

MARS-101 座席予約の実時間処理方式の基本構想

Basic Idea for Actual Time Processing for MARS-101 Unit Seat Reservation System

穂坂 衛*
Mamoru Hosaka

大野 豊**
Yutaka Ōno

谷 恭彦***
Yasuhiko Tani

内 容 梗 概

MARS-101 座席予約システムは日本国有鉄道の全座席予約を対象とした全国的規模の本格的実時間処理システムであり、種々の特長ある方式が採用されている。本稿ではこのような実時間処理システムで考慮しなければならない諸問題につき、国鉄の座席予約システムを例として検討を加え、その基本構想が Multi-Computer の Concurrent Operation と Dual System にあることを明らかにしたものである。1 節に座席予約業務の性質とその自動化の必要性を、2 節に自動化システムの問題点とその技術的な対策を、3 節に本システムで採用した機器の構成と、これらの機器の能力を最大限に発揮させるための制御方式の概念について述べる。

4 節、5 節には各機器の役割とそれを制御する実時間プログラムの機能につき具体的に述べさらに 6 節では制御の中心をなす主制御計算機を設計するのに考慮した機能について述べる。

1. 緒 言

日本国有鉄道では増大する輸送需要に応ずるため、あらゆる面で近代化が進められてきた。これにともなって旅客輸送の質の向上が要請され、特急、寝台、座席指定車などが増加し、次第に人手によってはその処理を速にかつ効率よく行なうことは困難になりつつある。国鉄当局においては早くから、これらの処理を電子計算機の技術を用いて解決することを研究し、昭和 33 年には MARS-1 座席予約装置を試作し、昭和 35 年始めから東海道下り特急列車 4 本を収容して営業運転を行ない、営業サービス上および保守上の諸問題の解明を行なってきた。MARS-1 はきわめて優秀な運転実績をあげ得たのでこれを基として、全国的座席予約網が計画された。しかしながら全国システムとなると単に量的に取り扱いが増えるばかりでなく、質的に大きな差があり、これらの点に十分検討を加えて設計建設されたのが本 MARS-101 座席予約システムである。本システムは全国的な実時間処理システムであり、今後のシステムの拡張、業務量の増加変更にも十分耐えるよう考慮されており、種々の特長ある方式が採用されている。

2. 座席予約業務自動化の必要性

列車、航空機などの座席は鉄道や航空会社にとって重要な商品である。したがって、鉄道や航空会社はその管理を適切に行なって、需要と供給のバランスをはかり、座席の販売と使用効率をあげるとともに、旅客に対しては、いつ、どこからでも要求する座席を確保できるサービスを提供しなければならない。この仕事が簡単でない理由は、

- (1) 在庫品の種類が多いこと。
- (2) 要求は多種のものの組み合わせであること。
- (3) 在庫品は一定時間たつと消滅してしまうこと。
- (4) 要求を処理する諸手続きは例外事項が多く複雑であること。
- (5) 要求の発生は地域的に分散し、時間的にも分散と集中がおこり、しかもそれらを即刻処理しなければならないこと。
- (6) 要求とその回答は一般の旅客が対象である情報と有価証券であること。

などである。在庫品とは予約期間中に含まれるすべての便につい

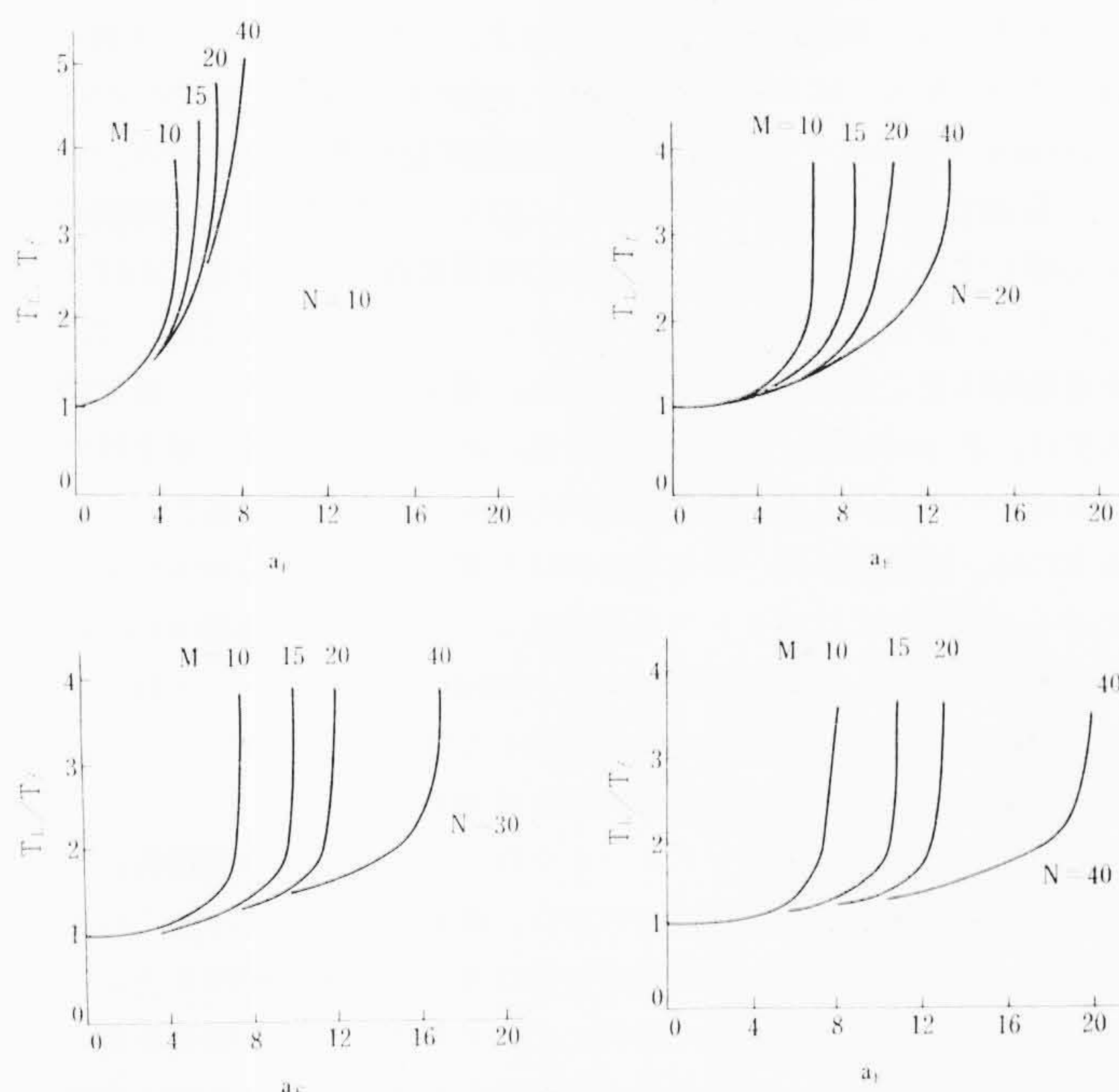
N : ファイル数

M : 係員数

T_L : 回線保留時間

T_f : 平均処理時間

a_F : 全ファイルに与えられる呼量



第1図 係員数、ファイル数、要求発生数と保留時間との関係

て、すべての区間で利用できる座席位置であり、日付、等級、列車名、車両番号、座席、寝台、区間名などによって分類されている。

旅客の要求に迅速、公平に应答し、一方効率のよい販売を行なうには、管理の集中化を行ない乗車券センター方式をとらざるを得なくなるのである。しかし、要求呼の増大につれて、人手で処理するやり方では、窓口、電話交換、センター係員、および座席ファイルのそれぞれに待ち行列ができて、能率は非常に悪くなる。客の要求はファイルおよび日付に対しかたよりを生じ、ある時間帯に集中するため、待ちは極度に長くなる。第1図はファイル数要求呼数、係員数と保留時間との関係を示したものであり、非常に不安定な系であることがわかる。このように集中化も人手に頼っていては限界があり、また費用も急激にふえる。処理の費用は旅客の乗車区間が短くても変わらずむしろ座席使用効率が悪化する。

要求呼の生ずる数は日ごとにかんがりの変動を示すが平均的には次のようになる。1日の列車の利用される全座席数と各列車の平均走

* 東京大学

** 日本国有鉄道

*** 日立製作所神奈川工場

行区間数との積を 1 回の呼に含まれる乗車区間数と要求座席数の積の平均で割った数が 1 日に生ずる有効な要求呼である。また単なる問い合わせや要求の満たされない呼があり、これらは利益の生じない呼であるので無効呼と称せられるが、国鉄の場合には有効呼と無効呼の割合はほぼ 1:1 である。また最繁時には 1 日の 20% 程度が集中する。予約業務の自動化の目的は、このような状況において旅客へのサービスを低下させず、一方効率のよい販売を行なうこと、窓口業務まで含めて全システムの合理化を図ること、審査、統計などの管理上必要なデータを早く、正確に得ることであり、これは総合された情報システムとして解決していくのが最もよい方法であろう。

3. 自動化システムの問題点と対策

座席予約系においては、単位時間に発生する要求呼数 $C_{\max}$ より、単位時間に処理できる数、 n の方が大きくなければならない。また一つの要求呼を伝送し回答を得るまでの時間を T とすると、中央処理装置にはいる回線数は $C_{\max} T$ より多くなければならない。中央処理装置における 1 件の処理時間をファイルのサーチと訂正の時間より短くすることはできないのであるから、現実の大容量ファイルを前提とすれば、これだけで 40~200 ms は考えなければならぬ。一方 MARS-101 では $C_{\max} \doteq 50,000/h \doteq 14/s$ となり、MARS-1 のように 1 件 1 件処理する方式は採用できないことは明らかである。とり得る方法は中央処理装置を複数個おき、その一つにはいる呼数を減らすか、あるいは multi computer system を作り、処理の concurrency を強化して単位時間あたりの処理量を増加させるかである。前者は安易な考え方であるが、このため複数個の中央処理装置を必要とする。全体の呼はそれぞれの処理装置に等分されるわけでないから、個々の能力は平均より大きくしておかなければならず、使用効率は悪くなり、また費用も相当に増大するであろう。後者の方法は、各 processor の能力を最大限に活用できること、要求呼処理の流れの neck を中央処理装置内の最もおそい部分に転化してしまうため、複数個の同一の処理装置は不要となり、呼の集中によるファイル処理のアンバランスを避けることができる。問題はわが国では未経験である multi computer system を作ることに、それらを optimum に制御する software を開発しなければならないことであるが将来のことも考慮してこの方法を採用した。

大規模なシステム・コントロールを作るときは、その信頼性についての十分な保証がなければならない。複雑なシステムは多くの仕事をし、関係する人員、機器要素の数は多く、全体の費用も大きくなる。そのシステムの機能の喪失によって生ずる混乱と損失を避けなければならないが、一方 redundancy を大きくすることによる建設と保守の費用の増大も考えなければならない。信頼性を増すには、個々の要素について信頼性の高いものを用いるとともに、現在すでに確立されている技術を有効に生かすことであるが、ここでシステムの構成についての考察を行なってみる。

中央処理装置は停止や誤動作を最小限にとどめること、いいかえればシステムの稼働率を最大にしなければならない。そのためには過去からの蓄積であるファイルは絶対に破壊されてはならないし、故障からの回復はできるだけ早くなければならない。それにはシステムは誤動作発見と訂正の機能をもち、その上二重化が必要となる。一般に non-maintain のシステムでは、並列運転より待期運転の方が信頼性が高いという理論的解析があるが、座席予約系は non-maintain ではなく、故障したものは修理される間はいよいものの単独運転に切りかえられ、待期している場合はなんらかの方法でファイルを update して使用する。待期運転では、運転中のファイルが破壊されたら全滅であるばかりでなく、ファイルが破壊されなくても、他方にスイッチすることは時間がかかり、そこでの誤りの生ず

る危険がある。一方並列運転では、故障のときは切り離すだけであり、常時は処理中にどちらかに誤りが発見されれば、その訂正は誤らない方の結果を採用すればよく、比較的、処置は単純である。では他の条件はすべて同じとして修理を行なうシステムで 2 台ともに故障する確率は、並列、待期運転ではどのくらいになるか算出し、その差があまりにも大きいかどうか調べてみる。平均故障間隔を $1/\lambda$ 、平均修理時間を $1/\mu$ としてともに指数分布に従うとして、定常状態における故障なし、1 台故障、2 台故障の確率を P_0, P_1, P_2 とすれば次の式が成立する。並列運転では

$$\left. \begin{aligned} -2\lambda P_0 + \mu P_1 &= 0 \\ 2\lambda P_0 - (\lambda + \mu) P_1 + \mu P_2 &= 0 \\ \lambda P_1 - \mu P_2 &= 0 \\ P_0 + P_1 + P_2 &= 1 \end{aligned} \right\}$$

これより、

$$P_2 = \frac{2\lambda^2}{\mu^2 + 2\mu\lambda + 2\lambda^2} \doteq \frac{2\lambda^2}{\mu^2}$$

(注) 2 台とも故障している際の修理は並列に行なわれず 1 台のみさきに修理して運転にはいるものとする。

待期運転では、待期系の平均故障間隔を $1/\lambda'$ とすれば、

$$\left. \begin{aligned} -(\lambda + \lambda') P_0 + \mu P_1 &= 0 \\ (\lambda + \lambda') P_0 - (\lambda + \mu) P_1 + \mu P_2 &= 0 \\ \lambda P_1 - \mu P_2 &= 0 \\ P_0 + P_1 + P_2 &= 1 \end{aligned} \right\}$$

これより、

$$P_2 = \frac{\lambda(\lambda + \lambda')}{\mu^2 + \mu(\lambda + \lambda') + \lambda(\lambda + \lambda')} \doteq \frac{\lambda(\lambda + \lambda')}{\mu^2}$$

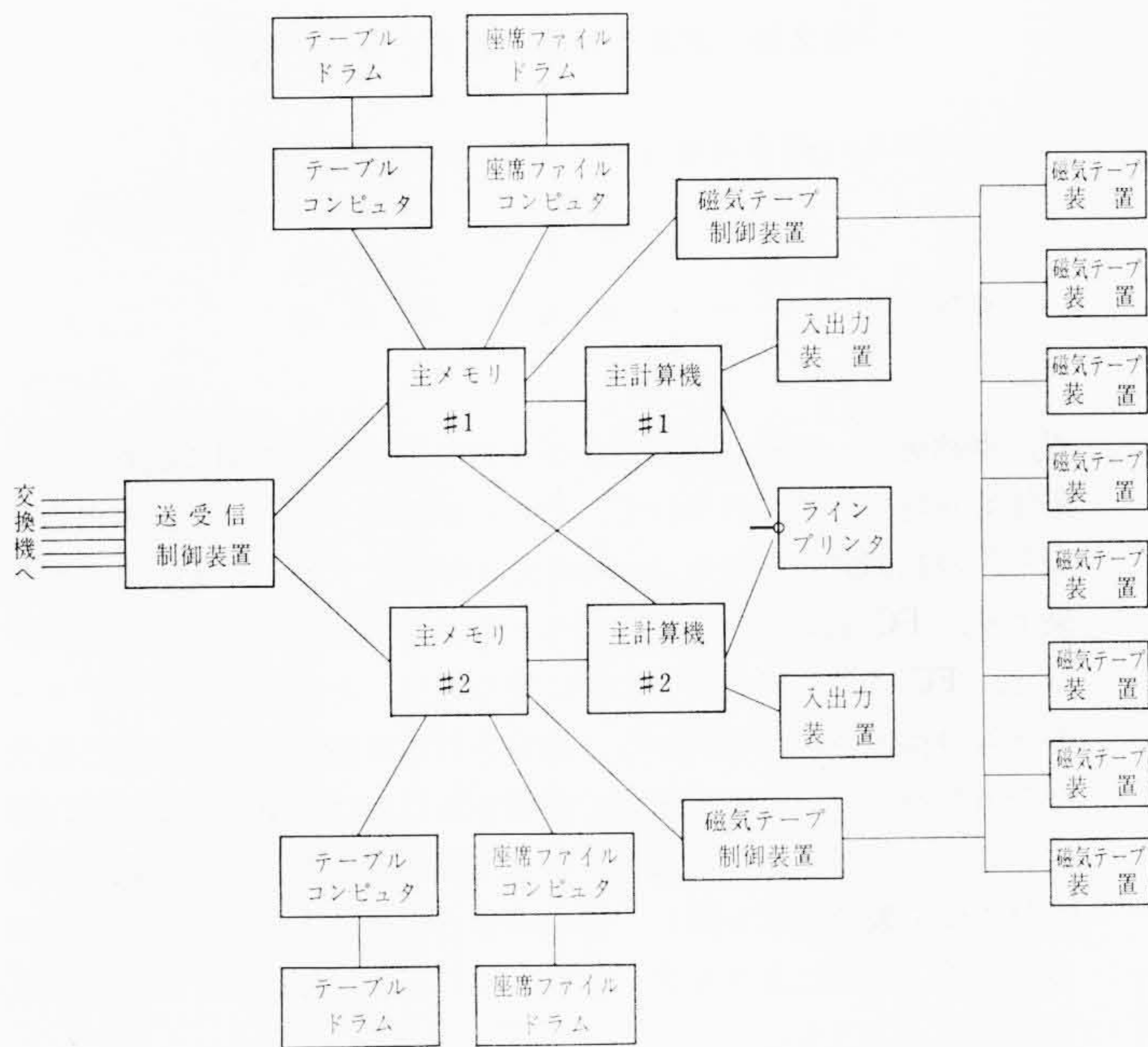
両者の差は、

$$\frac{\mu^2 \lambda (\lambda - \lambda')}{(\mu^2 + 2\mu\lambda + 2\lambda^2) \{ \mu^2 + \mu(\lambda + \lambda') + \lambda(\lambda + \lambda') \}} \doteq \frac{\lambda(\lambda - \lambda')}{\mu^2}$$

$\lambda \ll \mu$ であるから、待機している系は故障しない ($\lambda' = 0$) としても並列運転の場合 2 台故障する確率が 2 倍になるに過ぎない。なお機械的な摩耗疲労による故障に対しては $\lambda' = 0$ と考えられるが、半導体を用いた電子機器においては λ と λ' との差はそれほどないと考えられるので両者の差は無視できるほど小さい。したがって並列運転で相互チェック方式の方がはるかに信頼性があると考えられる。もちろん待期している機械を動かして別の仕事をさせる利点はあるが、そうすれば上式の差はなくなり、そのような運転方式の方が並列照合より信頼性は減少することは明らかである。このような別の仕事は実時間処理のオフ・ピークのときに優先性の小さい仕事として処理できるはずである。

並列照合を行なうとすると、どのレベルでそれを行なうべきかという問題がある。単なる並列では一般に低いレベルで多数分割して並列にしておいた方が有利であるという理論的結果はあるが、これは実際的ではない。その理由は、各分割点ごとにチェックをしなければならない、その部分を切り離し修理することは、二重運転の一方を停止させなければならない。またチェックをする箇所では両者同一の状態にすることが必要で、処理に余分の時間をかけることになる。このようなことから MARS-101 では二重並列運転で照合は最後に行なう方法がとられた。MARS-1 の場合と異なって multi-computer system であるために複雑であり、これについては後に触れる。

以上システムについての信頼性向上の問題について述べたが、このほか情報の伝送や制御に関しては、パリティ・チェック、オーバータイム・チェックの機構をつけたり、プログラムによる正当性のチェックも行なわれ、その結果の処理については、自動的に繰り返して処理をするもの、人に対し警報を出しその対策を人にまかせるも



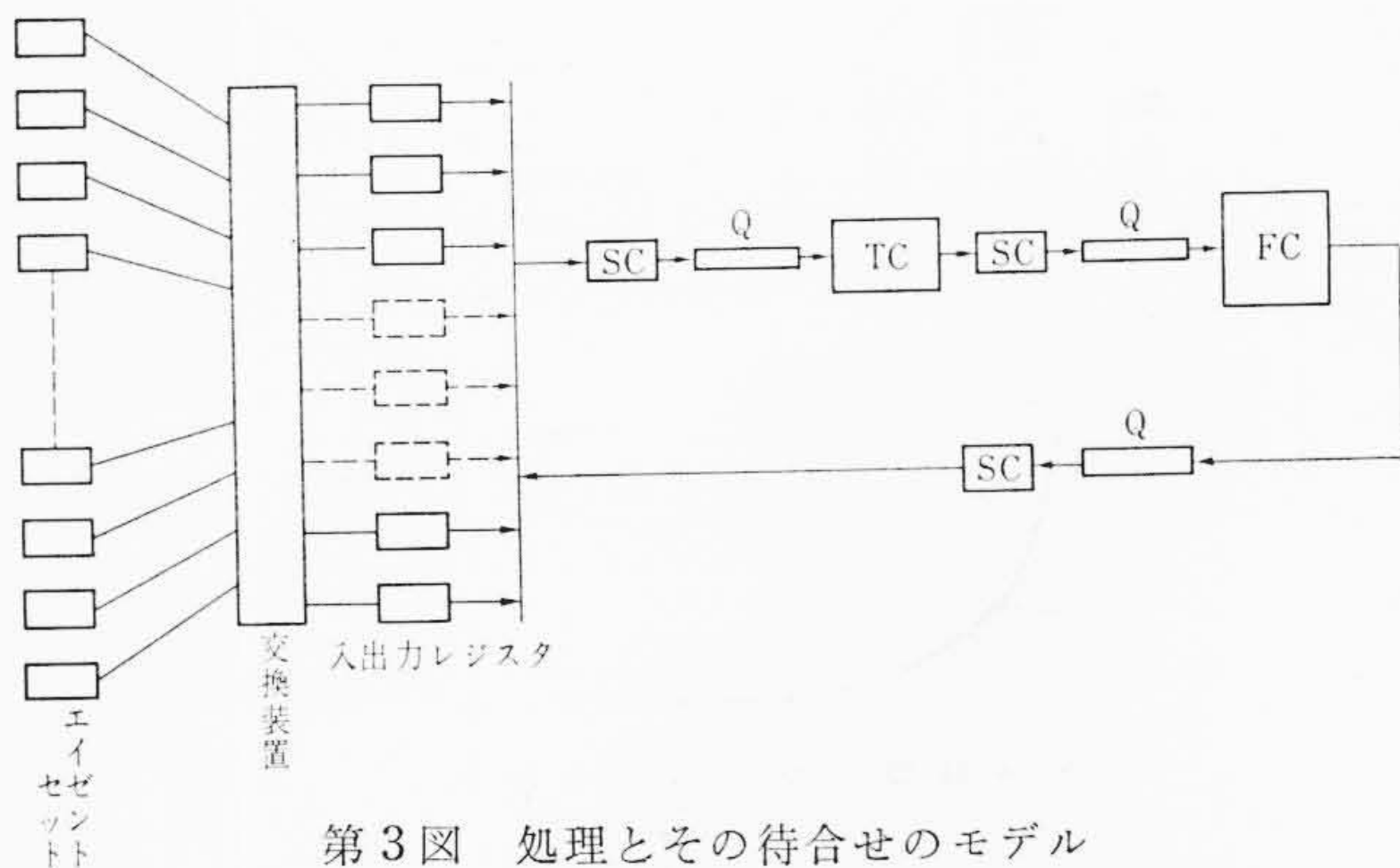
第2図 MARS-101 中央装置ブロック図

のなどの必要な処置はでき得る限り考察されている。

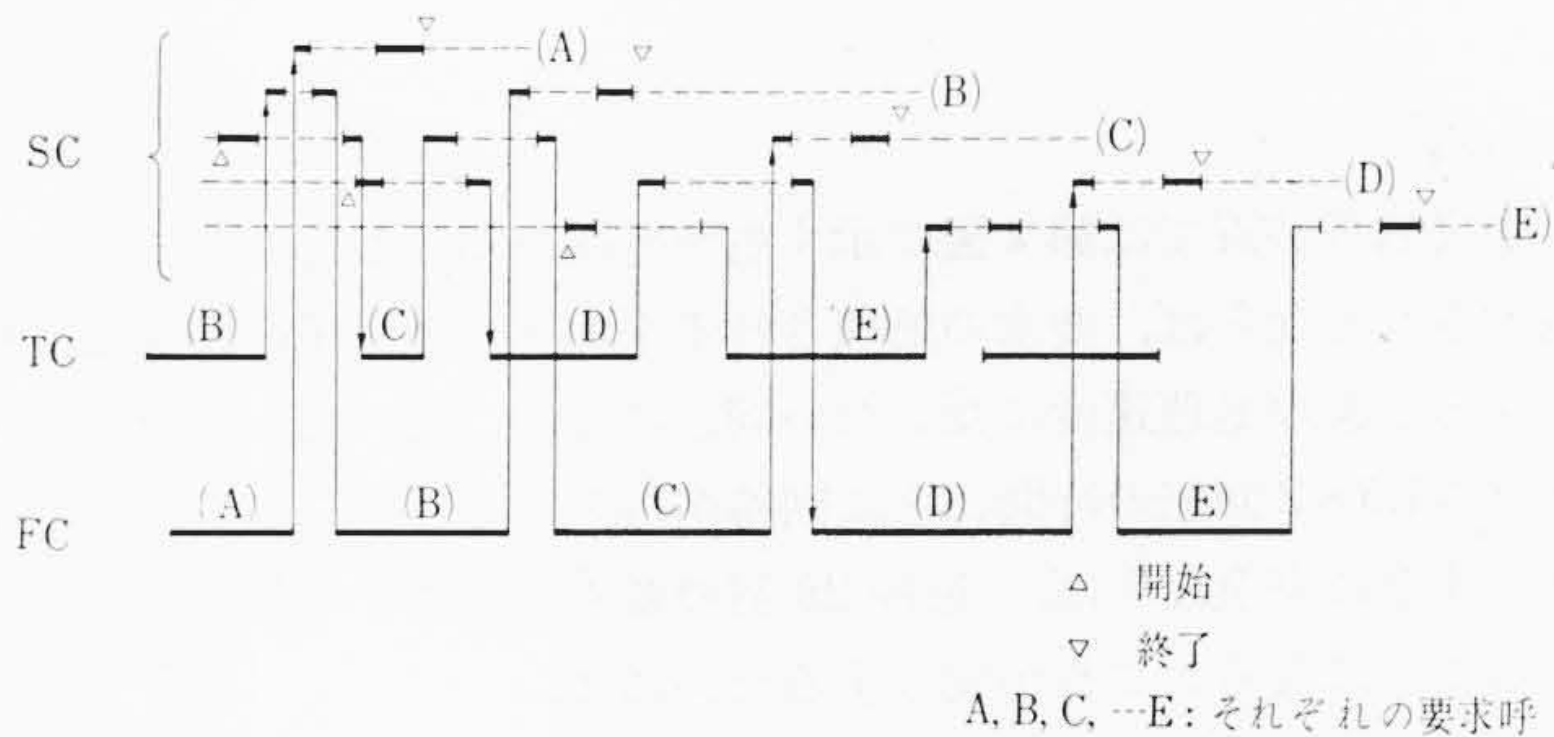
座席予約系は通常でも多くの人がある末端にあり、また中央で人が操作指令を出したり監視したりする人間—機械系を構成しているのであるから、それに対する考察は十分払われなければならない。各端末における agent set の取り扱いやすさや印刷の文字と形式はたいせつである。列車名や駅名も慣用の文字を用いることができ、それが巧妙な方法によって実現された。中央装置における人と機械との情報交換については必ず両者の通知、指令あるいは応答、表示が同一の紙に記録され、その確認と責任の所在は明確にされねばならぬものと考えられる。これは直接あるいはプログラムで実行されてもよい。また訓練された人でも必ず誤りが起こり得るものであるから、その発見と訂正がしやすいようにすることが必要である。

4. システムの構造と処理速度

前節で述べた問題点を解決するために、MARS-101の中央処理装置は第2図に示す構造をとることにした。各 agent set は通信線により交換機を経て中央処理装置の送受信制御装置 (TRC) と結合し、情報は直接に主メモリに出入りする。主メモリは主制御計算機 (SC) のプログラムと要求呼のデータを格納するだけでなく、索表計算機 (TC)、座席ファイル計算機 (FC)、磁気テープ、ラインプリンタその他の入出力装置に対する命令や交換すべきデータをもたくわえるレジスタとして使用される。一つの要求呼に目をつけると、まず agent set は発信要求をだし、中央からの許可があればそれにセットされた要求データの送信を開始する。送られてきたデータはTRCで制御されながら主メモリにはいる。SCの実時間制御プログラムはその要求を処理するため行動を始め、TCに頼らなければならないデータを分離し、TCを起動させる。起動されたTCは主メモリよりそのデータを読みとり、データに属する表を引き、その結果を主メモリに書き込み、動作の終了をSCに知らせる。SCのプログラムはその結果とはじめのデータを整理し、FCに対する要求を作り上げFCに起動をかける。FCは主メモリよりその要求を読みとって、次に述べる一連の制御動作を行なう。関係する座席情報をファイルよりファイル・レジスタに移し、要求の細部を処理し必要なファイルの訂正を行ない、結果を主メモリに書き込み、FCの役目の終了をSCに知らせる。SCはTCとFCより得られた結果を整理し、並行して処理を行なっている他系の結果と照合し、始めの要求と回答を



第3図 処理とその待合せのモデル



第4図 SC, TC, FC における処理時間の関係

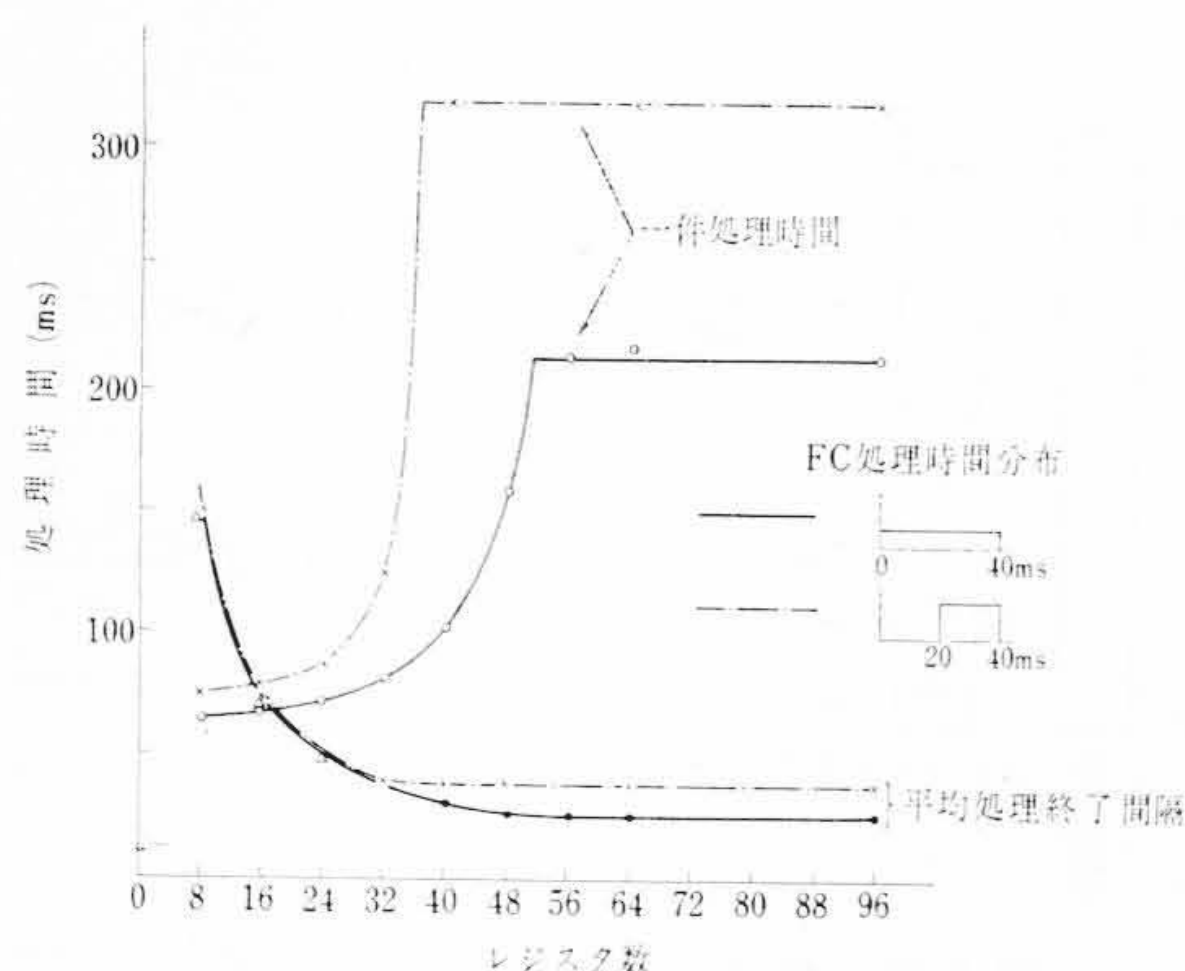
磁気テープの記録に残すとともに TRC に通知して、回答を agent set に返送する。実際には多数箇所からの要求呼があるため、SC, TC, FC は作業が終了すると、すぐ次の要求に対して行動を開始する。そのためそれらの前には待ち行列が作られる。この流れは第3図のようになる。FCでの処理は最も時間を要するので、最高の処理能力を發揮しているときの各処理装置動作の時間的關係は第4図のようになり、FCはほとんど遊んでいる時間がなくなる。通常はSCにかなりの余裕が生ずるので、優先度の低いオフ・ラインの仕事をも処理できる。

このような系を厳密に解析し、入出力レジスタの数、各待合せラインの長さを定めることは困難であるので、次のような方法で近似的な取り扱いをする。要求呼が入出力レジスタを保留する時間は、ほとんどが50ボーの速度で送受信されている時間で、数%以下が処理のために要する時間である。入出力レジスタの保留時間は大体6秒くらいであり、最繁時の呼の発生を約14件/秒としたとき、96個のレジスタの平均使用率は約0.9となる。呼が無制限および240個のsourceから発生し、発生間隔も保留時間も指数分布であると仮定すると、入出力レジスタ96個で、その使用能力が0.85, 0.9および0.95のときの待たされる確率 $P(0)$ 、平均のおくれ D と平均保留時間 τ との比 D/τ 、およびその標準偏差 σ/τ は、第1表のようになる。これだけの入出力レジスタ数、いかえればTRCの能力を作っておけば、ここがネックとなっておくことはほとんどない

第1表 平均待ち時間 (D) と保留時間 (τ) との比、その標準偏差 (σ/τ)、待ちを生ずる確率 ($P(0)$)

N	∞			240		
	0.85	0.90	0.95	0.85	0.90	0.95
C/A	0.0056	0.0234	0.107	0.0012	0.0063	0.0276
D/τ	0.0056	0.0234	0.107	0.0012	0.0063	0.0276
σ/τ	0.086	0.0208	0.0598	0.0094	0.0236	0.0531
$P(0)$	0.0802	0.225	0.514	0.0297	0.1209	0.3685

N……入線数, A=96……レジスタ数, C……使用中のレジスタ数の期待値



第5図 入出力レジスタ個数と1件処理時間、平均処理終了間隔（通信速度は実際の4倍にとる）

であろう。

中央処理装置では第4図に示す処理時間の関係が得られるように制御されるならば、要求の処理される平均速度は、FCが休まず動作するときの処理速度にだいたい同じになり、だいたいファイル・ドラム1.5~2回転の時間ごとに回答が得られるであろう。流れの制御が非常に完全ならば、毎秒28個の要求を処理する能力をもっていることになる。これが成立するためには、

- (1) 入出力レジスタの数が十分あって、要求呼がここで制限を受けないこと。
- (2) FCの前の待ち行列にいつも待ちがあること。
- (3) SCは流れの制御と本来のデータ処理の仕事の時間の和がFCの平均処理時間より少ないこと。

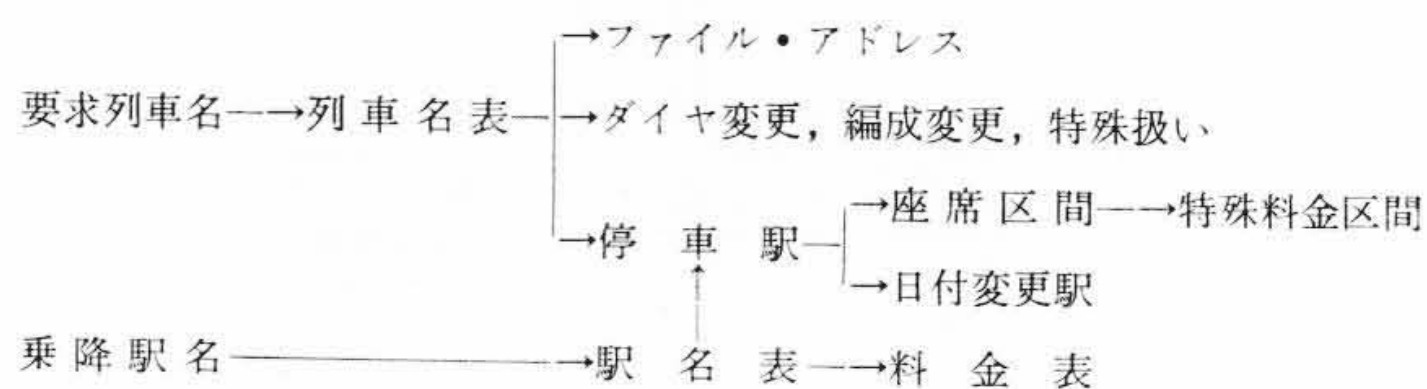
が条件となる。(1)が満たされない場合にも、また流れの制御が悪い場合にも(2)の条件は成立しない。この種の問題はカスケードにつながったqueueの問題であり、TC, FCの処理時間分布がだいたい三角形と方形分布であるため理論的解析は困難である。大須賀氏はSCを用いてモンテカルロ法によりシミュレーションを行ない、詳細に流れの行動を調べ上記の推測を量的に決定した。これにより入出力レジスタの数、待ち行列レジスタの長さの最良の数値が求められた。第5図はその結果の一例で、入出力レジスタの数と1件あたりの処理時間および一つの要求の処理時間との関係を示している。

5. TRC, TC, FC, MTの役割

多数箇所に散在するagent setと中央処理装置の結合は集線装置と交換装置を通る。その結合の最も安易なやり方は入出力のバッファ・レジスタを入線数だけつけ、それぞれ独立に送受信の制御機能をもたせることであるが、その数が多いとたいへんな費用になる。MARS-101で考えられた方法は、TRCを用いて時分割で多数の回線の共通制御を行なうこと、agentとクロックの同期をとらないですむように、電信信号を細かくサンプルし、信号の中央部の1か0をサンプル値の多数決で定めること、1ビットを直接主メモリに出し入れすること、送受信の開始と終了時およびチェックにかかったときのみSCと制御情報を交換し、あとは自動的に主メモリの中に割り当てられた入出力レジスタとデータを交換することである。入出力レジスタは入回線と対応しているのではなく、動的にSCの制御プログラムで定められる。

agentよりの要求呼に含まれる項目の列車名、乗降駅名などは、多くの情報を代表した索引記号である。TCの役割は、それらを用いて付属する情報を索引することである。第2表に關係する情報を示す。FCのファイルは一つの区間における座席の占有状態をビット・パターンで記録しているが、それが属する列車、日付、車輦位

第2表 索引計算機の要求と表との関係



置、車輦構造、等級、区間および予約に関しその車輦に定められた条件も同時に記憶されていて、それらが座席パターンを読み書きするときの制御情報となる。agentよりの要求でSCとTCの処理結果より、FC制御の命令群が作られる。予約要求のときの例をあげると、FCは命令群をつぎつぎに読み取り、その命令でファイル・ドラムの指定された場所から、指定された車種の車両ごとに、座席の空占のパターンを乗車区間で指定された分だけ重ね合わせて、座席レジスタに書き込む。要求に対し座席使用効率がよい区間別の車両順に要求数の空席を探し、要求に合った車両番号、座席位置の回答を作る。それにより座席レジスタの訂正を行ないファイルの修正を行なう。

磁気テープの使用目的は、座席ファイルの一定時刻ごとの写しを作ることと、agentからの要求とそれへの回答の記録を作ることであり、座席ファイルがなにかの原因で二つとも破壊されたとき、その復原のための記録を保存するとともに、要求呼についての各種の統計と審査のためのデータを保存することである。

6. 主制御計算機の実時間プログラムの機能

MARS-101のSCにおける実時間プログラムは中央処理装置の中心となって働くもので、各要求呼に対応してTRC, TC, FC, MT間の情報の移送に際し、それらの機能に含まれない仕事を行なうこと、情報の変換、編集を行なうこと、全体の処理の流れを監視し、流れを渋滞させずにできるだけoptimumになるように制御を行なうこと、および割り込み発生後のサービスと誤りの処置などのルーチンからできている。要求呼はランダムに発生し、各処理装置の処理時間もランダムの要素をもっているため、入出力レジスタの占有状態や待ち行列の長さは刻々変わっていく。システム全体の処理能力や必要な記憶場所の大きさは、それらに強く影響される。したがって、処理の流れの制御と各処理装置の優先性とメモリの割り当ては動的に行なわなければ最良の状態に近づかない。要求呼と待ち行列のパターンから、このような制御動作を行なうために、ハードウェアのビット・パターンを取り扱う命令群と割り込み制御機能を利用して、Master Priority Controlプログラムが作られた。この制御が強すぎると、そのために時間がかかるので、これを短い時間で行ない、その優先性を下位において、SCの実時間動作があいつくときに作用し、その後のより高位の優先順位の仕事を制御する形になっている。このためMaster Priority Controlプログラムは実質的には高位の優先順位をもっていることになる。

中央処理装置はmulti-computerでSCはmultiprogramming computerであるからその割り込み機能は全システムの効率および構成の良否に大きく関係する。TRC, TC, FC, MT, ライン・プリンタその他の入出力装置の制御指令とデータは、それらに起動がかかった後は、主メモリと直接取引される。SCの制御プログラムの介入を必要とするときは割り込み信号を発生し、その優先順位とマスタ・プライオリティ・コントロール・プログラムの制御に支配されて、現在実行中のプログラムに割り込む。割り込み信号の発生はこのほかに並列運転の相手、制御卓、電源装置からもくる。またSC内部よりメモリ・エラー、オーバ・フロー、内蔵タイマ、プログラム指定、命令コード・トラップなどの原因で割り込み信号が発

生ずる。割り込みは多段にわたって発生する可能性があり、そのため割り込みサービス・ルーティンは、スタック形式をとって使用中のレジスタの退避や回復を行なう。上位の仕事が終了したら、前の仕事の割り込まれた箇所に戻る前に、それより上位の仕事が要求されていれば直ちにそれにかかり、レジスタ回復や退避などの時間節約が図られている。現在の仕事の順位を示すレジスタはインデックス・レジスタとしても働き、それによる modify および仕事の順位変更の役目をする。

中央処理装置の SC, TC, FC は信頼性向上のため二重運転を行なっている。個々の呼は TRC より SC にはいるとき、二重の主メモリの同一番号の入出力レジスタが割り当てられる。それ以後は両系統で独立に処理され、最後にクロス・チェックを受ける。両方の処理速度は同一にはなり得ないから、早く終了した側がチェックの仕事を引き受ける。マルチ・プログラムの機械で二重から一重への切り換えやその逆の仕事は単純ではない。どの要求呼から単独とするかを定めてから、クロス・チェックを止めて単独の状態にする。その逆はファイルを同一の状態に回復し、その後の要求呼から二重運転に切り換わるのであるが、動作中の機械が要求呼を連続して処理しているときは困難で、一時要求受付を停止し入出力レジスタが空になってから、二重運転開始をしなければならない。二重運転の相互の制御の交換は、相手のプログラムに割り込みをかけ、そちらのプログラムによって行なわなければならない。またデータの移送も相手の主メモリに書くことは金物的に許されていないので、相手に自分の主メモリから読み出してもらわなければならない。これは誤動作で自分と相手の主メモリを破壊するのを防ぐためである。

7. 主制御計算機の情報処理機能

MARS-101 中央処理装置の主制御計算機 (SC) は、単に数値演算を主体とする機械ではなく、一般情報の処理であり、制御指令発生のための機械である。その主要な仕事の一部を前節で述べたが、座席予約業務に限らず、今後多く必要となるシステム制御のことを考慮に入れて十分に一般性をもたせてある。一般情報の取り扱いを対象とする場合外部から入ってくるものは、純粋なデータそのもの、データを代表する情報、その処理を指定する情報、およびその情報を代表する情報であり、機械内部で必要とする機能は、それらの情報そのものを直接に処理する基本操作、その処理の流れを制御する操作、および制御するために必要となるデータを作って処理する操作などである。また一般情報である以上、語という定った大きさ、形式だけを考えない。情報の単位は語、文字、符号つき、あるいはなしの数値 (2 進, 10 進)、さらに一般的にビット・グループであり、それらのユニット、およびグループを一般情報と考えて取り扱いに大きな差別をつけないことが好ましい。以上の要求に対して、機械は特に複雑化したり、処理速度を低下してはならない。また割り込みが多段にひん繁に生ずることと、情報の並列移送が多いため、レジスタ類は必要最小限にすることなどが大きな方針となった。現在の SC の主要な機能と特長をあげると次のようになる。

- (1) 1 語 40 ビットで主メモリを使用する。
- (2) 情報の移送、演算は 500 kc のクロックで並列に行なう。
- (3) 情報の形式は、10 進, 2 進の数値、文字などで、1 語、半語、1/4 語、および 40 ビット以内の任意の大きさのフィールドは、1 語で取り扱う場合と変わらない取り扱いができる。
- (4) ビット・インデックス・レジスタ (D1~7) は、単にフィルタとしての役目でなく、語インデックスと同様な取り扱いができ、ビット・パターンによる制御を目的としている。
- (5) 語、インデックス・レジスタ (B1~7) とアドレス・プレパレーション・レジスタ (E) は単独、または組み合わせ、im-

mediate, direct, indirect, relative, addressing と、それらに対する種々の address modification を可能にし、多段の表の処理、あるいはビット・インデックスと協同してリスト・プロセッシングを容易にする。

- (6) インデックス相互の演算, increment, decrement, count, test など個々、あるいは同時に行なうことができる。
- (7) すべてのメモリ内の語は、カウンタとなることおよびそのテストができ、E レジスタとともにアドレス変更の機能をもつ。
- (8) メモリ内部における情報の移動、サーチ、編集、分散など、あるいは多く使われる小さいループ操作を高速に行ない、かつ命令数を減らすために、single および pair order repeat の機能がある。これは命令をメモリより一度読み出すだけで、処理の対象を変更して仕事をする。
- (9) 20 種の多段の割り込みとその制御ができる。
- (10) ビットとビット群、また多数のフリップフロップ制御の命令が多く、ビットパターンの取り扱いが容易である。
- (11) デュアル・システムとしての考慮が払われ、クロス・チェックや情報の移送は容易であるが、相手の命令で自分のメモリに書き込むことは禁止されている。

命令は 1 語に 2 個含まれるが、2 個の対で仕事をする場合もある。基本命令数は 80 余個、このほかに従属する各処理装置や入出力装置、磁気テープなどを制御する命令群がある。命令の特長の二、三の例を次に示す。(Test Acc Equal) の repeat は search, (Load E-Test Acc Equal) なら indirect の search, (Increment Acc) の repeat は三角形マトリクスの要素のアドレス計算, (Add Acc) の repeat は和, (Clear Add-Store) の repeat はデータの移動, (Locate leftmost one) の repeat は何語にもわたるビット・パターンの始めにある 1 の位置をさがす。これらはフィールド指定があればその部だけに作用する。また 1 語内にあるフィールド間に対しても和、サーチ、論理操作などの repeat 作業ができる。乗算は (Shift Special-Add) の repeat, 除算は (Add Special-Shift right) の repeat である。また命令の特性として stack の処理が容易で recursive な方法が適用できる。ビット・パターン操作の二、三例には次のようなものがある。 b_i, c_j をある二つの語の i 番目, j 番目のビット位置, $b_{i,k}$ を i 番目から k 番目までのビット群とする。 i を与えて b_i を set, reset, test すること, $b_i=1$ である最大, 最小の i を求めること, さらにその b_i を 0 にすること, $b_{i,j}, b_{i',j'}, \dots$ は $c_{m,n}, c_{m',n'}, \dots$ にカバーされるかの test, $n_1, n_2, \dots, n_k, \dots$ が定まってい b_i を与えたとき、それをカバーする b_{n_k}, n_{k+1} の k を求めることなどが容易にでき、これらは SC の制御プログラムの中で有効に多数用いられている。また SC の命令構成はすでにシミュレーション・プログラムと、リスト・プロセッシング・プログラムで非常に有効であることが実証されている。

8. 結 言

MARS-101 はわが国において初めての total system の on line real time control であり、世界的にも軍事面を除けば最大規模のシステムの一つであろう。その設計の考察にあたっては、MARS-1 の経験は貴重であったが、既成概念にはとらわれず、可能な範囲において、効率のよいバランスのとれたシステム制御が達成できるように努めた。このシステムにあらわれる多くの考えは、このシステムが考察され始めた当時 (昭和 35~36 年) においては、明確に固まっていた部分があったにせよ、ほとんど前例をみなかったものである。その後発表された機械にいくつか同様に考えが散在して現われてきた。MARS-101 は遠からず full 運転にはいるであろうが、そのときここで述べた基本構想がどの程度目的を果たすかがテストされ

るであろう（注：本機は昭和39年2月より実用運転が行なわれている）。

MARS-101は座席予約用に開発されたが、このままの形で実時間の inventory control, traffic control や allocation control などに用いられるであろう。いままで多くの事務や企業におけるデータ処理は止むを得ず、あるいは習慣上 batch processing であったが、on line real time での、そして total system としてのコントロールが可能であることが実証されるならば、必ずや大部分のものは将来その方向に移行するであろう。そのとき MARS-101 の建設にあたっ

て考察されたこと、実施されたこと、またこれから得られるであろう種々のデータは、非常に貴重な資料となるであろう。MARS-101 自身についても、システムの改良と付加が行なわれることは当然であり、hardware においても、software においてもより多くの仕事ができるであろう。

MARS-101 は使用者側と製作者側の多くの人々の協力と非常な努力のもとに完成したものであり、システム制御はこのような協力と努力なくしては完成し得ないものである。



新案の紹介



登録新案第717065号

須田長治

プランジャ形時限継電器

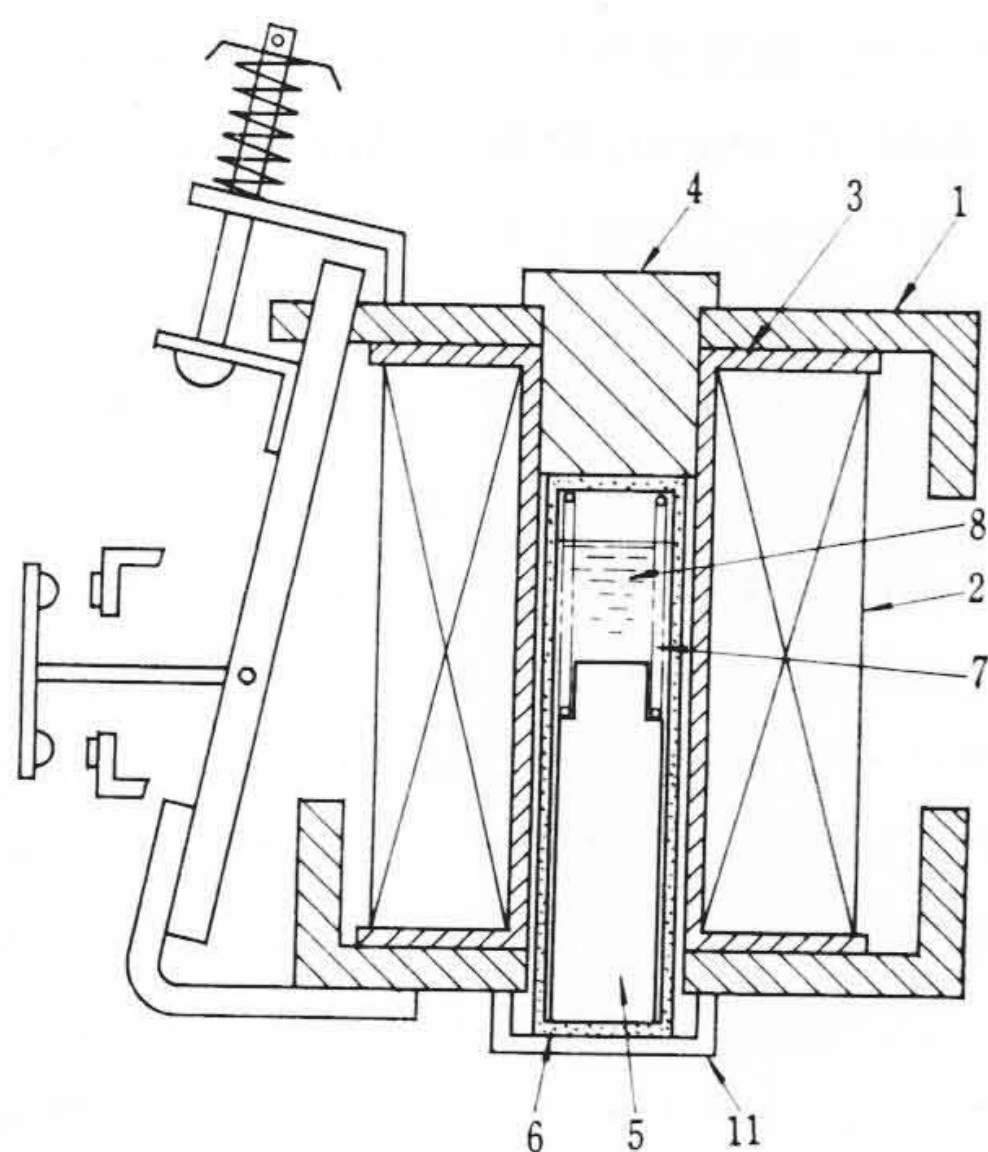
従来のプランジャ形時限継電器においては、プランジャやバネを収納する中空円筒として非磁性金属を使用しており、内部に油を封入してから同系材質の上ぶたの全周部を半田付けして、密封構成しているため半田付け部分が加熱されると、円筒内部の油が噴出し漏れるなどの恐れがあり、工作上的な難点となっていた。

この考案は、継鉄わく1に介装され巻線2を巻装したボビン3間に、継鉄わく1へ嵌着された固定鉄心4に対応して配置され、プランジャ5や復帰用バネ7をそう入し、支持金具11にて固定される中空円筒6をプラスチック系材質にて形成し、この下部は第4図に示すように、プランジャの底面が中空円筒6の油膜を破壊して密着するのを防ぐため底部に凹凸を設けている。中空円筒6内にプランジャ5や復帰用バネ7をそう入したため、2個の貫通細孔10を有す

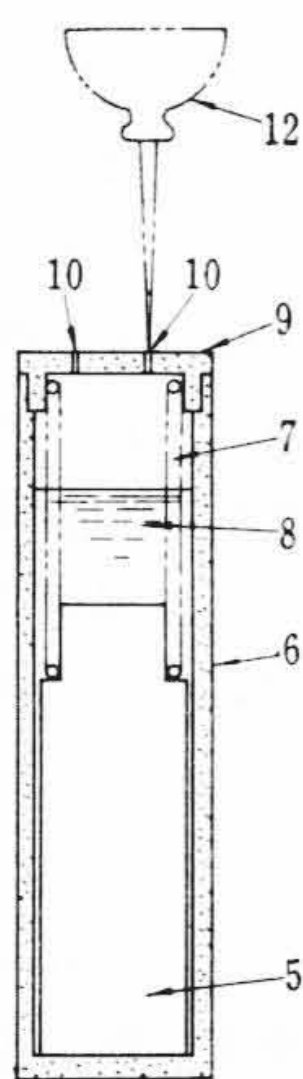
るふた9を、たとえば第3図に示すような二股の工具10Tにてねじ込み、その後第2図に示すように、通常の注油器12にてふた9の一方の孔10より油8を注入し、注入後は中空円筒6とふた9および2個の細孔10を、耐油性の接着剤でそれぞれ固着または密封する。

この考案によれば、中空円筒をプラスチック系材質にて形成したものであるから油の注入時に、従来のように半田を用いることなく単に接着剤によるだけなので、密封部の加熱、汚損などの恐れがなく作業を簡単に行なうことができる。また、中空円筒の内面とプランジャ間のしゅう動に伴う接触摩擦を大幅に軽減できる利点があるし、中空円筒は成形により同一形状のものを容易に得ることができる。

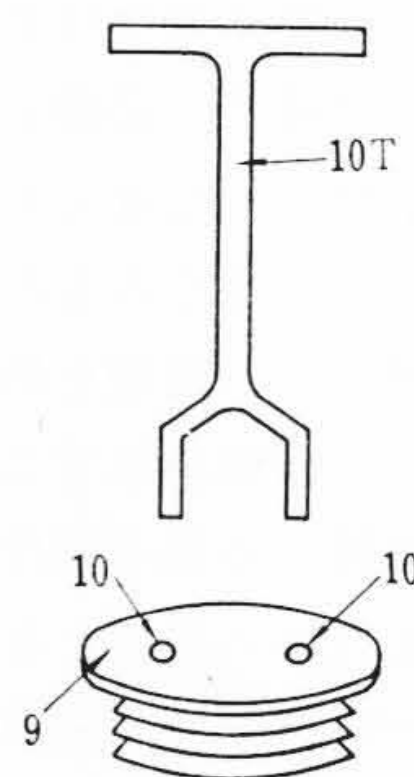
（白土）



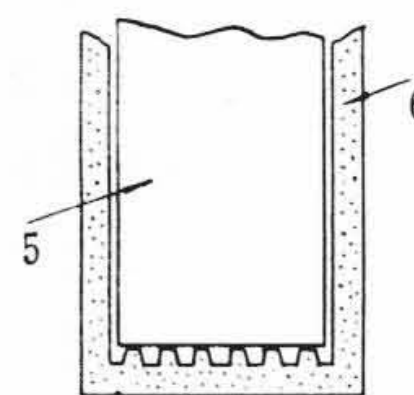
第1図



第2図



第3図



第4図