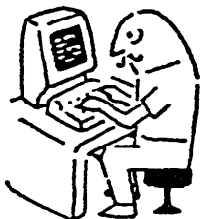


解 説

ハードウェアにおける人間的要素



高機能型端末のヒューマンインタフェース†

石 田 晴 久††

1. はじめに

1971年にマイコンが発表されて以来、半導体製造技術の進歩に支えられて、コンピュータ・ハードウェアの性能は年々向上している。例えば、マイクロプロセッサの集積度をワンチップ内のトランジスタ数でみると、当初のインテル 4004 で 2200 個だったものが、最近のインテル 80286 で 13 万個、さらに HP-9000 では 45 万個に達している。またメモリ素子の記憶容量は当初のワンチップ 256 ビットから 64 キロビットへ、さらには 256 キロビットへと増大しつつある。フロッピー・ディスクや固定ディスクの性能向上も急ピッチである。

こうして、大型機やミニコン、オフコンはもとよりパソコン（パーソナル・コンピュータ）ですらかなり高性能になってくると、コンピュータのハードウェアの方は一般にゆとりをもつようになる。このゆとり、すなわち、コンピュータ・パワーのあり余る部分は、今後は、ソフトウェアの支援のもとに、コンピュータを使いやすくするのに使われるべきである。この目的での研究開発や設計製造が進まないでコンピュータは今後どんどん大衆化してゆくユーザの要求に応えられなくなる。

本稿では、コンピュータを使いやすくする上でどんな工夫ができるかを、主としてハードウェアやシステムの面から検討してゆくことにする。

2. TSS とスーパーミニとワークステーション

エンド・ユーザからの使い勝手が問題になるような代表的なコンピュータ・システムには、多くのユーザが同時に使う汎用大型機あるいはスーパーミニコンをベースとする TSS と、一人のユーザが個々に使うミニコンやパソコン（今後はワークステーションへ）と

がある。これらの使い勝手を次に比較してみたい。

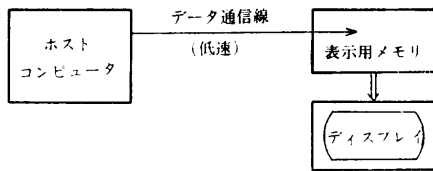
まず、TSS で典型的なのは、IBM 互換型と呼ばれる汎用大型機である。この種のコンピュータには、バッチ的な計算処理が速い、巨大なディスク・ファイルが使える、ソフトウェアが豊富で何でもできる、100 台前後までの端末機が同時につなげるなどの特徴はあるものの、使い勝手は余りよくない。これは 1964 年に発表された IBM システム/360 のバッチ指向のアーキテクチャを基本とし、TSS 機能は後から付加された形になっているからである。またファイル処理にきびしい性能が要求されるために、使い勝手よりは性能を重んじた設計がなされ、汎用を目指すために OS が主記憶の 3 分の 1 から 2 分の 1 を食うほど巨大になっているという面もある。

汎用大型機に比べると、1978 年から出始めたスーパーミニコンは、それだけアーキテクチャが新しく、最初から TSS 向けに設計されているから、使い勝手はかなりよい。この型の機種種の OS には、性能よりも使い勝手を重んじて設計されている UNIX のような使いやすい OS もある。UNIX が使いやすいのは、ツリー状のディレクトリのあるファイル系、伸縮自在でゴミ領域の出ないファイル構造、コマンドのパイプライン機能、コマンド言語系、文字列の正規表現、端末機とファイル間での入出力の切り換えなど、便利な機能がさまざまに工夫されているからである。

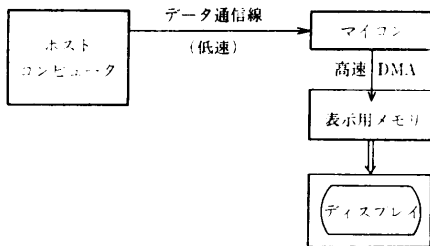
スーパーミニ以下のコンピュータでは、端末からの入出力は全 2 重で可能であり、キーボードからの入力とはくに指定すれば、1 行（1 レコード）単位でなく、プログラムで 1 文字ずつ拾うことも可能である。全 2 重で入力と出力が同時に独立にできれば、エディタでテキストを入力するときなど、システムからの入力促進（プロンプト）を待たずに、マイペースでどんどん入力ができる。これはタイピストには不可欠の条件である。また文字ごとの入力ができることは、システム側で入力を 1 字ごとにチェックして残りの文字を自動的に出してやるとか、入ってきた文節ごとにローマ字（カ

† Human interfaces in computers by Haruhisa ISHIDA (Computer Centre, Univ. of Tokyo).

†† 東京大学大型計算機センター



(a) インテリジェントでない端末機



(b) インテリジェント端末機

図-1 マイコンの効用

ナ) 漢字変換を行うといったことが可能になり、行単位入力に比べて使い勝手はずっとよくなる面がある。

しかし、スーパーミニコンならかなり使いやすいといっても、TSS では、とくにインテリジェントではない端末機を使う場合、次のような本質的な制約がある。

(1) システムの負荷（同時に使用中のユーザの数など）によって、応答時間が大幅に変わる。これは各ユーザの責任ではないが、各ユーザではどうにもならない。

(2) ディスプレイ端末で画面の書き換えが十分速くできない。図-1(a)のように TSS と端末の表示用メモリはうんと離れており、両者の間の通信速度は普通は 300 bps (ビット/秒) すなわち 30 字/秒からせいぜい 9,600 bps, すなわち 960 字/秒である。したがって、後者のスピードでも、伝送効率が 50% だと、80 字×24 行の 1 画面を表示し直すのに 4 秒もかかることになる。

(3) TSS センタが休みである時間帯には、どの端末からも仕事ができない。

こうした TSS の制約のもとで、TSS の使い勝手を大幅に向上させようとするとき、それを TSS 側だけでやろうとするのは、OS がますます複雑になりすぎて、もはや現実的ではないであろう。今後の方向としては端末をインテリジェント型にして、端末側の使い勝手を上げることが重要である。端末側にマイコンが入っていれば、図-1(b)のようにマイコンで表示用

メモリが直接いじれる上、いろいろな分散処理能力をもたすこともできるから、端末は一種のパソコンになる。逆にいえば、データ通信機能を持ち、端末機にもなりうるパソコンがインテリジェント端末であり、その高機能のものをワークステーションともいう。パソコンは、現用のものより能力が一段上のこうしたいわゆるスーパーパソコンになれば、使い勝手は格段によくなると思われるが、その理由は次のように考えられる。

(1) 一定の仕事に対しては応答時間が常に一定。

(2) 内蔵のマイコンが全力をあげて 1 人のユーザの面倒をみるわけだから、画面の書き直しはかなり高速にでき、カラー図形の表示も容易である。パソコンの代表的な画面エディタである Word Star のように、画面上で自動的に右揃えなどの清書動作 (runoff 機能) を行うのは、パソコンの方がやりやすい。

(3) パソコンはいつでも使える。停電でもない限り、すべてのパソコンが同時に使えなくなることはありえない。使いたいときにいつでもすぐに使えることも使いやすさの条件である。

(4) 原理的には、ユーザ個人の要求にマッチしたハードウェア/ソフトウェア構成がとれる。

(5) 一度に大きな投資をすることなく、段階的に一台ずつ導入できる。

3. コンピュータの使いにくさ

今後パソコンの性能がどんどん向上してくると、次世代のパソコンは、現在のパソコンよりもひとまわり性能が高いスーパーパソコン (ワークステーション) になると期待される。そこでもたらされる性能の“ゆとり”は当然、使いやすさの向上に向けられるべきであるが、どうすればそれが達成できるかを考える前に、従来のコンピュータがなぜ使いにくいかを反省してみたい。次にあげるのはよく聞かれるユーザの嘆きの例である。

(1) コマンド名やコマンドの構文などいろいろなことを暗記していないと使えない。画面上の情報を指して、「あれをやってくれ」といういい方ができない。

(2) 画面が小さすぎるために、異なるファイルの内容を比べながら仕事をするといったことがやりにくい。

(3) システムから応答を求められたときに、どう応答をすればいいのかがはっきりしない。また応答を間違えたときにとんでもない (わけの分らない) メッ

セージが出る。

(4) メッセージが主に英文であり、和文ではない。

(5) ファイルを使うとき、そのサイズ(往々にして可変でない)や編成を指定しなければならないシステムが多い。

(6) フロッピー・ディスクは枚数が増えてくると、その管理が大変になる。裏表ひっくり返して入れても入るのでまどつくことがある。

(7) テキストやファイルを誤って消した場合に復旧できないなど、誤操作に対する防護が十分でない。

(8) 新しい処理、やや特殊な処理をやらうとすると、いちいちプログラムを書かなければならない。

(9) 突然のシステム・ダウンあるいはユーザによる不用意な電源断により迷惑を受けることがある。

(10) オーバフローなどが必ずしも検出されない。

(11) メニュー方式のシステムでは、次々に選択して先へ進むのに時間がかかる。また途中で選択を誤ると元へ戻れなくなることが多い。

(12) ディスプレイに表示される字やテキストと、プリンタで印字されるものとが必ずしも同じでない。このためハードコピーを実際に見るまでは編集作業が正しかったかどうか分からない。

(13) システムの応答が遅い、回線が混んでいるなどでイライラする。

これらの使いにくさを克服するための機能を、既知の技術やシステムから拾ってみると次のようになるであろう。

(1), (2), (3), (12)……ビット・マップとマウス。詳しくは後述するが、高分解能ディスプレイがあればかなり対処できる。表示を図形にすれば文字より分かりやすい。

(4)……日本語処理機能。

(5)……UNIX のようなファイル系。

(6)……固定ディスク。ただしバックアップの問題は別に考えなければならない。

(9)……ソフトウェアによる電源断。電源オフスイッチはそもそもつけない方が安全な面もある。

その他全般……ソフトウェア上の工夫。

この他に、コンピュータの使い勝手を向上させるための設計の際、これから問題になりそうなどのひとつは、音声入力である。一般には音声入力への期待が高い。しかし、筆者は下記のような

理由で、音声入力は、少なくとも当分は入力のひとつの補助手段か、特殊用途にしか向かないと考える。

(a) 音声認識は非常に困難なため高くつき、また非常に不確実である。入力が不確実な機器は本来コンピュータにはなじまない。

(b) 音声入力では、機械に正しく認識してもらうには、ゆっくりはっきりと、しかもアーとかエーとかの雑音を入れないように発音する必要がある。これは人間に緊張を強いることになり、疲労のもとになる。カゼを引いて声が変わると認識率が落ちるという問題もある。

(c) 個室で仕事をするのでない限り、音声入力は他人には騒音のもととなる。他人と話をしながらでは仕事ができない。

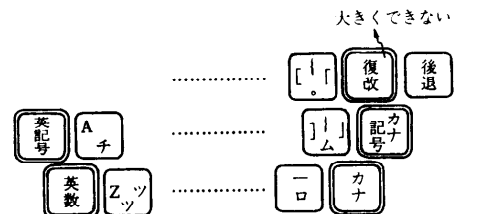
(d) 認識の誤りの訂正などには恐らくキーボードを使う必要があり、キーボードを全く使わないというわけにはいかない。

そこで、以下では音声入力の将来性については他稿にゆずるとして、ここでは除外し、使いやすいユーザ・インタフェースをどう設計すべきかについて考えてみることにする。

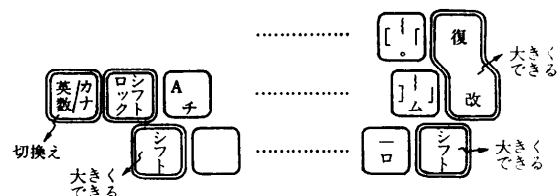
4. 使いやすいヒューマン・インタフェース

(1) キーボード

わが国ではタイピングの習慣がないために、国産のキーボードには非常に問題が多い。図-2は、JISで



(a) 当初のキー配列 (旧 JIS)



(b) 1980年に追加されたキー配列 (新 JIS)

図-2 JIS C 6233 のけん盤配列

定められている二つのキー配列の比較である。図-2(a)の旧JIS規格で筆者らがとくに問題にしたのは、英数モードあるいはカナ・モードのときに、シフト・キーとして英数のときは左側に英記号のみ、カナのときは右側にカナ記号のみと、要するにシフト・キーがそれぞれ片側にしかなく、しかもそれがいちいちロックされることもあって、このキーボードではキーボードを見ずに両手で打ついわゆるタッチ・タイピングができないことである。復改キーが大きくできないことも困る。

これに対して、図-2(b)の新JISは、英数とカナが完全に切換えであり、シフト・キーは両側にあるからタイプライタ並みに使える。またシフト・キーも復改キーも外側に邪魔になるキーがなく大きくできる。シフト・ロックは通常は大文字ロックである。一本指あるいは片手用に作られた図-2(a)に比べれば図-2(b)の方がはるかに使いやすいのは当然である。

現在市販されているパソコンでは、大多数の機種で新JISキーボードが採用され、英数字についてはタイピングがしやすくなっている。一方、数多くの国産端末機、ワープロ、オフコンなどには相変わらず旧JIS型が多いのは残念である。しかし今後は、あらゆる局面で日本語処理が必要になることをよく考えて、ローマ字(カナ)漢字変換にも適した使いやすいキーボードの普及することが望まれる。各文字キーの配列についても、ドボラク式などを参考にした見直しが必要である。

(2) ディスプレイ画面

ディスプレイについては、まず目の健康への生理学的・医学的研究が大いに望まれる。人間工学的にはっきりしているのは、ディスプレイは上下左右に傾きが変わるように設計すべきだということである。

すでにのべたように、メモリ素子や論理LSIの発達により、メモリ容量からいえば、多重窓やスプリット・スクリーン機能の実現、さらには写真や一般画像の表示も今後容易になると思われるが、そうすると、逆に問題になるのは画面のサイズである。大型で高価なブラウン管でも多重の窓(ウィンドウ)を表示するには画面が狭すぎる。

一方、ディスプレイとしては、平面型の液晶または発光ダイオードのディスプレイも発達してきた。最近のハンドヘルド型パソコンでは、80字×8行までの表示が可能になっている。これがブラウン管並みの80

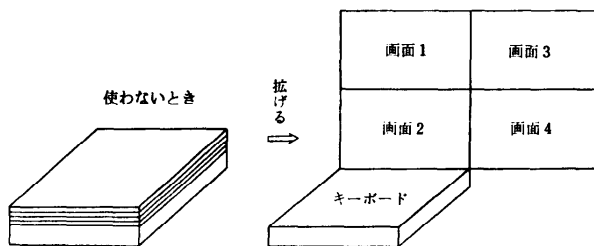


図-3 折りたたみ式ディスプレイ

字×25行になり、やがてそれ以上になるのもそう遠い先の話ではない。

そうなると期待したいのは、図-3のような折りたたみ式ディスプレイである。ディスプレイの面積が、現在の大型ブラウン管の4倍位に広くなれば、恐らくスプリット・スクリーンの効果は絶大である。4画面はさしあたり無理というのなら、せめて2画面分の大きさは実現させたい。

画面に表示できる文字種は、今後は漢字ROMが普及して、当然漢字を含むことになる。そうなれば、わが国の場合、あらゆるメッセージは日本語で出すようにしたい。

(3) ビット・マップ・ディスプレイ

前述のディスプレイには、ROMに内蔵された文字パターンを高速に展開して表示するためのテキスト画面と、一般に図形を表示するためのグラフィック画面を重ねた表示が行われることが多い。この場合、後者の画面を保持する記憶領域を広義のビット・マップ、それを使うディスプレイをビット・マップ・ディスプレイという。現在の典型的なディスプレイの解像度は白黒で1,000×800点程度、カラー(各点8色)で640×400点程度である。

このビット・マップ回路にビット・ムーバと呼ばれるような高速なビット移動用回路を付加したものを狭義のビット・マップ・ディスプレイと呼ぶ。この型のディスプレイでは、icon(図案)と呼ばれる小さな図形を画面にたくさん表示したり、小ささまざまな文字を出したり、ひとつの画面の上に、いくつかの窓からのぞいた情報を重ねて見せる、すなわち図-4のような紙の上に紙を重ねるような多重窓を表示したりすることが可能である。これに必要なハードウェア機構であるビット・ムーバは、画面用記憶上のある領域(A)に、あるマスク(M)をかけて、別の領域(B)に超高速で格納するための回路である。@を演算子とすると、一般に

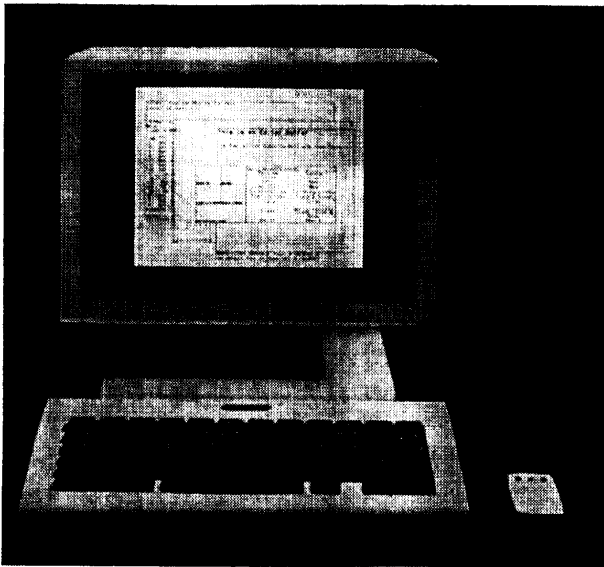


図-4 Symbolics 3600 のビット・マップ・ディスプレイ。
右はボタン3つのマウス

$A @ M @ B \rightarrow B$

となるが、演算の例をあげると、次のようになる。

$A \rightarrow B$ (移動)

$M @ B \rightarrow B$ (M がオール1 で @ が排他的
オアのとき、白黒反転)

$A @ M \rightarrow B$ (A を変形して移動)

$A \text{ or } B \rightarrow B$ (A を B へ重ね合せ)

ここで M は背景のテクスチャ (木目) と考えてもよい。図形領域のクリッピングも可能である。ビット・マップでは、文字パターンは、ハードウェアの文字発生器 (ROM) ではなく、ソフトウェアで作るのが普通である。したがって、字種 (フォント) は数種類が可能であり、字のサイズは大小自由にえられるようにできる。これは、プリンタで印字するテキストと同じものが画面上でみられることを意味する。これがユーザ・インタフェース設計の大原則とされる WYSIWYG (what you see is what you get) である。現在の普通のパソコンでは、プリンタでは文字サイズはある程度可変であるが、ディスプレイ上では一定でしかない。

(4) マウス

マウスは、画面上のカーソルを上下左右に動かすための小さな箱型の機器で、ディスプレイとはケーブルで結ばれ、下に直径数センチの球がついている。人間がマウスを机の上で前後左右に動かすことで、ポイン

ティングができるから、ライトペンなどに比べて疲れることが少なく、操作性ははるかによい。ただ紙のケバなどのゴミを吸収して故障しやすい面もあり、球なしですむ反射光型マウスの開発も行われている。

この種のマウスはわが国のシステムでは全く使われていないが、マウスをサポートするには、マウス自体のほかに、移動中のマウスの時々刻々の位置やマウス上のボタンの押下の有無をバッファに自動的に取り込む回路が必要である。このマウスは、ゼロックス社 Star や Apple Lisa などでは、“見て指さす” (seeing and pointing) の方が、“覚えていて埋める” (remembering and filling) よりもよいという設計哲学のもとに使われている。指す対象は、例えば、ディスプレイに表示される icon (図案) である。プリンタやディスクや電話などを単純な絵で表わす icon は確かに素人にも分かりやすい。わが国では icon の代わりに大きな漢字を表示するだけでもずいぶん分かりやすくなると思われる。

5. 使いやすいワークステーションの条件

今後のコンピュータで予想できることは、一番使いやすいコンピュータというのが、広域ネットワークおよび構内 (ローカル) ネットワークにつながれたワークステーションという形のものになるだろうということである。ただし、そうしたワークステーション (WS) は少なくとも次の条件を満たす必要がある。

(1) 従来大型機でできたことの大部分がこなせること。ワープロ機能も必須であろう。

(2) ネットワーク指向になっていて、他のコンピュータとファイル転送など情報のやりとりが自由にでき、他のユーザと電子メールも自由に送受できること。

(3) 個室に置ける位静かで、スタートアップに時間がかからないなど、手軽に運用できること。

(4) 素人でも使える位に操作性がよいこと。

しかし、WS が現在のパソコンの延長線上で、素人を含む本当に多くのユーザにとって、真に使いやすいものになるためには、素人ユーザを念頭に置いた使い勝手の向上や誤操作の入る余地のないヒューマン・インタフェースの設計のために、なお一層の研究開発が必要である。この問題を考えるひとつの参考として、

最近の Apple Lisa のような WS にみられる工夫の例を以下にあげておく。

(1) 電源オフの指示をすると、WS がすべてのファイルを閉じるなどの必要な後始末をすると同時に、そのときの画面の状態を凍結（フリーズ）して記憶し、電源を自動的に切る。次に電源をオンにすると、その画面が再現され、前の仕事の続きが直ちにやれる。

(2) Guide プログラムにより、システムの使い方が自学自習できる。タイピング練習プログラムもあれば有用であろう。

(3) 固定ディスクにすべてのプログラムが入っていて、オブジェクト指向プログラミングにより、プログラム（モード）の明示的な切換えなしに、マウスで指示を与えるだけで、いろいろなソフトウェア機能を使える。例えば、ワープロで作った英文の横に、図形を表示しそれを適当に拡大縮小して、英文の中に埋込める。グラフを作るときは、データを入れるそばから、断片的なグラフが画面に現われる。

(4) 文字はソフトウェアで合成表示されるため、字の大きさや書体がいろいろに変えられる。

(5) icon の活用により、紙をちぎる、紙に書き込む、紙をフォルダにしまう、読みかけのページにしおりはさむ、ハサミの形の icon で図形を切り離すといった人間の動作が画面の上でできる。

(6) 消去したファイルはクリップボードの icon にいったんはさんでおくことができ、後で必要になれば復元できる。一般に undo last change コマンドがあり、最後に実行させた変更コマンドが取消せる。

(7) 画面の明るさ、キーがリピート状態に入るまでの時間、音の大きさなどが、画面上のメニューで個人の好みに合うように自由にえられる。

(8) フロッピー・ディスクは裏表さかさまに入れられないように、ひとつの隅に切り欠きを入れておく。またディスクの取出しは人間にまかせず、システムで自動的にイジェクトする。

以上のべたのは、ヒューマン・インタフェース改善上の工夫のほんの数例であるが、こうした工夫が本格的に実現されるようになれば、従来に比べて、格段に使い勝手のよいワークステーション（スーパーパソコン）が生れることになる。

6. コンピュータ能力のゆとりを使い勝手の向上へ

今後半導体製造技術の進歩が続くことを考えると、すべての端末機にマイコンが内蔵され、また高性能のパソコンがワークステーションとして使われることが多くなってくると思われる。そうすると、オンライン処理や TSS 処理に忙しい大型機などは別として、インテリジェント端末やパソコンには、少なくとも、人間の相手をする局面に関しては、かなり能力のゆとりが出てくる。このゆとりは、当然、使い勝手の向上に振り向けるべきであるが、古いアーキテクチャや過去のソフトウェアとの互換性にしばられている大型機よりは、新たに設計できるワークステーションにそうした人間工学的考慮を盛り込むのが本筋であろう。

使い勝手の向上策に関して本稿でのべたのは、音声入力には当面過大な期待ができないこと、キーボードの日本語ワープロ機能を意識した改良や、ディスプレイの高分解能化とそれに伴う画面制御のためのビット・ムーバやマウスの実用化が必要であること、スクリーンは折りたたみ式にし、メッセージはすべて日本語化するとよいことなどである。あと本稿で触れなかった重要な要素としてはソフトウェアがある。ソフトウェアこそがコンピュータの使い勝手を大きく左右するカギであることはいうまでもない。

参考文献

- 1) T・マニエル：欧米で広まる人間工学を取入れた CRT 端末、日経エレクトロニクス、No. 305, pp. 187-210 (12月6日号, 1982年)。
- 2) 上林：Object oriented user interface model, IMAC '82, 電子協, pp. 25-36 (1982)。
- 3) Smith, D.C. et al.: The Star user interface: An overview, Proc. of NCC, Vol. 51, pp. 515-528 (1982)。
- 4) ヒューマン・ファクター特集号, BYTE, Vol. 7, No. 4 (1982)。
- 5) Kay, A.C.: Personal dynamic media, IEEE Computer, Vol. 10, No. 3, pp. 31-41 (1977)。
- 6) Burton, R.R. et al.: Papers on Interlisp-D, Xerox PARC, SSL-80-4 (1980)。
- 7) Meyrowitz, N. et al.: Interactive editing systems: Part I & II, Computing Surveys, Vol. 14, No. 3, pp. 321-416 (1982)。
- 8) Williams, G.: The Lisa computer system, BYTE, Vol. 8, No. 2, pp. 33-50 (1983)。

(昭和58年2月2日受付)