

D10形電子交換機の交換プログラム

Operational Software of D10 Electronic Switching System

The operational software of D10 Electronic Switching System is a high degree real time program system and its scale reaches 200k words. The program system consists of program groups intended for call processing, fault processing, administration processing and so on. For coping with various demands for services particular to telephone switching programs are designed from the viewpoint of "the state of calling and its transition. Also, since the hardware, excepting speech path, is highly centralized it is important to ensure its stability as a total system, and so such functions as fault recognition, switching-over of system composition, restoration from faulty conditions, etc. are realized in the programs. Such a program dealing with communications between system and maintenance personnel is also available. When this program system is applied to a subscriber's line switching, its processing capacity is estimated at 4,000 erl.

道家浩太郎* Kôtarô Dôke
梅田 真 吾* Shingo Umeda
玉 木 研 造* Kenzô Tamaki
大 高 幸 雄* Yukio Ôtaka

1 緒 言

D10形電子交換機(以下D10形と略称する)の交換プログラムは現場試験用電子交換機DEX-21のソフトウェアをベースとして、昭和45年7月より約100人・年の工数をかけて作成された。

電話交換のソフトウェアとして高度の実時間性を要求されることから、すべてのプログラムに実行レベルを設け、時分割多重処理をしていることに特徴がある。またシステムとしての信頼度は「30分以上のシステムダウンが20年に0.7件以下」というきびしいものであるため、システムの障害検出および障害からの回復処理に対してソフトウェア上十分な考慮がなされており、システムの障害からの復帰能力を高めている。

さらに電話交換サービスの多様性に対処するため、呼びの状態とその遷移の概念をそのままプログラム構造に持ち込み、機能拡張の融通性を図っている。

D10形交換プログラムシステムとしては、LSシステム、事業所集団電話機能をもつLSシステムおよびTSシステムが開発されているが、ここではLSシステムについて呼処理と障害処理に重点をおいて、それらの一般的な考え方とプログラムの構成概要を述べる。

2 電話呼のソフトウェア処理

2.1 ソフトウェアによる電話交換サービスの実現

電話交換サービスとしては、発呼者からのダイヤルにより、発呼者と被呼者との通話路を設定する一般のサービスから、コールウェイティング、アッドオンのような新サービスに至るまでいろいろある。これらのサービスを統一的に表現する方法として、図1に示すように、交換機器の接続替えに注目した図を用いると都合がよい。これを状態遷移図または状態図と呼び、各状態を区別するため状態番号を付与する。

図1の例によると、電話機の送受器をおろしている状態から加入者が送受器を持ち上げれば、発信レジスタ(ORT)に

接続し、ダイヤル音を送出する。加入者がダイヤルしそれが終了すれば、ダイヤル情報により接続すべき相手を見つける。相手が自局に収容されている加入者であれば、相手呼び出す。相手が応答すれば、通話に入り、通話が終了すればまた元の状態に戻る。接続すべき相手が自局の加入者でなければ、ダイヤル情報を相手局に送り、相手局よりの応答を待つ。相手局の加入者が応答すれば、通話に入り通話が終われば元の状態に戻る。

図1は、電話交換サービスの最も基本的な例を示したものであるが、どのような電話交換サービスもこのような状態図表現が可能である。

このように、状態図として表現した電話交換サービスをソフトウェアで実現する手段はいろいろ考えられるが、D10形では、その一つの方法として、状態とその遷移をプログラム構造と直接結びつける方法をとっている。すなわち、交換機器の接続替えを行ない、状態を遷移させるプログラム(これを「タスク」と呼ぶ)を各遷移ごとに設けるとともに、状態の遷移要因を検出するプログラムおよびその要因を分析し、「タスク」を決めるプログラムを共通に設けている。

2.2 呼固有の情報とその収容形式

空間分割形の電子交換機であるD10形は、呼びごとにトランクや通話路を占有している。トランクにはトランクメモリと呼ぶメモリエリアが固定的に割り付けられており、トランクの選択、捕捉、解放はすべてトランクメモリを対象として行なわれる。

トランクメモリ内に収容されている呼び固有の情報としては、トランクと接続されている通話路の情報(パス情報)、加入者クラス情報、トランクの保守閉塞表示情報などがあり、またソフトウェア処理上必要な情報として状態番号、トランクのロジカル番号、接続端子番号などがある。これらは呼び

* 日立製作所戸塚工場

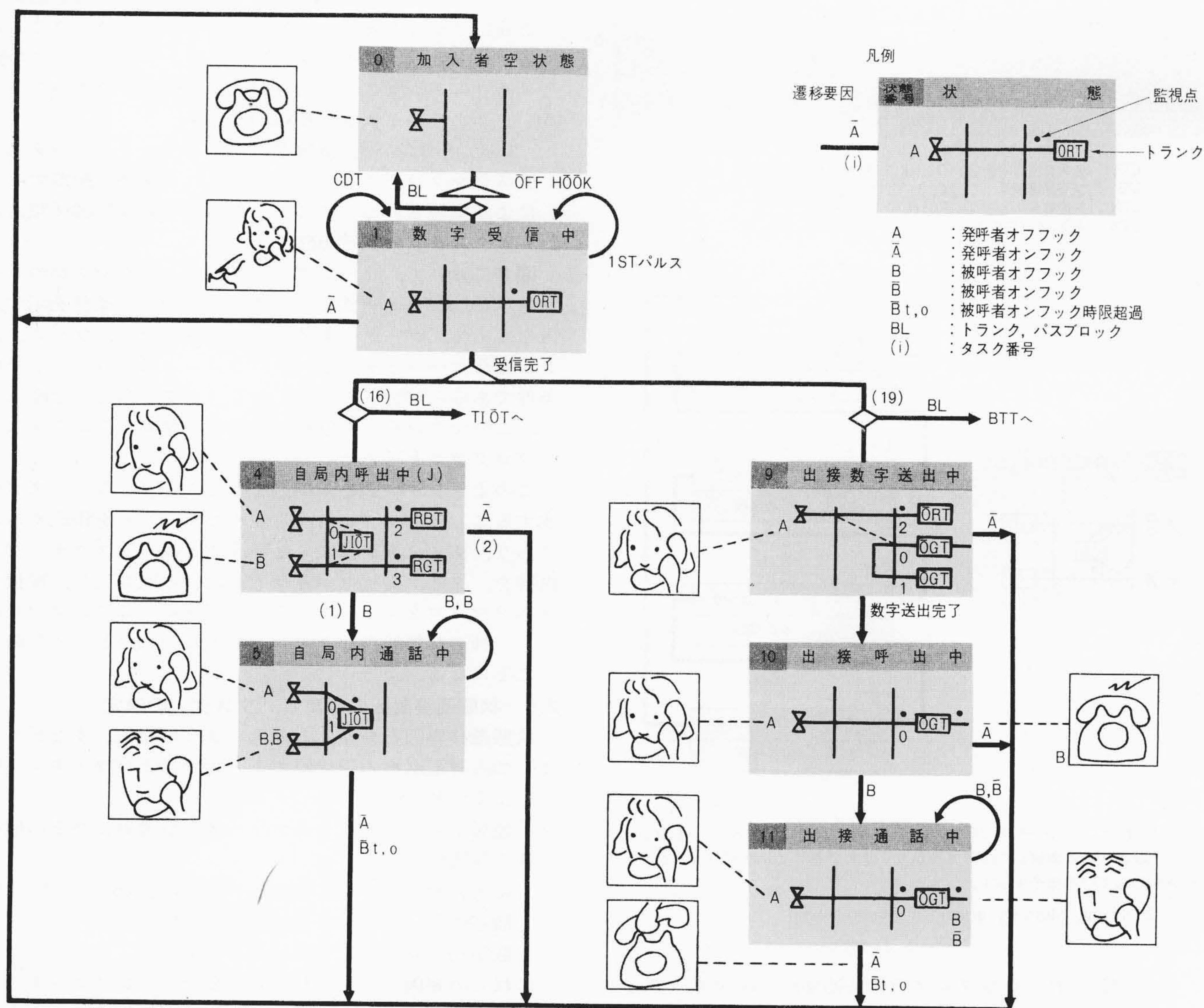


図1 電子交換における状態遷移図 電子交換における電話交換サービスを表現した図であり、状態遷移図または状態図と呼ぶ。呼処理プログラムはこの状態と遷移に対応するタスクと状態遷移要因を検出するプログラムおよびタスクを決定するプログラムから構成される。

Fig. 1 State Transition Diagram on Electronic Switching Facilities

ごとに、個別にソフトウェア処理を行なうのに必要な情報であり、同一状態にあるトランクメモリの間でメモリ上のサイクリックチェーンを組むのに使っている。このようなサイクリックチェーンを組んでおけば、状態を遷移させる要因を検出したとき、その要因とおのおのの呼びを容易に結びつけることができる。図2はサイクリックチェーンの構成例をあわせて示すものである。

通話路のあきふさがりはマップと呼ぶメモリに記憶しており、呼がどのパスを使用しているかは、トランクメモリ内に記憶している。

2.3 電子交換における「タスク」のイメージ

電子交換における「タスク」は、2.1で述べたように状態を遷移させるソフトウェア処理をさすが、具体的にはタスクマクロと呼ぶサブルーチンの実行順序を示すデータテーブルとして現われる。

図3はこのテーブル（タスクテーブル）とタスクマクロとの関係を示すものである。

タスクにおいて実行されるプログラム処理は、概略は下記

のとおりである。

(1) トランクおよび通話路の選択 (LTSC)

あきトランクメモリの選択、捕捉およびマップ上であき通話路の選択、閉塞(へいそく)を行なう。

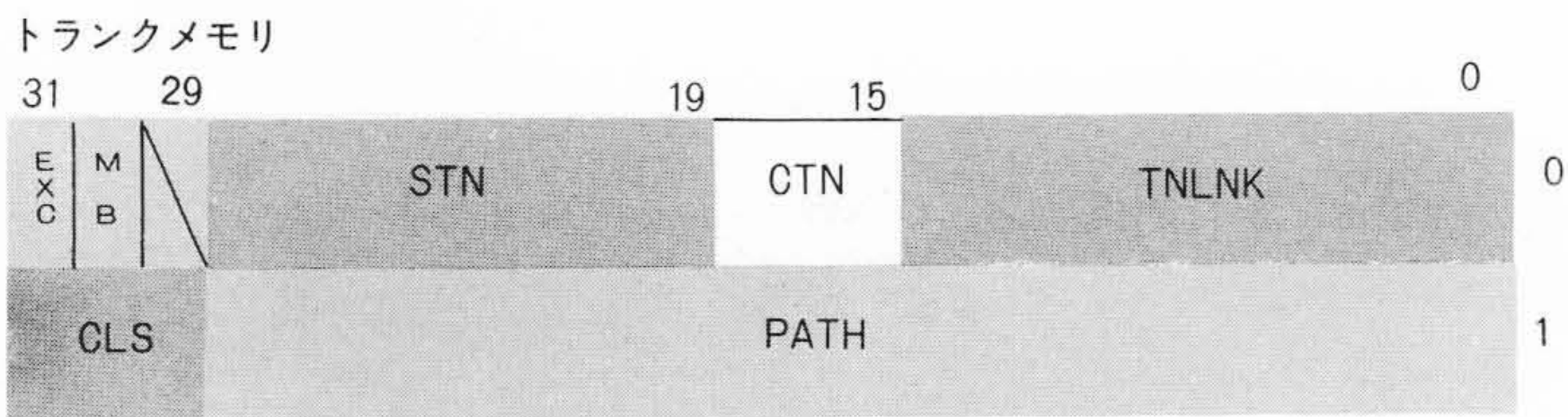
(2) トランクメモリ間のサイクリックチェーン作成および状態番号設定 (LINKB)

この処理は、金物のイメージを伴わない純然たるソフト処理である。

(3) ハードウェアを動作させるための通話路系駆動オーダの編集 (SPTRE)

交換機器の接続替えを行なうため通話路系駆動オーダを編集する。オーダの内容として、たとえば加入者とトランク間の通話路を接続する通話路制御オーダ、トランクのパターンリレーを制御して、トランクの機能を規定するリレー制御オーダなどがあらかじめ決められた順番に、通話路系トランザクションと呼ぶバッファに編集される。

編集された通話路系駆動オーダを、バスを通して制御装置に送りネットワークやトランクを動作させるのは、周期



EXC : タスク実行中表示 TNLNK : トランクメモリ間リンク
 MB : 保守閉塞表示 CLS : 加入者クラス情報
 STN : 状態番号 PATH : パス情報
 CTN : トランクメモリサイクリックチェーン内の通し番号

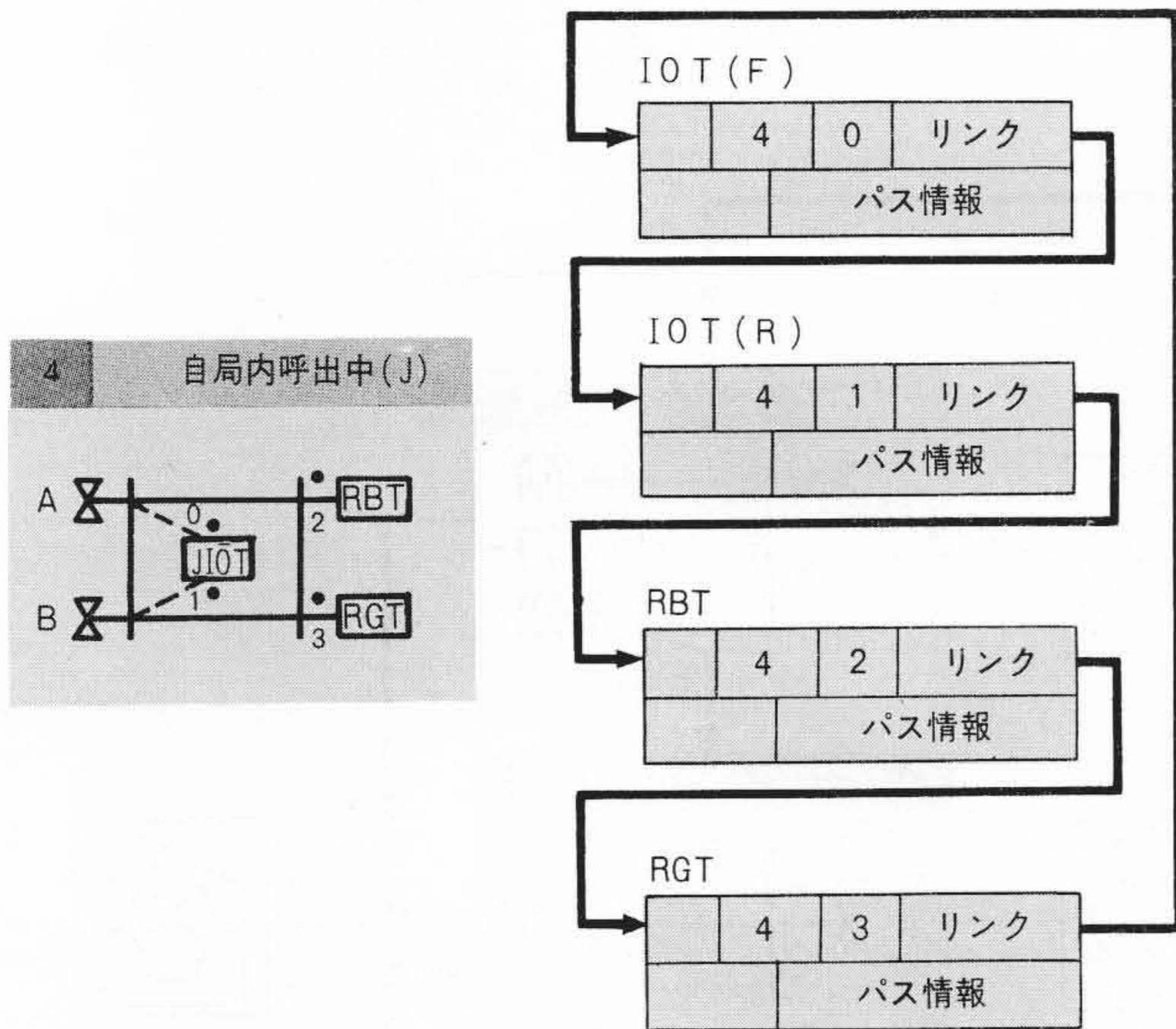


図2 トランクメモリとそのサイクリックチェーン トランクメモリに収容される情報とその形式を示す。また状態ごとにサイクリックチェーンを組んでいる様子を示す。

Fig. 2 Trunk Memory and it's Cyclic Chain

的に起動される専用プログラム（通話路系駆動オーダ送出プログラム）による。

(4) トランクの監視メモリ設定または解除 (SMCU)

状態を遷移させる要因は、加入者の電話機操作などにより引き起こされるが、それらの要因は主としてトランクで検出され、トランクスキャナを介してソフトウェア処理に

引き継がれる。このようにトランクにおいて状態遷移要因を検出させるかどうかを制御するため、トランクごとに監視メモリと呼ぶメモリを設けてある。タスクではこの監視メモリにアクセスして遷移要因の引き継ぎを制御する。

(5) タスクの終了表示 (END)

以上、タスクの代表的機能を述べたが、すべてのタスクはタスクマクロをあらかじめ決められた順番に配置することにより実現される。タスクマクロの種類は約80種類ある。

2.4 「タスク」の実行方法

図3において、ファンクションは、タスクマクロのレーベルを示し、パラメータはタスクマクロの入力条件を示す。見方を変えて、データの1語を命令とみなせば、ファンクションが命令コードと解釈され、パラメータは命令コードの付随条件であると解釈される。これを「マクロ命令」と呼んでおり、このマクロ命令を解釈し実行するプログラムをタスク実行プログラムと呼んでいる。

このようなプログラム構造をとることにより、タスクを作成することは、マクロ命令を並べたテーブルを作成することであり、タスクを実行するということは、タスクテーブルの内容を、タスク実行プログラムが次々と取り出し、解釈してタスクマクロをコールすることに帰する。ここにマクロ命令は、一種の交換処理オリエンティッドな言語としての性格を持つことになる。

2.5 状態遷移要因の検出と「タスク」の決定

状態遷移要因を分類すると次のようになる。すなわち、

- (1) 加入者電話機の送受器オン・オフおよびフッキング操作による信号
- (2) 他局からはいつてくるオン・オフ信号およびその他の特殊な局間信号
- (3) 時限付サービスにおけるサービス時限のタイムアウト信号
- (4) 数字受信完了による接続替え要求信号
- (5) 数字送出完了による接続替え要求信号

これらの要因のうち、(1)および(2)はラインスキャナまたはトランクスキャナを介してシステムに引き継がれる。また(3)はソフトウェア的にタイミングをとり、タイムアウトを検出すればシステムに引き継がれる。(4)は加入者または他局から選択信号を受信し終わった信号であり、広義には(1)の範疇(はんちゅう)に入る信号である。また(5)は数字送出を完了した

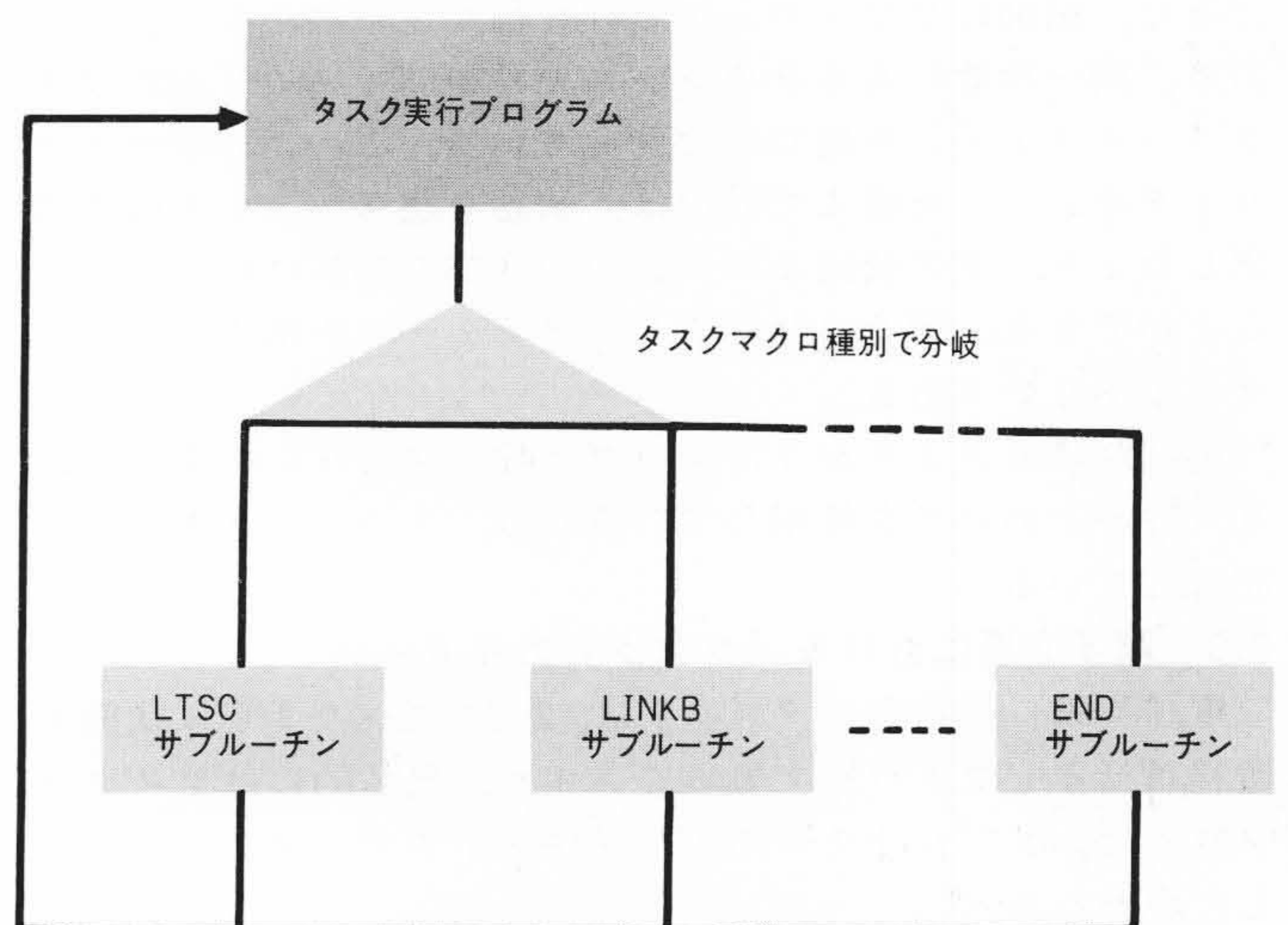
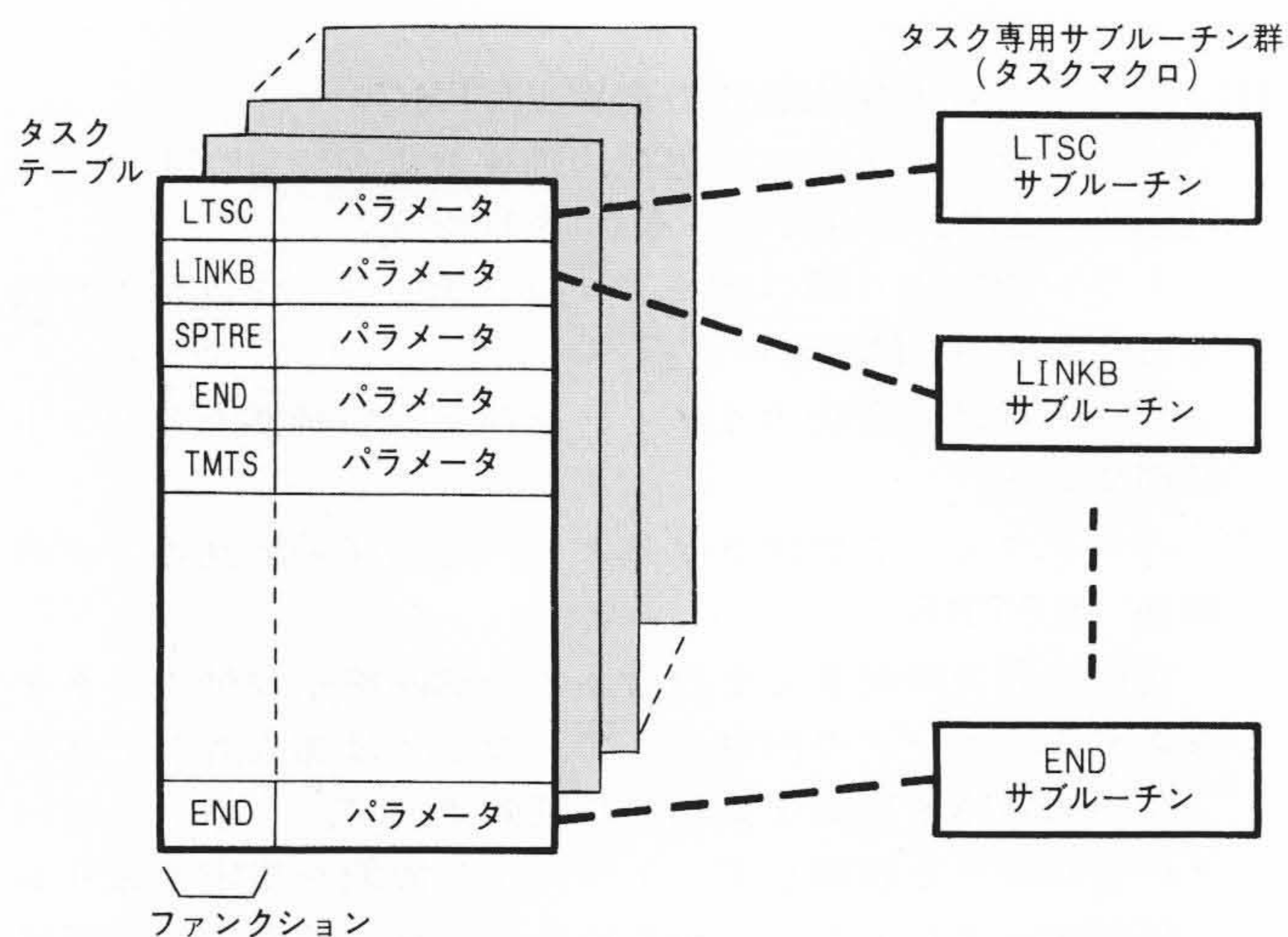


図3 「タスク」とその実行方法 「タスク」の実体はタスクマクロのレーベルとパラメータをもつテーブルの集合である。タスク実行プログラムはこのテーブルから1語ずつ取り出しファンクションとパラメータを解釈してタスクマクロの実行にあたる。

Fig. 3 TASK and it's Execution Method

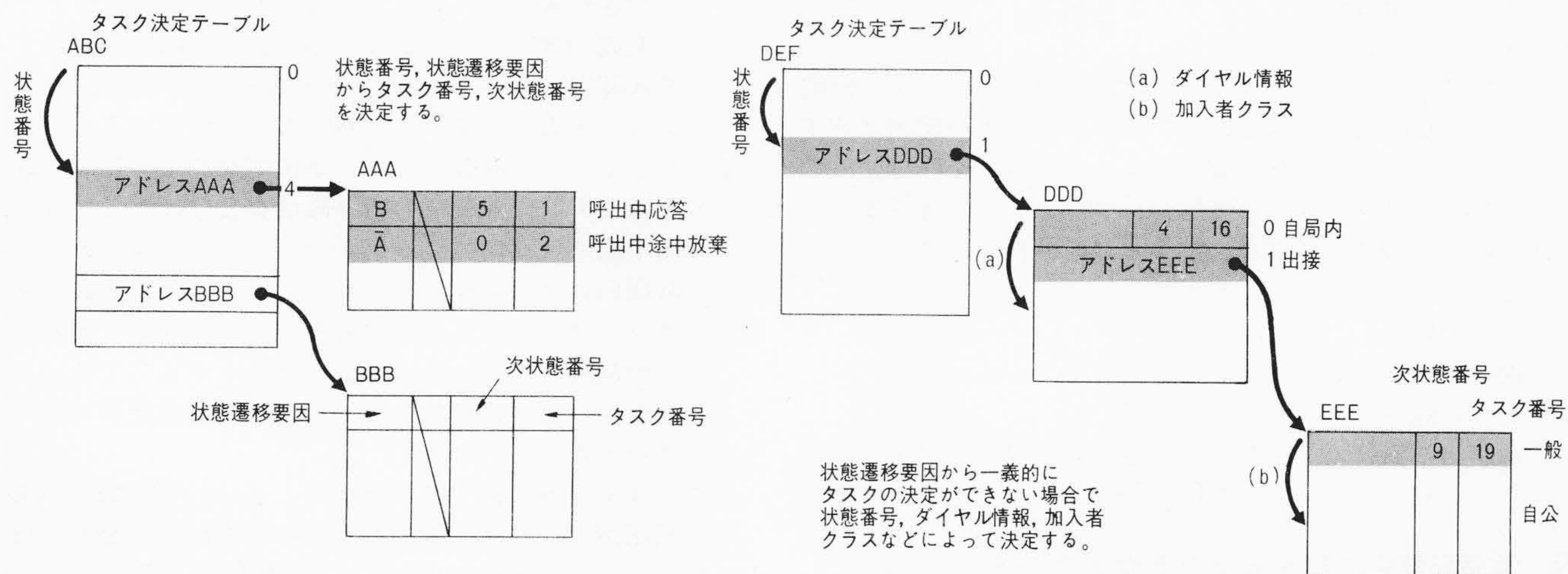


図4 タスクの決定方法 タスクの決定方法には、ここに示す二通りの方法がある。

Fig. 4 TASK Determination Method

ことを示す信号であり(4)と同様である。

状態遷移要因検出プログラムは上記要因種別ごとに設けられている。このようにしてシステムに引き継がれた遷移要因を分析してタスクを決定する。

タスクの決定方法として、次に示す二通りの方法をとっている。

(1) 状態遷移要因から一義的にタスクが決まる場合

状態番号ごとに遷移要因をまとめてテーブルを構成し、このテーブルを遷移要因をキーとしてテーブルサーチすることによりタスクを決める。図4左に示す例（自局内呼出しの状態から遷移する場合。図1参照）ではまずテーブルABCを状態番号で索引し、テーブルアドレスAAAを得る。次に遷移要因として被呼者応答Bの場合、状態番号5が決定される。発呼者途中放棄の場合は状態番号0が決定される。

(2) 状態遷移要因から一義的に決まらない場合

ダイヤル情報や加入者クラスによってテーブルを次々と索引しタスクを決定する。図4右の例では状態番号1（図1参照）から数字受信完了のときタスクを決定する手続きを示している。すなわち、まずテーブルDEFを状態番号で索引し、次にテーブルDDDをダイヤル情報で索引し、最後にテーブルEEEを加入者データで索引することにより、次の状態番号（たとえば状態番号9）が決定される。

2.6 呼処理プログラムの概要

図5はこれまで述べてきた呼処理プログラムの全体構成を示すものである。呼処理プログラムを機能に注目して分類すると次のようになる。

(1) 状態遷移要因検出プログラム群

これらには、ラインスキャナやトランクスキャナより情報を取り出すプログラム、システム上のタイミングをとる

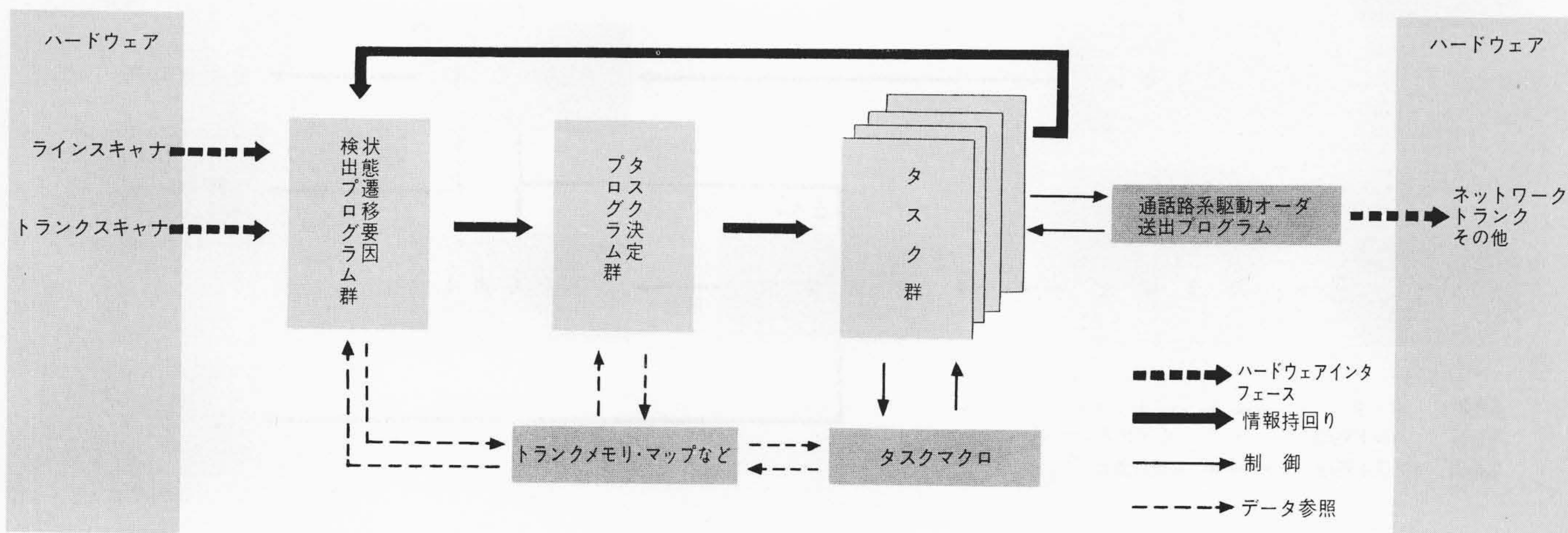


図5 呼処理プログラムの全体構成 呼処理プログラムの全体構成を示す図である。ハードウェアとのインタフェースは状態遷移図要因検出プログラム群と通話路系駆動オーダ送出プログラムが受け持つ。

Fig. 5 General Structure of Call Processing Program

プログラム、選択数字を受信および送出するプログラム、課金パルスを送出するプログラムなどすべて状態を遷移させる要因を検出するプログラムより成る。

(2) タスク決定プログラム群

タスク決定プログラムは、状態と遷移要因から一義的にタスクを決定する状態分析プログラム、遷移要因とダイヤル情報、加入者クラスなどによってタスクを決定する数字分析プログラムおよび着信分析プログラム、遷移要因と加入者クラスでタスクを決定する発信分析プログラムより成る。

(3) タスク群

図3で述べたタスクテーブルの集合である。

(4) その他

通話路系駆動オーダを送出するプログラムやタスクマクロ、サブルーチンがある。

3 電話局障害に対するソフトウェア処理

3.1 障害に対する基本的考え方

従来の交換機の実績から、交換機の安定性と信頼性は、

(1) 30分以上のシステムダウンが20年間に0.7件以下

(2) 呼の処理誤り率は 2×10^{-4} 以下

を目標とする。電子交換の特徴は、通話路を除いて制御機能が高度に集中されていることである。したがって機能を集中化された共通装置に対する障害は即時に対処することが必要となる。このため運転する系の構成は、装置の二重化やN+1予備方式の冗長構成を採用している。障害が発生し、その検出が行なわれると、ソフトウェアは障害装置を識別し、冗長構成を利用して運転可能な系を見いだす。次に系の切替えなどを行なって正常処理への復帰を行なう。

すなわち障害に対する処理はなんらかの方法で障害を検出することから始まる。電子交換機の対処すべき障害とその検出

手段には以下に示すようなものがある。

(1) 装置障害 ハードウェアによって検出されソフトウェアに通知される。その通知方法は障害の重要度に応じて中央制御装置(CC)に割込動作をかけ、その原因を表示するクラスA障害、スキャナや各装置の特殊回路に動作状態(ステータス)を表示するクラスB障害の二つがある。

(2) ソフトウェア制御の乱れ 蓄積プログラム制御方式特有の問題であり、メモリの内容破壊などによってプログラム制御不能の状態に陥る場合である。この検出方法には一定時間内にプログラムがクリアしている障害検出用タイマのオーバフローによる方法あるいは一定周期で走るプログラムが起動されているか否かをソフトウェアでチェックする無限ループ監視やプログラム内での処理矛盾を検出する方法などがある。

このほかに電子交換機の障害としては、通話路の障害がある。通話路は、共通装置のような障害検出手段を特に持っていない。このため障害の検出は、交換接続の際ネットワーク、トランク、電話機などの組合せによって交換接続の都度動作の矛盾を検査する方法によって行なわれている。したがって障害の検出は呼処理プログラムによって行なわれ、障害検出後は、4節に述べる保守機能によって対処される。

3.2 ソフトウェアの障害処理

先に述べた障害処理の流れを図6に示し、図に示した各プログラムの処理について以下に述べる。

(1) 障害識別

本プログラムは装置障害の場合に割込やステータス異常によって制御が渡される。この割込原因やステータスの内容から障害発生の原因となったCCの命令や各種装置に送出した命令を算出し再試行する。何度かの再試行にもかかわらず、異常が検出される場合は、障害と判定し罹障(りしょう)命令から罹障装置番号を求め系の再構成プログラ

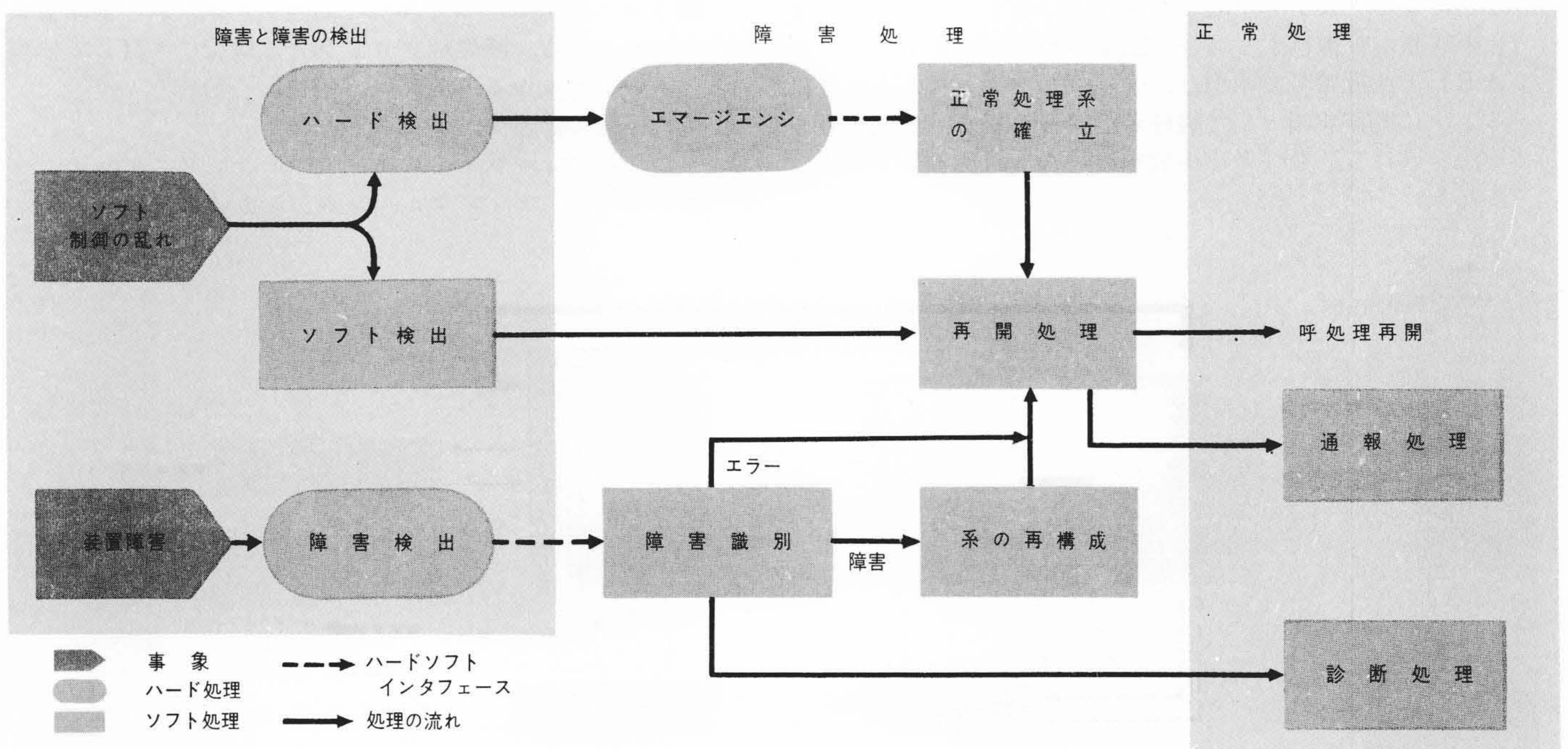


図6 障害処理の流れ 障害の検出が行なわれると障害処理プログラムに制御が渡る。この間呼処理は中断される。運転可能な系を確立し、ハードウェア、ソフトウェアのつじつまを合わせて、呼処理を再開する。

Fig. 6 Processing Flow of Fault Detection and Recovery

ムに制御を渡す。再試行良好なときは、正常処理を再開する。

(2) 系の再構成

メモリに記憶した装置の実装状況、障害状況、予備装置の使用状況と罹障装置番号とから運転可能な系の算出を行なう。次に罹障装置と予備装置の切換および各種状況の記憶更新を行なう。

(3) 再開処理

図6からもわかるように障害時はすべて本プログラムを経由して正常な処理を再開する。再開方法は障害状況に応じて4種に分けられる。いずれの場合も正常な処理に復帰するため、メモリ内容やハードウェアの初期設定などを行なうものである。詳しくは次項で述べる。

(4) 正常処理系の確立

ソフトウェア制御の乱れがハードウェアによって検出されたときの処理である。このとき、エマージェンシと呼ばれるハードウェアの動作によってCC、メモリ各1装置の組合せが選出され、緊急処理用プログラムが磁気ドラムからメモリにロードされる。このプログラムがハードウェアのチェックを行ない交換処理に必要なメモリをすべてCCに接続し処理系の確立を行なう。これがうまくいかないときは、成功するまでエマージェンシ動作と処理を繰り返す。以上が障害に対する運転の連続性を確保するための処理である。このほかに障害処理としては交換機保守の立場から障害状況のタイプアウトや警報送出を行なう「通報処理」、装置内の障害箇所を探索する「診断処理」などがある。障害発生時は正常処理への迅速な復帰に重点をおくために、正常処理復帰後にこれらの処理を行なう。

3.3 障害からの復帰方法

障害から正常処理への復帰方法には次の4つの場合が設けられている。

(1) フェーズ0再開

装置障害発生時、障害識別によりエラーと判断した場合および運転可能な系への切換えができた場合である。その処理方法は障害発生時点で退避しておいたレジスタなどの内容を回復し、中断していた正常処理に戻るものである。このとき実時間性は確保される。

(2) フェーズ1再開

プログラムの制御が乱れた場合の処理である。磁気ドラムにバックアップされている正常処理用のプログラムやデータをメモリに再ロードする。また、正常時呼びの状態を示すトランクメモリなどの一時データは周期的に磁気ドラムに退避されている。このデータとトランクの状態とを照合し一時データを呼の状態に一致させる。このとき通話中呼に関係しない通話路端末をすべて復旧させる。この後正常処理を再開するが、処理の中断点は不明であるためプログラムの実行を管理するプログラムに戻る。呼処理中断時間は十数秒から数十秒である。

(3) フェーズ2再開

フェーズ1で正常処理に復帰できない場合に起動される。フェーズ1との違いは通話路端末をすべて復旧させ、通話中呼の救済を行なわない点である。呼処理の中断時間は1分～数分である。

(4) フェーズ3再開

フェーズ2で再開できないときに本処理が行なわれる。フェーズ2との違いは、磁気ドラムにバックアップされているプログラムやデータを半固定記憶装置にロードし直す

点にあり、呼処理中断時間は十数分である。

以上のように復帰方法は、電話局のサービス停止を防止するために多段のガード構成を採っている。

4 電話局運用のためのプログラム

加入者にサービスを提供し、局を運営していくためには、以下に述べるような機能が必要であり、種々のオフライン業務とも深い関連を持っている。

(1) 監視機能

交換動作が常に一定の品質を保って正常に行なわれていることを監視する機能であり、監視の開始や監視情報の出力を行なう。なお監視自体は交換動作をつかさどる呼処理プログラムによって行なわれる。

(2) 保守機能

通話路に障害がある場合の障害箇所の発見と修復後の検証試験、さらに予防保全的立場からの定期試験などの機能である。

(3) 運用機能

通話料金収納のための通話度数の出力、加入者の要求に応じての電話機の取付け、撤去などサービスの変更およびトラヒックなどの統計データの収集、出力などの機能である。

(4) 局変更機能

トラヒックの増加に伴う通話路端末、すなわちネットワーク、トランクなどの増設機能などである。

これらの機能を実現するのが運転管理プログラムであり、呼処理プログラムと密接な関係を持っている。すなわち、本プログラムは交換動作に指示を与えるものである。この指示を“コマンド”と呼びタイプライタから投入する文字群によって表わす。本プログラムはこの文字群を分析することによって各機能に対応したプログラムを決定し実行する。なお、ここで特徴的なことは、これらの機能は実時間性がそれほどきびしくないことである。したがってプログラムは磁気ドラムに格納され、実行のときのみメモリにロードされるオーバーレイ方式がとられている。

5 D10形電子交換機用交換プログラムの性能

このようにして作られた交換プログラムは、局状によって変化する局データや加入者端末対応に持つデータを除いてその規模は約205K語である。提供できる機能は加入者線交換機、事業所集団電話サービスの基本機能から新サービス機能に至るまで多岐にわたる。なお本システムを一般加入者線交換機として使用した場合の処理能力は、

(1) 加入者端子呼量 0.1アーラン

(2) CC使用能率限界 95%

(3) 過負荷余裕 15%の余裕呼量を見込む。

の条件のもとで約4,000アーランとなる。

6 結 言

以上、D10形電子交換機の交換プログラムにつき、呼処理と障害処理に重点をおいて、それらの一般的な考え方とプログラムの構成概要を述べた。

本プログラムシステムは、昭和46年秋ごろより、日本電信電話公社名古屋広小路局をはじめとして全国4局でオンラインデバッグが開始され、名古屋広小路局においては10月にサービスが開始された。システムは所期の機能を満足していることが確認され、現在多数の加入者にサービスを提供中である。