

# オンラインシステムの概説\*

大 野 豊\*\*

## 1. ま え が き

電子計算機は過去 20 年ばかりの間に著しい発達を遂げ、科学、教育、経営からさらには、社会、政治にまで、その応用を広げたが、一方新しい応用分野や高度に進歩した利用者からは、次々と新しい要求が出され、技術の急速な進歩が要請されている。実時間、オンライン、タイムシェアリング、人間—計算機システムなどという最近よく用いられる概念は、電子計算機のこのような発展の過程で、いわば必然的に生まれてきた一般的な概念であり、電子計算機の現在の技術的限界や今後の発展方向を暗示するものといえよう。

実時間システム、タイムシェアリングシステムはもともと利用者の立場から、計算機をより良く人間に役立てるために考えられたものであり、計算機自身の効率を向上させることはむしろその次の事柄であろう。そこでは利用者が主となり、機械が従となって、その相互のオンラインの結びつきで問題解決の能力の発展が考えられている。オンラインシステムという言葉は、これらのシステムの人間や機械と計算機との本質的な関係を表現したものであると考えることができ<sup>(1)</sup>、本文でもそのような考え方に従って、オンラインシステムをとり上げ、とくに人間と機械の関係を中心として、その発展の過程、範囲、意義、評価、などについて概説することにした。

## 2. オンラインシステムの定義と発展の事情

### 2.1 定義について

実時間とかオンラインという言葉は、はじめからはっきりした定義がなされていたわけではないであろう。したがって、人によってその定義の重点のおき方が異なっている。たとえば、J. Martin の著書<sup>(2)</sup>では“オンラインシステムは、インプットデータがその発生点から直接、計算機に入り、そして/あるいは、アウトプットデータは、それが使われる所に直接伝

達されるシステムである。データをカードや紙テープにパンチしたり、磁気テープに書いたり、あるいはオフラインの印刷をしたりする中間段階は、ほとんど避けられる”。

となっているが、R.V. Head の著書では<sup>(3)</sup>

“オンライン処理とは、中央処理装置の直接の制御の下での、端末装置、ファイル、あるいは他の補助装置のオペレーションである。オンライン処理システムはインプットの発生と計算機の処理との間で、人間の介入の必要をなくした”。

となっている。前者はデータの取り扱い方に重点をおき、後者は、装置のオペレーションに重点をおいている。しかし、いずれにしても、インプットとアウトプットにおける人間の介入をなくそうとしていることを示している。しかしながら、後に述べるように、オンラインシステムでは、人間の果す役割りが重要なものであって、人間と計算機のインターアクションによって、複雑な問題を解決してゆくという、オンラインシステムの重要な面がこれらの定義で十分表わされていないように思われる。このような人間と機械のインターフェースを重視したオンラインの定義としては、W.F. Bauer のものがあり<sup>(4)</sup>、それを修正した H.D. Huskey の定義<sup>(4)</sup>がある。それによれば

“オンラインコンピューティングとは、計算機が情報を受信し、処理し、送信するということで、人間あるいは機械に対して反応(react)し、それらとインターフェースをもつ計算機の用法である”。

となっている。座席予約システムは、切符発売窓口の装置により出された信号に計算機が react するので、オンラインであり、コンソールを用いて科学上の問題を解くタイムシェアリングシステムもオンラインである。ここでは、コンソール自身人間と情報をやりとりするインターフェースである。

この定義で重要なことは、計算機が人間あるいは機械に対して反応(react)するという点で、これは、人間や他の機械が計算機に対して主導権をもっており、普通の周辺装置たとえばカードリーダー、磁気テープなどが計算機の制御の下に働くこととは異なっているこ

\* A Survey on On-Line Systems, by Yutaka Ohno (Railway Technical Research Institute)

\*\* 鉄道技術研究所システム研究室

とである。いいかえれば、オンラインシステムでは、計算機はシステムの中に組み込まれており、計算機外のシステムの部分がそのシステムを同期させる。これは計算機が入出力装置を自分に同期させて動かす普通のシステムとは反対のことである。

ついでながら、実時間とタイムシェアリングについてふれておこう。実時間処理というのは、計算機外の実時間でおこる事象に対して、計算機の処理がそれと同期して平行に行なわれ、処理の結果がそれら事象の進行に効果をもつような場合に用いられる言葉であるが、これだけでは、バッチ処理で行なう給料計算も実時間といってしまうので、計算機の応答が秒とかミリ秒の程度である場合といったあいまいな条件が付けられる。また、実時間システムの代表的なものとして見られている座席予約システムは、計算機に与えられる条件の如何では、端末装置をいくらでも待たせる（すなわち窓口の作業を計算機に同期させる）ことがありうる。きびしくいえば上述の意味の実時間システムではなくなってしまう。したがって、一般的に言えば実時間システムというのは、あいまいなものであり、むしろオンラインシステムという方がより適切であるという意見も成り立つであろう。

オンラインシステムは必ずしもタイムシェアリングである必要はない。事実、電子計算機の初期（1954年以前）のものは、形式的にはオンラインであり、1人の利用者がコンソールの所にすわり、ボタンを押したり、問題の進行状況をネオンランプの表示装置でみたり、タイプライタで情報のやりとりをしたりした。現在の高性能で高価な計算機を、このようなやり方のオンラインとして使うことは可能である。ただし、経済的でないだけである。後に述べるように、多くの利用者は自分自身の計算機をもち、初期の頃のように随時に自由にそれを使いたいと考える。このように、多数の利用者の要求と大形計算機の経済的使用の要求を考慮したとき、タイムシェアリングシステムが考えだされたといえよう。現在の技術からすればタイムシェア方式が、効率よい解決策として唯一のものであろう。すなわち、重要なことはタイムシェアリングはバッチ処理システムにおいて、turn around time が大きいとか、随時随意に利用できないなどという、不都合な人間と機械の関係をオンライン方式により改善しようという要求が先にあって、考え出された技術的結果である。

## 2.2 システムのコントロールとオンライン方式

すでに述べたように、初期の電子計算機はオンライン方式であったが、オンラインであることが、problem solving すなわち、計算機で何かの問題を解決する際に意識されてはいなかった。しかし、計算機をシステムの管理や制御のための道具として利用しようとするとき、オンライン、実時間のデータ収集および処理は、当然初期の頃から考えられていた。しかし、それらは特殊な応用として計算機も特殊なものであった。たとえば、シカゴの John Plain 社の Speed Tally システムは、1953 年に実用されたが、磁気ドラム処理装置に 10 組のキーボードを接続したものである。遠隔のオペレータはカタログ番号や注文量をキーボードでタイプし、そのデータは直接中央処理装置で処理され、蓄積される。またキーボードへのデータのアウトプットも行なわれる。

この種のシステムはこの外に多くあるが、American Airlines 社の座席予約システムをはじめ、いくつかの航空会社および鉄道が開発した。わが国でも、国鉄の MARS-1<sup>(9)</sup> や近鉄のシステムが開発された。

しかし、1958 年に Eastern Air Lines 社が実用したシステムは、汎用の計算機（UNIVAC File Computer）を利用したもので、単に予約問い合わせのオンライン処理だけでなく、バックグラウンドの処理も行なわれるようになった。この方向がさらに発展して、American Airlines 社では、単に座席予約ということだけでなく、企業経営のトータルシステムとして、大規模なオンラインシステム SABRE<sup>(10)</sup> を発表した。（1961 年）この頃になると、オンラインシステムは特殊なものだけでなく、企業経営における有効な計算機利用法であることが認識され、オンラインシステムにより、

- (1) 応答が速く、タイムリーな情報がえられる。
- (2) 遠隔な所で行なわれた行動、判断が、ランダムファイル処理を通じて直接関係付けられる。
- (3) アウトプットの情報量の削減ができる。必要なとき必要な情報だけを、あるいは例外的な情報だけをアウトプットする。
- (4) 情報の正確さの増大ができる。インプットはその時点でオンラインで誤りが検出され、訂正が行なわれる。
- (5) さらに進んで、人間と機械のインタラクションにより、意志決定に伴う問題解決の能力が高められる可能性がある。

などが考えられるようになり<sup>(11)</sup>、一般企業における電子計算機利用の方向がバッチ処理システムからオンラ

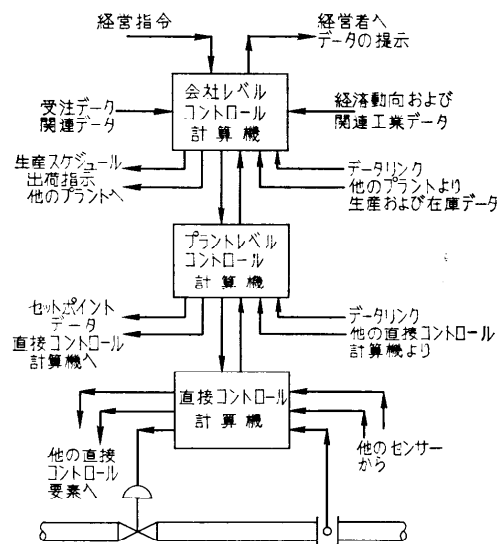
インシステムへと向うようになった。実時間の経営情報システム (management information system, MIS) として早く(1962 年末)実用化された Westing house 社の TOPS (Teletype Order Processing System) はよく知られている。このシステムはアメリカ、カナダに散在する営業所、倉庫、工場など約 300 カ所からテレタイプにより、注文、受取り、在庫問合せなどのメッセージを受信し、実時間処理を行なう。このシステムでは、営業からの受注メッセージの受信から、倉庫への出荷指示が行なわれるまでの時間は 15 分～30 分である。といわれている。同社ではさらに各地に散在する計算機をオンラインで結合する計画をすすめている。別の比較的新しいオンラインの MIS の例として Rockheed Georgia 社の Interloc システム<sup>(12)</sup>は、航空機生産に伴う仕様書、設計図、資材、加工、工程に関する膨大な情報のファイルをもととした製造活動と管理とを統合した大規模な計画で開発がすすめられている。

このようなオンラインシステムの発展は、アメリカの軍における command and control システムや宇宙開発における人工衛星の制御システムの寄与するところが大きい。ミサイルや核兵器の出現によって、兵器の制御や防空では、電子計算機のネットワークが必要となり、アメリカ空軍で SAGE<sup>(7)</sup> を開発し、1958 年から運転を始めた。これはいくつかの地域の指令センタにある計算機とレーダ網および通信系が結合されたシステムで、実時間制御システム、実時間通信システム、実時間経営情報システムとしての特性をもっており、指令センタでは 100 人以上もの係員が特殊なコンソール (CRT ディスプレイ、キーボード、スイッチなどが装備されている) を用いて、計算機とのオンラインの通信を行なう。この SAGE の思想および技術は、オンライン、実時間の各方面のシステムに大きな影響を与えている。SAGE およびそれに続くシステムでは監視と兵器の制御が主要な機能で、計算制御システムとしての特性が強かったが、その後の軍のシステムは、現状報告、リソースの管理、計画あるいは兵站といった機能のシステムが開発され、先述の MIS としての性格をもつようになってきている。

人工衛星などの追跡や航行制御のためのシステムの代表的なのは Mercury 計画の実時間システムである<sup>(13)</sup>。問題は有人衛星の発射、軌道へ乗せること、操縦、地上への回収であるが、世界的レーダ網をいくつかの計算機に結び、また、CRT ディスプレイや、描

図装置をオンラインで結合したシステムである。地上への回収に当っては、とくに人間と機械の相互作用が重要な役割りをする。

プロセスの制御、あるいは計算機制御は、当社オンラインを必要とする分野の一つで、公共的なものでは航空管制、道路交通制御、鉄道の各種制御システムはその代表的なものである。これらも多くは人間の乗ったいわゆる vehicles の制御であり、計算機の自動的な制御だけでなく、command and control システムの性格をもち、人間と機械の相互作用が必要とされる。工場における各種プロセスや生産ラインの制御ははじめは計算機による自動制御という目的で 1952 年頃から開発され始めたが、これら制御の対象となるプロセスは、システムの中の一部であって、そこだけの自動化では経済的利益は容易にあげられず、また、その最適化の判断も複雑で困難なものが多く、計算制御システムの実用化のブレーキとなっていたが、DDC (direct digital control) システムの開発 (1962 年) および人間-機械システムの概念の導入と相まって、プロセス制御、プラント管理および企業経営を統合した、図 1 のような階層的なシステムが考えられるようになり<sup>(14)</sup>、特に鉄鋼業をはじめ積極的に開発がすすめられるようになった。



第 1 図 プロセス工業における階層的コントロール

これらシステムのコントロールを対象とした計算機の応用では、多数利用者、多重インプット、ディスプレイ、複合された意志決定が、オンラインの人間-計

算機システムにより統合され、総合的に組織が運営されてゆくという共通した動向があるといえよう。

### 2.3. タイムシェアリングシステム (TSS) の開発

オンラインシステムを前節のような特定のシステムのコントロールだけではなく、さらに一般的にそれまでオンラインである必要が必ずしも認められていなかった分野にまで拡張したのは、TSS の開発であろう。

TSS は MIT の MAC 計画のシステムが代表的なもので、はじめは CTSS (Compatible time sharing system) として実現された。これは 1961 年春に MIT の百年記念講演に J. McCarthy 教授によって、その思想が示され<sup>(15)</sup>、使用開始は同年 11 月であった。タイムシェアリングについての発想はすでに C. strachey<sup>(16)</sup>などによって出されているが、ここでは J. McCarthy に従って、その動機となる事項を示せば、

(1) 多くの利用者は、随時気ままに、時間的制約をうけずに計算機を利用することをのぞむ。すなわち私有の計算機あるいはそれと同等の使い方ができることがのぞまれる。

(2) プログラムのデバッグは、人間と機械のひんぱんなインターアクションを必要とするが、バッチ処理システムでは一般にはこれを行ないえない。所期の計算機(たとえば MIT の TX-O)のようなオンラインのデバッグができることがのぞまれる。

(3) バッチ処理方式では、turn around time が、数時間～1日程度なので利用者には不便で能率が悪い。一方、所期の計算機のようなオンライン方式では計算機の空まわりが多く、計算機の処理能力が有効に利用されない。

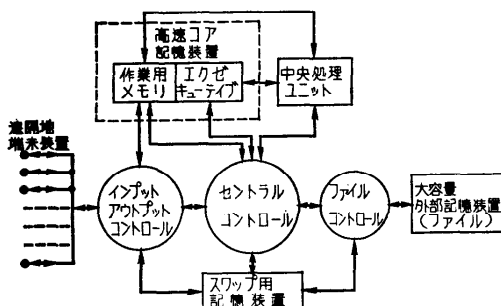
(4) 人間-機械のひんぱんなインターアクションを必要とする問題は、プログラミングだけでなく、数学的な問題、もっと一般的な problem solving, 文献検索、計算機による教育など、多くのものが考えられる。

(5) 計算機は大形になるほど cost/performance は良くなる。また、大きな記憶装置により、多くのプログラム言語、ユーティリティー・ルーチンの利用が拡大され、大きな問題も解くことができる。

これらのことから、多くの利用者が大きな計算機を時分割してオンラインで、同時に使用し、各自は計算機を独占的に利用しているように思え、計算機は空まわりせず有効に働くタイムシェアリングシステムが開発されたわけである。

この TSS のシステムの構成は、図 2 (説明は後に

述べる) のように遠隔地の多数の利用者、端末装置、通信系、計算機からなり、前節のシステムと本質的に変わらない。しかし、一般的な TSS では、計算処理の目的が特定の業務に限定されないし、端末の使用言語、データ形式も固定されない。したがって、TSS を通じたオンラインの応用分野は、計算機応用のほとんどすべてにわたる可能性があり、さらにまた、多くの利用者が、TSS により計算機システムに含まれるすべての機器を共同で利用するだけでなく、問題を解決するプログラムや情報をも共有することが可能となり、一企業一研究所に限定されない公共的なユーティリティとしてのシステムが考えられるようになったわけである。



第 2 図 タイムシェアリングシステム概念図

現在、TSS といわれるシステムは 20～30 程度使われているが、研究用としては、MIT, Partmouth などのいくつかの大学、RAND, SDC その他のシステムがあり、商用として料金をとって一般使用に供しているものでは、KEYDATA, IBM QUIKTRAN, CEIRGE などいくつかのシステムがある。わが国でも大学を中心いくつかの計画がすすめられている。

## 8. オンラインシステムの分類と技術的問題

### 8.1 応用における分類

オンラインシステムは発展しつつあるが、現在および近い将来を考えたとき、その応用の形式は大きく 2 つに分類されよう<sup>(17)</sup>。

- (1) instrumentation oriented type
- (2) man-machine oriented type

前者では計算機は、計算機が react する機械設備の中に組み込まれ、人間の介入は付随的なものとなっている。たとえばプロセスの計算機制御システムやメッセージスイッチングシステムはその代表的なものである。

る。

後者では、システムの構造がもともと人間と機械のインタラク션을可能にしており、システムはコンソールあるいは端末装置を人間が操作し、それに従って働くようにできている。これらの応用はいつも全く別々に行なわれるのではなく、混在していることがありうる。

オンラインシステムを、その利用の仕方からもう少し細かく分類してみよう<sup>(5),(6)</sup>。

(1) プロセス制御 多くのプロセス制御では人間は故障の場合しか介入しない。しかし、最近では、しばしば生ずる標準的な場合は、計算機が自動制御を行ない、むずかしい問題の判断は人間にまかせるようなシステムが開発されている。プロセス制御によくでくるスケジューリングの問題は、人間が判断する方がよくできる例が多い。

(2) 監視 (monitoring) すでに述べた SAGE システム<sup>(7)</sup>はその例である。最近では、病人の病状の監視に計算機を用いることが注目されている。また、計算機内で何が行なわれているかを人間に知らせるための計算機の装備は、やはりこのシステムに分類しうるであろう。

(3) 問い合わせ (inquiry) 座席予約システム<sup>(8)</sup>はその代表例であるが、一般にインフォメーションリトリバルがオンラインで行なわれるときには問い合わせの形式となる。MIS でのファイルへのデータの問い合わせ、病院における患者の病情や手当てについての問い合わせ、証券市況の問い合わせ、警察の交通違反者のチェックなどはこの分野に入る。

(4) 設計の自動化<sup>(22),(24)</sup> 設計および製図に関する応用は、いままでパッチ処理的に行なわれ、たとえば、幾何学的なものでは APT 言語が実用化され、数値制御工作機へのインプットデータの作成まで自動化されていたが、グラフィックディスプレイの開発で、図形のオンラインのインプット、アウトプットおよび処理により、これを行なうことが可能となった。電子回路、計算機の論理、パッケージ、布線的设计、アニメーションなどへの応用も行なわれている。

(5) プログラミング パッチ処理におけるプログラム言語を会話様式の言語に modify してプログラムをオンラインで行なうだけでなく、プログラムの経験も知識もない人が、計算機との会話を通じてプログラムをつくり、実行してゆくことのできる言語 (たとえば Culler-Fried システム, RAND の JOSS, MIT の

MAD や RECKONER など) も開発された。デバッグも高レベルの言語のままでできるようになってきた。

(6) problem solving 設計やプログラミングは特殊な問題解決の分野であるが、もっと一般的に数学的に表現された問題、シミュレーション、最適化問題、ヒューリスティックな問題など、オンラインの人間-機械のインタラク션により解く。すでに述べたオンライン用の言語の外に、グラフィックディスプレイの利用が研究されている。

### 3.2 技術上の問題点

いわゆる実時間システムについては、国鉄の座席予約システム MARS-101 について論じた文献<sup>(17)</sup>や、もっと一般的な本<sup>(2),(8)</sup>も公刊されており、TSS についてもすでに各所<sup>(18),(19)</sup>で論じられているので、ここでは詳論は避けて問題点のみ示すことにしよう。

図2は汎用の TSS の概念図であるが<sup>(20)</sup>、問題点を明らかにするために図に従って機能を説明する。全システムのオペレーションを管理するのはエグゼキューティブあるいはコントロールプログラムでコア記憶装置に常駐している。これには利用者プログラムのスケジューリング、メモリの割当て、利用者からのコマンドの翻訳、インプットやアウトプットの通信制御・編集・監視・管理、利用者の助けとなる指示の提供、誤りの検出などの仕事が含まれる。利用者のプログラムは使われていないときは、大容量のファイル (磁気ディスクなど) 内に入っており、使うために呼び出されると、そこから自動的に読み出されてスワップ (swap) 用記憶装置 (磁気ドラムなど) に移される。このドラムに入ったプログラムは、エグゼキューティブプログラムのスケジューリングルーチンにより呼ばれると順次作業用メモリに移されて実行される。このメモリにプログラムを入れる余裕がないときは、メモリ内の他のプログラムをスワップ用のドラムに返し、その空き場所にプログラムが入れられる。したがって、このときプログラムのリロケーションが必要である。実行中のプログラムは入出力の要求を出したり、誤りが検出されたり、割り当てられた時間 (quantum) が終わったりすると実行が打ち切れ、割り込みが行なわれてスケジューリングルーチンにより、次に実行すべきプログラムが選ばれる。中断されたプログラムの中間結果や次の実行開始点などは、次の実行のためにとっておかれ、プログラムは必要ならばスワップ用ドラムに返される。

このようなシステムで、まず問題になるのは、人間—機械のインターフェースとなる**端末装置**あるいは**コンソール**である。これについては、オンラインシステムとしては特に重要なので後で論ずる。

**通信系と通信制御**は、将来の公共情報網を考慮したとき、符号方式、伝送速度、制御方式、計算機および端末装置とのインターフェース、あるいはそれらの標準化など問題である。

**計算機のコントロール**については、まず、多数のプログラムの同時並行処理のためにメモリプロテクション、リエントラントプログラムを容易に行なうことが必要である。また、**プログラムのスワッピング**は、スワップ用の記憶装置の安価で高速のものが無いので、TSSにおける本質的な問題となっている。これに関連して、プログラムの自動セグメンテーション、ダイナミックリロケーション、2次元アドレッシングなどが開発されている。

**プログラムのスケジューリングと時間割当**では、オンラインのサービスに関係した重要な問題で、いくつかの方式がシミュレーションや解析により研究され試みられている。

**ファイル**については、多数の利用者が私的に、あるいは公共的にプログラムやデータを収めるため、膨大な容量の速い応答のできるランダムアクセスのファイルが必要である。またそのファイルの管理は、私的なファイルの機密保持とファイル相互の干渉防護、公共ファイルの維持、事故や異常時の対策などが、ファイル構造やファイルアドレッシング方式とともに考慮されなければならない。

**オンラインの利用者の言語**は、単にプログラミングということだけでなく、人間と機械の会話を行なうものであるから、特にオンラインシステムでは重要であり別に論ずることにする。

**信頼性および異常事態に対する処置**は、多くの利用者が遠隔地にいて使うシステムでは欠くことができない。運転停止や誤りによる損失の影響は大きい。機器としての信頼性の向上だけでなく、システム構成の多重化、誤りの自動検出と訂正フォールバック、特にファイルの保全・回復、テストや診断のための用意、などはすでに多く論じられている。

## 4. 人間と機械の協調

### 4.1 symbiosis と synnoesis

計算機の社会的影響を考えると、計算機と人間を

対置して **symbiosis** (共生) という生物学上の言葉を用いることがよくあるが<sup>(21)</sup>、これは2種の生物が密接な相互関係を保って利益をうけつつ生活する様式をいうが、身近に見られるものでは、蟻とあぶらむしの共生、藻と菌の共生による地衣などの例がある。しかしこのような関係で互いに分かちあうのは食物、すみか、移動力その他の生きるための物理的なものであるが、計算機と人間との関係は、知的な能力すなわち、認識、計画、決定、制御、計算、推論、問題解決などの **cognitive tasks** を行なったり、それらを行なうことを学んだりする能力を分かちあうことである。そこで、ギリシャ語からでてくる **synnoesis** (知力を共にするの意) が人間と計算機の間をあらわしているといえる<sup>(22)</sup>。MIT の **MAC** は、オンラインシステムで、このような人間と計算機の実現するという意味で **machine-aided cognition** から名づけられたといわれている。

現在のところ、計算機がすぐれた能力をもっているのは、データの測定、収集、伝送、計算、論理処理、であり、データの記憶も十分でないが、かなり進歩した。情報のディスプレイも十分ではないが、発達しつつあるものである。これに対し、人間がすぐれているのは、パターンの認識、計算機のプログラミング、政策決定な目標の設定、例外的な場合の処置、一般的にヒューリスティックな問題などにおいてであり、これらは、計算機による自動化は十分に行なわれていない、これらの問題は、将来、人間にとってかわる人工頭脳が、開発されるならば別として、実際上は人間と機械の協調により、相方の知的能力を相補うことによって解決してゆくべきものと思われる。

しかしながら、このような人間と機械の **synnoesis** を実現するのに、人間と機械の間の通信手段は十分なものであるか、オンラインシステムは有効に働くかを検討する必要がある。

### 4.2 人間と機械の通信手段

人間と計算機との通信は、人間の五感すなわち、視、聴、触、味、嗅のすべてにわたって考えうるが、現在のところ、視覚を中心にしたものがほとんどで、聴覚に関するものも危急用ブザーだけでなく、もっと一般的なものが、開発されつつある。訓練用シミュレータでは広い意味で触覚に対する反応が行なわれる。

オンラインシステムで人間と計算機とは端末装置あるいはコンソールによって通信が行なわれる。これは次のように利用者の側から分類される。

(1) 特殊目的用 これは特定の目的に利用されるもので、座席やホテルなどの予約装置、工場などにおけるデータ収集装置あるいは **remote calculator** はその代表例である。これらでは、特定の言語のみを用い、決まった作業手順により、決まったサービスが与えられる。多くはキーボード、ラベルの書かれたキー符号板、カード、ダイヤルなどがインプットに用いられ、アウトプットは、ランプや数字の簡単なディスプレイ、印刷などが行なわれる。

(2) 一般会話用 利用者と計算機が会話的に情報のやりとりをすることができる。よく用いられるのは、タイプライタ形式のものとキーボードと CRT ディスプレイ（表示のみ）を組合せた形式のものがある。タイプライタ形式のものは、MAC 計画、JOSS, QUICKTRAN など広く用いられている。キーボードとディスプレイも最近次第に各方面に用いられるようになってきた。

これらでは、使用言語や入出力情報の形式は特定のものに限定されず、**open-ended** なサービスが提供される。

これらの形式では、低速のカードリーダーや **hard copy** 用のラインプリンタが付加されることがある。

このような装置では、人間と計算機の通信は十分でないので、**SAGE** システムなどで開発されたグラフィックディスプレイコンソールが発展して、商用のオンラインシステムにまで応用されるようになってきた<sup>(22), (23)</sup>。これでは、人間と機械はブラウン管とライトペンなどを用い図形のまま入出力ができ、さらにキーボードその他を組合せて、非常に融通性と通信能力の大きいコンソールができるようになった。これは現在、開発されつつある段階で、特に遠隔の多数の利用者に適用するには経済的に問題があり、今後の進歩が期待されている。

この外、これからの発展が期待されているものに音声応答装置があり一部で実用されている<sup>(24)</sup>。

(3) リモートバッチ用 オンラインシステムの一つの形態として、リモートバッチ処理システムがある。

このシステムは遠隔地のコンソールで、多くのジョブのカードスタックを、普通の計算センタと同じように処理するものであり、カードリーダー、ラインプリンタ、キーボードなどの組合せが用いられる。

(4) グループ通信用 多くの利用者相互間の通信は、上記 (1), (2) などが用いられるが、ここで問

題にするのは、多くの利用者に対して、同時に計算機より情報を提示する目的のものである。普通、指令室や監視所の係員のグループに対する大きいスクリーンディスプレイがこれにあたる。軍のシステム以外、オンラインのスクリーンディスプレイは、現在のところ経済的に正当化されないように思われる。特殊な例では、証券取引所の株価表示や、競馬場の売上状況表示などがある<sup>(25)</sup>。

#### 4.3 計算機は人間をどう助けるか

人間が計算機との会話 (**dialogue, conversation**) によって、どのような助けをうけるか、これはどのような言語が開発され、あるいは今後開発されるか、に関することであるが、原則的には、計算機は

(1) 誤りの訂正 インプットの訂正、あるいは訂正の必要なことを、直ちに人間に知らせる。

(2) **computer-aided processes** 人が論理的ないくつかのステップをすすめる場合、各ステップの処理内容が、その前のステップの結果に左右されるとき、各ステップごとに処理結果を速い応答で出す。

(3) **standard instructions** ひんばんに使われるプロシデュアたとえば、積分、**convolution**、マトリックス演算、統計分析、回線あてはめ、などからさらにそれを含めたプロシデュアまで、**standard instruction** として指定でき、計算機はそれに応じた処理を行なう。

(4) **computer-directed procedures** 情報のインプット・アウトプットの手順を計算機が各ステップごとに指示する。などのことを行なう<sup>(6)</sup>。これらの結果利用者はプログラムの完全な計画をたてる必要はなく、**try and error** で問題の処理ができ、プログラムの誤りも大した問題ではなくなる<sup>(39)</sup>。

グラフィックディスプレイは、このような人間と機械の協調をさらに高度なものとした。単に処理結果をグラフで表示するだけでなく、人間が図を描き、計算機によりそれが理解され、計算機の描いた図に対して人間が処理を加える。このことにより、個人の生産性と創造性が著しく高められることが期待される<sup>(22)</sup>。

#### 4.4 オンライン利用者言語

現在それぞれのシステムで、種々の言語が用いられているが、オフラインの言語を **interactive** なものに **modify** したものでだけでなく、オンラインの特性を生かした、**user-oriented** あるいは **application language** が、多くなってきた<sup>(39)</sup>。

オンラインでは、速いコンパILINGが主要な条件

となり、効率よいコードをつくり出すことは多少あきらめられる。コンパILINGを高速にするために1パスにするとか、ロードのときのリンクするとか、インクレメンタル (incremental) なコンパイラ (すなわち、1ステートメントずつコンパイルし、プログラムにつけ加えてゆく) にするとか、種々のことが考えられる。コンパILINGのとき、利用者とインタラク션을行なうと、コンパイラが誤りであると見なしたら、利用者に知らせて、コンパイルが終わる前に訂正を行ないうることができる。

インタプリタは、翻訳したステートメントをすぐ実行するので、コンパイラでは直ちに発見困難な誤りを検出することができるし、コンパイラより楽に、やさしい言語をつくったり、修正したりすることができる。ただし、インタプリティブなプログラムは、コンパイラによるものよりはるかに実行時間がかかり、メモリも必要であると考えられる。

オンラインで働いているうちに誤りを検出し、訂正することができることは、オンラインシステムの重要な利点であるが、このためには、デバッグ用のプログラムが用意される<sup>(40)</sup>。

現用の言語でよく用いられているのは FORTRAN, ALGOL, リスト処理言語 LISP, JPL-V などをオンライン用に modify したものであるが COBOL, PL/1 を用いられている。オンライン用として開発されたもので有名なのは、RAND の JOSS, TRW の Culler-Fried system, MIT の MAD, MAP, Dartmouth I の BASIC, IBM の QUIKTRAN SDC の JOVIAL, TINT, などがある。多少特殊なものでは MIT の Lincoln RECKONER, OPS, COGO, STRESS, BTL の TELSIM<sup>(43)</sup> その他がある。

#### 4.5. 数値解析における会話の例

判りやすい数値解析の例によりオンライン言語の特徴を示すことにしよう。

MIT の Lincoln RECKONER<sup>(41)</sup> は、実験データのリダクションなどを主目的としたもので、データのレイの計算を行なうのに適している。利用者は、ルーチンの名前、オペランドの名前および演算結果の名前をタイプすればよい。X を  $m \times n$  のマトリクス、Y を  $m \times 1$  のベクトルとし、そのデータはシステムにインプットされているとする。そこで、

$$\sum_i (y_i - \sum_j x_{ij} \beta_j)^2$$

を最少にする係数  $\beta$  を求める。 $\beta$  は次のマトリクス方

程式の解である。

$$X' \cdot X \cdot \beta = X' \cdot Y$$

ここで  $X'$  は X の転置マトリクスである。プログラムは次のようにタイプすればよい。

```
TRANSPOSE X XPRIME (X'をつくれ)
MATMUL XPRIME X L (X'X を作り L とおけ)
MATMUL XPRIME Y R (X'Y を作り R とおけ)
SOLVE L R BETA (L・β=R から β を求めよ)
```

この結果をディスプレイ上にプロットすることや、この演算全体に名前をつけて、その名前で別の演算中で使うことができる。

やはり MIT の MAP<sup>(42)</sup> (Mathematical Program Analysis) は、もっと一般的な数値解析に用いる、人間—機械の会話を行なう言語の例で利用者のプログラミングを容易にしたものである。利用者は、コンソールでダイヤルをまわすと、MAC の計算機に接続され、log in を行なう。MAP を使うときには利用者は “resume map” とタイプすると、計算機から “COMMAND PLEASE” と応答してくる。そこでたとえば

$$I(v) = \Gamma_s / (\Pi(4 \cdot v^2 + \Gamma_s^2))$$

$v$  は変数、 $\Gamma_s$  は常数、

を計算しようとするときは、次のような会話を行なう。小文字のアンダーラインの部分は利用者のインプット大文字は計算機の応答である。

```
(i(v)=sqrtf (gamsqs)/(pi*(4.*v**2+gamsqs)))
PLEASE PRINT ON THE NEXT LINE MIN,
MAX AND DEL FOR THE VARIABLE V.
-1.   1.   .05
MIN=-20   MAX=20
DEC. VALUE OF CONSTANT GAMSQS
PLEASE    0.01
COMMAND PLEASE
```

ここで変数  $v$  については  $-1 \sim 1$  の間を 0.05 のきざみで変えて、 $I(v)$  を計算することを利用者は指示した。

同じようにして  $ABS(v)$  が計算された後で、

$$spect(v) = \int_{-\infty}^{\infty} I(v') ABS(v-v') dv'$$

を計算させるときは、次のような会話となる。

```
convolve
THIS COMMAND OBTAINS THE INTEGRAL
OF THE EXPRESSION A(X)*B(R-X)*DX
FOR ALL PERTINENT VALUES OF R.
WHAT IS THE NAME OF THE FUNCTION
```

OF THE TYPE A(X).     abs (vdum)  
 WHAT IS THE NAME OF THE KERNEL  
 FUNCTION.     i(v)  
 NAME OF ANSWER PLEASE.     spect (vr)  
 COMMAND PLEASE

これで直ちに spect (vr) が計算され、必要ならば、“plot” というコマンドで、ディスプレイに結果を図示させることもできる。習熟した利用者は、このような会話を簡略にして、ステートメントだけタイプすることもある。

### 5. オンラインシステムの応用例

すでに示したようにオンラインシステムは計算機応用のほとんどすべての範囲にわたっているが、ここではいくつかの話題について特に人間—機械のインタラクションを主として簡単に説明しよう。ただし、数学上の応用はすでに示しており、企業経営に関するシステム、シミュレーション、設計に関する応用は本誌の別稿で詳論されているので、省略するか補足する程度にしよう。

**経営情報システム**     経営の意志決定過程やビジネスの管理にオンラインが有力なものであることはすでに示したが、ここで多少補足すれば、端末におかれたキーボードやディスプレイは現場の活動のデータを計算機に直接インプットし、このデータはファイルに蓄積され、現場の活動に必要なデータを問い合わせに対し直接アウトプットする。経営管理のレベルでは、たとえば、あるカテゴリに入る製品やビジネス活動についての情報をコンソールで問い合わせると、その情報がタイプライタやディスプレイで表示される。その情報の中から特定の項目をピックアップして、その指定をインプットする。ディスプレイならばこのときライトペンで指示すればよい。計算機からその指定の項目についてのさらに詳細な情報が提供される。スケジュールの管理では、問い合わせにより CRT ディスプレイによる PERT や CPM の図示が行なわれ、ライトペンを用いて、クリティカルパスの変更やリソースの配分の変更の指示、それによる結果の図示などが行なわれる<sup>(26)</sup>。

会議や特定の係員グループに対する大きなスクリーンディスプレイは、軍の command and control システムと同様、その効用は大きいと考えられるが、現在のところ高価で、一部の実用化が行なわれているにすぎない。

**医療情報システム**     医療に関する情報システムは病院の管理、診断の合理化、医療情報の管理など多くの目的をもっていて、以前から計算機の利用が行なわれていたが、最近ようやくオンラインシステムの利用が考えられるようになった<sup>(27)</sup>。オンラインシステムでは患者、医療機器、医薬その他についての情報をいつでもアクセスできるように用意しておき、病院の管理や医療活動を改善しようとしている。医者は朝の回診の前に、手もとのコンソールにより個々の患者についての情報を問い合わせる。この情報と患者の病状を自分で診察した結果により、手当ての変更や必要な注意を指示する。医者は、実験室のテストの情報や、特定の医薬や機器が使用できるかどうか問い合わせができる。看護婦は、個々の患者に対して指定された療法についての情報、あるいは、特定の日常行なう手順や処置についての情報を計算機から聞きだせる。現在研究されているものでは、患者自身を適当な計測装置やディスプレイ装置にオンラインで結びつけて、患者の病状の監視するシステムがある<sup>(28)</sup>。

このようなオンラインシステムはいくつかの病院によるタイムシェアリングも考えられるが、一方、多くのシステムをオンラインで結合し、患者のカルテの共通な処理、医療のリソースの共通な管理も可能となり、さらには、すべての人の健康管理へと発展しうる。

**オンライン銀行業務システム**     特殊な端末装置により、窓口でオンラインに預金の出納データの処理を行ない、通帳の印刷を自動的に行なう<sup>(29)</sup>。為替や手形の送金業務に関しては、それらのデータの交換がオンラインで行なわれる。わが国でもいくつかの銀行が実施しはじめたが、地方銀行協会では共同の為替交換システムを計画している<sup>(30)</sup>。

**証券取引システム**     急速に変動する証券市場状況はオンラインシステムの開発を必要としている。取引の管理と市況データの問い合わせが行なわれる。端末からダイヤルで計算機に持続し、名柄コードをダイヤルで指定すれば、音声で回答が与えられる。一部で実用化されている。

**情報の蓄積とリトリバルシステム**     いままで述べたシステムは、いずれも大きなランダムアクセスのファイルが必要で、その情報の蓄積とリトリバルの処理が含まれている。ここでは、それを目的とした大規模なシステムについて述べる<sup>(31)</sup>。利用者は、はじめに自分がどんな情報を望んでいるかについて、あまり明確な記述をもっていない。そこでまず、コンソール

を用いてデータのカテゴリについて問い合わせを行い、望みの情報のカテゴリをせばめ、明確にしてゆき関係のありそうないくつかの項目のリストをひき出す。この中から、いくつかを選んで、その情報のアブストラクトを問い合わせる。そのアブストラクトを調べて、必要なものを選び出し、所要のドキュメントを計算機に要求する。コンソールのディスプレイに計算機から key words のリストを出させ利用者はそれを用いて、自分の問い合わせの形式を整える。それによって、ひんばんな会話を続けて、情報の在り場所に到達することもできる。

computer-assisted instruction (CAI) オンラインシステムが教育過程をたすけるもので、多くのシステムが開発されつつある<sup>(32)</sup>。わが国でも ETL-TM が実験された<sup>(33)</sup>。CAI では、計算機が先生で、多数の学生が端末装置を通して教育を受ける。端末装置はタイプライタと計算機の制御によるスライドプロジェクタの組合せがよく用いられる。各学生は自分の能力に合った速さで学ぶことができ、計算機からのインストラクションは、学生の反応に応じて異なったステップで少しずつすすめられる。しかし、CAI では教育法、会話に用いる言語および端末装置にはまだ解決すべき問題が多い。なお、飛行機や自動車の操縦訓練を行なう訓練シミュレータも CAI の一種と考えてよいであろう。

editing と composition<sup>(35)</sup> CRT ディスプレイ、ライトペンおよびキーボードを用いて、インプットデータのフォーマットを整えたり、文章の一部の訂正、そう入、削除を行ない、かつ文章のフォーマットも整える。これらは、もし紙と鉛筆あるいはタイプライタで行なったら、非常に面倒な手数のかかる仕事である。計算機の高度な処理能力からすれば、いかにもむだに思われるが、たとえば、ひんばんに改訂の行なわれるプログラムマニュアルのメンテナンスとその多数の人に対する配布を考えたとき、その効果は明らかである。新聞のページのレイアウトなども有効な応用分野であろう。

## 6. オンラインシステムの評価と将来

オンラインシステムの評価については多くの議論がなされている。しかし、オンラインシステムの多くは、計算機利用の目的を達するためには、オンラインでなければならない場合である。すでに示したように、予約システム、command and control システム、プロ

セス制御システムなどはその例である。これらのシステムではオンラインがよいか悪いかでなく、もっともよいオンラインシステムの設計は何かということである。

その他のシステムでは、オンラインかバッチかという選択は重要である。しかし、人類の文化は多くの場合、経済的評価で選択が行なわれるのではなく、“便利さ”が重要な因子となる。現在のところ明らかにオンラインシステムはバッチ処理システムに比して便利ではあるが高価になる。それにもかかわらず、急速な発展をしており、アメリカでは 1970 年には、電子計算機による活動の 90% 以上がオンラインによると予想する人もある位である。

この評価の問題は簡単に結論は出せないもので、ここでは、オンラインとバッチとの比較のための諸因子について示すことにしよう。

オンラインシステム、バッチ処理システムのそれぞれに有利に働く因子は次のようになる<sup>(6)</sup>。

オンラインに有利な因子   バッチ処理に有利な因子

○利用者の能率

○計算機のコスト

○大形計算機の効率

○ソフトウェアのコスト

○応用の融通性

○コンソールのコスト

○物理的な因子

○通信系のコスト

現在のところ、上記 4 つのコストは、いずれもバッチ処理の方が有利である。しかし、計算機のハードウェアのコストやソフトウェアのコストは、近い将来、オンラインであるかどうかでそれ程の差がなくなるであろうことが想像される。

利用者の能率については、比較がかなり困難であるが、D.J. Kaufman<sup>(36)</sup>によると、デバッグの能率は 3:1~5:1 の割合でオンラインの方がよいとされている。SDC の H. Sackman 等は、デバッグのための人一時、それに費された CPU の時間を、SDC の TSS を用いて比較実験を行なった<sup>(37)</sup>。これによる、オンラインおよびインターラクティブなプログラミングが上記ほどではないが、かなり有利である（条件により 6:1~1.5:1）ことが示された。ただし、個人差が非常に大きいので、一般的な比較ではない。利用者の能率は、この外“便利さ”が評価されなければならない。数量的な比較は困難である。

大形計算機の効率については、同じプログラムを実行するのに、大形になるほど安くなることは事実であるが、TSS においては、計算機の効率は、プログラムのスワップその他のオーバヘッドのために、実質の計

算時間は減少する。SDC の例では 60~70% であった。これは TSS が大規模になると減少する傾向にある。しかしこれは技術の進歩により改善されよう。

応用の融通性については、TSS では解く問題の要求に応じて、大形の計算機としても小形の計算機としても使える。また、バッチ処理では不可能な広い応用分野が考えられる。

物理的な因子は、各利用者が計算機をもつことに比べると、簡単なコンソールですむので、空調設備、設置スペースの点で有利である。計算機を使うために計算センタに行く必要もない。

これらの各因子は、現状ではオンラインシステムを推進するものとなっているが、おそらく、今後ますますオンラインに有利な方向にすすむと考えるべきであろう。

TSS が開発された当初から出されていた、コンピュータユーティリティ (computer utility) の思想は、公共の多数の利用者に、計算サービスと情報サービスを、常時同時に並行に提供するものであり、これはオンライン処理方式が当然その基礎となっているコンピュータユーティリティは現在すでに限定された形で、あるいは特殊な分野に実現しており<sup>(6)</sup>、今後そのネットワークはひろがってゆくと思われるが、そのための技術的進歩もさることながら、社会的影響も論ぜられている。これらについての議論は本文の責任外ということにして、文献<sup>(38)</sup>にゆずる。

#### 参 考 文 献

- (1) On-line computing systems, Proceedings of the Symposium sponsored by the UCLA, Feb., 1965, Los Angeles, Calif. American Data Processing, INC.
- (2) J. Martin: Programming real-time computer systems, 1965, Prentice-Hall, INC.
- (3) R.V. Head: Real-time business systems, 1964, Holt, Rinehart and Winston, INC.
- (4) H.D. Huskey: On-line computing systems: A Summary, (1) 参照, pp. 139~142.
- (5) W.F. Bauer: On-line Systems-Their Characteristics and Motivations, (1) 参照, pp. 14~24.
- (6) W.J. Karplus: On-line computing, time-shared Man-Computer Systems, McGraw-Hill Book Co., 1967.
- (7) R.R. Everett, et al.: SAGE-A Data Processing System for Air Defense, Proc. of the Eastern Joint Computer Conference, Washington, D.C., 1957.
- (8) 大野: 座席予約機械化システムの研究, 鉄研報告, 61~69, 昭和 36 年 3 月.
- (9) 穂坂, 大野: 予約機械, 電子通信工学講座, 共立出版, 昭和 34 年.
- (10) M. Rothstein: American Airlines SABRE: The Analyst's View point, Proc. of the 2nd AGIFORS Conference, Rome, Oct. 1962.
- (11) D.G. Malcolm, A.J. Rowe, et al.: Management Control Systems, John Wiley & Sons, INC. 1960.
- (12) E.J. Menkhaus: Inter-loc, Business Automation, Vol. 13, No. 7, July. 1966.
- (13) S.I. Gass, et al.: Project Mercury Real-Time Computational and Data-Flow System, Proc. of the Eastern Joint Computer Conference, Washington, D.C. Dec. 1961, Vol. 20, The Macmillan Co. N.Y.
- (14) T.J. Williams: The Development of Computer Control in the Continuous Process Industries, Proc. of the IEEE, Vol. 54, No. 12, Dec. 1966.
- (15) J. McCarthy: Time Sharing Computer Systems, Management and The Computer of the Future, John Wiley & SONS, INC. 1962, Chapter 6.
- (16) C. Strachy: Time Sharing in Large, Fast Computers, Proc. of the International Conference on Information Processing, UNESCO, Paris, June 1959.
- (17) 日立評論, 座席予約システム特集, 昭和 39 年 6 月.
- (18) 電子計算機の実時間応用における諸問題の調査研究報告書, 日本電子工業振興協会, 昭和 40 年, 41 年, 42 年.
- (19) 穂坂: 計算機の時分割使用, 情報処理, 第 7 巻 第 3 号, 昭和 41 年.
- (20) D.F. Parkhill: The Challenge of the Computer Utility, Addison-Wesley Publishing Co. 1966.
- (21) J.C.R. Licklider: Man-Computer Symbiosis, IRE Transactions on Human Factors in Electronics, HFE-1, March. 1960.
- (22) M.D. Prince: Man-Computer Graphics for Computer-Aided Design, (14) 参照.
- (23) L.C. Hobbs: Display Applications and Technology, (14) 参照.
- (24) J.P. Roche and E.S. Rogers: Audio Response in Banking, Datamation, July 1965, pp. 34~38. B. Dale: Never-Fail Audio Response System, AFIPS Conference Proceedings, Vol. 28 1966.
- (25) 井上ほか: 複合小形電子計算機によるリアルタイムシステムの一例—FACOM トータリゼータシステム, 情報処理学会 SC 研究委員会資料,

- 昭和 42 年 1 月.
- (26) A Vazsonyi: Automated Information systems in Planning, control and command, Management Science, Vol. 11, No. 4, Feb. 1965.
- (27) P.C. Tiffany: The Storage and Retrieval of physiological and medical data in modern hospital, 1962 Proc. SJCC, pp. 291~305.  
S.R. Yarnall and R.A. Kronmal: Computer aids to medical diagnosis-problems & progress, Proc. of ACM 21st Nat. Conf. Aug. 1966.
- (28) R.L. Patrik and M.A. Rockwell Jr.: Patient on-line, Datamation, Vol. 11, pp. 57~60, Sept. 1965.
- (29) E.C. Miethaner: On-line branch banking Datamation, Vol. 12, pp. 47~50, April 1966.
- (30) 米沢: 地銀協データ通信システムの設計概要 電気通信施設, 19 巻 7 号, 1967.
- (31) J. Becker and R.M. Hayes: Information Storage and Retrieval, New-York, Wiley & SONS Co., 1963.  
E. Bennett, et al.: AESOP: A Prototype for on-line user control of organizational data storage, retrieval and processing, 1965, Proc. FJCC, pp. 435~455.
- (32) G.M. Silvern and L.C. Silvern: Programmed Instruction and Computer-Assisted Instruction-An Overview (14) 参照.
- (33) 田村: 電気試験所ティーチングマシンについて 電試彙, 30, 7, 昭和 41 年 7 月.
- (34) 穂坂: 計算機による Display と Man-Machine Interaction について, 情報処理学会月例会資料 22, 昭和 42 年 2 月.  
同上: “コンピュータグラフィックスの開発” エレクトロニクス, 昭和 42 年 4 月.
- (35) (23) 参照および (6) 参照. pp. 217~218
- (36) D.J. Kaufman: Monsanto's Conversational Mode Computer Network to Increase Engineer's Efficiency, Data Processing Magazine, No. 7, p. 48, Aug. 1965.
- (37) H. Sachman, et al.: Exploratory Experimental Studies Comparing online and offline Programming Performance, AD 645438, Dec. 1966.
- (38) E.E. David Jr. and R.M. Fano: Some Thought about the Social Implications of Accessible Computing, Proc. FJCC. 1965.
- (39) J.I. Schwartz: Online Programming, Comm. ACM, Vol. 9, No. 3, March, 1966.
- (40) T.G. Evans: On-line Debugging Techniques: a Survey, Proc. FJCC, 1966.
- (41) A.N. Stowe, et al.: The Lincoln Reckoner: an Operation-oriented, On-line Facility with Distributed Control, (40) 参照.
- (42) R. Kaplow, et al.: Man-Machine Communication in On-line Mathematical Analysis, (40) 参照.
- (43) K.J. Busch: TELSIM, a user-oriented Language for Simulating Continuous Systems at a Remote Terminal, (40) 参照.  
なお TSS に関する文献は Proc. IEEE. Dec. 1966, pp. 1764~1765 および (18) の昭和 41 年度分を参照されたい.  
(昭和 42 年 9 月 25 日受付)