ユーザインタフェース)は、人間の体(手指)を道具として使うことも含みます。ただし、人によって上手・下手、得手・不得手がありますので、ソロバン・パソコン、共に、使い方を一律に義務教育化することは賛成できません。技法(ソフトウェア)は、珠の動かし方の約束です。現代は「読み・書き・パソコン」が、社会人のリテラシーとして必要になってきました。ただし、専門的な知識の範囲をどの程度にするかが問題です。パソコンを使うには英語の知識が必須です。中学生以上の学生から教育を受けさせるのが良いでしょう。なお、ソロバンの学習は、小学校の高学年から選択させるのが適当である、と筆者は思っています。

2.2.3 記憶媒体と記録装置

道具としてのパソコンは、処理の対象となる静的なデータ(物: 無体物)と、動的にデータの「読み・書き・演算」をする(事)とが関連します。CPU から見れば、静と動、二種類の外部装置(デバイス: device)を使います。周辺機器(peripheral)と呼びます。前者は、記憶媒体と総称し、カタカナ語のメモリとも呼びます。データは、感覚的にしか理解できないビット並び(無体物)です。コンピュータ用語として使うファイルは、データ集合の方を言い、外形としては紙カード、紙テープ、磁気テープ、ディスクなどの物(有体物)です。ファイル装置と言うときは、有体物の装置です。装置を機能させるにはアプリケーション(無体物)が必要です。ユーザのプログラミングで、装置ごとに固有のアプリケーションを使い分けます。その書き替えの手間を省くため、抽象化した種類の仮想の装置を呼ぶような標準化が考えられています。DOS で使われているディスクが標準化・抽象化に使う装置名です。実装置ごとに、製作会社が提供する固有のデバイスドライバをシステムに組み込んで、間接的に実装置を機能させます。CPU と最も密接なつながりを持つメモリは、半導体の集積回路(IC: integrated circuit)の ROM(read only memory)と RAM(random access memory)との二種です。前者が長期記憶用、後者が短期記憶用に当たります。製品として出荷されるパソコンでは、ROM は、CPU に必須であるメモリとして CPU の仕様に加えてあります。RAM は、電源が切れると、メモリ内容は消失します。データの読み・書き・保存ができるフラッシュメモリが開発され、外付けのファイルとしての利用も便利になりました。記憶の機能を持つ装置名は、「ファイル・ディスク・メモリなどの用語が使われます。因みに、日本語(和語)では、ものごと(物と事)と二つの区別を言い分けます。漢語は、字順を逆にした事物です。英語では、加算名詞(物)、不加算名詞で区別しています。元が動詞である動名詞は、3R's で reading, writing の形の現在分詞で使われます。これが、事の方です。

2.2.4 回数カウンタ

単純な機械式のレジスタには、文房具として売られている回数カウンタがあります(図 2.3)。手に持って、カチャカチャとボタンを押すと、1 ずつ表示が増える製品です。引き算はできません。4 桁の表示ができる回数カウンタは、9999 の次は 0 になり、循環的に 1 から始まります。表示を 0 に戻すクリアボタンがあります。下に示す図 2.4 のタイガー計算機も、原理的にはレジスタです。手回しの機械式の計算機です。今では見なくなりました。10 桁のレジスタ二つと、加減乗除の整数計算ができて、計算結果 20 桁の表示ができる、計三つのレジスタがあります。数値をセットし、計算の実行をするレバーなどがあります。桁数が多い数値表示ですが、回数カウンタと原理的に同じ機構です。歯車が回転して数字が変わります。手でレバーを回すことを高速化させるため、モータを組み込んだ電動計算機もありました。この三つのレジスタは、数表示がすべて 9 であると、次に 1 を足すと 0 に戻る循環表示です。



図 2.3 回数カウンタ

2.2.5 計算速度を上げる工夫

読みが同じで漢字違いの、計算器と計算機があります。新明解辞典(三省堂)では「器の方は、手作業が多く、計算を実行するときの自動化の程度が低いもの；機の方は自動化の程度の高いもの」と解説があります。前者は用具、後者は、機械としましょう。英語では、calculator と computer とで区別します。ソロバンで乗除算をすることは手間が掛かります。計算機械を使う需要がありました。印刷機能を持たない機械式計算機は、日本では 1923 年創立のタイガー計算機が始まりです。銀行などの金融機関で利用していた計算機として、種々の製品が発表されてきました。図 2.4 は、戦時中から戦後にかけて最も標準化された機種です。10 桁×10 桁の計算で 20 桁の計算結果が得られる構造です。精度が必要な科学技術計算用としても使われていました。写真では分からない事項があります。10 桁×10 桁の掛け算と、結果の 20 桁の数値表示とができる三つのレジスタ(演算器)があること；二つのレジスタを載せた部分が左右に動く(シフトする)こと；0 から 1 を引く演算をすると補数の 999...999 になること；このとき、ベルが鳴って、エラーですよと知らせてくれること、などです。歯車もうるさい音が出ますが、ベルは、特に苦情が多く出る耳触りのする騒音源でした。機械式の英文タイプライタも、改行を知らせるベルがあります。タイピング作業も音が気になりますが、こちらはリズムカルですので、苦情の対象になりませんでした。機械式計算機は、補数表示に代わるとき、マイナスの数表示ができませんので、補数表示はエラーです。ベルは、エラーの警告用です。正の整数の計算だけに使う道具です。小数を持つ実数の計算でも、実質的には整数計算をします。シフトの機能は、小数点の位置合わせに必要です。小数点位置を移動(シフト)させますので、この計算を浮動小数点方式と言います。図 2.5 は、ドイツ製の電動計算機です。手回しの回転レバーの代わりに電動モータを使い、計算速度を上げた機械です。なお、図 2.2 のソロバンは、24 桁全部が一続きのレジスタです。使うときは、左右または適当な桁数のレジスタ部分を決めて使い分けます。ソロバンに達者な人から聞いたことですが、小さな数から大きな数の引き算が現れたら、レジスタ位置を変えて、逆向きの引き算をする、と説明してくれました。

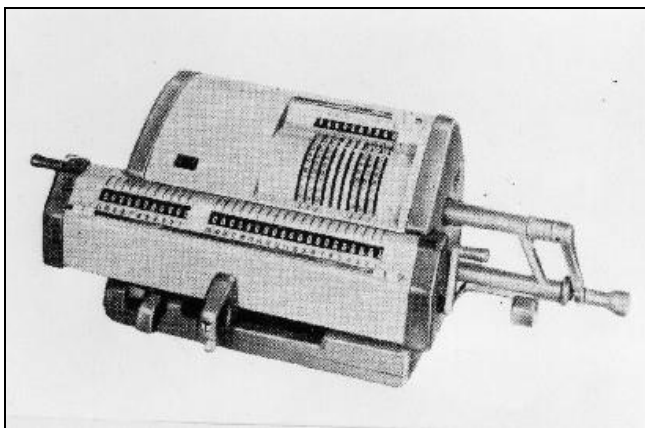


図 2.4 機械式の手回し計算機(タイガー)

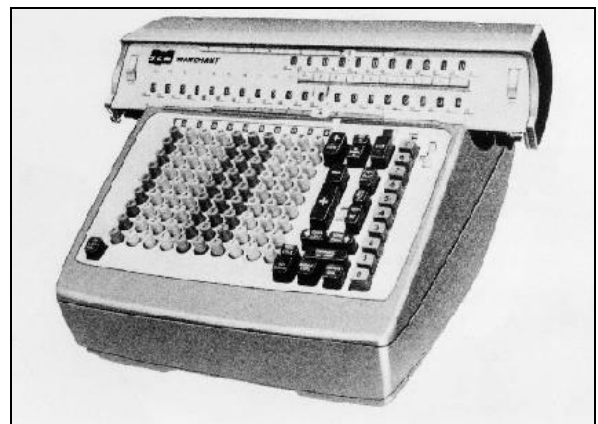


図 2.5 電動計算機(ブルンスビガ)

2.2.6 電動計算機の電子化が電卓

電気・電子回路を使う計算機は、計算速度が早くなるだけでなく、静かな計算機械であることも評価されました。図 2.6 は、カシオ電気が 1957 年、最初に開発したリレー式計算機です。装置としては縦型ピアノくらいの大きさでしたが、その後の電卓開発の出発になった計算機です。電気・機械的なリレーに代えて、ゲルマニウムトランジスタを使う方法、さらにシリコンの集積回路(IC)を採用するように進化し、価格も劇的に下がり、寸法も小さくなりました。机の上に載ると言う意味で**電子式卓上計算器(電卓: desktop calculator)**の名称が定着しました。さらに、手の平に載る程度の小型・軽量になりましたので、**電子ソロバン**(1972)のニックネームも付きました。しかし、データを指で入力し、結果を手で書き出す使い方です。

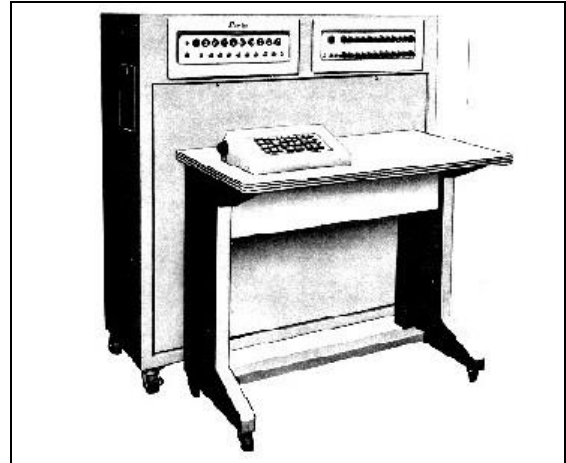


図 2.6 コンソール型リレー式計算機(カシオ)

電卓は、文房具店でも売られているほど一般的になりました。計算原理から言うと二種類あります。一つは、**電子ソロバンの**愛称を持つ事務用の**普通の電卓**(図 2.7)であって、**計算器**の方に当たります。もう一つは**関数電卓**(図 2.8)です。コンピュータと同じであって、**計算機**です。使い方が少し難しく、数学の知識が必要です。

電子ソロバンが使い易いことの特徴は、下の機能があるためです。

- 電池を使う必要がなく、太陽電池で機能する低電力であること(電池の交換・充電が不要です)。
- 標準的には、整数 12 桁までの単純な四則演算ができます。ただし、12 桁以上はエラーになります。
- 引き算で、小さな数から大きな数を引くと、補数ではなく、マイナス記号の表示で得られます。
- 数の丸め(切り上げ・切り捨て・四捨五入)の選択と切り替えが簡単にできます。
- 会計計算に便利なメモリ利用キー(M)と、総計レジスタキー(GT; grand total)とがあります。
- 単純な関数計算用に、平方根の計算ができる機種があります。
- %キーは原理的には割り算キー÷と同じです。結果を 100 倍しています。

これらの機能が便利であるため、パソコンを使う環境にあっても、手元に置きます。

2.2.7 関数電卓はコンピュータです

図 2.8 は、OS の Windows で GUI の例題としてプログラミングされた図を示したものです。パソコンのアクセサリプログラムの中で**電卓**として用意されています。図 2.7 との表示の違いは、演算子記号が、(+ - * /)であること、記号文字が使えませんが、文字表示、例えば√記号が sqrt になっていること、などです。手で操作する方法を疑似的に行わせるため、カーソルをボタンの位置に合わせてクリックします。電子ソロバンと似せていますが、整数計算専用ではなく、超巨大数から超微小数を表すことができる**指数表示**(固定小数点方式:例えば、 3.1416×10^3)が表せるようになっています。電子ソロバンで整数計算をするときは、小数点位置が右端にあります。小数部を持つ実数を入力すると、小数点位置が左に移動します。12 桁以上の数は入力を受け付けません。また、掛け算の結果が 12 桁の表示幅に収まらないときも、**オーバーフロー(桁あふれ)**のエラーが起きて、**フリーズ**状態になります。実行が止まるのではなく、無限ループを回っていますので**暴走**とも言います。スマートフォンでも電卓が使えますが、電子ソロバンと同様に、オーバーフローのエラーが起きます。パソコンのモニターが表示する電卓は、**固定小数点方式**の構造であるため、フリーズが起きません。ただし、この電卓は、電子ソロバンの機能が持つ丸めの計算が簡単にはできません。また、補数の計算もできません。しかし、表示窓の数値は、クリップボードを介してテキストエディタにコピーすることができます。ファイルとして保存すること、プリンタで印刷もできることが評価されます。

関数電卓には、多くの種類があります。図 2.9 は、論理演算もサポートされていることで例示しました。なお、「+ - * /」の記号は、プログラミング言語では**二項演算子**と言います。関数電卓の「sin, cos, log …、論理演算子 not、普通の電卓にある√、±」は、**単項演算子**を表すキーです。使い方は、数値が表示された状態で、演算子キーを押しますので、**後置型演算子**と言います。数学式では、括弧を使って、例えば sin(30)のように書きますので、キーを押す計算の実行順を間違えることがあります。図 2.9 は、**論理演算**もできる設計になっている例です。教育利用に限られていることもあって、パソコンのアクセサリ電卓では見なくなりました。

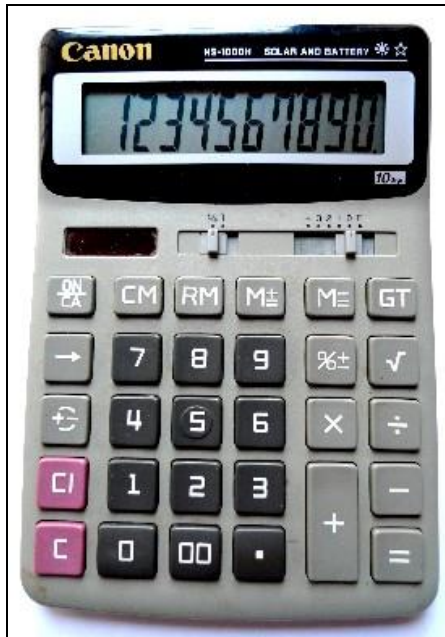


図 2.7 市販の電子ソロバン



図 2.8 パソコンのアクセサリにある普通の電卓

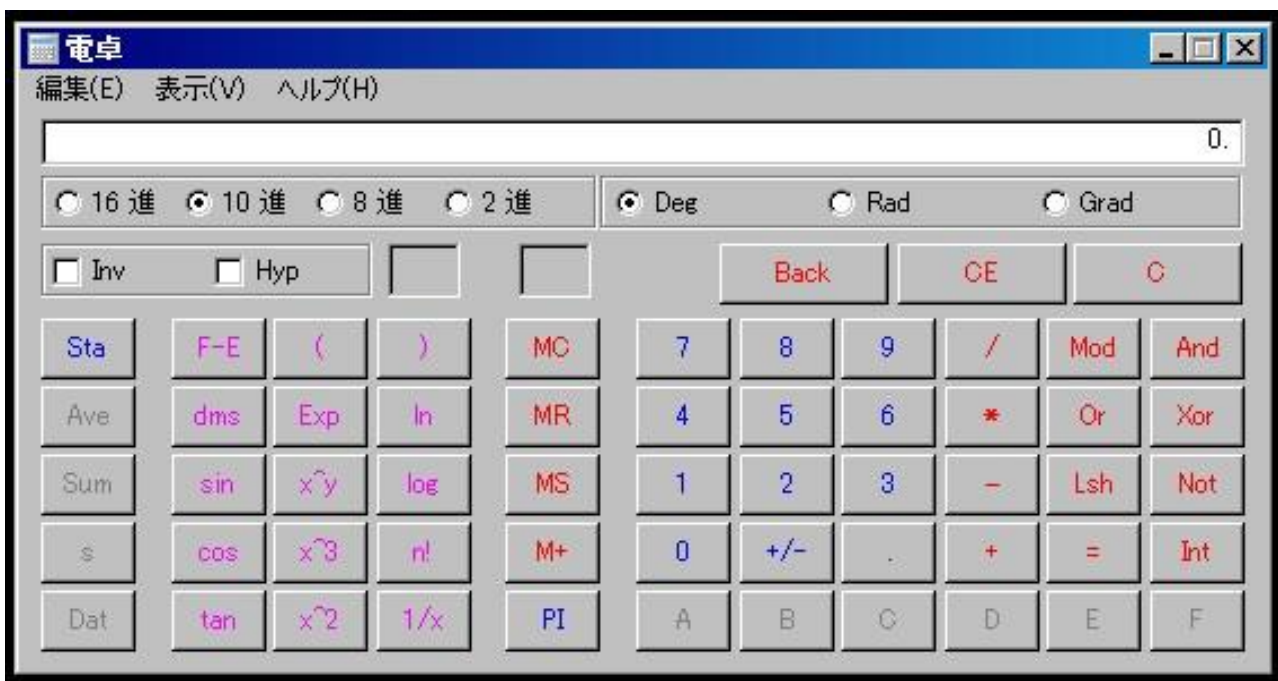


図 2.9 パソコンで利用できる関数電卓の例(現在はサポートされていません)

2.3 CPU のレジスタとメモリ

2.3.1 ビット並びのレジスタを使う

パソコンの CPU は、目で構造を確認できない電子部品ですので、節を変えて解説します。CPU の基本構造は、或る有限個数(8、16、32、…)の**ビット**:(bit)並び「二進数の英語 binary digit を詰めた造語」の「読み・書き・演算」ができる複数の**レジスタ**の集合です。その視覚モデルに、上段一行の桁並びだけを使うソロバンを考えます。全体を通して長い一行のレジスタです。利用するときは、幾つかの短い珠並び単位の複数のレジスタに分けて使います。珠の位置を上下させて、二進数(0,1)を表すビット演算をモデル化します。

CPU の基本的な演算機能は、図 2.3 の回数カウンタと同じです。複数のビット並びの数の足し算をさせますので、**加算器**(adder)とも言い、機械語の演算命令で機能します。引き算は、**補数**の足し算で行わせます。レジスタに記録されているビット並びは、電源の供給が止まると消滅します。この性質を**揮発性**(volatile)であると言います。データを保持させるため、或る**動作周波数**の電気信号を送って**リフレッシュ**させます。この周波数が、CPU の演算速度と関係します。8 ビットのマイコンでは 3MHz 程度でした。32 ビット以上のパソコンでは、その 1000 倍の 3GHz 以上になりました。スーパーコンピュータは、国威を掛けて高速化の開発が進められていて、京の位(SI 単位では 100Peta)を実現しています。電線の中を通る電気信号の速度は、光速と同じで 30 万 Km/s です。THzの周波数では、1cm の波長の信号になりますので、電線の長さ違いが演算結果に影響を持つようになります。

2.3.2 立ち上げと終了の儀式

パソコンが商品として配送されてくるとき、一箱の段ボールなどに、必要最小限のハードウェア(装置や部品など)と、ソフトウェア(マニュアルなどの文書)が梱包されています。その文書中に、内容目録と、組み立てから最初の実行を始めるまでの**手順**を説明した案内が含まれているのが普通です。一般のユーザは、それを見て、コード類などの接続(インタフェース)を取り、電源に繋ぎ、スイッチを押して、正常に動くことを確かめます。これを、最初の**立ち上げ**(startup)と言います。ただし、家電製品とは違って、パソコンでは、ユーザの利用を受け付けるようにするには、パソコン側が要求する幾つかの儀式(手続き)を済ませる必要があります。現在(2022)の OS の環境では、インターネットに接続して利用することが前提になっていますので、高速の光通信の利用ができるようにする、**固定電話**と接続する装置の**モデム**が必要です。これはレンタル機器です。利用料金は、電話の使用料と共に請求されてきます。一方電話機は、ファックスの送受信にも使える器種を大型の電気店などで購入します。また、複数の周辺機器を接続したいとき、自宅内 LAN を構成する**ルーター**を介してパソコンを接続させます。これも個人が購入する機器です。電子メールを使いたいときは、**プロバイダ**と契約を結びます。これらは、余分に必要となる面倒は手続きです。一般の人がパソコンを使うことが難しくなることの原因でもあります。したがって、専門に詳しい人の助言を得るのも一つの解決法です。

二度目以降の立ち上げは、電源スイッチを押すだけで済みます。ただし、電源を切る場合にも、パソコン側で決めた手続きに従う必要があります。再開時に、前回までの作業を引き継いで利用できるようにするため、システム側の責任でデータを保存してくれます。ノート型のパソコンでは、持ち運びができるように内蔵電池が組み込まれていますので、商用電源と接続されているコードを抜いても電源が切れません。**強制終了**させるときは、電源スイッチを**長押し**します。マニュアルに書いてないこともあって、専門に詳しい人から教わります。一度聞けば済みます。電池でのバックアップが無いコンピュータは、予期しない停電などで止まることがあります。作業中のデータは全滅しますし、システムに深刻な障害が起きることもあります。自然災害、とりわけ、局地的な落雷は、個人の住宅でも被害が出ます。インターネットに接続されている場合、コンピュータウイルスによる被害も社会問題化しています。しかし、安全対策は、企業だけでなく、個人の責任でも対応を考えます。

2.3.3 メモリとの読み書き

コンピュータは、電源を切れば、原理的にはデータはすべて消失します。1950 年代までのコンピュータでは、初期化の作業(IPL: initial program loading)は、毎朝、スイッチを押すなどの手作業で始めました。短い機械語命令をコンピュータに知らせ、紙テープなどの外部装置から OS を読み込ませました。これに代わる方法が、データの保存ができる**不揮発性** ROM の利用です。半導体の集積回路が実用化されるようになったのは、1970 年代からです。初期のコンピュータでは、32KB 程度の容量の ROM が使われていました。16 ビットのパソコンの OS は、1MB 程度と大きいため、IPL 用の ROM は、フロッピーディスクを読みに行くような設計になっていました。32 ビット以上の CPU を使う Windows 系パソコンの OS は、巨大化して GB 単位の寸法です。大容量の ROM が利用できるようになって、実用に不便を感じなくなりました。作業用の揮発性 RAM との間でのデータ読み書きがありますので、立ち上げには一分程度の時間待ちが必要です。

2.3.4 CPU レジスタ上のバイト並び

複数バイト並びの CPU レジスタに、記憶領域(メモリ)から、バイト単位でデータを読み込むとき、左詰めと右詰め、の書式違いがあります。これを**バイト順**(byte order)と言います。特別な専門用語で、**エンディアン**(endian)と言います、さらに、左詰めを big endian、右詰めを little endian と言い分けます。古い英語版のコンピュータ辞書には載っていません。パソコンのレジスタは眼でみて確認できませんので、ソロバンの珠並びをモデルに考えた左右の区別です。機械式の計算機(図 2.4、2.5)の加算用 20 桁レジスタでは、足し算・掛け算の計算は右詰めを使い、割り算のときは被除数を左詰めにし引き算をします。パソコンのレジスタの場合、**ファイル**からバイト並びのデータを順に読み込むときに、二通りあることが問題になります。パソコンの CPU が 32 ビット(4 バイト)長のレジスタを使うようになったことで考える必要ができました。IBM 系・モトローラ系の製作企業の CPU では、左から詰め、Intel 系は右から詰めます。

外部ファイルは、左から詰め、右には理論上は無限に繋ぐ構造以外は考えません。左詰めは、文字並び、また、数値を表す順に向いています。しかし、Windows の OS を使うパソコンの CPU レジスタは、右から詰める Intel 社の X86 系が使われています。さらに、問題を複雑にしているのは、プログラミング言語で、使う配列の基底の定義です。FORTRAN では1から始める**順序数**であるのに対して、C/C++では 0 からになっていることです。それも後者では、レジスタのビット位置の順序数を右から数えます。ビット位置の 10 進数の数値を 2 のべき乗で計算するとき、2 の 0 乗が1になることが理由です。この約束は、ベクトルやマトリックスなどを扱う処理で、アドレス番号を 1 から始めるとき、オフセット(位置補正)をするソフトウェア処理を追加しなければなりません。

- ビット位置の呼び方を番号で言うとき

表 2.1 IBM 系の 32 ビット CPU レジスタ単位でビット位置を言うときの番号(左から1ではじめる)

ビット位置	1	2	3	4	...	...	...	15	16	...	...	28	29	30	31	32
値	0/1	*	*	*	*	...	...	*	*	...	...	*	*	*	*	*

表 2.2 Intel 系の 32 ビット CPU レジスタ単位でビット位置を言うときの番号(右から0ではじめる)

ビット位置	31	30	29	28	...	...	...	16	15	...	...	4	3	2	1	0
値	0/1	*	*	*	*	...	...	*	*	...	...	*	*	*	*	*

- 順編成ファイルのバイトデータをレジスタに取り込む順

ユーザのプログラムで、1バイトの文字単位で配列を宣言してあるとして、そのデータがファイルに保存してあるとします。それをレジスタに1バイトずつ読み込むと、IBM 系の CPU では左詰め 1 バイトにデータが入り、右の3バイト分は 0 です。一方、Intel 系の CPU では、右端のバイト位置にデータが入り、左 3 バイトが 0 です。

表 2.3 IBM 系のレジスタ単位でバイト位置の番号
(左上から1ではじめる)

1	1	2	3	4
2	5	6	7	8
3	...	...	...	...
...	...	...	...	...

表 2.4 Intel 系のレジスタ単位でバイト位置の番号
(右下から0ではじめる)

...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
7	6	5	4	...
3	2	1	0	...

- 16 ビット長の整数をユーザプログラムの配列で利用するとき

ユーザのプログラムで、2 バイト符号付き整数型であると宣言してある数値がファイル上にあるときは、数値データは左から**上位バイト・下位バイト**の順になっているのが標準です。10 進数の数値が 255 であるとき、上位バイトは空白になっています。このファイルは、IBM 系の CPU レジスタでは正しく扱うことができます。しかし、Intel 系の CPU では、バイト並びの左右が逆に読み込まれ、正しく読めなくなります。このことが、プログラムの移植性を難しくしている原因の一つです。

表 2.5 IBM 系のレジスタ単位でバイト位置の番号
(左上から1ではじめる)

1	1	2
2	3	4
3	...	...
...	...	...

表 2.6 Intel 系のレジスタ単位でバイト位置の番号
(右下から0ではじめる)

...	...	...
...	...	...
3	2	1
1	0	...

2.4 ファイルを理解する

2.4.1 文房具のファイルとフォルダ

英語(file)からきたカタカナ語のファイルは、二つの意味があります。一つは、紙の書類を束ねた、または綴じて、一単位の文書のスタイルにしたものです。日本語では「…帳」と使う例が多く見られます。帳面や大福帳の言葉があるように、書き込みに使うことが、印刷物としての図書とは異なります。二つ目は、紙挟みです。用紙を束ねただけでは腰が弱いので、硬めの用紙(ハードカバー)を持たせて利用します。英語はフォルダ(folder)です。複数の書類の容れ物です。

用紙は、最も基本的な、記録と保存とを目的とした媒体(メディア:media)です。戦前・戦後しばらくの間、学校教育の場では、クラスの生徒数に配る程度の、少数の印刷物の作成には、洋紙を使う簡易な謄写版、通称で言うガリ版で作りました。教師は、インキまみれの作業に、かなりの時間を割きました。やや部数を必要とするときは、街中(まちなか)の活版印刷屋さんに依頼することもしました。戦後普及したゼロックスは、経済的な道具ではなかったからでした。私的に文書を作成するときは、両面印刷のできない薄い和紙を使いました。見掛け上見開きで使う両面文書にするため、二つ折りにして綴じました。その文房具の定番は、「筆・千枚通し・繕り(こより)」です。和紙は腰が弱いので、「棚に平置きする、大福帳のように、紐を付けてぶら下げる、丸めて掛け軸の保存のような桐箱に納める」などの方法を使いました。戦後、文房具の定番は「ボールペン・ホッチキス・セロテープ」が利用されるようになりました。事務用品の三種の神器と愛称することがあります。

文書は、中身の文章が主体です。和紙は、適切な管理下では永持ちします。洋紙、それも酸性紙は風化しますので大きな社会問題でした。日本は、湿気が多いこともあって、和書の保存のため、初夏に虫干しをする習慣があります。風通しが主な目的です。奈良の正倉院は 756 年の創建です。校倉造(あぜくらづくり)の建築構造は湿気対策になっています。紙の文書は、量が多くなると整理の手間が掛かりますし、広い保存場所も必要です。中身が再現できるように、縮小して保存する方法が種々工夫されてきました。直接には縮刷版の印刷、マイクロフィルムでの保存、が多用されてきました。銀塩のマイクロフィルムは、100 年持つことが経験的に知られています。しかし、ジアゾ系のフィルムは、50 年程度で劣化することも分かってきました。

2.4.2 コンピュータが使うファイルとフォルダ

コンピュータ用語としてファイルとフォルダとを使うようになったのは比較的新しく、マイクロソフト社が OS を Windows に変更した以降です。それまでは、ディレクトリ(directory)と言いました。パソコンの CPU 側から見れば、入出力のデータは、物理的には二種類の外部装置(周辺装置:peripheral)を使って読み・書きが行われます。記録媒体(メモリ)と読み書き装置(デバイス)です。前者はソフトウェアの扱いをするファイルと、その集合としてのフォルダです。後者は、ハードウェアの扱いをする紙テープ・磁気テープ・磁気ディスクなどの機械装置です。抽象化して、ディスクと総称します。磁性材料を使うテープやディスクなどの媒体は、磁性が保証できる年限は、未知です。装置の開発や改良が多いため、古い保存媒体が利用できなくなることが、深刻な問題です。かなりの知的資産が失われています。したがって、重要な資料は、定期的にバックアップすること(予備の複製)が必要です。半導体の集積回路を利用する ROM、さらにフラッシュメモリは、読み書き用の機械装置(デバイス)を使いませんので、今後は保存媒体の主役になるでしょう。しかし、どれだけの長期保存に耐えるかは、未知です。ファイルの論理的な中身であるデータはバイトの集合であって、バイナリーファイルです。テキストファイルは特別扱いをします。

外部装置で扱うテープやディスクのデータの読み書きの速度は、CPU の演算速度に比べると、桁外れに遅いので、CPU と同じ高速度でアクセスできる半導体の RAM(random access memory)を内部に組み込んで、ここに当面の作業用データを読み込んで利用します。これをキャッシュメモリ(現金のようにすぐ使える)と言います。16 ビットのプロセッサを使うパソコンでは 130KB(=2×65KB)程度でした。16 ビットパソコンでは、符号なしの整数の最大値が、通称で 65KB でした。32・64 ビットのプロセッサを使うパソコンでは 8GB 程度の大容量の RAM が利用できます。OS などのシステム用にも使いますので、ユーザ用領域は 2GB 程度です。例えば、文書ファイルを MS-WORD で編集するとき、ページ数が多くても、作業能率の低下を抑えることができます。編集作業中、切りのよい段階で元のファイルと差し替えることを上書き保存と言います。前のデータも念のため残しておきたいので、OS 側では、一時ファイル(*tmp)を別に作成しておいて、作業の終了のとき、前のファイルを消去するように管理してくれる工夫もされています。更に言えば、この作業では、物理的にみれば隙間ができ、ファイルが飛び飛びに利用されることになり、ファイルの利用効率が下がります。ファイル整理を謳ったアプリケーションもあります。

2.4.3 ファイル名の管理

記憶媒体にどのようなファイルがあるかの目録を表示するアプリケーションは、基本ソフトの一つです。MS-DOS では **DIR**、Windows では**エクスプローラ**です。「ファイル名、作成年月日、ファイル寸法など」がリストされます。これは、書物で言えば書誌事項に当たるデータです。ファイルの先頭に、データが書き込まれています。その書式は、ファイル作成時の OS によって違いがあります。したがって、正しく読めない媒体もあります。書式用データは、何がしかのバイト数があります。MS-DOS では、ファイル名は半角 8 文字まで、**拡張子**(extension)も英数字 3 文字の制限があります。ファイルの寸法はバイト数で表示されますが、物理的な全バイト数です。Windows ではファイル名は 31 文字まで書くことができます。また、4 字の拡張子も許されています。ファイル上のバイト並びは、或るまとまったバイト数でブロックに区切ります。標準的には1KB(1024 バイト)です。したがって、仮に、本文が 1 文字であっても、1KB 単位で区切る領域を使い、KB 単位の寸法表示に端折ってあります。

ファイル名は、ファイルが作成され、保存の場面でシステムが問合せをしますので、ユーザが命名します。拡張子は、ユーザが勝手に命名できないように、システムが管理しています。ただし、(*.txt)以外の拡張子であっても、テキストエディタのソフトはテキスト形式のファイルであることを認識してユーザの編集作業に利用することがあります。そのときは、拡張子の書き換えもできます。これは、エクスプローラの表示画面で行いますが、命名変更では、警告メッセージが表示されます。例えば、MS-EXCEL では、作業中のデータを(*.CSV)形式で保存できます。このファイル形式は、データ区切りにコンマを使うテキスト形式のファイルです。WEB で利用する HTML 形式のファイル(*.htm, *.html)も、テキスト形式のファイルです。編集用の特別なソフトを使うまでもなく、単純なテキストエディタで編集作業をしておいて、拡張子を(*.txt)から(*.htm)に変えるだけ済ませることができます。拡張子の文字数は 3 が普通です。ファイルの形式は、テキストファイル(*.txt)か、バイナリファイルかです。プログラム文のソースファイルはテキストファイルで作成します。コンパイラが区別できるような固有の拡張子を使います。メインフレームを使っていた時代、FORTRAN は(*.FOR)、COBOL は(*.XLS)、Basic 系では(*.BAS)、のように英大文字を使いました。TTY を使うインタフェースでは、英字は大文字しか使えなかったからです。IBM 社がパソコン用に提案した 101 個のキー数を持つ「101キーボード」にある文字種が、ほぼ標準になりました。特殊な記号も使えるようにはなりました。しかし、日本語で使う掛け算・割り算の記号「×÷」はありません。また、文字コードは同じでも字形が異なることがあります。C 言語のソースコードは(*.c)、C++のそれは(*.cpp)と付き、英小文字を当てるようになりました。長い文字並び(31 文字)の語句をファイル名に使うこともできるようになって、ピリオドを挟むこともあります。名前の最後に来るピリオド付きの綴りが拡張子と判断されます。また、ファイル名をクリックすると、ファイルの種類を拡張子からシステムが判別して、そのファイルを使うアプリケーションを**起動(立ち上げ)**: start up)するように関連させる使い方があります。

2.4.4 紙を使う記録媒体

古典的ですが、知識としておきたい記録媒体の説明をここにまとめます。紙を使う媒体は、カードの束、または、穴あきのテープです。IBM 社が 1928 年に開発した 80 欄のパンチカードは、カードゲームのトランプ束の言い方を利用して**デッキ(deck)**と呼びました。ミリ単位の寸法は 187mm × 83 mm です。材質は厚さ 178 μm、重ねると、約 56 枚で 1cm)です。2000 枚単位の箱詰めで保存しました。順番を変える自由度の大きな、固定長レコードの集合で構成する有限寸法のファイルの一形式でした。一行単位でのデータですので、データの修正、並べ換えが簡単にできることが、テープ形式よりも便利でした。しかし、大量の紙資源を使いますし、保存のためにかなりの広い空間が必要です。穴空きの紙テープは、構造的にはカードを連続的に繋いだものです。**自動オルガン**で使われていた歴史があります。データの扱い易さに多くの研究がされてきましたので、記録媒体の種類も増え、それを扱うデバイスも混ぜこぜに使われることが起こり、データの読み書きに使うプログラムを書き換える手間が必要になりました。これを解消する考え方が、抽象化した一種類の仮想(virtual)のファイルと仮想のディスク(disk)です。種類違いは、番号または英数字記号で済ませます。ユーザのプログラムと、実デバイスとの間に、デバイスメーカーが提供するプログラムの**デバイスドライバ**を介在させます。複数のデバイスドライバを制御するプログラムが OS の機能の一つであって、ユーザインタフェースです。IBM 社が発表した PC-DOS (disk operating system)が始まりです。それをマイクロソフト社が引き継いだ **MS-DOS**(1981 年)が業界標準になりました。

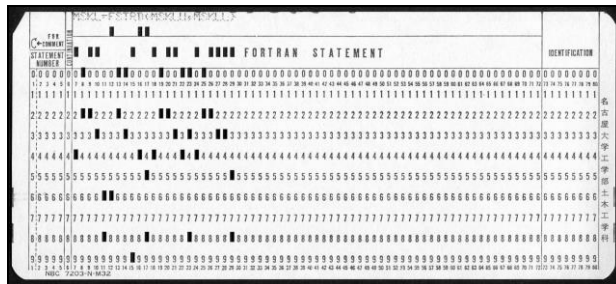


図 2.10 IBM の 80 欄カード

2.4.5 磁気テープ上のデータ並び

コンピュータ用の磁気テープ装置は、デジタル記録方式の磁気テープを使いました。そのデータ構造は、目で見て確かめることができません。視覚モデルは、紙テープと同じように考えます。音楽用のアナログ式のカセットテープよりも幅の広いテープに、幅方向に 9 トラック。長さ方向は 2400 フィート、記録容量は 23MB(80 欄カードに換算して 288000)です。長さ方向には、一定個数並びのバイト長、例えば 1KB 単位のブロックに区切ります。データは、テープの始めから連続的に記録します。途中書き込みはできませんが、ブロック単位で読み出しができるように、或るバイト数(標準には 1KB)のセクタに区切り、読み書き単位にします。音楽テープとは異なった、途中停止のできる読み出しができました。そのため、元のデータが、仮に数バイトであっても、ファイルの寸法は 1KB を使います。磁気テープに記録されるファイル形式を順編成ファイルと言います。データの読み書き方式は、並列インタフェースです。複数の信号線の束で接続されます。磁気テープは、物理的には無限に続くバイト並びを考えることができます。

磁気テープは、複数のファイル単位の集合を集めたフォルダに構成します。一単位のファイルは、先頭に、頭の項目として、書誌事項に相当するデータが書き込まれ、データ本体が続く、ファイル単位の終わりの項目の EOF(end of file)があります。頭の項目は、ユーティリティプログラムのエクスプローラでリストされる「ファイル名・拡張子・作成年月日・時刻・ファイル寸法、など」です。特定のファイルを利用するとき、巻き戻しをして最初からデータ数を数えながら位置を探す(頭出し)に時間が掛かります。これは欠点ですが、データの安全管理では利点です。ただし、磁性が落ちるなどの経年耐久性については、良く分かっていません。この頭の項目があることで、ファイルをコピーして別のパソコンシステムのファイル装置でも利用できるので。しかし、書式仕様については、参考書などで詳しく紹介されることはありません。OS によって違いもあります。したがって、リストが作成できない、またファイル本体も利用できなくなることがあります。

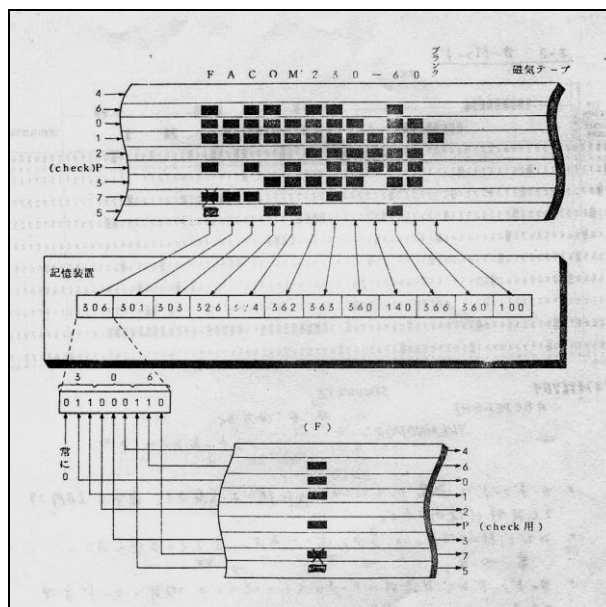


図 2.11 コンピュータ用磁気テープの構成モデル

2.4.6 磁気ディスク上のデータ並び

磁気ディスク(disc)は、円盤状の磁性材料を回転させる機械装置です。ランダムアクセスファイル(random access file)として利用されます。最初に作成するときは、データ書き込みの前にフォーマットが必要であって、File Allocation Table (ファイル・アロケーション・テーブル、FAT、ファイル割当て表)を作成してから順編成ファイル形式で作成します。FAT には、磁気テープの頭の項目に相当するデータが作成されます。ランダムアクセスファイルは、「データの消去・書き換え・追加」ができます。これは、最初に作成した順編成ファイル構造が変わります。データ並びが変わりますので、論理的に一続きのデータ並びのファイルとして利用できるように FAT の書き換えが必要です。悪くすると、ファイルが利用できなくなることがあります。データ並びは、円周方向のビット並びです。物理的な読み書き単位は、一定バイト数で区切られたセクタです。直列インタフェースで読み書きします。腰の弱い円盤状の構造のディスクは、フレキシブルディスクが正式名ですが、通称はフロッピーディスクです。厚手の用紙の保護カバーを使い、外形寸法は、8 インチから始まり、5 インチ版、次いで、樹脂製の保護カバーを使う 3.5 インチの寸法になりました。

2.4.7 ファイルの進化

パソコンで利用するデータは、ファイルと総称して記憶媒体に記録されます。データの読み・書き・編集について、管理上、二つの問題があります。一つは、データに障害が起きないように保存する安全性の確保です。光ディスクを使う 12cm 径の CD(コンパクトディスク)は、磁気ディスクに代わる媒体になりました。二つ目の課題は、ランダムにデータの読み書きができる媒体の開発です。CD は、この処理ができませんので、CD-ROM として利用するだけです。ランダムにデータの読み書きができる媒体として、1990 年以降、IC チップを使うフラッシュメモリが、大容量のランダムファイルとして使うことができるようになりました。機械装置を使わず、USB(universal serial bath)で接続するだけのインタフェースです。今後は、この二つの媒体の使い分けが主流になると思います。

2.5 ファイルの中身を理解したい

2.5.1 バイトの論理的な意味付け

CPU の基本的な構造は、或るビット数長さの 4 つのレジスタの集合を、さらに或る数単位で集めて構成します。このビット数から、8 ビットの CPU、16 ビットの CPU…のように言います。16 ビットの長さを、ビット・バイトに続く上位の寸法単位名を**ワード**(word)と呼ぶことがあります。16 ビットのパソコンが多用されていた頃は、符号なし整数型としても言う長さでした。この寸法の上位単位に**ページ**(page)を使うこともありましたが、しかし、パソコンの CPU が 32 ビットのプロセッサを使うようになって、これらの単位名では誤解を生じるようになりました。現在ではファイル寸法は**バイト**数で言い、KB、MB、GB、TB を後置詞として使います。ただし、便宜的な寸法の呼び方です。実寸法の近似値で使います。1KB は、正確には 1024 バイトです。

テープ・ディスク・CD などの記憶装置(メモリ)内のデータは、ビット(2進数)の集合ですので、**バイナリファイル**と言います。論理的には、8 ビット並び単位で区切るバイト順です。物理的な視覚モデルには、ソロバンを考え、左から右向きに、順に詰めます。8 ビット並びのバイトは、256 通りの種類があります。これを、ソフトウェア的には3通りの使い方をします。バイトの性質を区別するときの呼び方です；

- 正の整数:0~255 を表す
- 符号付き整数:-128~127 を表す
- キャラクタコード(文字コードのこと)を表す:二種類あります。アスキー(ASCII)コードと拡張コードです。

キーボードから入力して文字並びだけの集合で作成するファイルを**テキストファイル**と言います。アスキーコードだけを使うファイルがアメリカ標準であって、特に**アスキーファイル**として区別する言い方をします。日本語の環境では、漢字とカナも使いますので、日本語用 OS がサポートするテキストファイルは、1バイトの拡張文字コードと、2 バイト文字コードの両方を扱えるようになっています。

2.5.2 ファイルの中身のリスト

一般のユーザがパソコンを利用するときは、主に、手紙に代表される実用文書の管理が目的です。文書の作成・編集に使う種々のソフトウェアが発表されています。文書の確認は、モニタに表示するか、用紙にプリントします。前者を**ソフトコピー**、後者を**ハードコピー**と言います。文書の最も基本的なデータは、文字コードの集合を集めたテキストファイルです。この作成と編集とに使う最も原初的なプログラムが通称で言う**テキストエディタ**です。パソコンの OS には必ず含まれていて、**コマンド**と言うことがあります。プログラム名は、OS によって違いがあります。Windows 系のパソコンでは、notepad.exe ですが、Windows アクセサリの中では「**メモ帳**」のソフト名です。識別子(*.txt)のファイルを扱います。単純に文字並びだけの編集ツールです。字形の無い部分をスペースで埋め、レコード長を一定バイト数で区切る**固定長ファイル**と、改行記号を使い、利用しないバイト位置を節約する**不定長ファイル**とがあります。書式メニューの中の「右端で折り返す」機能は有用です。モニタ画面では、改行無しの長い文字並びを表示させるため、フォーム(ウインドウ)の右端で自動的に折り返し、つまり改行させて、文字並び全体を確認できます。これが標準です。ただし、縦方向に納まらない部分は、スクロールして観ます。右端で折り返さない設定では、長い文字並びは、ウインドウの表示範囲を外れますので、左右方向にスクロールして観ます。この設定は、見出し・段落単位での改行で一行になる表示ですので、文書全体を合理的な組み立てるときの確認の助けになります。

2.5.3 ダンプリストとしての使い方がる

テキストエディタは、識別子(*.txt)の付いたファイルだけを扱うソフトです。テキストファイルでも、ファイルの先頭に書誌情報書き込まれているのですが、これはモニタに表示されません。テキストファイルであっても、他のファイル(バイナリファイル)も、バイト並びをすべてビット並びで確認したいことがあります。識別子違いのファイルを開ける設定もできます。このときは、一種のダンプリストが表示されます。ただし、字形を持たないバイトは空白(スペース)が入ります。テキストファイルの場合には、識別子を変えます。この使い方を読み出したファイルを上書き保存すると、部分的にバイトのビット構成が変わることがあって、ファイルが正しく利用できなくなる障害が起こります。この危険を避けるため、文書の編集は、元のファイルをコピーして、コピーファイルの方で作業を進める安全作業を勧めます。バイト並びを確認したいダンプリスト専用のソフトは、古いバージョンの MS-DOS にはバイト情報を、16 進数表示と字形表示とをリストできるコマンドがありました。例えば、アスキーコードの英字並び「ABCDEF…」を表すとき、16 進数の文字並びは「41 42 43 44 45 46…」になります。バイトが表す数値そのもの「1, 2, 3, 4, …」を 16 進数の文字並びで表すと、「01 02 03 04…」です。バイトデータが数字「1234…」であれば、16 進数文字並びは「31 32 33 34…」です。

2.6 文字データの入出力

2.6.1 簡易な印刷機の需要

算術計算では、データを手作業で扱う場面に大きな手間が掛かります。ソロバンを使うことを考えれば分かりますが、データ入力も結果の出力も一過性ですので、用紙に書くことをしなければ、何も記録が残りません。金銭登録機に簡単な印刷装置が付いていることは、画期的なことでした。部数の多い印刷物を作成する例は、浮世絵に木版が利用されてきました。しかし、身近で小部数の印刷をしたいときには対応ができませんでした。1907 年に発表されたレミントン社の機械式の英文タイプライタは、活字の種類として英字が 26 文字と少ないことで実現したと言えます。電動化も比較的早くから実現できました。一方、漢字圏では、字種が数千もあります。企業などで 1980 年代頃まで利用していた邦文タイプライタ(図 2.12)は特殊な装置であり、また独特のタイピング作業が必要でした。電動化は不可能でした。1990 年代、ミニコンを利用する単体のワードプロセッサ専用機と、簡易なドットプリンタ方式が開発されたことによって、一応の解決が進みました。これが、パソコンの利用に代わりました、



図 2.12 邦文タイプライタ(カタログから)

2.6.2 標準入出力装置

初期の大型コンピュータは、電話線を介して電報の送受信装置として開発されたテレタイプライタ(TTY)の利用に始まりました。キーボードとプリンタとの一体型の電動タイプライタ装置です。**標準入出力装置**(BIOS: basic input output system)と言いました。外形がパイプオルガンの演奏台に似ていることから、**コンソール**の愛称が付けました。

英字は大文字だけしか使えませんでしたので、数字・記号などと合わせて 56 の文字種しか使えませんでした。プログラミング言語の FORTRAN, COBOL では、英字は大文字だけを使いましたが、TTYコード系を利用していたためです。

TTYのタイピングは、6 組の電磁石で活字レバーを選択させる機構でしたので、6 単位の電気信号で送受信しました。伝送速度を効率化するため、6 孔の鑽孔紙テープ装置を持っていました(図 2.13)。一般ユーザは、メインフレームに直接アクセスすることは許されていませんでした。6単位の紙テープは、裏返しや読み取り向きに混乱することが起こります。英小文字などの利用を考えて、非対称の孔配列の 8 単位の紙テープを利用するようになり、これが 8 ビットを 1 バイトとする標準化に進みました。

初期のメインフレーム全体は巨大なシステムでした。TTYは、連続用紙(ストックフォーム)を使うため、外観は縦型です。現在のノート型パソコンは、ビルー室を占拠するような巨大なシステム全体がそっくり入ってしまいました。驚異的な縮小です。ただし、個人利用のプリンタは、別のデバイスです。

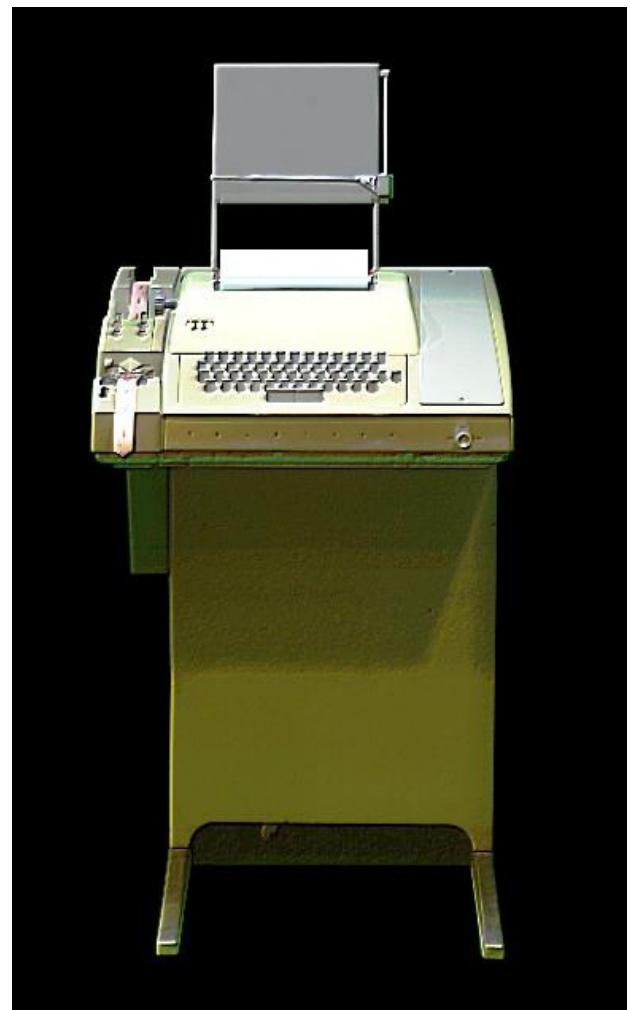


図 2.13 コンソール型のテレプリンタ
(左端に紙テープ用装置があります)

2.6.3 パソコン用のキーボード

文字(ここでは英語環境)は 1 バイト単位で定義します。ASCII コードは、1～127 の整数範囲で定義します。このコード系では、「字形の有るコード・空白(スペース)のように、隙間を空ける目的のコード・字形の無い編集制御用コード・通信制御用のコード」の種別があります。IBM 社がパソコン用キーボードとして提案した101キーボードは、このコードをすべて入力させることができます(図 2.14)。ただし、日本語で言うテンキーが右につき、数字キーなどは重複しています。シフトキーを使うことで、同じキーで別コードの2字の入力ができますので、キーの数が 101 個になることが型名になっています。日本語用のキーボードは、スペースバーの幅を狭め、英字→カナ→漢字変換用キーが追加され、キー数を 109 に増やした形式が使われています。



図 2.14 101キーボード(日本語用には109キーボードがあります)

2.6.4 大量高速印刷機の課題

第二次世界大戦中、軍用(military)として研究されたメインフレームは、数値計算の高速化が目的でしたので、計算結果の印刷にはTTYを使用する程度でも済みました。戦後、メインフレームを民生(civil)、主に事務処理に利用するようになりました。例えば、個人別に宛名と金額とが異なる電気料金の領収書を高速で印刷することが必要になりました。従来の出版印刷は、活字を組んで同じ印刷物を作成する方式でしたので、それとは異なる特殊な、ラインプリンタを使いました。見掛け上は、新聞印刷に使う輪転機方式の印刷機であって、文字種も限られていました。質の良い印刷には、レーザープリンタ、さらにはインクジェットプリンタが開発されてはいましたが、高速大量印刷には向きません。新聞社は、組み版作業を含め、同じ紙面で大量高速の印刷から配送までを、それも短時間で処理を進める情報産業です。1980 年代、多くの新聞社は廃業の危機に直面する状態に落ち込んできました。その立て直しの手段の一つに、コンピュータ化が考えられました。印刷システムの電子化と、新聞社が扱う情報資料のデータベース化がそうです。

2.6.5 印刷技術の大衆化

企業の経営者など、管理の責任者は、雑用的な業務、とりわけ、定型的な文書の作成を秘書やタイピストに任せます。庶務とは、雑用を意味する用語です。秘書の職業はパソコンの使い方に高度な技能と知識を持つことが必要です。マイクロソフト社は、Office の商品名を持つソフトウェアを発売しています。ファイルやフォルダなどの事務用品の用語をパソコン用語にも使うようにしたのは、秘書やタイピストを主なユーザ(利用者)として想定したことが理由です。金融関係では、伝票などのデータ整理にも、直属の、高度なタイピング技能を持つキーパンチャーがタイピング作業に当たるなどの分業で、効率化と共に、企業機密の安全を図っています。

大型コンピュータの開発は、多くの人が参加する分業的な作業と並行して、個人が占有して使いたい希望に沿うような開発が競われてきました。現代のノート型パソコン(personal computer)は、一人占めで利用する小型のコンピュータですが、往年の大型コンピュータを遥かに上回る機能を持っています。これはパソコン利用が便利になった面です。しかし、少し専門的な作業は、別の人の協力で解決できたことも、すべて自分で当たらなければならなくなりました。これが不便な面です。例えば、DTP(Desk Top Publishing: 卓上出版)がそうです。体裁の良い少数の印刷物を作成したいとき、以前ならば手書きの原稿を持ち込めば、後はすべてを処理してくれる専門技術を持つ印刷屋さんがありました。自分ですべてを処理したいとなると、印刷・出版関係の専門用語を理解し、また書式や体裁を整える編集上の知識も必要です。個人の閉鎖的な環境でも勉強できますが、やはり専門に詳しい人を尊重し、その人との対話で解決する方が勝ります。パソコンは、人に聞かなくても、便利に利用できるような道具に進化してきました。しかし、使えなくなったとき、一転して、原始時代に帰った状況になる怖さがあります。文字を書けない、また鉛筆の持ち方が下手な人が眼に付くようになっています。

2.7 画像データの入出力

2.7.1 画像の作成と認識

文字は、「読み・書き」の対で利用し、情報を伝える媒体です。パソコンの利用では、モニタで観るか、プリンタで用紙に印刷します。図書(としょ)の用語があるように、図は文で表される情報を補う役目があります。古くは「ずしよ」と読ませました。パソコンで扱う場合には、まとめて、**画像**(image または picture)と言い、画像を扱う技術の総称が**グラフィックス**(graphics)です。画像は、多様な種類があります。代表的には、写真・工業図面・イラストの三つに分けます。普通に観察する場合は静止画ですが、近年はテレビの普及もあって、動画としての使い方が増えています。こちらは**映像**と当てています。文字の「読み・書き」に当たる行為は、「作図と認識」と言うことにします。工業図面の場合には「製図と読図」の言い方があります。画像の認識は、対象物が何であるかを知ることです。感覚的には色の種類、コントラスト、精細度などにこだわります。コンピュータを利用して、画像から、何かの情報を引き出す(認識する)ことを**人工知能**の研究に含めるようになりました。

2.7.2 作図機械の需要

コンピュータを利用して、幾何学的に正確な線図を描かせる装置を開発する研究は、二つの流れがありました。地図の作図と工業製図での図面作成とです。どちらも、インクペンを移動させて大版の用紙に線図を描かせる装置であって、**プロッタ**と言いました。地図では二枚の航空写真から立体視で地形データを読み取る**写真測量**の技術が開発されました。数式をグラフ化する研究にもプロッタが応用され、その装置の制御に使うサブルーチンの標準化が 1977 年、ISO が提案した GKS(graphical kernel system:)です。製図では、日本では**自動製図**として研究から始まりましたが、英語の頭字語 **CAD**(computer aided design and drawing)が一般化しました。カラーを使う作図のデータをファイルに保存して、**CRT**(cathode ray tube)モニタで観察することは 1980 年代から始まっていました。1990 年代以降にインクジェットプリンタに多くの製品が発表される前は、CRT モニタをカラー写真で撮影する方法でしかハードコピーを作成できませんでした。

2.7.3 モニタ表示の進化

標準入出力装置に TTY を利用していた 1970 年代までは、カード、テープ、プリンタなどに大量の紙資源を消費していました。再利用のできるフロッピーディスクと CRT モニタの採用は、作業環境を大きく改善しました。パソコンの OS に MS-DOS が採用されたのは 1981 年からです。そのコマンドが使い易かったこともあって、OS が Windows 系に変わったパソコンでも、Windows システムツールの中に**コマンドプロンプト**のアプリケーション名で、利用できます(図 2.15)。主に文字の表示に利用されていましたが、**解像度**(レゾリューション: resolution)は高くありませんでした。CRT モニタの地の色は灰色であって、電子線の当たる箇所を文字を白く表示する方法でした。高解像のカラーモニタ(640×480)は 1984 年から利用できるようになりました。OS が Windows に変わったことは、多くのアプリケーションプログラムの書き換えを必要とした混乱が発生しましたが、2007 年頃から安定した利用ができるようになりました。Windows のユーザインタフェースは **GUI** ですので、より高解像度のモニタが**液晶**の採用で開発されてきました。画面の設計でも、複数の**フォーム**(ウインドウのこと)を並べて利用できるようになりました。これを **MDI**(multi document interface)と言います。図 2.16 はその一例です。モニタ全画面を親ウインドウとして使い、その中に、キーボードからのテキスト入力の確認用ウインドウ、テキスト出力と編集用ウインドウ、グラフィックス出力用ウインドウを配置してあります。前二つは標準入出力装置のコンソールの機能を持たせてあります。カラー表示を標準としたモニタ画面ですので、地の色を白にしています。

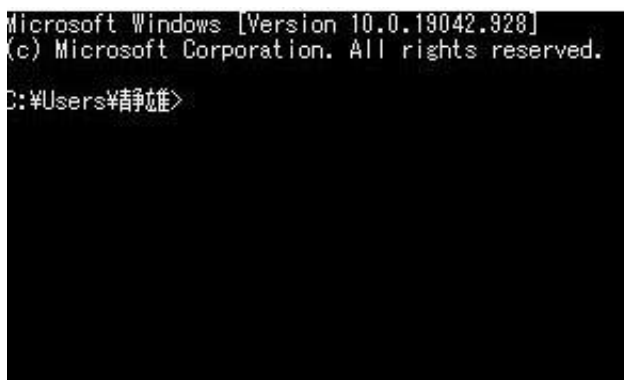


図 2.15 DOS のコマンドプロンプトの実行画面

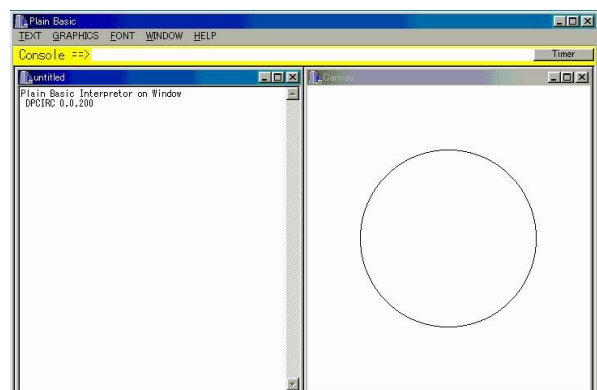


図 2.16 Windows のモニタ画面の例図

2.8 線図

2.8.1 線図の手描き

線を引いて図を描く場面を4つ紹介します；

- 古典的で基本的な手描きの作図道具は、「墨と筆」です。細い線を引くには技能が必要です。矢立(やたて)は、携帯用の筆記用具であって、細い字を書くことにも使われました。現代のモノクロの線図(line drawing)の道具である鉛筆は、明治以降の利用です。製図用具の烏口(からずぐち)も輸入された道具です。
- 地図(map)は、図(plan)だけで独立に利用する文書です。幾何学的に正確な日本地図は、伊能忠敬が 1800～1816 年に作成しました。実は、伊能図よりも 42 年以上前の 1779 年、長久保赤水は、庶民が利用できる極彩色の日本地図を発行していました。当時でも驚異的な正確さの地図ですが、現地に出向いて作図したのではなく、資料を集めて編集した地図です。
- 工業製図(technical drawing)は、線図で描く技術です。定規とコンパスを道具としますので用器画と言います。欧米文化に学ぶことから始まりました。記録媒体の図面は、寸法が記入されている図であって、実践的な利用が目的です。アメリカ技術に多くを学びました。フィート単位と尺とはほぼ同寸法です。日本の職人さんは、英語が分からなくても、アメリカで利用していた図面を理解する(読図する)ことができました。
- 文字の字形も、線図で描きます。漢字は数千種類もの字形があります。手書きでは、実践的には種々の簡易化した字形を書きます。古文書では、崩し字、また、辞書に載らない字形も多く使われています。活版印刷が主流であった時代、画数の多い漢字は、そのまま縮小字形の活字で印刷に利用すると判読できなくなります。画数を抑えた簡易化字形、または別字を当てることをします。繁体字・簡体字の用語があります。

2.8.2 活字の寸法と字形の寸法

鉛の活字を並べて組み版を作成するとき、寸法を言う規格が幾つかありましたが、現在はポイント(point, pt, ポ)が標準です。1インチ長さ(25.4 mm)が 72 ポイントです。本来、活字の寸法を指定するため、整数で使います。12 ポイント長をパイカと言います。英文タイプライタでは縦 1 インチに 6 行、横 1 インチ幅に 10 字詰める字形寸法も、通称でパイカと言います。A4 版の用紙を縦に使うとき、一行に 80 文字を詰めると左右の余白が採れません。そのため、実用文書用には、横 1 インチ幅に 12 字を詰める、やや小さめのエリート寸法の字形を使います。漢字活字は効率的に組み版ができるように、或る標準ポイント数(全角と言います)の 2 倍(倍角)、または 1/2(半角)を併用します。英数字と漢字とを混用するとき、英数字は横幅を半角にしますが、全角の英数字も使えますので、混乱することがあります。一方、字形の寸法を言うときも、便宜的にポイント数を使います。字形の寸法は幾らか、小さ目に抑え、活字を詰めて並べても、読み易さを助ける隙間を空けるためです。ワードプロセッサでは、字形を指定するフォントのメニューがあり、ポイントとは書いてありません。MS-Word には小数を持つ 10.5 があります。また、奇数(9, 11)も指定できるようになっています。印刷物としての見てくれを良くする方法は、字体の工夫(明朝体・ゴシック体など)と、字詰めです。日本語のワードプロセッサ MS-Word では、例えば MS ゴシック(等幅フォント)と MSP ゴシック(プロポーションアルフォント)の使い分けができます。なお、横書きの英字並びは、1 インチ高さに 6 行詰めが標準です。これを single spacing と言います。一行高さは 12 ポイント(パイカ)です。一行飛びに並べるとき、double spacing と言います。文字の横並びで一文字分の隙間を空けるときは、字形のない空白文字(space)を挿入します。別の英単語であることに注意します。

2.8.3 ドット並びで線を描く

工業製図、また、説明用のイラスト、表の枠線などに描く実用的な線幅は、ポイント数にして、1, 2, 4 の 3 種類を使い分けます。モニタ、またはプリンタに図形を表示させるときは、点(ドット)の集合で表します。丸い図形を使う場合と、矩形集合を使う場合とがあります。線図は電光掲示板のように、ドットを連ねて、見掛け上、線と見えるように表します。モニタが表すことができるドットの数を精細度(レゾリューション: resolution)と言います。初期の高精度のモニタは、640×480ドットです。単純な図形である半角の英数字を、横 80 文字×20 行詰めで表すことを考えたドット数です。字形は、縦横、15×7ドット並びの設計でした。1行は 24 ドット分の高さを取りました。漢字は画数が多いため、15×15 ドットを使います。インパクトプリンタ用のドット字形には JIS X 9051(1984)、JIS X 9052(1983)16×16 ドットと 24×24 ドットの漢字字形が規格化されましたが、字間に隙間を空けるため、縦横 1 ドット分狭い字形でした。解像度は 160DP 程度です。A4 の用紙寸法に 12 ポイント相当の文字並びを詰めると、余白がなくなります。実用文書では、行間は 12 ポイントとし、字形は一段小さ目の、横 6 ポイント幅のエリートを使います。日本語用ワードプロセッサでは英字のフォントが二種類あります。英文専用と、漢字と共用する字形です。漢字は 10.5(ポイント相当)で指定します。ポイント数は整数で指定するのが原則ですので、便宜的な定義です。漢字と英字とを混用すると、相対的に見て漢字の寸法が大きくなりますので、漢字は 12 ポイント相当よりも小さ目に使うようにしたためです。MS-EXCEL では 11ポイント相当が標準です。

2.8.4 線図の機械製図:太い線

パソコンで制御するプリンタで精細な作図をするにはドットの密度を大きくしますので、線と言っても、点の集合で表します。レーザープリンタで文字線を表すとき、ドットの集合で字形を構成するドットフォントではなく、グラフィックスのソフトを応用したアウトラインフォントを使います。写真の画質を言うとき、1 mm幅に何本の線が区別できるかの本数で言いました。現在は、1 インチ当たりのドット数(DPI; dot per inch)が使われます。画質が荒々しく見えない実用値は **300 DPI** 程度であって、ミリ約 12 本相当です。レーザープリンタ、インクジェットプリンタでは 600 DPI の印刷設定が標準値です。モニタに表示する画像は、画面全体の**ピクセル**(pixel; picture cell)からの造語;画素)数で精細度を表す約束です。ドットインパクトプリンタは、モニタ上の図形をほぼ相似に表示できるデバイスです。カーボン紙またはインクリボンを挟んで2~3枚程度の複写が得られますので、現在でも需要があります。白黒モニタの表示に使うドット配列をそのまま複写するプリンタでしたので、50 DPI 程度の精細度です。日本 IBM 社が 1987 年に発表した 16 ビットのパソコン IBM55 系の CRT モニタは、約2倍、1024×768 の解像度があり、それとほぼ同密度のドットプリンタに出力させることができましたので、まずまずの画質のハードコピーが得られました

2.8.5 電気を使わないグラフの作図機械

専門的な話題ですが、橋の振動測定に地震計を利用していたことを紹介します。商用電源が無い現場では、電気を利用する振動計は利用できません。また、持ち運びもする装置です。地震は、いつ起こるか分からない自然現象ですので、監視用の古い時代の地震計は、24 時間、ドラムを回転させるのに電気を使わない時計機械でした。ドラムに用紙を巻き付け、松脂を燃やして煤を付け、ニスを薄く塗って落ちないようにします。先端に針を持った細長い棒が、錘が受ける地震動で振動し、煤を引っかかせてグラフを記録します。グラフは、一日分を、連続した螺旋に描かせました。図 2.17 は、Wikipedia から採図した図ですが、白い用紙にペン書きになっています。記録紙をドラムから切り外した波形図と共に撮影した写真ですので、紹介用に使いました。なお、地震計と地震波形の英語の用語について、説明を補っておきます。装置の方は、地震計(seismograph)、作図された波形図の方は seismogram と言います。電信機(telegraph)と電報(telegram)のように英語の接尾辞(-graph)は、装置の方を言いますので注意が必要です。ここで言うグラフは、graphics の単語の方です。

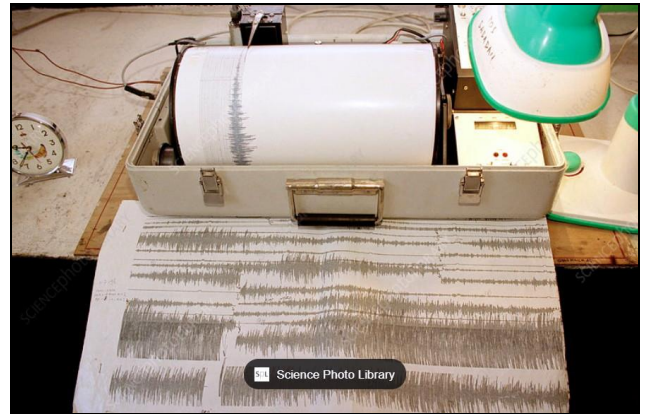


図 2.17 ドラム式地震計と地震波形の説明図

2.8.6 一次元の作図機械

電気・電子式の測定機には、ロール状の長い記録紙を使うレコーダが使われます。複数のペンを使う記録方式もあります。これは図 2-17 と似た作図です。ただし、図 2-17 は、線図が左上から右下にかけて折り返しになっていますので、線図全体は右下がりになっていることを見て下さい。パソコンのモニタを利用する作図では、科学技術関係では普通に見られ、必要に応じてデータのファイル化、プリンタへの描きだしに使われています。事象を動的に観察する使い方もあって、同じ位置で折り返しをします。病院で、患者の呼吸状態、血圧、などの監視用に使われる一過性の表示方式です。

2.8.7 二次元の作図機械

工業製図、また地図の作成のような大版の用紙を使う作図の場合、1980 年代頃は、ペンを移動させて線図を描かせる装置が必要でした。これを X-Y プロッタ、または単にプロッタと言いました。原理的には、鉄板を任意の図形に切り出すとき、ガス炎で溶断するバーナーの座標位置の制御法の応用です。パソコンが未だ一般化していなかった頃には、コンピュータと有線で結んだ方式であって、数値制御(NC; numerical control)と言い、NC 工作機械の用語がありました。機械工場では、大電力を使う装置もあって、これが、誤信号を発生して数値制御の工作機械が誤作動することがありました。機械式のプロッタは、大版の用紙も使えるレーザープリンタ、またはインクジェットプリンタの利用に換わりました。

2.9 濃淡図

2.9.1 色の三属性

モノクロ写真は代表的な濃淡図です。墨絵はモノクロ、水彩画はカラーの濃淡図です。油絵は、同色での濃淡違いを表示できない作図です。色違いの図の性質は、色の三属性で判断します。**色相(hue)・明度(contrast)・彩度(sharpness)**です。後の節で紹介しますが、図 2.20 が一例です。モノクロ図では、灰色とは、白と黒との中間の濃度です。灰色の度合を中間で幾つ考えるかの数をビット並びの 2 進数で区別します。1 ビットでは(0,1)の 2 通り; 2 ビットでは(0~3); 3 ビットでは(0~7)、4 ビットでは(0~15)のレベルを考えます。3 原色のカラーを使う場合には、各色ごとに独立したドットの集合を三つ合わせた単位を**画素**(ピクセル; picture cell→pixel)と呼びます。各色単位で濃淡レベルを使いますので、1 画素当たりのビット並びのデータを、**色深度**と言います。「モノクロ、8、16 ビットグレー、12、24、48 ビットカラー」などの区分があります。

2.9.2 濃淡図作成の原理

ドットを並べて濃淡違いを表したいときは、ドット単位が濃淡差を持つように工夫されます。ドット並びを部分的に抜く方式ではモノクロ写真のような濃淡図の作成ができません。白と黒との中間、灰色を表したいときは、ドットそのものに濃淡差をつけます。この方法には、二種類の方法があります。一つはドットの寸法を変え、下地との面積比を変えます。二つ目は、より小さなドットの集合で表します。図 2.18 は、字形に見掛け状の濃淡違いがあることを利用した作図です。これは、**タイプライターアート**と呼ばれています。実用的な濃淡の程度は、8種類です。1ドット当たり 3 ビットを使うデジタルデータの集合で、図形データのファイルを作成します。図 2.18 は、空白を含め、8 文字を使った濃淡図です。

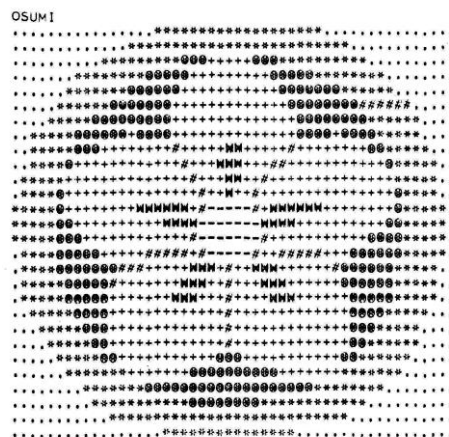


図 2.18 タイプライターアート

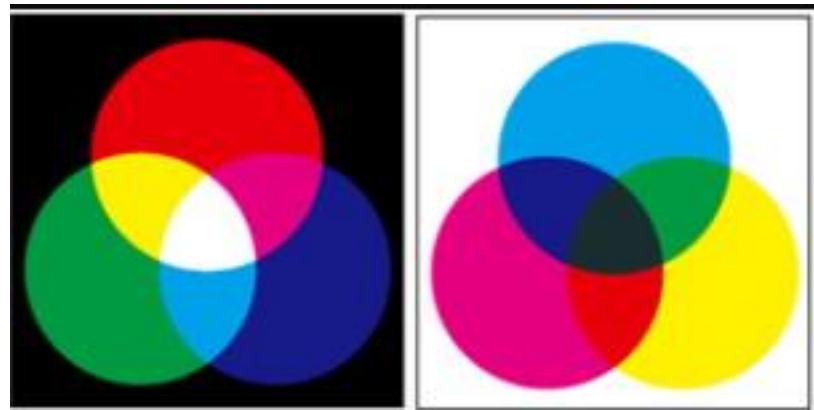
2.9.3 白紙用紙上の色合成

色を使い分ける図は、原理的には二種類あります。油絵と水彩画の区別が一例です。油絵的な作図技法は、**ペイント**(painting)です。濃淡差を表す作図が難しく、**点描画**が知られるようになるまでは、絵の具の混ぜ合わせで色違いと濃淡とを表しました。墨絵も含め、水彩画では、水で薄めて筆または刷毛で、何回もなぞる方法で濃淡差をつけます。霧吹きをモデル化して、**ブラシ**(刷毛の意)が使えます。或る領域を塗りつぶすペイントは、手作業では難しい面があります。作図道具にパソコンを利用するようになって、図のデータをファイルに保存できるようになりました。三原色の**絵の具**を混ぜれば、白地の用紙またはキャンバス上に、カラーの画像を描くことができます。色が見えること(色の認識)は、画像の反射光を見えています。対象物に当たった光成分の一部が対象物に吸収された、残りの成分です。色彩論では、**減法混合**と言います(図 2.19-B)。すべて吸収されると黒と見え、全反射は白です。色を重ねる作図は、白い用紙を汚すことになります。絵の具を多用すれば、黒ずんできます。絵の具を重ねる描き方をしますので、**減法混合**は誤解される用語です。カラーの印刷物(グラビア)では、白い用紙に「シアン・マゼンダ・イエロー」の三原色インクを塗る、または**カラートナー**をレーザー光で焼き付けます。コントラスト違いの灰色を表すため、カラーのプリンタでは、黒のインクまたは黒のトナーも併用しています。我々が自然色と見えるのは、昼間、明るい環境での反射光を見えています。夜間また人工的な照明下では正しい色には見えません。

2.9.4 モニタ上の色合成

カラーテレビの画面、パソコンのカラーモニタは、画面自体が三原色分の固有の光成分を持たせている発光方式のデバイスです。以前は、ブラウン管「陰極線管:CRT(cathode ray tube)」でしたが、液晶ディスプレイが主流になりました。です。原理的には、後ろから照明を当てて表示する方式です。下地の画面は黒色です。発光させることで明るい画像が表示されます。何も信号が無ければ下地の色です。質の良い黒色になるように製品が研究開発されてきました。三原色すべてを重ねると白く明るい画面が得られるように制御されます。色を加える発色法であることから、**加法混合**と言います(図 2.19-A)。二つの画像(A と B)は、互いに**補色**の関係になっていて、ピクセルデータのビット構成は**補数**の関係になります(図 2.14)。三原色の呼び方が別です:「A の場合(赤・緑・青)」、「B の場合(シアン・マゼンダ・イエロー)」が使われています。

図 2.19 は、説明用の例図です。濃淡違いの表示をしていません。この図のデータをメモリに保存するときは、三原色の個別単位に1ビットを当てるだけで済みます。バイト単位でのデータ保存を考えて、1ピクセルを4ビット並びで扱う図ですので、4ビットカラーの図と言います。8ビットのマイコンのモニターでは、8種類の色区別ができるモニターを使いました。その応用が、コンピュータゲームでした。色種が少ないのですが、豊かな表現の作品が多く発表されました。



(A): 加法混合

(B): 減法混合

図 2.19 三原色の重ね合わせで得られる8色(4ビットカラー)

2.9.5 色の合成

カラー写真の表示に使うには、濃淡区別の表示ができるモニターの開発が必要です。そのピクセル構成は、1原色当たり、2ビット、4ビット、8ビットのように増やしてきました。図 2.20 は、8ビット×3原色＝24ビットカラーのデータ構造を説明するため、16進数表示を示した図です。色違いの種類を言うとき、「256種の3乗通り(1677万色)有る」の言い方もありますが、実的な意義はありません。原色単位での濃淡違いを表すには、1ピクセル当たりの物理的な面積の中に、小単位の色付きドットを幾つ含ませられるかの問題になります。これは、ピクセルの寸法と関係します。初期のCRTカラーモニターは、1インチ幅に50ピクセル(50DPI)でした。LED(液晶パネル)では100DPIです。大画面の液晶テレビの画面では横幅に「2K、3K…(K=1024)」のピクセル数を使うようになりました。

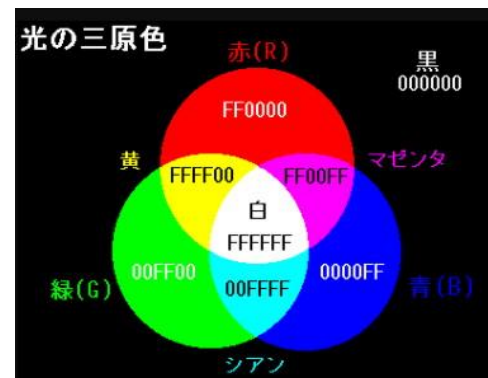


図 2.20 24ビットカラー構成

2.10 複写が重要な課題です

カラーテレビ放送は1953年に始まりましたので、モニターにカラーテレビの受信機を利用することは、古くから実用されていました。しかし、パソコンの環境で、用紙にカラーで印刷する方法は、1990年以降、インクジェットプリンタが利用できるようになってからです。それまでは、カラーフィルムを使ったカメラでモニター画面を撮影し、写真屋さんでプリントしました。デジタルカメラは、1995年から普及しましたが、これには大容量のフラッシュメモリが利用できるようになったことが大きく影響しました。

ゼロックス(XEROX)は、光学・電子工学的複写機の代表であって1959年から実用が始まりました。光学系にレーザー光を使うレーザープリンタは、1969年からです。2022年から、コンビニエンスストアでの複写機の機能が大幅に改善して、電子記憶媒体に記録された画像ファイルを読み込んでコピーが得られるサービスが始まりました。ただし、大部数コピーが必要になるときは、グラビア印刷のできる専門業者に依頼します。