

# COMTRAC-H 運転整理システムの性能評価

吉澤康文(日立システム開発研究所), 名内泰蔵(日立ソフトウェア工場)  
長谷川豊(鉄道技術研究所), 稲田伸一(国鉄本社)

## 1. はじめに

COMTRAC (Computer aided Traffic Control system) - H は, 東京-博多を結ぶ東海道・山陽新幹線の運行管理システムとして昭和49年11月より実動に入った。このシステムは6つのサブシステムで構成されている。これらのサブシステムは, 高信頼でリアルタイム性が厳しく要求される進路制御システムから, 1日に1度の処理を行なうバッチ処理的の性格を持つ実施計画システムまで非常に幅広い計算機の利用形態を持っている。このなかで運転整理システムは人間との会話を中心とするためにマン・マシン性が重要であり, プロセス制御ほどではないが, リアルタイム性が強く要求される。

表1. サブシステムと使用マシンならびに処理形態

項	サブシステム	使用マシン
1	実施計画システム	HITAC8450 バッチ処理
2	車輛運用システム	HITAC 8450 (Duplex)
3	運転整理システム	オンライン稼働
4	情報伝達システム	
5	発車標システム	HITAC700 x3
6	進路制御システム	3台化2重系 (Dual)

COMTRACシステムは表1に示すように, 各サブシステムが制御用計算機であるHITAC700と汎用計算機であるHITAC8450に機能分担されており, 計算機の階層的結合を成しているところに特徴がある。表1の項で, 2~6はオンライン稼働であり, 2~4を総称してEDP系と呼んでおり,

5~6をPRC (Program Route Control) 系と呼んでいる。EDP系とPRC系は定期的に在線列車に関する情報の交換を行なっている他に, 指令員の入力に応じて指令情報が両系間に流れる。

EDP系は列車タイムに乱れが無い場合は情報伝達業務とタイムの将来の予想を行なうプログラムが動くだけであるが, 列車に乱れが生じた場合に指令員の運転整理作業がひき起す計算機負荷の増大に対しEDP系が十分本来の機能が果せるか否かを評価する必要が生じた。EDP系で特に重要な評価ポイントは次の5点である。

- (1) タイムの乱れ時に生じる, PRC系からのタイムファイル変更要求に対する処理性能。
- (2) グラフィックディスプレイを指令員と機械の会話手段として用いる運転整理作業時における応答性の評価。
- (3) 龐大な計算を必要とするタイム予測シミュレーションプログラムのスループット。
- (4) 指令員の思考補助となるモニタ業務のレスポンス時間, ならびに各種業務のレスポンス時間。
- (5) 各ジョブの優先度ならびにリジョン使用率がレスポンス時間に与える影響。

これらの評価を行なうために, 計算機専用のシミュレーション言語HCSS (Hitachi Computer System Simulator) を用いた性能評価モデルを開発した。

## 2. COMTRAC-H の機能概要

表2に, COMTRAC-Hの機能概略の一覧を示す。EDP系とPRC系は常時情報交換を行ない, 列車の制御, 監視, および運転整理を行なっている。実施計画は運転整理の予備機であるHITAC8450をバッチ処理形態にて使用し, 実施タイムの作成, 計画伝達情報の作成を中心業務とし, 作成した情報を磁気ディスクに格納しEDP系に渡す。実施計画は数日分のタイム情報を保有しているが, PRC系に対して1日に1度

翌日分ダイヤとして、DXC(データ交換機)を通して転送する。PRCはCTC(Centralized Train Control)より地点情報を取込み列車の追跡を行なう。そして、当日分のダイヤファイルと追跡情報に基づき進路制御を行なう。さらに、列車の遅れ、運転設備、信号設備等の監視を行ない、その異常の検出時に対処する。

EDP系はPRC系に対して通常一定時間(1分)毎にホーリングを行なう。PRC系はその間に蓄えられたEDP系に対する情報をその時点で送出する。PRC系がEDP系に送る情報のうち主なものは次のものである。

- (1) 列車位置変化情報
- (2) ダイヤ修正によるダイヤ・ファイル変更情報
- (3) 運転制御に必要な制御情報

以上の情報に基づきEDP系は列車位置の更新、列車遅延情報の伝達、ダイヤ・ファイルの更新を行なう。また、EDP系は現在運行中の列車の予想を定期的に行ない、予想される将来のダイヤをグラフィック・ディスプレイに表示し、ダイヤの修正を行なう必要があると思われる点を計算機で指摘し、警報情報として同時に画面上に表示する。もし、指令員が修正を必要と判断すると、修正ならびにその他の状況をグラフィック・ディスプレイのライトペンを用いて入力し、修正された条件の下でダイヤの予測を計算機に行なわせる。予測の結果はダイヤモニター、ならびに変更点抽出プログラ

表2 COMTRAC-H 機能概略一覧

		COMTRAC-H		
サブシステム		実施計画	EDP系システム	PRC系システム
機能	1. 基本計画作成	1. 運転整理	1. 進路制御	
	2. 四半期計画シミュレーション	2. 車輦運用整理	2. 監視	
	3. 局達ファイル作成	3. 情報伝達	3. ファイル管理	
	4. 実施計画ならびに計画伝達ファイルの作成	4. ファイル管理	4. モニタ	
	5. 各種統計処理	5. 各種モニタ	5. システム運転管理	
		6. 列車位置の追跡	6. 発車標制御	
マシン	EDP系の予備マシン HITAC8450, パック処理	HITAC 8450	HIDIC 700	
		オンライン稼働	3台化2重系	

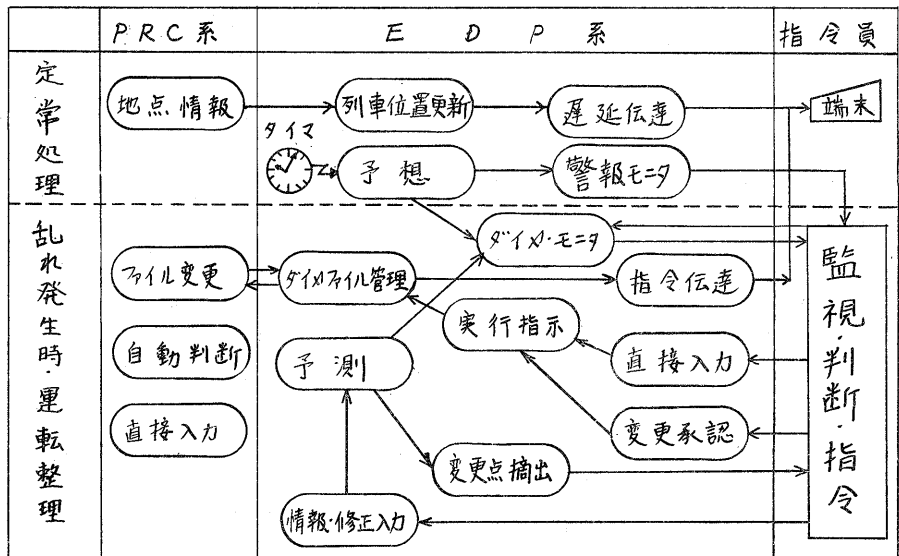


図2.1 EDP系を中心としたアロックスダイヤグラム

ラムでグラフィック・ディスプレイに表示され、指令員はその結果が満足できるか否かの判断を行ない、結果が十分でなければ再度このサイクルを繰り返す。もし、十分な結果が得られたら、修正結果を実行ダイヤに反映させるために、ダイヤ

ファイルの更新を行なうために変更承認, 実行指示を行ない, ファイル変更管理を介して PRC 系の実行タイムの書換を行なう。PRC系は実行タイム・ファイルの変更(自動判断) PRC系の直接入力から発生するものも含めて) 情報を EDP系に送出するが, EDP系ではこれによりタイムの変更が行なわれたと判断して, 関係部門に指令伝達情報を流す。

タイムの修正は以上のプロセスを経ずに直接入力にて行なう方法もある。以上のフロー・タイム・プログラムを図2.1に示した。運転整理系の性能評価モデルは指令員の行為, EDP系の諸機能, および PRC系の一部から成る。

### 3. 運転整理 (EDP) システムのモデル

シミュレーション・モデルは以下の4つの部分から成る。以下, それらのモデルの概要を説明する。

- (a) ハードウェア・モデル
- (b) オペレーティング・システムのモデル
- (c) オンライン・業務モデル
- (d) environment 部 (指令員の操作, シミュレーション結果の取得, 等)

#### 3.1 ハードウェア・モデル

EDP系におけるハードウェア構成を図3.1に示す。

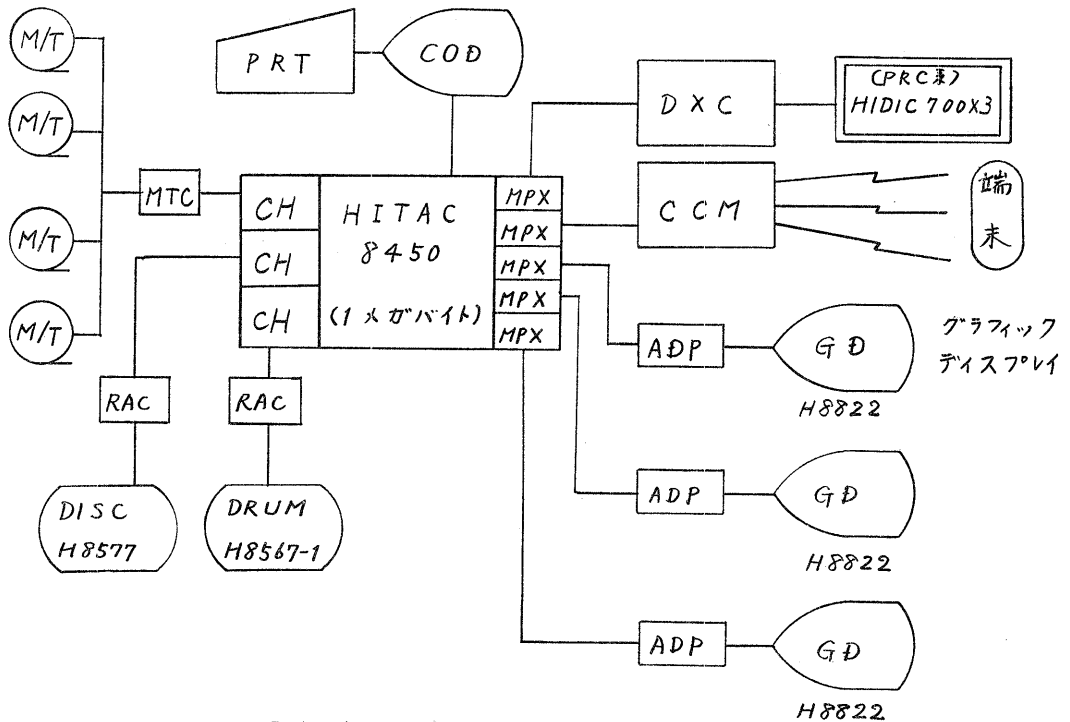


図 3.1 運転整理系・ハードウェア構成

CPUの1命令実行時間はモデルでは $3.6 \mu (10^{-6})$ 秒と仮定したが, 実動システムのトレス・テータを解析した結果,  $2.4 \sim 2.5 \mu$ 秒であった。入出力装置の性能は,  
 DISC: 平均シーク時間  $67m (10^{-3})$ 秒, 回転速度  $25m$ 秒, 転送速度  $312KB/秒$ ,  
 DRUM: 回転速度  $20.6m$ 秒, 転送速度  $281KB/秒$  磁気テープ: 転送速度  $60KB/秒$   
 GD: 転送速度  $150KB/秒$  . 回線:  $200bps$  端末:  $20文字/秒$

### 3.2 オペレーティング・システムのモデル

COMTRAC-H/EDP系のオペレーティング・システム(OS)は、中〜大型の計算機用に提供されたものである。本OSの特長はメモリ領域を4つのステージに分割でき、個々のステージに特権エリアと非特権エリアを設けることができ、特権エリアはオンライン・リアルタイムのジョブを実行することが可能である点にある。

COMTRAC-H/EDP系では3つのステージを利用し、OSから見ると3つのジョブが独立に動作しているように見える。しかし、3つのジョブ空間は互いに通信が必要であり、ジョブ間の通信はIPC (Inter Program Communication) マクロで行われる。

OSのモデルは以下の4つの部分から成る。

(1) コントロール・プログラム

- ・ジョブ管理
- ・タスク管理
- ・ハードウェア管理    ・タスクスケジューラ

(2) 通信管理 (BCS: Basic Communication Support)

(3) データ管理

(4) GCS (Graphic Communication Support) --- GSP (Graphic Support Program) の通信。

ユーザ・プログラムとOSの連絡をとるスーパーバイザ・マクロのモデル化したものを表3.1に示す。

### 3.3 COMTRAC-H/EDP系のプログラム構造

EDP系では、PRCとの通信ならびに端末との通信があるため通信管理下のジョブが必要である。また、指令受との通信を介して行うためにGCS下のジョブが必要となる。さらに、CPUを長時間消費するタイム予測プログラムを実行させるために、インタラクティブの機能が必要としないジョブが必要となる。

したがって、これらを一括して処理するために、必然的にマルチ・ステージ・オペレーション (パーティション

表 3.1 運転整理系で用いる主要マクロ

	マクロ	機能概略
タスク管理	EXTSK	サブタスクの起動
	TTSK	サブタスクの完了を親タスクに通知
	XITSK	サブタスク終了割込みの exit
	PR	タスクを待ち状態にする
	LPOV	(プログラム管理) オーバレイ・セグメントのロード
データ管理	EXCPW	入出力実行要求
	HOLD	資源のホールド
	FREE	HOLDの逆
通信管理	CWAIT	回線からのイベント待ち
	CREAD	端末からの入力
	CWRT	端末への出力
タイマ	STIME	実行時間割込みのセット
IPC関係	PCSET	IPCマクロ使用の宣言
	PCRD	他ジョブからのデータの読み込み
	PCWRT	他ジョブへのデータ転送
	PCWT	PCWRTの完了イベントを待つ
GSP	GWRT	GIDに対し図形データの出力を行う
	GIRD	GIDより入力データの取込みを行う
	GPR	入力アテンションの入力の有無を調らべ無ければ待つ
	GWT	GWRTの完了イベントを待つ。

を複数個設け、マルチプログラミングを実現させる方法)を利用することになる。

以上の理由から、EDP系は3つのパーティションを使用したマルチプログラム構成をとっている。

図3.2に、そのプログラム構成を示した。各ジョブに与えられている諸機能について以下概説を行なう。

### 3.3.1 CMP

(Communication Management Program) (端末)

PRC系との交信と端末オペレータとの交信が主機能である。

シングルタスクで動作し、端末入出力完了イベント、PRC系とのデータ交信完了、GMPからの交信割込みで起動される。CMPの主機能をまとめると

- (i) PRC系との交信: 通常1分毎にポーリングを行ないPRCからの情報を受取り、PRC系に対するファイル変更要求、その他応答を要する情報交換ではそれよりも短かい即時ポーリング(10秒)を行なう。
- (ii) 情報伝達: 遅延情報、指令情報の送付と端末からの受領確認を行なう。出力情報はディスク上に格納されている。
- (iii) GMPとの交信: GMPからの要求は本モデルでは3種類とする。(a) PRCに対するファイル変更要求, (b) PRCへの制御情報, (c) 指令伝達指示。
- (iv) 業務プログラムの起動: CMPでは4種の業務プログラムが動作する。(a) 列車位置更新, (b) 遅延情報, (c) 受領確認, (d) 指令伝達

### 3.3.2 GMP (Graphic Management Program)

GMPはCMP、指令員のGDからのアテンションに反応してタイマによって起動される。GMPは指令員と直接交信を持ったため本システムの中心的存在である。指令員により起動される業務は、一般に複数個のプログラム列で実行されるが、各プログラムは使用する計算機リソースの特性上、そのパーティション内ですべてを実行させると処理能力の低下を招くため、他のパーティション内での実行が必要となる。そこで、個々のプログラム実行の単位をジョブと呼び、1つの業務はジョブの連続から成るためジョブスタックと呼ぶ。そこで、GMPの主な機能は次のものがある。

- (i) ジョブ・ストリームの設定: 指令員により起動のかけられた業務を達成するためのジョブ列を登録する。EDP系では同一のGDで複数個の業務が同時に行なえる。
- (ii) ジョブ・スタックの管理: プログラムの完了、次のプログラムの起動の管理を行なう。
- (iii) サブ・タスク管理: サブ・タスクの状態の管理を行なう。(GDとタスクの対応, etc)
- (iv) 割込み処理: GDのアテンション受付, TTSKマクロの処理, IPC割込み, タイマ等。

GMPで起動する業務は、(a) 予測, (b) 予想(タイマ, 指令員), (c) 承認, (d) 実行指示, (e) 直接入力, (f) 警報モータ, (g) GDモータ, SD(Sub-display)モータ, (h) ファイル変更, 等がある。これらの業務のうち(a), (b), (e), (h)は他のパーティションによる処理を要求するもので、GMPのメイン・タスクはIPCマクロにてその起動を行なう。

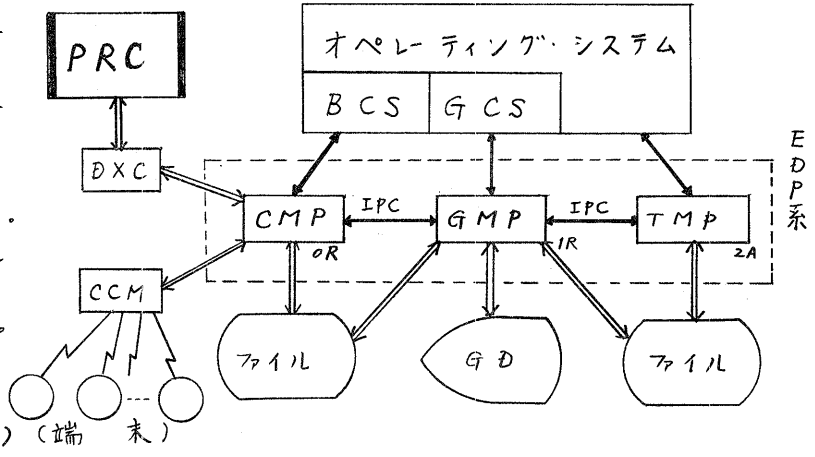


図3.2 運転整理系のプログラム構成

### 3.3.3 TMP (Traffic Management Program)

COMTRAC-H/EDP系のぬらいはタイムの乱れを常に予測し、事前にタイムの乱れを最小にさせることにある。しかし、タイム予測シミュレーションは非常に多くの計算量と入出力要求が有るために、優先度を高くして実行させると指令員、PRCとの通信のレスポンスが極度に悪化する。そこで、予測に必要な実行タイム、ファイルの本パーティション内常駐化、予測プログラムのオーバーレイを小さくする等、メモリの割当を大きくする方針をとっている。

TMPで実行されるプログラムはすべてGMPによって起動され、TMPはシングルタスクで動作する。TMPで実行されるプログラムは、(a) 予測、(b) 予想、(c) ファイル変更(本パーティションに実行タイムが存在するため)である。車輛整理も本パーティションで実行されるが、シミュレーションモデルでは取扱っていない。

また、CMP、GMP、TMPのスケジューリング・プライオリティはCMP、GMP、TMPの順である。

### 3.3.4 PRC系のモデル

EDP系の性能評価にはPRC系はフラック・ボックスと考えるもよいが、下位計算機との通信はCOMTRACのような階層構造を持った計算機構成では重要な評価項目でもあり、以下の機能を持つモデルとした。(i)~(vi)

(i) 割込み分析(EDP-PRC間情報の分析)、(ii) 在線情報の発生、(iii) タイム変更の発生(PRC系の自動判断、直接入力のリシミュレート機能)、(iv) EDPのホーリングに対するデータ転送、(v) EDP系からの制御情報に対するアンサ・バック、(vi) PRCにおけるDual運転同期方式の反映。

表4.1シミュレーションモデル規模

モデル		HCSSステップ	
E D P 系	オペレーティングシステム	1,117	
	オン ライ ン	CMP	357
		GMP	394
		TMP	19
	業務プログラム	906	
ハードウェア	570		
PRC系		47	
environment		141	
合計		3,551	

## 4. シミュレーション結果と考察

以上をHCSS言語でモデル化したか、その規模を表4.1に示した。また、シミュレーションは1時間行ない、HITAC8450を用いて約3時間を要した。

### 4.1 モデルに対する入カトラフィック量

運転整理系における性能評価は、列車の乱れ時に増大する計算機の負荷に対処できるか否かにある。本システムの特徴は、列車の乱れ時に指令員の判断、指令行為をもたらす計算機負荷の増大にある。タイムの乱れが生じた場合には、当然PRC系からも多くのタイム変更が発生しEDP系もそれに追従する必要がある。

各指令員は指令行為の過程で多くの判断を行なうため、状態把握のオペレーションが入る。線区が増大に伴って複数のGDから同時にこれらのオペレーションが発生するため、計算機内部では多くのジョブ・ストリームが同時に実行されることになる。

したがって、入力されるトラフィック量は性能評価上重要なものである。ここでは、COMTRAC-I(岡山対応)の使用経験をもとに予想される量大トラフィックを本モデルの入力条件とした。表4.2に1時間あたりの入力件数を示した。

指令員の行為は実際には1つのプロセスになっているが、本シミュレータにおいては、表4.2に示した入力を、タイム起動のものを除いてホアッソソ入力とした。また、GDのライトペンによる入力も平均2秒の指数分布に従った入力間隔とした。

### 4.2 各種計算機リソースの利用率

#### (1) リージョン・使用率

リージョン使用率とはタスクがアクティブな状態にある割合である。表4.3にリー

ジョン使用率と、そのタスクが使用したCPUの利用率を示した。

この表から、CMPのCPU利用率に比べリージョン使用率が高い。すなわち、入出力の量が多いことを示している。CMPは最も高い優先度で実行されるため、リージョン使用率が高く（すなわち待ち状態に存在する割合が低く）なると、PRC系との交信を行なう業務（直接入力、実行指示、承認等）がGMPからその要求を出す場合、必ずGMP-CMPの交信が必要であるので、交信レスポンスの悪化につながる。

CPU利用率の大部分はTMPが占めている。これは予測のプログラムが1回の処理に、 $40 \times 10^6$  ステップと予想したためである。（\*実際には、トレース等の分析では  $13.2 \times 10^6$  ステップ程度であり、約3倍のくいちがいがあった。）

表 4.2 10-7時1時間あたりの入力件数

業 務		件数	GD操作数	起動条件
直接入力	入力操作	17	20	指令員
	モータ操作		6	
	実行指示	12	2	
整理案件ダイヤ	修正入力	53	20	指令員
	モータ操作		6	
	承認	6	4	
	実行指示	6	15	
	予測	12	10	
予 想	6	—	タイム	
PRCファイル変更	65	—	PRC要求	
列車位置更新	60	—	タイム	
遅延情報	72	—	タイム	
PRC交信	60	—	タイム	

## (2) 入出力装置の利用率

チャンネル; デバイスの利用率を表 4.4 に示した。ディスクはプログラム・ロード用ならびに端末への入出力情報の格納、およびGD画面のジャーナル取得に使用している。本システムはワークエリアも入札で、5.3MB( $10^6$ バイト)であり、主記憶装置を1MBのため、オーバーレイの頻度が高い。特に、業務プログラムを中心とするGMPではプログラム・オーバーレイが非常に多くなっている。

ディスクのデバイス1の利用率のうち3分の1がオーバーレイによる負荷である。

COMTRAC-H/EDP系では、ほとんどのファイルをドラム上に格納しており、その参照頻度は高いが、アクセスが早いいため利用率は低い。

## 4.3 業務のスループット・タイムとGDのレスポンス・タイム

本モデルでは、PRC系からのファイル変更が入った時点で、GDから起動のかけられた業務の停止を行なっている。その理由は、EDP系における業務の大部分が、実行ダイヤを基本に処理を行なうためである。（実際のシステムでは、ファイル変更の処理中のみGD入力業務の停止を行なっているのであり、ファイル変更が入力されていても、その処理が待たされている間はGD入力業務の実行は行なわれる。）

表 4.3 タスクのリージョンCPU利用率

タスク	利用率	リージョン	CPU
CMP		71%	1.7%
GMP	メイン	18%	0.2%
	IN	7%	
	OUT	8%	
TMP		57%	50.6%
オペレーティングシステム			6.4%
合 計			58.9%

表 4.4 チャンネルおよびデバイス利用率

チャンネル	利用率	デバイス	リード回数	ライト回数	デバイス利用率	使用目的
ディスク	39.6%	1	10,458	0	55%	プログラムロード
		2	1,692	1,253	10%	ファイルI/O
		3	0	548	2%	ジャーナル
ドラム	11.8%	1	12,255	7,774	12%	ファイル入出力
GD	0.3%	1	389	662	0.1%	業務起動
		2	499	783	0.2%	ライトペン入力
DXC	極めて小	—	220	136	—	PRC交信

ここでは、指令員と本システムとの通信手段であるGのライトペン入力のレスポンス時間(ライトペンでピックしてからの応答の出力が出るまでの時間)ならびに、業務のうち、タイムをGの画面に出力するタイム・モニタ、PRC系から送られてきたタイム・ファイル変更に関するスループット・タイムの頻度について、図4.1~4.3に示す。また、図4.4にはTMPで実行される予測プログラムの分析結果を示す。

ライトペンのレスポンス時間の平均応答時間は3.6秒であり、その90%は3秒以内である。10秒以上のレスポンスを示すものがあるが、これは、PRC系との通信を含む業務での応答である。

タイム・モニタのスループット・タイムは平均1.3分となっているが、その65%は40秒以内に完了している。スループット・タイムのなかにはライトペンによる入力時間が入っているので、計算機内部での処理はこの値より小さくなる。表4.2に示したように、モニタでは6回の入力があるため、平均12秒が指令員による入力操作である。

タイム・モニタのなかで特に長いスループットを示しているものは、ファイル変更がその時点でEDP系内に存在するため生じたものである。(実際のシステムには、このような待ち状態はない)

タイム

モニタのなかで特に長いスループットを示しているものは、ファイル変更がその時点でEDP系内に存在するため生じたものである。(実際のシステムには、このような待ち状態はない)

図4.3に示したファイル変更はTMPで

表4.5 CMP業務プログラム処理時間

業務	件数	処理時間
列車位置更新	57	3.51秒
遅延情報	66	1.21秒
指令伝達	78	0.17秒

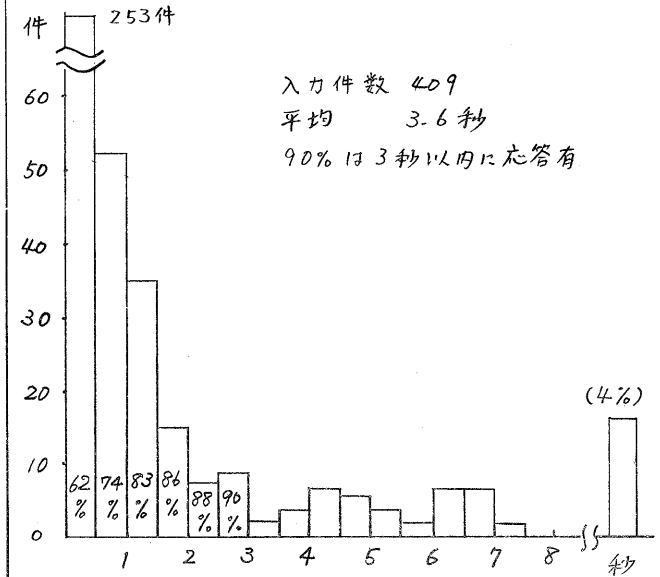


図4.1 ライトペンのレスポンス時間

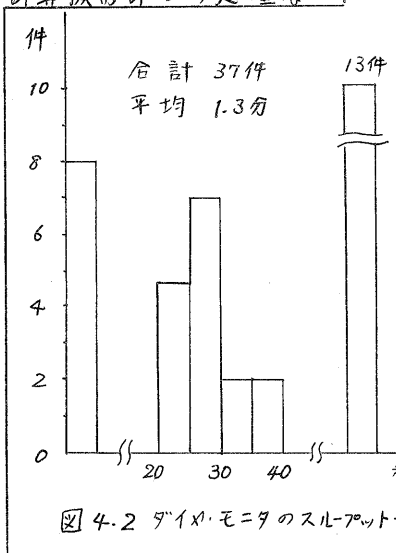


図4.2 タイム・モニタのスループット・タイム

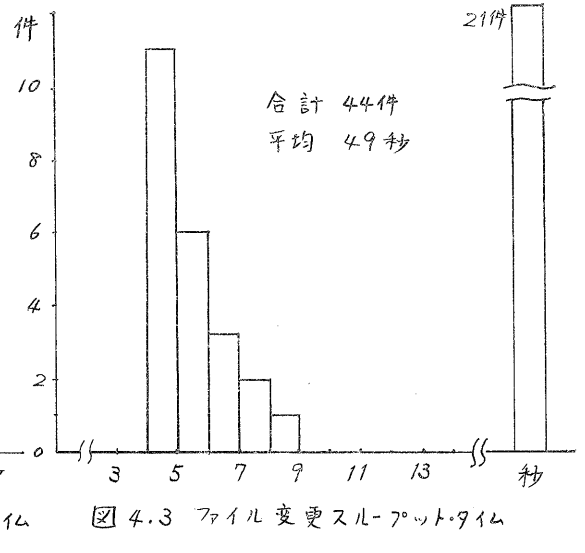


図4.3 ファイル変更スループット・タイム

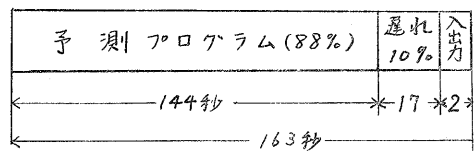


図4.4 予測プログラムの分析



実際の処理が行なわれるが、入力はPRC系からであり、CMP、GMPを通してくるため3つのジョブ空間の通信の点に行なわれる点に特徴がある。

ファイル変更の52%は9秒以内で完了するが、それ以上長いスループット・タイムを持つものは、TMPリージョンの待ち、すなわち先行するファイル変更ならびに予測プログラムの完了待ちである。

図4.4は予測プログラムの分析結果であるが、TMPを最も低い優先度で実行させるため、その遅れなどの程度となるか調らべる必要があった。シミュレーションの結果からは、その遅れはスループット・タイムの10%である。

#### 4.4 ジョブ空間を渡る情報交換

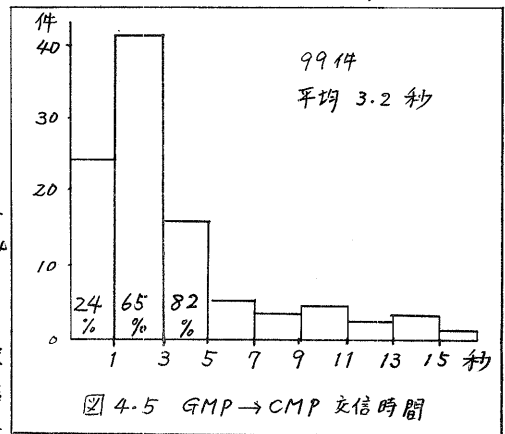
EDP系がPRC系と情報交換を行なう場合は必ずCMPを経るため、GMPとCMPの情報交換のレスポンスが良くなる必要はない。本システムではCMPの優先度が高くそのリージョン使用率も高いためその通信レスポンスの悪化が問題となる。

図4.5にGMPがCMPに通信を行なうために割込みをかけてからCMPが情報を得るまでの時間を示した。平均3.2秒と長い値である。

その原因は、CMPはPRC系、端末、GMPからの割込みにより起動されるが、そのイベントの処理をイベント発生順に行っており、端末に対する出力が多いためGMPからの割込みが長く待たされるためである。

#### 4.5 EDP系とPRC系の情報交換

直接入力、実行指示、承認などはGDを使用する指令員からの入力によりPRC系との通信を伴う。この場合、EDP系はPRC系からの応答内容に従って処理が進行するため、PRC系の応答がこれらの業務のスループット・タイムの大きな要因となる。EDP系が応答を必要とする通信を行なう場合には、ホーリング・インタバルが10秒の即時ホーリング・モードとなるが、指令員にはこの周期は長いものであり、ホーリング周期をPRC系の処理方式ならびに負荷とを考慮し最適なものを求める必要がある。



### 5. 結論

本論で対象としたCOMTRAC-Hシステムは、オンライン・システムとして代表的な座席予約システムや銀行オンライン・システムとは異なる分野へのオンライン・システムの適用であり、人間の思考過程を含む典型的なコマンド・アンド・コントロール・システムである。したがって、指令員に対する情報の提供、指令情報の迅速な伝達が必要されるため計算機システムの性能評価が重要なものとなった。本研究は、COMTRAC-Hシステムの開発の初期の段階で行なったものであり、アプリケーション業務が明確になっていないため、現実のシステムとは異なる部分があるが、本システムの特徴である計算機間の通信、CMP・GMP・TMPのタスク構成がもたらす特徴が明らかとなった。

シミュレーションの結果、システムのレスポンス時間を悪化させる要因として考えられるものは次の点に有る。

(1) 最も優先度高く実行されるCMPのリージョン使用率が高いこと、ならびにCMPのイベント処理方式がFIFO (First In First Out) 方式であるため、CMP-GMPのジョブ間通信が長くなる。

(2) EDP系とPRC系の間のホーリング周期が長いため、PRC系と情報交換を行なう業務のスループット・タイムが長くなる。

以上の問題を解決する改善案としては次のものがあげられる。

(a) EDP系とPRC系の通信周期の最適化を図る。もしくは、現在EDP系が通信の主導権を持つ中央起動方式を相互起動方式に変更する。すなわち、データ伝送が必要となった時点で両系がデータを通信する。

(b) CMPはPRC系からの入出力完了、端末からのイベント、GMPとの通信を優先順位を付けて処理する。

(c) ジョブ間通信を良くするため、CMPのマルチタスク化を行なう。これにより、CMPのレスポンスを良くする。

上記の改善案のうち、現システムにフィードバックしたものととして以下のものがあげられる。

(i) EDP系の応答を必要とする即時ホーリングに関しては、その周期を5秒と短縮することにより通信レスポンスの向上をはかった。

(ii) CMPのマルチタスク化は主メモリの制約から達成できないが、そのかわりCMPの割込みイベントに対するレスポンスを向上させるために、擬似的なマルチタスクを行なう方式をとった。

ここにおける性能評価は、システムの初期に行なったものであるが、性能評価モデルの開発に多くの時間を必要としたため設計へのフィードバックが完全に行なえなかった。しかし、そのなかのいくつかはフィードバックができた、これにより現システムは、使用に耐る性能を示している。

最後に、シミュレーションモデルならぬに結果について国鉄本社、東二電工、鉄道技術研究所の方々に検討をしていただき、また、性能評価モデルの開発にあたっては日立ソフトウェア工場、システム技術本部の方々に協力していただいた。これらの方々に心から感謝いたします。