

多重計算機システムの制御プログラム

Control Program for Multi-computer System

大 島 淳 一*・渡 辺 勝**

Jun-ichi OSHIMA and Masaru WATANABE

主計算機と端末制御用の小型計算機を接続した形の多重計算機システム（生産研究の前月号参照）を用いて、オンライン計算を行なうための基本となる制御プログラムの構成について、われわれの実施した方法を紹介する。二つの計算機相互のメッセージ交換の形式を定めた上、これにもとづき、両計算機でどのように処理されているかを説明する。この応用としての会話型言語処理については、別に報告する予定である。

1. ま え が き

計算機の利用は主に一括処理方式を中心に発展してきている。つまり計算機の高速処理能力と高信頼性とを十分に引き出し、計算機に適した形式で多量の同種類の仕事を処理することに努力がはらわれてきた。一方、計算機開発の初期よりオンラインやリアルタイム的な応用の研究も続けられていた。1960年代の後半に入って両処理方式が結び付き、タイムシェアリング方式や多重処理方式が開発され、人間—計算機の相互作用によって問題を解いて行こうとする研究が始められた。

私たちの研究室でも、このような人間—計算機の相互作用の研究の手段として、主な計算機(FACOM 270-30)と遠隔の研究室におかれた小形計算機(FACOM 270-10)とを相互接続したシステムを開発した。そのハードウェアについては「生産研究」の前月号に紹介したので、今回はこの相互接続型計算機システムをどのような方式で制御したならば、オンライン会話形式の処理が可能になるかについて述べる。

2. 制 御 方 式

FACOM 270-10 と FACOM 270-30 とはハード的に相互接続されたことによって、個々の計算機システムとしての機能はなんら失ってはいない。したがって、この相互接続された計算機システムの制御方式としては、個々の計算機システムの持つバッチ処理、またはインスタント処理の能力をできるだけ保存した上で、オンライン処理も効率良く行なえることが要求される。

(1) 会話形式

人間が計算機と会話しながら問題を解決して行く過程を人間の側から見ると、端末装置となるタイプライタやディスプレイ装置を介して計算機へメッセージを送り、できるだけ速くそのメッセージに対する計算機からのメッセージを端末装置を介して返してもらう。人間はそのメッセージの交換によって得られた結果によって思考

をめぐらし次のメッセージ交換のサイクルに入る。このようにメッセージの交換を繰り返すことによって思考を進展させ問題を解決してゆくのである。

会話形式の処理を計算機の側から見ると、端末装置からのメッセージを解読し人間の意思に応じた最適処理を行ない、その結果をメッセージとして端末装置へ送り返すことである。人間のメッセージに対してできるだけ多くのサービスをすることを考えると、計算機システムは指定された問題を最適に処理するための多数のプログラムやメッセージを準備しておかなければならない。

したがって、会話形式の処理とはメッセージの交換が主体となっていると言うことができる。このときのメッセージについて考えてみると、人間から計算機へのメッセージは少ない程良く、計算機から人間へのメッセージは多い程良い。メッセージの交換は人間の思考を妨げないような言語と形式で行なわれなければならない。

(2) FACOM 270-10

FACOM 270-10 は少量の記憶装置(コア: 4K)と入出力装置(紙テープリーダー, IBM タイプライタ)より構成される小型の制御用計算機であって命令数も少なく処理速度も遅い。単独の利用法としてはローダを中心としたモニタによって機械語のプログラムの格納, 実行, 停止などの操作ができる。

端末装置は実時間制御装置(RTC)を介して接続されており、すべての動作がインタラプト機能によって行なわれる。今までのインタラプト処理ルーチンを拡張することによって、FACOM 270-10 を端末装置の制御のみに専用することなくオンライン会話形式の処理の一部であるメッセージの入出力をまかすことができる。

(3) FACOM 270-30

FACOM 270-30 は多量の記憶装置(コア: 32K, ドラム: 262K, 磁気テープ装置: 2台)と入出力装置(カードリーダー, ラインプリンタ, 紙テープリーダー, 紙テープパンチ, ファコムライタ, X-Y プロッタ)を持つ高速の中型計算機である。命令数も多く高速の演算処理や判定などが可能である。単独の利用法としてはメーカーより

* 日本大学生産工学部

** 東京大学生産技術研究所 第3部

提供されたモニタを生研用に改良した MONITOR III・E₄・ACT によって一括処理方式を採用している。ハード的に多重プログラミングの機能を備えていないので一つのジョブによって全計算機システムを独占させる方式をとっている。

相互接続された FACOM 270-10 はオンラインデータチャンネルに接続されているので、他の入出力装置と同じ方法によって管理されねばならない。

(4) 相互接続型システム

以上のような機能を有する二つの計算機を相互接続したシステムで会話形式の処理を行なうための基本動作をメッセージの交換と考え、メッセージの交換が最も効率良く行なえる方法を情報の流れにそって考える。

端末装置をタイプライタとした場合、一つのメッセージは多くの文字より構成されるので使用者は一字ずつメッセージを打鍵することになる。打鍵速度は一秒間に一回から三回程度であろう。この打鍵情報の処理を一つ一つ FACOM 270-30 にまかしていたのでは相互接続した意味がなくなる。情報転送時間を考慮すると、打鍵情報の処理は FACOM 270-30 で行なうよりも FACOM 270-10 で行なった方が数倍速くなる。したがって、FACOM 270-10 には数台の端末装置から入ってくる情報を端末装置ごとに分類して FACOM 270-30 が受け

取って処理しやすいメッセージの形式に編集することをまかす。そして編集の完了したメッセージを FACOM 270-30 へ送り処理してもらう。処理の結果として作成されたメッセージも多くの文字より構成されていると考えられるので一字ずつの端末装置への出力は FACOM 270-10 が行なう。メッセージの出力後にとるべき端末装置の動作も FACOM 270-30 から受け取った情報によって FACOM 270-10 が行なう。

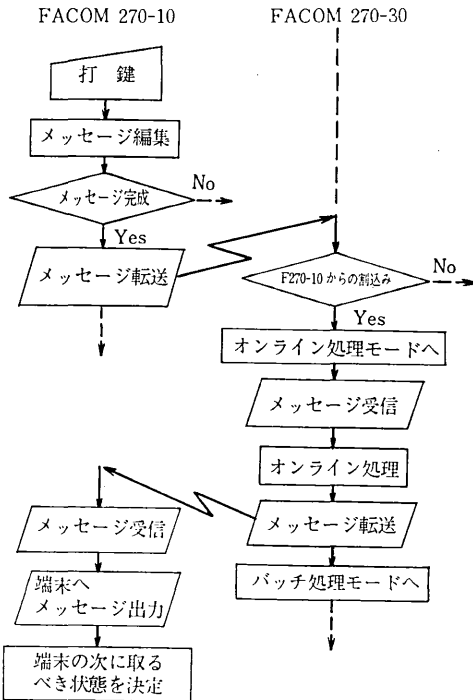
このようにオンライン会話形式の処理を二台の計算機によって、すべてインタラプト処理方式を用いて行なえば、FACOM 270-10 に無理な仕事を押しつけることも、FACOM 270-30 の経済性を犠牲にすることなく一括処理とオンライン処理とが両立する。端末装置であるタイプライタを操作する人はあたかも計算機システムを専有しているかのように使用することができる。オンライン会話形式の処理部分だけの流れ図を図1に示す。

3. メッセージ交換形式

メッセージの交換を行なう場合、メッセージそのものだけを交換したのでは FACOM 270-10 と FACOM 270-30 との間でメッセージを交換する経路はただ一つしかないのではの端末装置に対するメッセージであるか分からなくなり処理にこまる。また処理開始のメッセージや処理終了のメッセージなどを区別する何かがないとメッセージに対する適切な処理を行なうためには非常に多くの手間がかかり処理が不可能な場合も起こってくる。そこで、FACOM 270-10 と FACOM 270-30 との情報交換の単位として交換情報と呼ぶものを定める。交換情報は8語の制御情報領域と120語のメッセージ領域とから構成される128語である。これを表1に示す。

表1 交換情報の形式

番地	内 容	説 明
0	端 末 番 号	端末装置の認識番号
1	メ ッ セ ー ジ ・ ポ イ ン タ	メッセージ構成文字のバイト・アドレス
2	結 合 要 求	結合要求時に ON
3	結 合 解 除	結合解除要求時に ON
4	コ ン テ ィ ニ ュ	239 文字以上のメッセージを送る場合に ON
5	タ イ プ ・ エ ン ド	コンティニューに対するタイプ・エンド時に ON
6	入 力 機 器 指 定	0: KB, 1: PTR
7	出 力 機 器 指 定	0: TYP, 1: TYP と PTP
8	メ ッ セ ー ジ	2文字/語の形式で格納する。メッセージの最後の文字はFF ₁₆ とする。
9		
10		
⋮		
⋮		
⋮		
126		
127		



.....: オンライン処理以外の処理を行って、オンライン処理要求の受け入れ状態にあることを示す。

図1 オンライン会話形式の処理

端末番号は端末装置に割りふられた番号でメッセージの所在を明確にするためのものである。各端末の作業領域などもこの端末番号に従って確保され利用される。

メッセージポインタはメッセージの入出力時に使用される。これは出し入れするメッセージの位置を示し、交換情報内の相対バイトアドレスとなっている。

結合要求は FACOM 270-10 から FACOM 270-30 に対して出されるもので、端末装置が計算機システムとの結合を要求したとき ON とされ、メッセージ領域の内容は起動すべき処理ルーチンの名前であることを示す。したがって、結合が完了した時点で OFF となる。

結合解除は FACOM 270-30 から FACOM 270-10 に対して出されるもので、結合解除が ON の場合、指定された端末装置にメッセージを出力した後その端末装置を計算機システムと切り放す。結合解除が OFF の場合にはメッセージ出力後、他の制御情報に従ってその端末装置に対する処理を続ける。

コンティニューは FACOM 270-30 から FACOM 270-10 へメッセージを送るとき、メッセージが 239 文字以上になった場合、とりあえず 239 文字以内の文字を送り、さらに続けて送るべきメッセージがあることを示すときに ON とされる。

タイプエンドはコンティニュー ON で送られてきたメッセージを出力し終わったので続きのメッセージを送ってほしいということを FACOM 270-30 に知らせる場合に ON とされる。このときのメッセージ領域の内容は無視されるべきである。端末から入力されるメッセージにはコンティニューの指定ができない。これは人間の思考からいって改行するまでの文字数がメッセージの長さ（最大 136 文字）として適当であろうし、処理する側からもメッセージの区切りとして適当であろうと考えたからである。

入力機器指定はキーボード (KB) からばかりではなくあらかじめ用意された紙テープも入力情報として使用できるようにと設けた。入力機器指定が 0 の場合は KB より入力し、1 の場合には端末装置の紙テープリーダーよりメッセージを入力する。

出力機器指定はタイプライタ上の印字出力だけではなく出力メッセージを紙テープの形で保存したい場合のことを考えて設けた。出力機器指定が 0 の場合は印字のみを行ない、1 の場合は印字と共に紙テープパンチも行う。

メッセージは端末装置固有のコードで 1 語に 2 文字の形式で格納されメッセージの最後には FF (16 進数) が格納される。メッセージの最後を改行コードにしなかったのは入力メッセージに対してはよいが、出力メッセージに対して一行ずつしか転送できないことになり計算機を無駄に使用する場合が多くなるのではないかと考えた

からである。

オンライン会話形のメッセージ交換を行なうにあたってこの程度の準備があれば、あとは個々の処理ルーチンに制御をまかすことによって十分実現されるものと思う。入出力機器の指定にあたっては端末装置の種類によってずい分違ってくると思われるがそれぞれの装置にあった指定法を考えれば有効に利用できるであろう。

4. FACOM 270-10 のモニタ

従来の機械語ローダを中心とするモニタにオンライン関係のインタラプト処理ルーチンを付け加える。(インスタント処理はオンライン処理によって使用される磁心記憶領域と時間とを除いてオンライン処理と同時に実行することができる。) オンライン処理とは入力メッセージのライン編集を行ない FACOM 270-30 へ送り、FACOM 270-30 から送られてきたメッセージを所定の端末装置に出力することである。オンライン処理はすべて磁心常駐ルーチンによって行なわれ、インタラプトの発生をもって起動される。

(1) 結合

端末装置が結合されている状態とは、メッセージが入力できる状態に端末装置があるか、入力メッセージに対する何かの処理が行なわれている状態である。端末装置を結合状態にするには、リクエストボタンを押して結合要求を出す。これは FACOM 270-10 へのインタラプト REQ n となり、その端末装置のための制御情報を整えてメッセージの入力を可能にする。メッセージを入力できる状態とはリクエスト OK のランプが点灯しキーロックが解除され打鍵できる状態である。メッセージが入力できない状態とはリクエスト OK のランプが消されキーロックがかかり打鍵できない状態である。

(2) メッセージの入力

一文字打鍵することによりインタラプト KBn が発生してメッセージを入力できない状態となる。そこで打鍵情報は読み込まれどの端末装置からのものであるか判別されてその端末装置用のメッセージ領域に格納される。打鍵情報 CRLF が読み込まれるまでは次の打鍵をゆるすためにメッセージの入力可能な状態としてサービスを終える。メッセージの最後として扱う CRLF が読み込まれた場合には、メッセージの最後に FF をつけてその端末装置用の交換情報を整えて FACOM 270-30 へ送り出してサービスを終える。

(3) メッセージの出力

メッセージの出力はインタラプト DRE の発生によって開始される。インタラプト DRE は FACOM 270-30 から FACOM 270-10 へ情報の転送を要求する信号である。要求があったならば直ちに交換情報を受け取ってどの端末装置へのメッセージであるかを判別し、その端末

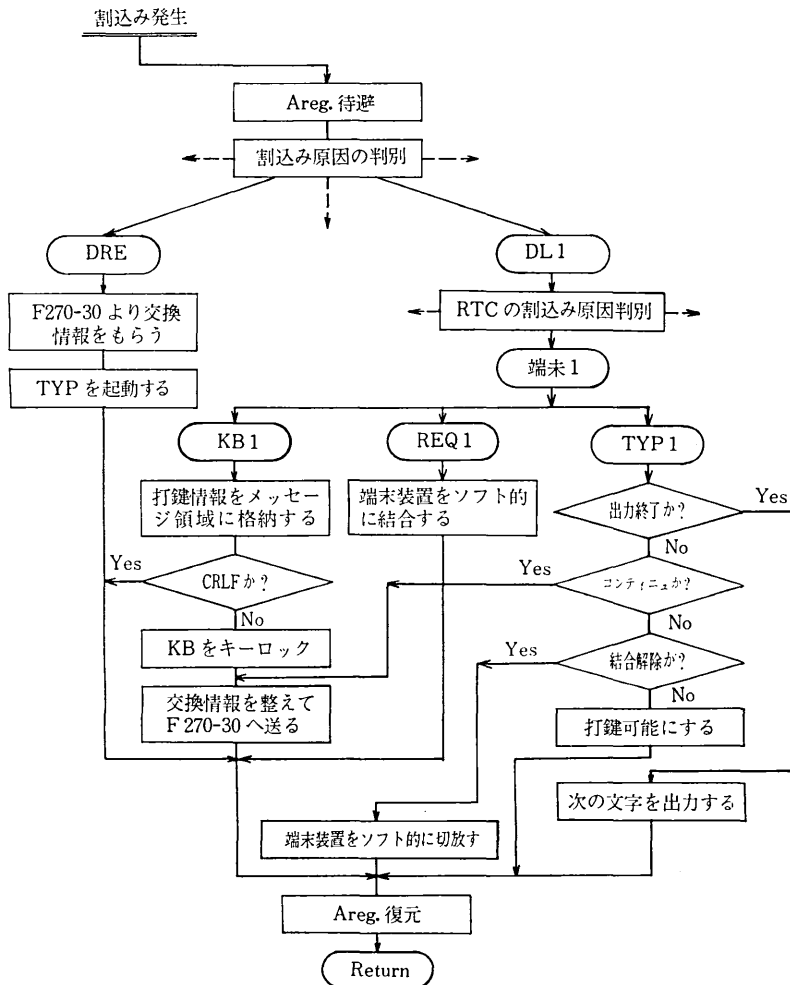


図 2 FACOM 270-10 のオンライン処理

装置へメッセージを出力する。メッセージの出力ルーチンはインタラプト TYPn を利用して出力中の待ち時間を他の処理に利用できるようになっている。メッセージ出力完了後、制御情報の内容によって、コンティニュー ON ならばタイプエンドを ON にして交換情報を FACOM 270-30 へ送り返しサービスを終える。結合解除 ON であるならばその端末装置を切り放しサービスを終える。その他の場合は次のメッセージが入力できる状態にしてサービスを終える。

FACOM 270-10 のオンライン処理部分の流れ図を図 2 に示す。

5. FACOM 270-30 のモニタ

FACOM 270-30 の MONITOR III・E4・ACT にオンライン処理の機能を組み込む。バッチ処理中に割り込んでオンライン処理をするにあたって、マルチプログラミングのためのハードウェア機能の無いこと、ディスク等の高速大容量の記憶装置の無いこと、バッチ処理で磁

心記憶と磁気ドラムを一杯に使用して空き領域の無いことが問題となる。そこで次の管理を新しくモニタの仕事として付け加える。

- (a) 記憶領域をバッチ処理用とオンライン処理用に明確に分離する。
- (b) 両処理で共通に使用しなければならない部分についてはモードの切り換えを行なう。
- (c) 入出力装置についてはバッチ処理で使用する可能性のあるものはオンライン処理では使用禁止とする。

オンライン処理の要求は 2-レベルのインタラプトとして入ってくる。これはいかなるバッチ処理のプログラムよりも優先している。しかしここで直ちにオンライン処理を実行するわけには行かない。というのは、オンライン・データ・チャネルのデータ転送の完了確認信号も 2-レベルのインタラプトとして入ってくるし、バッチ処理で使用している入出力装置に対する処理が乱されるおそれもあるからである。したがって 2-レベルのインタ

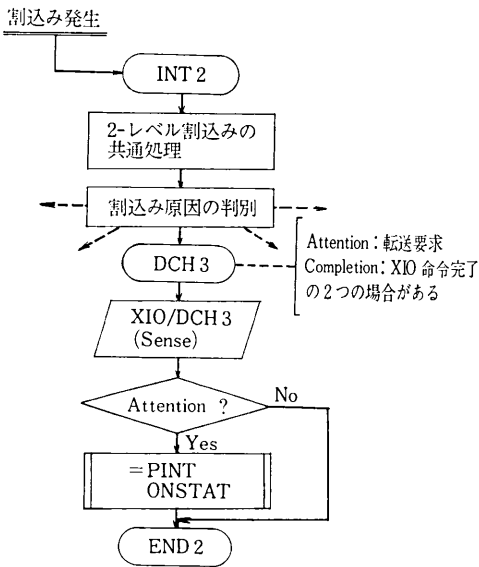


図3 FACOM 270-30 のオンライン割込処理

ラプト処理ルーチンにおけるオンライン処理としてはオンライン処理開始ルーチン (ONSTAT) を起動するだけにとどめ 2-レベルから出なければならない。これを図3に示す。

ONSTAT は 3-レベルのプログラムとして登録されている。3-レベルのプログラムは P-レベルのプログラムに優先して実行され、緊急度の高く実行時間の短いものが多い。バッチ処理で使用するプログラムはコンパイラを始めとして大部分が P-レベルのプログラムである。したがって一般の場合においてオンライン処理は要求のあったときに直ちに実行されると考えてよい。

両処理に共通して使用される部分としては、磁心自由領域と磁心固定領域とドラム固定領域がある。磁心自由領域については、オンライン処理の開始時に待避して終了時に復元しなければならない。磁心固定領域については P-レベルから 3-レベルの切り換え時点でプログラムに関することは終了しており、入出力バッファはオンライン処理では使用しないことにするので、時計の管理だけをすればよい。ドラムの固定領域については、実行状態の保存は P-レベルから 3-レベルの切り換え時点で終了しているから、システム作成時にオンライン処理プログラムを上手に登録してやればよい。オンライン処理プログラムは相当大きなものになることが予想されるので現在のドラム固定領域の空き領域だけに登録することは不可能である。したがってバッチ処理における制御命令や機能の一部を削除しなければならないであろう。しかしこの場合においてもバッチ処理における最低条件だけは満足してやらねばならない。

磁気ドラムはバッチ処理用にすべて使用されているのではあるが、オンライン処理に不可欠なランダムアクセ

ス記憶装置として使用しないわけには行かない。そこでバッチ処理で処理できる最大のプログラムの大きさを現在の 2/3 程度に減じ、あいたドラム自由プログラム領域をオンライン処理用の入出力バッファや作業領域などに、あいたドラム作業領域を磁心自由領域の待避領域に使用することにした。

入出力装置としては磁気テープ装置を一台しかオンライン処理用には使用しないことにする。この磁気テープ装置はファイルの記憶用に使用されるべきであるが、最適な装置でないことはがまんしなければならない。バッチ処理で使用している磁気テープをあやまって使用することのないように特別の保護が必要である。

FACOM 270-30 におけるオンライン処理 ON-STAT によって開始される。ON-STAT はバッチ処理モードをオンライン処理モードに切り換え、FACOM 270-10 からの交換情報を受けとり、端末番号に従ってメッセージのコード変換を行ない、適当なオンライン処理ルーチンへその交換情報を渡す。オンライン処理ルーチンは全く FACOM 270-30 用のプログラムで端末ごとに作業領域を作成し処理を行ない結果としての交換情報を作成するものでなければならない。オンライン処理ルーチンによって作成されたメッセージはオンライン処理終了ルーチン (ONEND) によって端末番号に従ってコード変換がなされ FACOM 270-10 へ送られる。さらに、ON-END はオンライン処理モードからバッチ処理モードへの切り換えを行なってオンライン・サービスを終る。このようにオンライン処理はバッチ処理に優先して 3-レベルで行なわれるので端末におけるメッセージ入力からメッセージ出力までの待ち時間は短くオンライン会話形式の



図4 オンライン処理開始ルーチン (F 270-30)

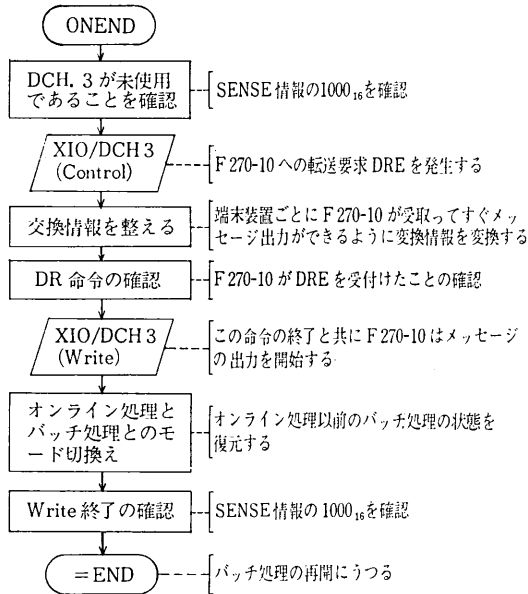


図 5 オンライン処理終了ルーチン (F 270-30)

処理に十分利用できる。ON-STAT と ON-END ルーチンの流れ図をそれぞれ図 4, 図 5 に示す。

6. おわりに

相互接続計算機システム用の制御プログラムとして、ハード的な相互接続機能の試験を行なうだけのオンラインモニタ I, バッチ処理と簡単なオンライン用言語 JOSS を使用するオンライン会話形式の処理とができるオンラインモニタ II, さらに高度なオンライン用言語 CCS が

使用できるオンラインモニタ III が完成している。これらのモニタは端末装置としてファコムライタが一台しかなかったときのものであるが制御方式の正しいことを証明している。現在はキャラクタ・ディスプレイ装置が増設されたので、この装置の制御方法や会話形式への利用法の研究とあわせて端末装置が複数になった場合の制御についての再検討を行なっている。

本研究は生産技術研究所の選定研究費の補助を受けて行なったものである。本研究に対し、浜田助教授、藤田講師、安達、藤田、矢作各技官の協力を得たことを感謝する。
(1971 年 11 月 9 日受理)

文 献

- 1) FACOM 270-30 MONITOR III, 仕様書
- 2) Franz L. Alt and Morris Rubinoff; Advances in COMPUTERS, Vol. 8, Academic Press, 1967
- 3) J. Martin; Programming Real-Time Computer System, Prentice-Hall, 1965
- 4) 渡辺勝, 大島淳一; FACOM 270-30 の MONITOR III, とその改良について, 電気談話会報告, Vol. 19, No. 16, 1969
- 5) 渡辺勝, 杉本正勝, 大島淳一; FACOM 270-30, FACOM 270-10 相互接続型 オンライン・システム, 電気談話会報告, Vol. 19, No. 35, 1969
- 6) 渡辺勝, 大島淳一; 多重計算機システムの制御プログラム, 電気談話会報告, Vol. 20, No. 31, 1970
- 7) 大野豊; オンライン・リアルタイム・システムの設計, 産業図書, 1970
- 8) 藤井純, 鈴木伸夫; オペレーティング・システム, 産業図書, 1970
- 9) 渡辺勝, 杉本正勝, 大島淳一; 計算機相互接続型オンラインシステム, 生産研究, 23 巻, 12 号, 1971

次 号 予 告 (2 月号)

研究解説

N-クロルアミンの化学	浅大妹	原谷尼	照規	三隆学
物質およびエネルギーの輸送現象について	野崎			弘

研究速報

イソジベンゾアントロニルのヨード化	後李	藤川	信行	行篤
新しいヘテロ大環状化合物 ヘキサアザ[1.1]-(3.6)-フェナントレノフェンの合成	小後	藤川	昭二	信行
凝固前期における金属の粘性変化に関する研究	千々福	岩岡	健児	新五郎
凝固末期の金属の挙動	千々福	岩岡	健児	新五郎

研究室紹介

早野研究室	早野茂夫
-------------	------