

JAERI-M

8976

FACOM 230 - 75 計算機の性能評価(2)

1980年8月

藤井 実・浅井 清

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

FACOM 230 - 75 計算機の性能評価(2)

日本原子力研究所東海研究所計算センター

藤井 実・浅井 清

(1980年7月3日受理)

FACOM 230 - 75 計算機システムについて行った以下の性能評価事例について記す。

- (1) TSS 端末の費用効果
- (2) 端末応答時間悪化の原因分析
- (3) バッチ処理のスループット悪化の原因分析
- (4) 計算機利用の潜在需要推定
- (5) カード・リーダー、ライン・プリンタの機器台数の見直し

これらは、計算機運用管理者としての立場から行われた性能評価事例であり、適用された手法は実務的なものである。本報告書は、計算センター運用にたずさわる人々に役立つものと思われる。

Computer Performance Evaluation  
of FACOM230-75 Computer System (2)

Minoru FUJII and Kiyoshi ASAI  
Computing Center, Tokai Research Establishment,  
JAERI

(Received July 3, 1980)

In this report are described computer performance evaluations for FACOM230-75 computers in JAERI.

The evaluations are performed on following items:

- (1) Cost/benefit analysis of timesharing terminals,
- (2) Analysis of the response time of timesharing terminals,
- (3) Analysis of throughput time for batch job processing,
- (4) Estimation of current potential demands for computer time,
- (5) Determination of appropriate number of card readers and line printers.

These evaluations are done mainly from the standpoint of cost reduction of computing facilities. The techniques adapted are very practical ones. This report will be useful for those people who are concerned with the management of computing installation.

Keywords:

Computer, Performance Evaluation, Cost/Benefit Analysis,  
Throughput Time

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. TSS 端末の費用効果分析 .....	3
2.1 目的 .....	3
2.2 調査概要 .....	3
2.3 TSS 端末の費用効果 .....	3
2.4 グラフィック端末の費用効果 .....	9
2.5 結果の適用 .....	12
3. 端末応答時間の悪化に対する原因調査 .....	13
3.1 目的 .....	13
3.2 背景 .....	13
3.3 端末応答時間の悪化に対する原因調査 .....	13
3.4 端末応答時間の改善 .....	15
4. バッチ処理のスループット悪化に対する原因調査 .....	17
4.1 目的 .....	17
4.2 ジョブ処理が悪化したときの状況 .....	17
4.3 原因調査 .....	17
4.4 その後の状況 .....	24
5. 計算機利用の潜在需要調査 .....	26
5.1 目的 .....	26
5.2 潜在需要の推定方法 .....	26
5.3 潜在需要の算出 .....	29
5.4 アンケート調査との比較 .....	30
6. カード・リーダーの実使用時読取り能力調査 .....	31
6.1 目的 .....	31
6.2 調査理由 .....	31
6.3 実験方法 .....	31
6.4 実験結果 .....	32
6.5 結果の適用 .....	33
7. カード・リーダーの必要台数の評価 .....	34
7.1 目的 .....	34
7.2 カード入力需要 .....	34
7.3 カード・リーダーの必要台数の評価 .....	36
7.4 評価後の措置とその妥当性のチェック .....	38

8. ライン・プリンタの実使用時出力能力調査 .....	39
8.1 目的 .....	39
8.2 調査理由 .....	39
8.3 調査方法 .....	39
8.4 調査結果 .....	40
8.5 結果の適用 .....	42
9. ライン・プリンタの必要台数の評価 .....	43
9.1 目的 .....	43
9.2 ライン・プリンタの出力需要 .....	43
9.3 ライン・プリンタの必要台数の評価 .....	45
9.4 評価後の措置とその妥当性のチェック .....	48
10. おわりに .....	49
謝辞 .....	49
参考文献 .....	50

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Cost/benefit analysis of timesharing terminals .....	3
2.1 Purpose of the analysis .....	3
2.2 Outline of the analysis .....	3
2.3 Cost/benefit analysis of timesharing terminals .....	3
2.4 Cost/benefit analysis of graphic terminals .....	9
2.5 Application of the results .....	12
3. Analysis of response time of timesharing terminals .....	13
3.1 Purpose of the analysis .....	13
3.2 Background of the analysis .....	13
3.3 Analysis of response time of timesharing terminals .....	13
3.4 Improvement of TSS response time .....	15
4. Analysis of throughput time for batch job processing .....	17
4.1 Purpose of the analysis .....	17
4.2 Job processing status of ill conditioned situation .....	17
4.3 Inspection of the causes .....	17
4.4 Status after the system tuning .....	24
5. Estimation of current potential demands for computer time ....	26
5.1 Purpose of the estimation .....	26
5.2 Method of the estimation .....	26
5.3 Estimated current potential demands .....	29
5.4 Comparison with the result by questionnaires from users ....	30
6. Survey of usable performance of a card reader .....	31
6.1 Purpose of the survey .....	31
6.2 Reason of the survey .....	31
6.3 Method of the survey .....	31
6.4 Results of the survey .....	32
6.5 Application of the results .....	33
7. Determination of appropriate number of card readers .....	34
7.1 Purpose of the evaluation .....	34
7.2 Demands on card readers .....	34
7.3 Appropriate number of card readers .....	36
7.4 Application of the evaluations .....	38
8. Survey of usable performance of a line printer .....	39
8.1 Purpose of the survey .....	39

8.2	Reason of the survey .....	39
8.3	Method of the survey .....	39
8.4	Results of the survey .....	40
8.5	Application of the results .....	42
9.	Determination of appropriate number of line printer .....	43
9.1	Purpose of the evaluation .....	43
9.2	Demands on line printers .....	43
9.3	Appropriate number of line printers .....	45
9.4	Application of the evaluations .....	48
10.	Concluding remarks .....	49
	Acknowledgement .....	49
	References .....	50



## 1. はじめに

FACOM 230-75 計算機システムについて行った性能評価事例を記す。

従来、計算機性能評価は、理論的には待ち行列モデルによる解析<sup>(1)(2)</sup>、実務的にはチューニング（計算機システムの各種パラメータなどを調整することにより、計算機システムの最大性能を發揮させる）による評価<sup>(3)</sup>が多く行われている。前者は主に大学、研究機関で、後者は主に計算機メーカーで研究されてきている。

一方、計算機運用管理者の立場で行う性能評価は、上記の性能面の他に、計算機の経済性、計算機利用者の行動、各計算センタ特有の問題なども考慮して行わなければならない。筆者らの性能評価に対する考え方は、「FACOM 230-75 計算機性能評価(1)」<sup>(4)</sup>で述べている。

本報告書は、計算機運用管理者としての立場で行った性能評価事例の中で、その手法が他に参考になると思われるものについて記述した。2ではTSS 端末、グラフィック端末の費用効果について示し、各端末ごとに端末費を回収するために必要な月最低使用時間を求めた。3、4は、端末応答時間、バッチ処理のスループットがともに悪化したときの原因分析とその対策について述べたものである。前者は数ヶ月前に行った作業が、後者は障害調査用データの収集量の多いことが主原因で、ジョブ処理量の増加したときに性能悪化が顕在化した事例である。5は、計算機利用の潜在需要の推定法について示したもので、推定値と計算機交換後の計算需要がかなり一致している例である。6~9は、計算機導入後の入出力機器の見直しに稼動分析<sup>(5)</sup>、需要分析を行い、カード・リーダー1台、ライン・プリンタ2台を削減した事例である。

日本原子力計算センタ（以後、原研計算センタと略す）の昭和52年当時の計算機構成をFig. 1.1、また計算センタの運用と利用状況は次のとおりであった。

〔運用〕	ジョブ実行多重度（昼間）
・システムA	クローズド・バッチ処理 _____ 5 多重
	リモート・バッチ処理 _____ 4 多重
	タイムシェアリング (TSS) 処理 (端末多重度: 26) _____ 4 多重
・システムB	オープン・バッチ処理 _____ 8 多重 (カード・リーダー、ライン・プリンタはユーザに開放)
	セミ・オープン処理 _____ 2 多重 (磁気テープもユーザに開放)
・オープン利用は9時~17時、リモート、TSS利用は9時~20時である。夜間は両システムともクローズド処理となる。	

### 〔利用〕

・ユーザ数	登録者数	約750名
	実利用者数	約600名
	TSS 実利用者数	約200名

・ジョブ処理件数	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>バッチ (リモート・バッチ)</li> <li>TSS</li> <li>グラフィック</li> </ul>	約 20,000 件/月
		(約 5,000 件/月)
		約 5,000 件/月
		約 1,200 件/月
・ターン・アラウンド時間		
{ <ul style="list-style-type: none"> <li>オープン処理</li> <li>クローズ処理</li> </ul>	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>優先権 7~4</li> <li>" 3~0</li> </ul>	3分~ 10分
		15分~ 180分
	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>優先権 7~4</li> <li>" 3~0</li> </ul>	5分~ 15分
		20分~ 200分

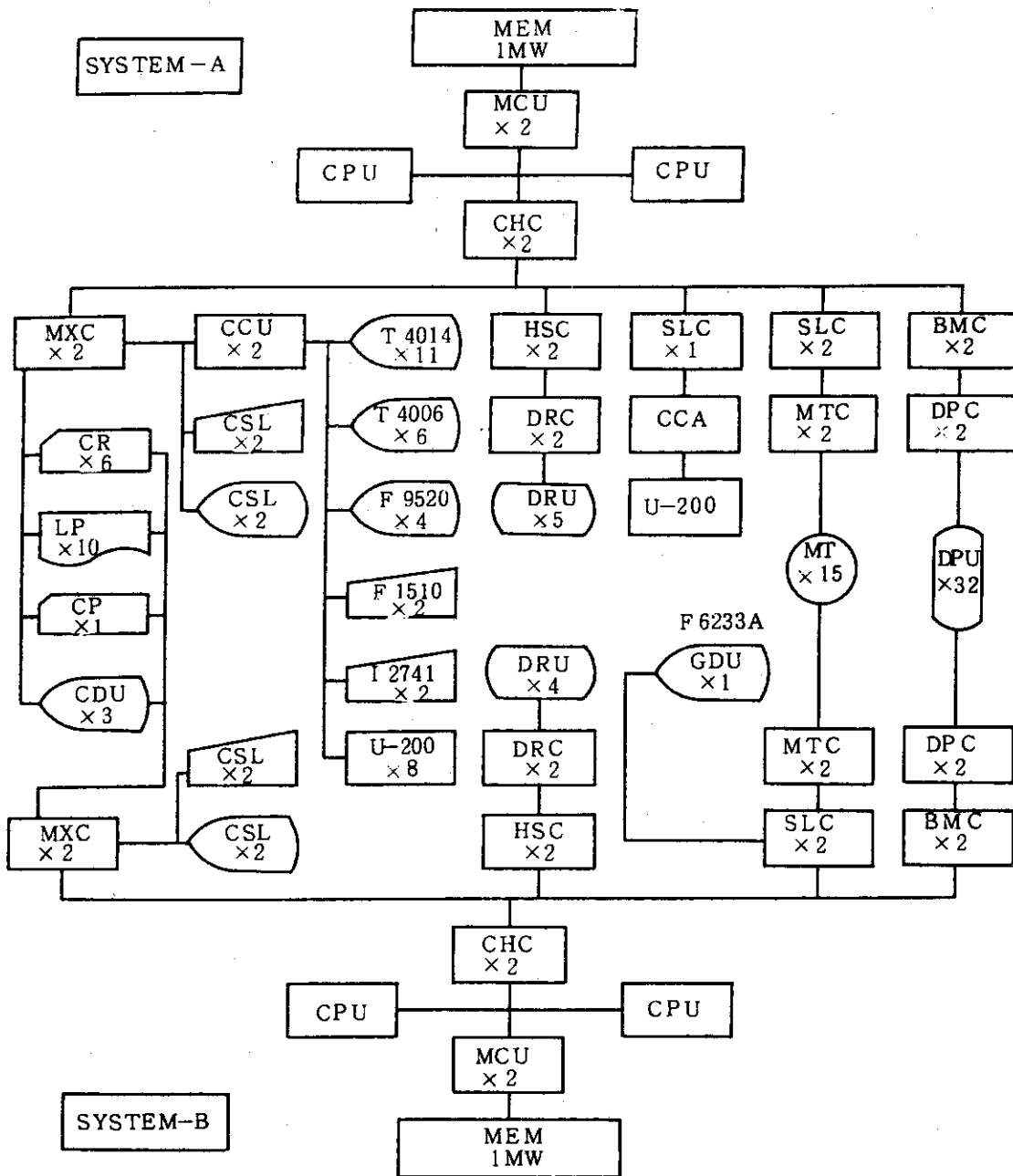


Fig. 1.1 Computer Systems at JAERI, 1977.

## 2. TSS 端末の費用効果分析

(昭和 54 年 1 月)

### 2.1 目的

実際のプログラム編集作業において、TSS処理がバッチ処理に比べどの程度有効かを検討する。そして、その結果を使ってTSS端末の端末価格が回収できる端末使用時間の損益分岐点、すなわち月最低必要端末使用時間を算出する。また、グラフィック端末についても同様の検討を行う。

### 2.2 調査概要

カード枚数 400枚程度の新規作成プログラムを対象とし、このプログラムの作成、修正、実行をすべてバッチ処理で行った場合と、プログラム修正以降をTSS 端末から行った場合について作業時間、費用を比較する。そして、TSS 利用 1 時間あたりの利益を算出する。グラフィック端末利用の利益も同様に作図 10 回のケースで算出する。この調査に使ったデータは、実際にプログラムの作成を行って測定したデータではなく、筆者らの経験にもとづいて設定された平均的作業量、平均的作業時間である。

### 2.3 TSS 端末の費用効果

#### 2.3.1 プログラムの処理手順

カード枚数 400 枚の新規作成プログラムを対象とする。このプログラムの作成から修正、実行までの作業をFig. 2.1 に示す。

#### 2.3.2 作業時間の評価

作業時間の評価に用いた基礎データは以下のものである。

[基礎データ]

(1) バッチ処理の翻訳作業のジョブ回転時間	5分
(2) TSS処理の翻訳作業のジョブ回転時間	1分
(3) バッチ処理の翻訳・結合・実行作業のジョブ回転時間	8分
(4) TSS処理の翻訳・結合・実行作業のジョブ回転時間	2分
(5) 居室から端末への移動時間	片道 1分
(6) 居室から計算センタ・ユーザ室への移動時間	片道 5分
(7) カード修正, 差し換え時間	1枚 2分
(8) 端末修正, リプレイス時間	1行 1分
(9) バッチ・ジョブの制御文作成, セット時間	1回 5分

(バッチ処理の場合)

(TSS 処理の場合)

プログラム設計  
コーディング  
パンチ依頼

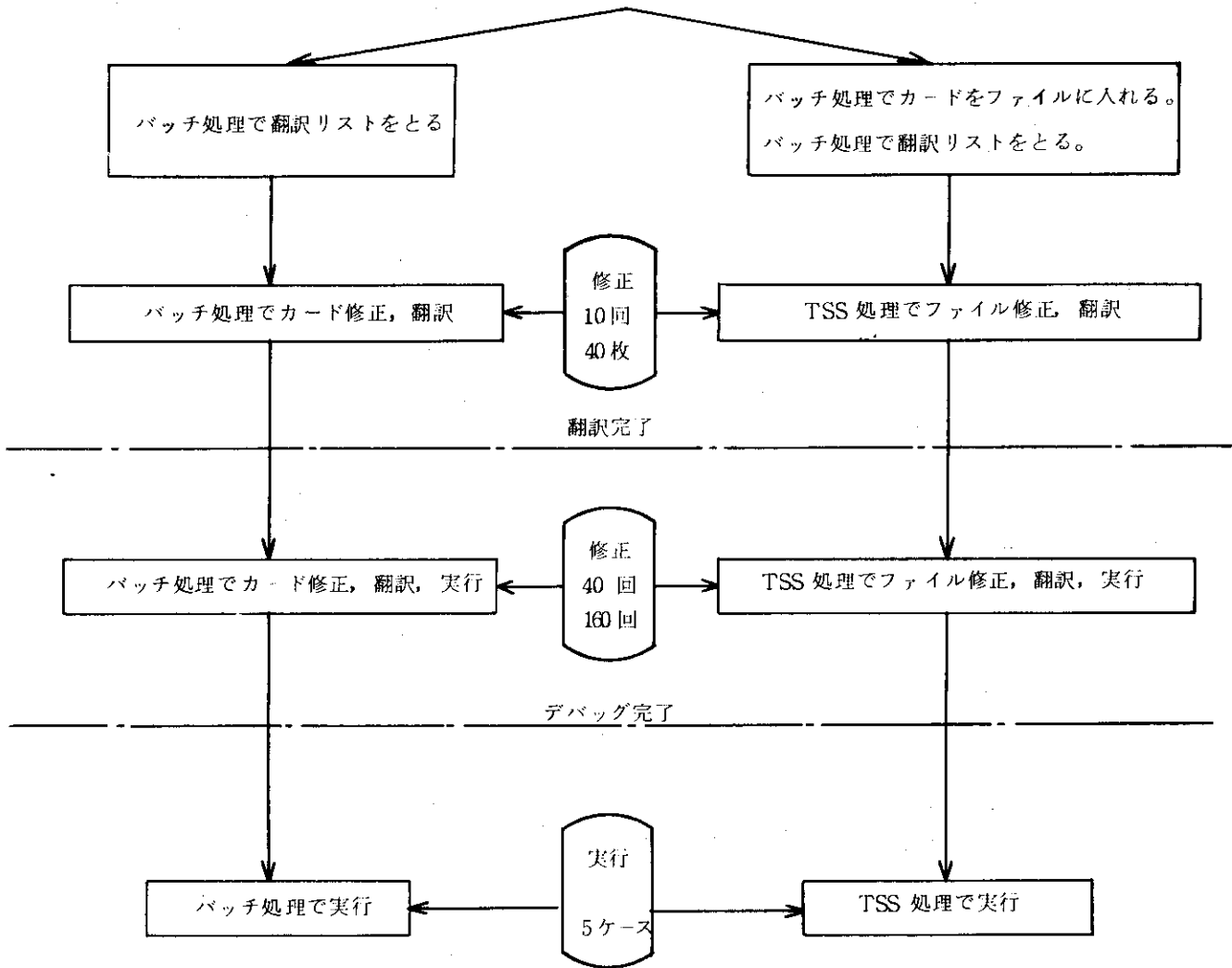


Fig. 2.1 Process of Program Making, Modification, Execution.

- (10) カード・リーダー入力時間 1回 2分
- (11) 1回のプログラム修正の思考時間 1回 10分
- (12) 居室と計算センタ又は端末室への移動は計算機使用5回につき1回とする。
- (13) 端末使用時間は、端末作業時間の1.2倍とする。

Fig. 2.1 に示す一連の作業にかかるユーザの作業時間は次のようになる。

[バッチ処理の場合の作業時間]

翻訳時間	11回×5分 = 55分	
翻訳・結合・実行時間	45回×8分 = 360分	
カード修正	200枚×2分 = 400分	
カード入力	56回×2分 = 112分	
制御文作成, セット	2回×5分 = 10分	
計算センタへの移動	12回×2×5分 = 120分	小計 1,057分
思考時間	50回×10分 = 500分	合計 1,557分

[TSS処理の場合の作業時間]

バッチ処理でファイルに入れる	1回×6分 = 6分	
バッチ処理で翻訳	1回×5分 = 5分	
制御文作成, セット	2回×5分 = 10分	
カード入力	1回×2分 = 2分	
端末翻訳	10回×1分 = 10分	
端末翻訳・結合, 実行	45回×2分 = 90分	
端末修正	200行×1分 = 200分	
計算センタへの移動	1回×2×5分 = 10分	
端末への移動	11回×2×1分 = 22分	小計 355分
思考時間	50回×10分 = 500分	合計 855分

TSS端末での作業時間は、 $10+90+200+500=800$ 分。端末使用時間は端末作業時間の1.2倍と仮定しているから、 $800 \times 1.2 = 960$ 分 = 16時間となる。

端末使用時間 = 16時間
---------------

2.3.3 作業費用の評価

バッチ処理, TSS処理のそれぞれで Fig. 2.1 の作業を行ったときの総費用を求める。評価する費用項目と算出方法を以下に示す。

① 人件費

ユーザの人件費である。作業時間にユーザ人件費の単価を乗じて求める。ただし、思考時間については、バッチ処理もTSS処理も同じ時間を仮定しているので人件費の算出では除く。ユーザ人件費の単価は60万円/人・月とする。これは、 $600,000 \div (25 \text{日} \times 8 \text{時間} \times 60 \text{分}) = 50 \text{円/人} \cdot \text{分}$ である。

(i) バッチ処理の人的費  $1,057 \text{ 分} \times 50 \text{ 円/分} = 52,850 \text{ 円}$

(ii) TSS 処理の人的費  $355 \text{ 分} \times 50 \text{ 円/分} = 17,750 \text{ 円}$

② CPU使用機会損失費

TSS処理を行う計算機システムのCPU使用率は、バッチ処理のみを行う計算機システムのCPU使用率よりも低くなる。これは、TSS処理ではオペレーティング・システム（以後、OS と略称する）のオーバーヘッドが大きいことやTSS処理の1回のCPU使用が細切れになることなどによる。このCPU使用機会損失費は、TSS処理によるCPU使用機会損失をTSS処理に課するものである。算出においては以下の原研計算センタのデータを使う。

バッチ処理システムのCPU使用率（ユーザ側）	60%
TSS処理システム（昼間、バックグラウンド・ジョブ有り）のCPU使用率（%）	30%
1システム、2CPUの計算機レンタル費	13,693千円/月
TSS端末台数	40台
TSS端末の平均使用時間	70時間/月

以上のデータより、端末使用時間1時間あたりのCPU機会損失費は、

$$13,693 \text{ 千円/月} \times (0.6 - 0.3) \div (40 \text{ 台} \times 70 \text{ 時間/台}) = 1,467 \text{ 円/時間}$$

となる。

(ii) TSS処理のCPU使用機会損失費  $16 \text{ 時間} \times 1,467 \text{ 円/時間} = 23,472 \text{ 円}$

③ 端末使用費

端末価格を  $x$  とする。買取りの場合、原価償却は40か月とする。端末使用時間を  $y$  時間/月とすると、端末使用1時間あたりの端末使用費は、

$$x \div (40 \times y) = z \text{ 円/時間}$$

となる。 $z$  は変数のままで使用する。

(ii) TSS処理の端末使用費  $16 \text{ 時間} \times z \text{ 円/時間} = 16 \cdot z \text{ 円}$

④ 入出力費

カード代、カード読取り費、ライン・プリンタ出力費、TSS処理の場合のハード・コピー出力費、磁気ディスク・ファイル使用費である。Fig. 2.1の最初のパンチ依頼までは、バッチ処理、TSS処理とも同じなので除いて算出する。以下のデータより算出した。

(i) バッチ処理の入出力費

{	カード穿孔量（修正用）	200枚
	カード穿孔ミス率（%）	50回
	カード穿孔費（カード代、機器使用費）	5円/枚

$$200 \times 1.5 \times 5 = 1,500 \text{ 円}$$

{	カード読取り量	400枚
	カード読取り回数	55%
	カード読取り費	0.8円/枚

$$400 \times 55 \times 0.8 = 17,600 \text{ 円}$$

{	ライン・プリンタ出力量	20ページ/回
	出力回数	55回
	ライン・プリンタ出力費	20円/ページ

$$20 \times 55 \times 20 = 22,000 \text{ 円}$$

$$\text{合計 } 1,500 + 17,600 + 22,000 = 41,100 \text{ 円}$$

## (ii) TSS処理の入出力費

カード読取り回数	2回	$400 \times 2 \times 0.8 = 640 \text{ 円}$
ライン・プリンタ出力	2回	$20 \times 2 \times 20 = 800 \text{ 円}$
ハード・コピー出力量	110枚	} $110 \times 40 = 4,400 \text{ 円}$
ハード・コピー出力費	40円/枚	
ファイル使用量	100KB・月	} $100 \times 3 = 300 \text{ 円}$
ファイル使用費	3円/KB・月	
合計		$640 + 800 + 4,400 + 300 = 6,140 \text{ 円}$

## ⑤ TSS利用によるバッチ・ユーザの仕事遅れ損失費

TSS処理を行っている計算機システムで同時に処理しているバッチ・ジョブの回転時間は、バッチ処理のみを行っている計算機システムのジョブ回転時間より大きい。これは、TSS処理がバッチ処理に優先して処理されること、TSS処理を行うと計算機システムのCPU使用率が下がることなどによる。このバッチ・ジョブの回転時間の遅れをユーザの仕事遅れ損失費用としてTSSに課する。この算出は、CPU使用率低下によるユーザ・ジョブの回転時間の増加に人件費を乗じて行う。

算出には原研計算センタのデータを使用する。バッチ処理のみを行っているシステムのCPU使用率は60%である。TSS処理のバックグラウンドとしてバッチ処理を行っているシステムのCPU使用率は30%（昼間、稼動端末20以上）である。このうちバッチ処理に費されるCPU使用率は24%である。これは、バッチ処理を行っているシステムでのジョブ処理量の4割にあたる。各ジョブの回転時間は各システムのCPU使用率の逆数に比例するものとする。バッチ処理のみを行うシステムの昼間ジョブの総回転時間は1か月174,861分（昭和53年11月）である。端末は40台、平均70時間/月、台稼動であるから、端末使用時間1時間あたりのバッチ・ジョブの回転時間の増分は、

$$174,861 \times 0.4 \times \left( \frac{0.6}{0.3} - 1 \right) \div (40 \times 70) \approx 25 \text{ 分}$$

となる。ユーザ人件費50円/分を乗じるとその費用は、1,250円/時間となる。

$$(ii) \text{ TSS処理によるバッチ・ユーザの仕事遅れ損失費 } 16 \text{ 時間} \times 1,250 \text{ 円/時間} = 20,000 \text{ 円}$$

## 2.3.4 総合評価

Fig. 2.1 で示した平均的プログラムの作成、修正、実行をバッチ処理で行った場合とTSS処理で行った場合の総費用を次に示す。ただし、バッチ処理、TSS処理ともにかかる費用（CPU使用費など）は除く。

## (i) バッチ処理の場合

人件費	52,850 円
入出力費	41,100 円
合計	93,950 円

## (ii) TSS処理の場合

人件費	17,750円
CPU機会損失費	23,472円
端末使用量	16z円 <sup>*1</sup>
入出力費	6,140円
バッチ・ユーザの仕事遅れ損失費	20,000円

合計 (67,362+16z)円

\* 1. 端末使用時間16時間, 端末使用費z円/時間。

故に, TSS端末を使用した方が有利となるのは,

TSS処理を使った時の総費用<バッチ処理を使った時の総費用  
のとき, すなわち

$$67,362 + 16z < 93,950$$

$$z < 1,662 \text{円/時間}$$

のときである。つまり端末使用費が1時間あたり1,662円以下であれば, TSS端末を利用した方が有利である。これは逆に1,662円/時間を端末使用の利益と考えることもできる。

端末使用の利益 = $z^* = 1,662 \text{円/時間}$
-------------------------------------

## 2.3.5 TSS端末導入の損益分岐点(最低使用時間)

ここでは, プログラム編集用端末について, 各端末を何時間使用すれば, 端末導入費または端末レンタル費を回収できるかを示す。

Table 2.1 に筆者らの計算センタに存在するTSS端末について, 各端末の購入価格, 変復調器(モデム)価格, 各端末が端末費を回収するために必要な月最低使用時間を示す。最低使用時間の算出は, 端末価格+変復調器価格をx, 月最低端末使用時間をyとし, 原価償却期間を40ヶ月として次のように行った。

Table 2.1 Terminal Cost and Requisite Terminal Used Time.

端末タイプ	端末名	端末価格	データ変復調器価格	月間費用	必要最低使用時間
タイプライタ端末	F 1512	70 万円	32 万円	255 万円	15.34 時間/月
	F 1513	90	32	305	18.35
	I 2741	155.6	32	469	28.22
	D 1620	160	32	480	28.89
ディスプレイ端末	F 9520	350	78	10.70	64.38
グラフィック端末	T 4006	169	78	6.18	37.18
	T 4014	570.3	78	16.21	97.53



$$\frac{x}{40 \text{ か月} \times y \text{ 時間} / \text{月}} = z^* = 1.662 \text{ 円}$$

$$y = \frac{x}{66,480} \text{ 時間}$$

### 2.3.6 TSS端末の配置について

筆者らの計算センタでは、ユーザからTSS端末設置、増設の要望が出されたとき、要求のあった課室または建屋の計算機ユーザ数、バッチ・ジョブ投入量、TSSユーザ数、TSS端末使用時間などを参考にして端末配置を考えている。Table 2.1 は端末使用時間によるひとつの判断材料となる。ここでは、平均的TSSユーザが何人いると各端末の費用が回収できるかを検討する。

データは原研計算センタのものを使う。昭和53年4月～12月の各四半期におけるTSS利用者は264人、297人、277人であり、全端末使用時間はそれぞれ7,103時間、7,809時間、8,312時間である。これらのデータより、1人1か月間の平均端末使用時間は、

$$\frac{7,103 + 7,809 + 8,312}{(264 + 297 + 277) \times 3 \text{ か月}} \approx 9.2 \text{ 時間}$$

となる。したがって、Table 2.1の必要最低使用時間より各端末の設置には最低つぎの人数を必要とする。

F 1512	:	15.34 ÷ 9.2	⇒	1.7 人
F 1513	:	18.35 ÷ 9.2	⇒	2.0 人
I 2741	:	28.22 ÷ 9.2	⇒	3.1 人
D 1620	:	28.89 ÷ 9.2	⇒	3.1 人
F 9520	:	64.38 ÷ 9.2	⇒	7.0 人
T 4006	:	37.18 ÷ 9.2	⇒	4.0 人
T 4014	:	97.53 ÷ 9.2	⇒	10.6 人

タイプライタ端末F 1512は17人に1台の割合で配置できる。

## 2.4 グラフィック端末の費用効果

### 2.4.1 概要

T4006, T4014 端末はグラフィック端末である。このグラフィック端末をプログラム編集用のみに使うと、T4014で月97時間以上使用しなければ端末費を回収できない。この節では、図形処理をバッチ処理で行った場合とTSS処理で行った場合の作業時間、費用を比較し、グラフィック端末の費用効果を計算する。

作図10回、20枚の図形出力(2枚/1回)で図形処理プログラムが完成すると仮定する。図形処理以外のプログラム修正は終わっているとす。図形処理部分のプログラム修正作業についてバッチ処理とTSS処理を比較する。バッチ処理での図形出力はCOM装置を使う。

## 2.4.2 作業時間の評価

作業時間の評価には 2.3.2 で示したデータの他に以下のものを使う。

〔基礎データ〕

- (14) バッチ処理の場合、図形出力のジョブ回転時間は半日（1日2回）である。
- (15) TSS処理の場合、10回の図形処理プログラムの修正を2日で行う。
- (16) プログラム修正行数は4行/回とする。
- (17) 図形出力待ちによるユーザの仕事遅れ損失時間は、出力1回あたり1時間とする。
- (18) 端末への図形出力は1回2分とする。

プログラム完成までの図形処理作業にかかる時間は次のようになる。

〔バッチ処理の場合の作業時間〕

翻訳、結合、実行時間	10回 × 8分 = 80分	
カード修正	40回 × 2分 = 80分	
カード入力	10回 × 2分 = 20分	
計算センタへの移動	10回 × 2 × 5分 = 100分	
図形出力待ちによる仕事遅れ損失時間	9回 × 60分 = 540分	小計 820分
思考時間	10回 × 10分 = 100分	合計 920分

〔TSS処理の場合の作業時間〕

端末での翻訳、結合、実行	10回 × 2分 = 20分	
端末への図形出力	20回 × 2分 = 40分	
端末修正	40回 × 1分 = 40分	
端末への移動	2回 × 2 × 1分 = 4分	小計 104分
思考時間	10回 × 10分 = 100分	合計 204分

グラフィック端末での作業時間は、 $20 + 40 + 40 + 100 = 200$ 分。端末使用時間は端末作業時間の1.2倍を仮定しているから、 $200 \times 1.2 = 240$ 分 = 4時間となる。

グラフィック端末使用時間 = 4時間
--------------------

## 2.4.3 作業費用の評価

バッチ処理、TSS処理のそれぞれで行ったときの総費用を求める。2.3.3で述べた費用項目について算出する。

## ① 人件費

(i) バッチ処理の人件費  $820 \text{分} \times 50 \text{円/分} = 41,000 \text{円}$

(ii) TSS処理の人件費  $104 \text{分} \times 50 \text{円/分} = 5,200 \text{円}$

## ② CPU機会損失費

(ii) TSS処理のCPU機会損失費  $4 \text{時間} \times 1.467 \text{円/時間} = 5.868 \text{円}$

## ③ 端末使用費

端末使用費  $z$  は、前節で示した端末使用の利益  $z^* = 1.662 \text{円/時間}$  との損益分岐点を使う。すなわち  $z = 1.662 \text{円/時間}$  とする。

(ii) TSS処理の端末使用費  $4 \text{ 時間} \times 1.662 \text{ 円/時間} = 6.648 \text{ 円}$

④ 入出力費

(i) バッチ処理の入出力費

{	カード穿孔量 (修正用)	40 枚
{	カード穿孔ミス率 ( " )	50 %
{	カード穿孔量 (カード代, 穿孔装置費)	5 円/枚

$$40 \times 1.5 \times 5 = 300 \text{ 円}$$

{	カード読取り量	400 枚
{	カード読取り回数	10 回
{	カード読取り費	0.8 円/枚

$$400 \times 10 \times 0.8 = 3,200 \text{ 円}$$

{	ライン・プリンタ出力量	20 ページ/回
{	出力回数	10 回
{	ライン・プリンタ出力費	20 円/ページ

$$20 \times 10 \times 20 = 4,000 \text{ 円}$$

{	コム出力量	20 枚
{	コム出力費	300 円/枚

$$20 \times 300 = 6,000 \text{ 円}$$

$$\text{合計 } 300 + 3,200 + 4,000 + 6,000 = 13,500 \text{ 円}$$

(ii) TSS処理の入出力費

{	ハード・コピー出力量	20 枚
{	ハード・コピー出力費	40 円/枚

$$20 \times 40 = 800 \text{ 円}$$

{	ファイル使用量	100 KB・週
{	ファイル使用費	0.75 円/KB・週

$$100 \times 0.75 = 75 \text{ 円}$$

$$\text{合計 } 800 + 75 = 875 \text{ 円}$$

⑤ TSS利用によるバッチ・ユーザの仕事遅れ損失費

(ii) TSS処理によるバッチ・ユーザの仕事遅れ損失費  $4 \text{ 時間} \times 1.250 \text{ 円/時間} = 5,000 \text{ 円}$

2.4.4 総合評価

ここで対象とした図形処理プログラムの修正をバッチ処理で行った場合とTSS処理で行った場合にかかる総費用は以下のようなになる。ただし、バッチ処理、TSS処理ともにかかる費用 (CPU 使用費など) は除く。

(i) バッチ処理の場合

人件費	41,000 円
入出力費	13,500 円

合計 54,500 円

## (ii) TSS処理の場合

人件費	5,200 円
CPU機会損失費	5,868 円
端末使用費	6,648 円
入出力費	875 円
バッチ・ユーザ仕事遅れ損失費	5,000 円

合計 23,591 円

故に、図形処理 10 回、20 枚あたりの TSS 処理の利益は、

$$54,500 - 23,591 = 30,909 \text{ 円}$$

となる。これは、図形処理 1 回あたり 3,091 円の利益、図形出力 1 枚あたり 1,545 円の利益となる。

## 2.4.5 グラフィック端末導入の損益分岐点

この節では、グラフィック端末で図形処理を行うときのバッチ処理に対する利益について算出し、以下の結果を得た。

端末による図形処理作業の利益 = 3,091 円 / 実行回数
---------------------------------

実行回数とは、図形処理プログラムの実行回数であり、ここで述べたケースでは 1 実行あたり 2 枚の図形出力が行われる。このグラフィック端末による図形処理の利益は、TSS 端末使用利益 1,662 円 / 時間に換算すると、約 1.86 時間の端末使用に相当する。故にグラフィック端末は、

$$(\text{グラフィック端末使用時間}) + (\text{図形処理プログラム実行回数}) \times 1.86 \text{ 時間} \geq (\text{Table 2.1 の必要最低使用時間})$$

となればよい。

## 2.5 結果の適用

TSS 端末、グラフィック端末の研究所内への配置に、ここで示した結果を参考にしている。

### 3. 端末応答時間の悪化に対する原因調査

(昭和54年3月)

#### 3.1 目的

昭和54年2月にTSSの応答時間が極度に悪化し、同時に一緒に処理しているバッチ・ジョブのスループットも極端に悪くなった。ここでは端末応答時間悪化の原因調査と解決策を検討する。

#### 3.2 背景

原研計算センタではFACOM 230-75, 2システム(各システム2CPU, 1MW=100万語)を運転している。システムAは昼間, TSS処理(接続端末約50台, 平均稼動端末約25台)とバッチ処理(クローズとリモートのジョブ, 実行多重度5)を行っている。

昭和53年末よりTSS端末の応答時間が若干悪くなり, 昭和54年2月にはユーザから苦情が出るほど応答時間が悪くなった。同時に一緒に処理しているバッチ・ジョブのスループットも極端に悪くなった。

#### 3.3 端末応答時間の悪化に対する原因調査

##### 3.3.1 調査過程

筆者らは経験的に, FACOM 230-75で端末応答時間が悪くなるのは, TSS端末からCPUを2~3分以上使用するRUNコマンドの投入が多くなる時に起こることを知っている。このため34に示すCPU使用状況調査を先に行った。そして, TSS端末からCPUを2分以上(上限は10分)使用しているユーザが増えているのを確認した。

しかし, TSSのCPU使用時間の増加のみにしては端末応答時間の遅れは異常であった。そこで, TSSのCPU使用時間の増加以外の原因調査も並行して行った。

ここでは, 筆者らが毎月収集していた端末応答時間の統計より, この原因調査が円滑にいった例を示す。

##### 3.3.2 端末応答時間の推移

TSS端末の応答時間は, FACOM 230-75 CPS (Conversational Programming System) のATTACH コマンド(既に作成済のファイルを使用可能状態にするだけの即時処理コマンド, 全コマンド中約10%の使用回数を占める<sup>[6]</sup>)で代表させて, 毎月データを会計情報のコマンドログから収集している。Table 3.1にATTACH コマンドの応答時間を示す。この中でPEAK時応答とは, 計算機がよく使用される10時~12時, 14時~16時に入力されたコマンドの応答時間を意味する。平常時はその他の時間帯である。

Table 3.1 Average Response Time of ATTACH Command.

年 月	ATTACH コマンド		セッション 時 間	TSSのCPU 使用時間	入 力 コマンド数	#A, #B 総CPU使用時間
	PEAK時応答	平常時応答				
54.02	2.45 秒	2.15 秒	1.683 万秒	72.841 秒	24 万回	376 万秒
54.01	2.14	1.93	1.275	31.170	18	301
53.12	2.09	1.77	1.186	34.310	19	333
53.11	2.12	2.04	1.278	45.961	20	354
53.10	1.27	1.12	1.246	45.227	20	360
53.09	1.40	1.22	1.227	40.262	19	350
53.08	1.44	1.30	1.201	33.831	18	357
53.07	1.71	1.40	1.163	42.784	15	348
53.06	1.56	1.29	1.097	99.176	16	348
53.05	1.47	1.22	1.075	58.527	14	365
53.04	1.62	1.37	1.088	50.580	16	320
53.11.01(水)	1.36	1.23	53	2.351	0.88	} SE作業
11.02(木)	1.28	0.94	35	3.763	0.85	
11.04(土)	3.02	2.35	3	34	0.11	
11.05(日)	3.99	2.18	12	97	0.21	
11.06(月)	1.99	1.79	54	8.031	0.90	
11.07(火)	1.82	1.61	60	4.493	0.90	
11.08(水)	2.43	1.89	65	2.733	1.17	

## 3.3.3 端末応答時間悪化の原因調査

Table 3.1 より明らかなように昭和53年11月4日から端末の応答時間が遅くなっている。これは11月4日、5日に行ったシステム編集、修正作業に原因があると思われる。

そこで、この日に行った作業を分析し、以下の端末応答時間悪化の原因を発見した。

〔端末応答時間悪化の原因（11月4、5日の作業分）〕

- ① CPSのコマンド処理ルーチン（非常駐の実行形式プログラム）のブロック・サイズ（BS）を従来2400バイトにしていたのをこの日のレベルアップ作業でBS=510バイトの標準値そのままを使用した。
- ② 従来、主記憶に常駐させていたコマンド・チェック・ルーチンを非常駐にし、必要なときに主記憶にロードして一時常駐化させる機能を用いた。

しかし、調べてみると一時常駐化で当初予測した機能がほとんど役に立っていなかった。

〔端末応答時間悪化の原因（その他の調査による分）〕

- ③ CPSのFORTRANコンパイラの作業領域を小さくしているはずであったが、小さくする作業を指示していなかった。
- ④ CPSの端末出力（例、LIST）は、1行1ブロックで出力していて効率が悪い。
- ⑤ TSSでCPUを多く使うバッチ・タイプのジョブが多く実行されていた。

### 3.3.4 BTMモデル<sup>[7]</sup>による端末応答時間悪化の説明

TSSでのCPU時間を多く使うジョブの実行が端末応答時間に与える影響は、筆者らの行ったBTMモデルによるTSS処理の応答時間解析<sup>[4]</sup>から説明できる。

一例として昭和54年2月22日の状況を解析する。この日は、13時30分から16時30分の3時間にCPUを120秒以上使うTSSジョブが5本（平均CPU使用時間210秒、平均主記憶使用量150kW）実行されている。このときのBTMモデルによる端末応答時間の理論値をFig. 3.1に実線で示す。端末応答時間は、前述のATTACHコマンドのみでなくプログラム編集用コマンド全体の平均応答時間である。この状況から上記の5本のジョブをとり除いた時の端末応答時間をFig. 3.1に破線で示す。実動端末台数が25台のときは、この5本のジョブをとり除くと平均応答時間が7.5秒から3.5秒に速くなる。

### 3.3.5 応答時間悪化原因に対する処置

3.3.3で述べた①～⑤の応答時間悪化原因に対して以下の処置をとった。

- ① ブロック・サイズをBS = 2800バイトと大きくした。これによりロールアウト、ロールインの時間が速くなる。
- ② コマンド・チェック・ルーチンはもとどおり常駐化した。
- ③ FORTRAN コンパイラの作業領域を小さくした。
- ④ 端末出力は10行を1ブロックにした。これにより、ロールイン、ロールアウトのオーバーヘッドが減少する。
- ⑤ 端末ジョブでのCPU使用時間の上限を従来の10分から5分に制限した。また、CPSで大きなジョブ（CPU時間2分以上、主記憶170kW以上、端末出力1000回以上使用のいずれか）を頻繁に実行しているユーザを調査して、これらのジョブでバッチ処理にできるものはバッチ処理で行ってもらうようお願いした。

## 3.4 端末応答時間の改善

①のブロック・サイズ（BS）の変更によるATTACHコマンドの応答時間の改善をTable 3.2に示す。

このブロック・サイズの変更によってATTACHコマンドの応答時間は0.5秒以上改善された。このことから、この評価後しばらくして①のコマンド処理ルーチンを非常駐から主記憶に常駐させた。

①～⑤の改善策により、昭和54年4月以降の端末応答時間はもとどおり速くなった。

この原因調査において、もしTable 3.1の端末応答時間に関する統計を筆者らが取っていないならば、応答時間悪化の原因①②（11月4、5日の作業分）はわからなかったかもしれない。わかったとしても調査にかなりの作業、日数がかかったと思われる。これは、統計データ収集の地道な活動が性能評価に結びついた一例であると言える。

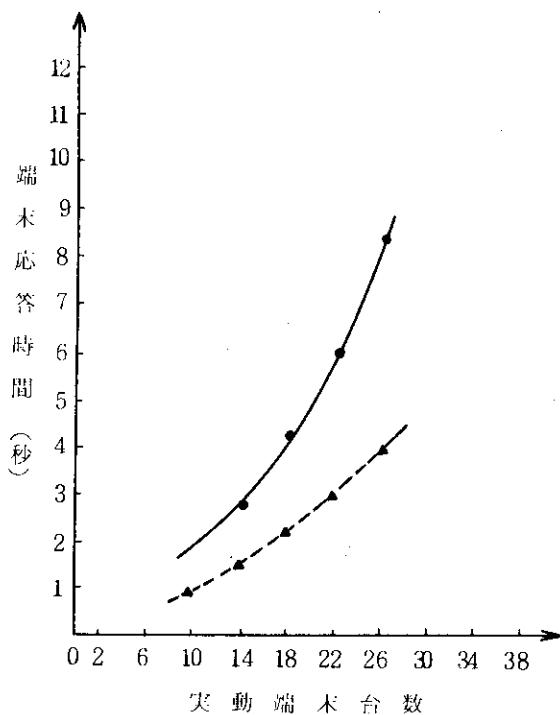


Fig. 3.1 Terminal Response by BTM Model.

Table 3.2 Improvement of Response Time by Change of Block Size.

	月日	曜日	ピーク時		平常時		1日平均	
			コマンド数	応答時間	コマンド数	応答時間	コマンド数	応答時間
改良前 (BS 510 バイト)	3/26	月	521	1.783 <sup>秒</sup>	582	1.658 <sup>秒</sup>	1,103	1.717 <sup>秒</sup>
	27	火	797	2.319	487	2.165	1,284	2.261
	28	水	471	2.087	476	1.776	947	1.931
	29	木	650	2.344	936	1.829	1,586	2.036
	30	金	646	1.996	1,134	1.799	1,780	1.858
		平均		617	2.129	723	1.830	1,340
改良後 (BS 2800 バイト)	4/2	月	941	1.064	567	1.103	1,508	1.079
	3	火	845	1.355	780	1.179	1,625	1.271
	4	水	635	1.436	834	1.500	1,469	1.472
	5	木	—	—	—	—	—	—
	6	金	511	1.546	697	1.443	1,208	1.487
		平均		733	1.218	720	1.321	1,453



## 4. バッチ処理のスループット悪化に対する原因調査

(昭和54年3月)

### 4.1 目的

昭和54年2月後半から3月にかけて、バッチ処理のスループットが極端に悪くなり、システムAにおいて中クラス・ジョブの回転時間が5時間以上もかかるという異常な状況が発生した。この原因調査と解決策を検討する。

### 4.2 ジョブ処理が悪化したときの状況

ジョブの回転時間が悪化したシステムAの昭和54年2月第4週(19日~23日)の状況を示す。システムAではTSS処理(稼動端末約25台)とクローズ、リモートのバッチ処理(実動多重度5)を行っている。

Fig. 4.1 にジョブ・クラス別実行待ち時間を示す。ジョブ・クラスAとMは、ユーザの指定した使用CPU時間、使用メモリ量から計算機システムがTable 4.1にしたがって決定する。

Fig. 4.1 から明らかなように、火曜から金曜にかけてMクラスのジョブの実行待ち時間が2万秒(約5.5時間)を超えている。通常のMクラスのジョブ回転時間は30分~2時間程度である。この実行待ちの状態を次に示す。

Table 4.2 に2月22日の13時から17時までの実行待ち状態を示す。バッチの実行多重度は5である。Table 4.2 のスタック完了の欄は、実行待ちのジョブの数である。HOLD中の欄は、オペレータ・コマンドでHOLDされたジョブの数である。これは、例えば同一磁気テープを使うジョブが数个実行待ちになった場合、最初に入力されたジョブ以外がHOLDされることなどによるものである。プリスタック欄は、ジョブ文の解釈を待つジョブで入力されてまだ実行待ちにつながれていないジョブの数である。出力中の欄は、リモート・バッチの出力で端末出力待ちジョブの数も含む。ユーザ側から見た実行待ちのジョブ数は、プリスタック个数+スタック完了个数+HOLD中个数である。

Table 4.2 を見ると、単位時間あたりのジョブ処理量がジョブの入力量より少く、実行待ちが少しずつ増えていくのがわかる。プリスタックのジョブ数が増えているのは、スタック完了、HOLD中、出力待、出力中のジョブが入るファイルが一杯となり、これらのジョブの1つが計算機システムから出ないかぎり、次のプリスタックのジョブがスタックされない状態になっているからである。このため、小ジョブの回転時間も悪くなった。

### 4.3 原因調査

#### 4.3.1 調査方法

バッチ処理のスループットと端末応答時間が極端に悪くなった2月19日~23日について、原

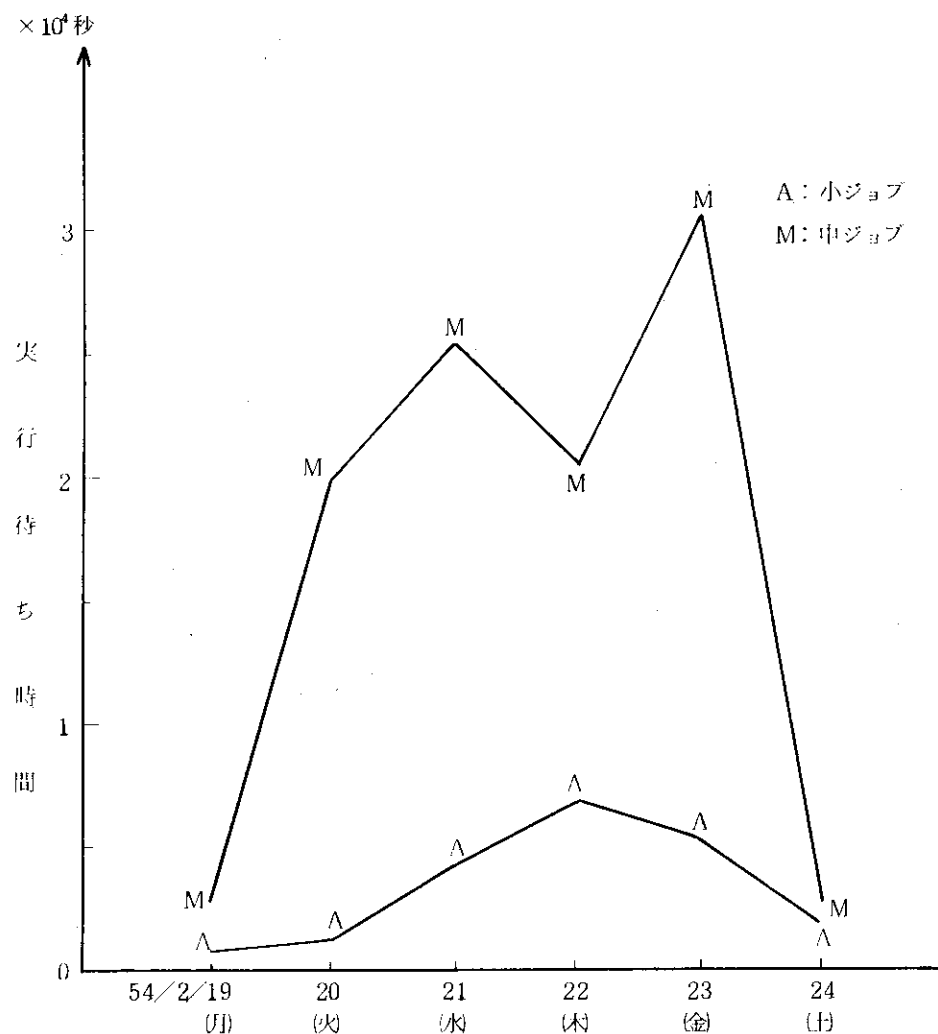


Fig. 4.1 Average Waiting Time for Job Execution of Each Job Class.

Table 4.1 Job Class A, M.

→ 使用メモリ量

↓ 使用CPU時間

T \ C	C.0(32kW)	C.1(64k)	C.2(128k)	C.3(192k)	C.4(256k)
T. 0(10 秒)	A	A	A	A	A
T. 1(20 秒)	A	A	A	A	A
T. 2( 1分)	A	A	A	A	M
T. 3( 2分)	A	A	A	A	M
T. 4( 5分)	A	A	A	M	M
T. 5(15分)	A	A	M	M	M
T. 6(30分)	M	M	M	M	M

Table 4.2 Status of Job Queue.

54/2/22 (木)

時刻	プリスタック	スタック完了	HOLD中	出力待	出力中
13 : 00 : 53	2	55	10	0	11
13 : 11 : 13	2	54	10	0	11
13 : 14 : 50	2	54	6	0	15
13 : 44 : 03	6	55	10	2	17
14 : 07 : 20	9	64	9	0	15
14 : 14 : 18	4	63	9	0	16
14 : 24 : 04	5	64	9	0	12
15 : 01 : 57	5	64	9	1	13
15 : 14 : 15	7	65	10	2	14
15 : 23 : 03	5	65	10	2	12
15 : 26 : 24	5	63	11	1	13
15 : 53 : 27	18	71	12	0	12
16 : 13 : 22	21	66	14	1	11
16 : 33 : 09	23	61	14	0	13
16 : 47 : 55	30	58	14	0	14
16 : 53 : 10	29	57	14	0	16
17 : 00 : 44	28	60	15	0	13

因を調べた。データの収集は、会計情報とPANSY（富士通提供のF230-75性能評価データ収集用ソフトウェア）の出力から行った。

会計情報からのデータは、任意の時間帯について作成されているが、これは次のようにして得た近似データである。例えば、13時30分から16時30分間にユーザが使用したCPU時間は、この時間帯に実行開始から実行終了までの実行時間が一部でもひっかかったジョブを抽出し、各ジョブの使用したCPU時間に実行時間がこの時間帯に入っている割合を乗じた値の総和を取ったものである。

#### 4.3.2 計算機使用データ

Table 4.3 に会計情報より収集した昭和54年2月19日～23日の13時30分から16時30分のユーザ側の計算機使用量を示す。

Table 4.4 に2月22日、23日のPANSYより収集したデータを示す。この中でアイドル時間は、PANSYで収集したCPUがアイドル状態にあった回数から算出している。1アイドル時間は240  $\mu$ sと推定されているが、アイドル時間が筆者らの予想より大きいので1アイドル時間190  $\mu$ sにしたときのデータも載せた。

Table 4.3 Computer Use of Users from Accounting Information.

(データ収集：昭和54年2月，13時30分～16時30分，システムA = 2CPU)

項目	日	19 月	20 火	21 水	22 木	23 金
ジョブ処理件数		201	256	239	301	242
{ BATCH		{ 96	{ 104	{ 94	{ 134	{ 80
{ CPS (TSS)		{ 105	{ 152	{ 145	{ 167	{ 162
CPU使用時間		6,171	6,654	4,813	5,204	8,361
{ BATCH		{ 4,758	{ 5,636	{ 3,331	{ 3,742	{ 6,211
{ CPS (TSS)		{ 1,413	{ 1,018	{ 1,482	{ 1,462	{ 2,150
主記憶滞在時間 (秒)						
{ BATCH		21,790	30,975	26,100	27,722	33,709
{ CPS (TSS)		16,744	40,484	33,913	36,988	37,007
平均主記憶使用量 (kW)						
{ BATCH		{ 71kW	{ 75kW	{ 64kW	{ 69kW	{ 67kW
{ CPS (TSS)		{ 58kW	{ 60kW	{ 62kW	{ 56kW	{ 55kW
ロールアウト回数 (BATCH)		298回	1,551回	1,703回	1,125回	1,632回
率 (BATCH)		62%	86%	91%	71%	90%
READ/WRITE回数						
{ BATCH		{ 270,172	{ 259,973	{ 246,831	{ 221,816	{ 175,287
{ CPS (TSS)		{ 28,769	{ 71,890	{ 79,410	{ 75,459	{ 67,290
チャンネル使用時間 (秒)						
{ BATCH		{ 5,641	{ 8,042	{ 7,606	{ 8,162	{ 6,426
{ CPS (TSS)		{ 16	{ 53	{ 42	{ 46	{ 39
ユーザ側のCPU使用率		28.57%	30.81%	22.28%	24.09%	38.71%

Table 4.4 PANSY Data.

(昭和54年2月)

項目	時間帯	9:30～17:30の8時間平均		13:30～16:30の3時間平均	
		22日 (木)	23日 (金)	22日 (木)	23日 (金)
(I) idle = 240 $\mu$ s としたとき					
ユーザ側CPU使用率		25.8%	33.8%	24.1%	38.7%
OSのCPU使用率		41.7%	37.3%	44.3%	35.3%
アイドル		32.5%	28.9%	31.6%	26.0%
(II) idle = 190 $\mu$ s としたとき					
ユーザ側CPU使用率		25.8%	33.8%	24.1%	38.7%
OSのCPU使用率		48.5%	43.3%	50.9%	40.7%
アイドル		25.7%	22.9%	25.0%	20.6%

Table 4.5 に昭和53年10月～昭和54年2月の計算機使用データを示す。Table 4.5 のシステムA (#A) のCPU稼働率がTable 4.3 のCPU稼働率より高いのは、Table 4.3 は昼間のTSS処理を行っているときのデータであり、Table 4.5 は夜間のバッチ処理のみを行っているときのデータも加わっているからである。

Table 4.5 Monthly Data of Computer Use.

(単位:時間)

項目 \ 月	S54年2月	S54年1月	S53年12月	S53年11月	S53年10月	S53年2月
稼働時間	975H	838H	889H	1,006H	1,101H	987H
{ #A	{ 509	{ 426	{ 449	{ 513	{ 553	{ 496
{ #B	{ 466	{ 412	{ 440	{ 493	{ 548	{ 492
ユーザ用稼働時間	890H	762H	792H	847H	893H	871H
{ #A	{ 452	{ 387	{ 401	{ 431	{ 452	{ 431
{ #B	{ 438	{ 375	{ 391	{ 415	{ 441	{ 439
ジョブ処理件数	37,798	31,454	30,603	34,471	34,617	30,038
{ #A	{ 20,308	{ 16,618	{ 16,229	{ 18,798	{ 18,557	{ 15,336
{ #B	{ 17,490	{ 14,836	{ 14,374	{ 15,673	{ 16,060	{ 14,702
CPU 使用時間	1,044H	836H	924H	985H	1,003H	1,034H
{ #A	{ 446	{ 354	{ 407	{ 449	{ 471	{ 489
{ #B	{ 598	{ 481	{ 518	{ 536	{ 532	{ 546
対ユーザ時間 CPU稼働率	59%	55%	58%	58%	56%	59%
{ #A	{ 49%	{ 46%	{ 51%	{ 52%	{ 52%	{ 57%
{ #B	{ 68%	{ 64%	{ 66%	{ 65%	{ 60%	{ 62%
対稼働時間 CPU稼働率	54%	50%	52%	49%	46%	52%
{ #A	{ 44%	{ 42%	{ 45%	{ 44%	{ 43%	{ 49%
{ #B	{ 64%	{ 58%	{ 59%	{ 54%	{ 49%	{ 55%

#### 4.3.3 スループット悪化の原因分析

Table 4.3, Table 4.4より明らかなようにスループット悪化の1次要因は、

- ① ユーザ・ジョブがあまりCPUを使っていない(全体の約30%)、
- ② CPUがアイドル状態になっているときがかなりある(全体の約30%)、
- ③ OSがCPUを多く使っている(全体の約40%)

ことである。

①～③は全体としてひとつの事柄であるが、原因分析のため分けて検討する。

①②から判断すると、調査時間帯に計算機で実行されたジョブはCPU使用時間の短い、比較的ファイル入出力の多いものが多かったと思われる。

そこで、2月22日木の13時30分から16時30分の間に処理された各バッチ・ジョブについて、

使用したCPU時間を調査した。CPU使用時間の大きいものから並べると、661秒、660秒、494秒、169秒、161秒、115秒、111秒、70秒、70秒、69秒、60秒、60秒であった。これを見るとCPU使用時間が1分以上のジョブは、3時間に12件しか処理されていない。残り100件以上の処理されたジョブは、CPU使用時間が1分未満の小ジョブである。一方、これらのジョブのファイル入出力回数（IO回数）を調べると1ジョブ平均1.655回と少くない。TSSジョブのCPU使用は、バッチ・ジョブのCPU使用時間に比べるとあまり多くない。

以上のことより、この3時間の間に計算機の実行多重度に入って処理されていったジョブは、CPU使用の少ない、ファイル入出力が相対的に多いバッチ・ジョブとTSSジョブばかりであったことがわかる。この状況においては、実行中のジョブはファイル入出力で待ち状態となっているか、ロールアウトされているかのどちらかの状態になっているときが多く、CPUは空いているときが多い。

これは、FACOM 230-75では実行多重度に入れて処理するジョブの選択につかうジョブ優先権の計算にファイル入出力回数を考慮に入れていないため、CPU使用時間の多いジョブのジョブ優先権が低くなり、CPU使用時間の少ない、ファイル入出力回数の多いジョブばかりが優先的に実行多重度に入るために起る。この問題を解決するためには、実行中のジョブがすべてファイル入出力ばかりを行ったり、逆にCPU使用ばかりを行ったりしないように、実行多重度に入れるジョブの選択にはファイル入出力の相対的に多いジョブとCPU使用の相対的に多いジョブの混合を行わねばならない。

(原因1) 実行多重度に入れるバッチ・ジョブの選択に問題がある。

次に③のOSのオーバーヘッドの大きい原因を調べた。通常のOSのCPU使用率は、この時間帯で25~30%程度である。Table 4.4のOSのCPU使用率はこれより約10%以上高い。この原因として以下の要因を筆者らは考えた。

- (i) ジョブ処理量の増加によるオーバーヘッドの増加。
- (ii) ロールイン、ロールアウトの増加によるスラッシング状態で使われるOSのオーバーヘッド。

(ii) その他の要因。

(i)の分析において、富士通のシステム・エンジニア（SE）より、単位時間あたりのサービス・モジュール処理個数及びロード回数の調査から

(イ) ロード回数の増加のため、OSのCPU使用が約2%増加。

(ロ) 原因調査のためのPANSYデータ収集用モジュールの処理により、OSのCPU使用が約1.3%増加。

(ハ) 通信関係及びメモリ関係モジュールの処理増加のため、OSのCPU使用が約3.8%増加していることが報告された。この大きな原因としては、TSSジョブでCPUを多く使うRUNコマンド使用の増加があげられる。この増加を昭和54年1月11日、19日の通常時データと比較して見ると、Table 4.6のようになる。ここでCPSのRUNは、RUNコマンドでCPU使用時間+IO使用時間が1秒以上のものである。明らかにTSSの利用が増加している。

(原因2) ジョブ処理量が増加した。特にTSSジョブの投入が増えている。

Table 4.6 Increase of TSS (CPS) Processing

昭和54年	CPS テキスト 処理の CPU 使用時間	CPS RUN小 処理の CPU 使用時間	CPS RUN大 処理の CPU 使用時間	CPS CPU 使用時間 総計
1月11, 19日の 1時間当り平均	2 6.3 秒	4 3.1 秒	3 4 2.5 秒	4 1 1.9 秒
2月22, 23日の 1時間当り平均	3 6.6	5 4.8	7 6 8.0	8 5 9.4

昭和54年	CPS テキスト 処理の I O 使用時間	CPSRUN 小 処理の I O 使用時間	CPSRUN 大 処理の I O 使用時間	CPS 処理 I O 使用時間 総計
1月11, 19日の 1時間当り平均	2 5 3 秒	2 4 9 秒	2 3 4 6 秒	2 8 4 8 秒
2月22, 23日の 1時間当り平均	3 7 8	2 5 6	3 1 7 0	3 8 0 4

(ii)に関しては、Table 4.3 より2月22日について、

バッチ・ジョブのロールアウト回数 375回/時間  
 バッチ・ジョブの平均主記憶滞在数 2.55ジョブ  
 TSSジョブの平均主記憶滞在数 3.42ジョブ

のデータが得られる。システムAは、バッチの実行多重度5である。このデータからはロールイン、ロールアウトの頻発は読取れない。しかし、ロールアウト・ファイルの使用率やロールイン、ロールアウト動作の詳細調査より、OSがロールアウト中のバッチ・ジョブを主記憶にロールインするとき、そのジョブの入る空間があるか否かのチェックをしないでロールインを開始し、そのジョブが主記憶に入りきれないと再びロールアウトを行っていることがわかった。

(原因) ムダなロールイン、ロールアウトが行われている。

(iii)のその他のオーバーヘッド増加要因を調査している中で、計算機ダウンの障害原因調査のためOSに付加していた“アミDALT”によるオーバーヘッドが大きいことがわかった。この時期に“アミDALT”が10本程度付加されていた。この中でSYSNETというアミが特にオーバーヘッドとして大きかった。

(原因) 障害原因調査用の“アミDALT”によるオーバーヘッドが大きい。

#### 4.3.4 BTMモデル<sup>[7]</sup>によるスループット悪化の説明

ここでは、TSSでのCPU時間を多く使うジョブの実行がバッチ処理のスループットに与える影響を筆者らが〔4〕に示したBTMモデルを使って解析する。

昭和54年2月22日の13時30分から16時30分の3時間にCPU 120秒以上使うTSSジョブが5本（平均CPU使用時間210秒，平均主記憶使用量150kW）実行されている。BTMモデルにこのときのデータを入力すると，バッチ・ジョブが使用可能なCPU時間比率は，Fig. 4.2の実線で表わされる。この状況から上記の5本のTSSジョブをとり除くとバッチ・ジョブが使用可能なCPU時間比率は，Fig. 4.2の破線で表わすように増加する。

稼働端末台数が25台のとき，バッチ・ジョブのCPU使用可能な時間比率は，BTMモデルの理論値で約35%である。TSSのCPU使用の多い5本のジョブをとり除くと，破線と実線の差だけバッチ・ジョブの使用可能なCPU時間比率が増える。

#### 4.3.5 スループット悪化原因に対する処置

（原因1）については，FACOM 230-75では効果的な対策をとることはできなかった。昭和55年に導入したM200新計算機では，このことを教訓としてファイル・アクセス回数（IO回数）をジョブ処理優先権の算出項目に入れて，実行多重度に入れるジョブ選択方法を改善した。

（原因2）については，TSSジョブのCPU使用時間の上限を従来の10分から5分に制限した。また，TSSで主記憶を170kW以上使うジョブはできるだけバッチで処理するようユーザに指導した。

（原因3）については，ロールアウト中のバッチ・ジョブをロールインする場合は，あらかじめそのジョブが入るだけの空間が主記憶上に存在しているかどうかをチェックしてから行うようにした。

（原因4）については，オーバーヘッドの大きいSYSNETのような“アミDALT”は特別の事情のない限り使用しないことにした。オーバーヘッドがほとんど無視できる“アミDALT”については，継続して使用することを許可した。

#### 4.4 その後の状況

前節に示した処置によって，昭和54年4月以降スループット悪化は生じていない。



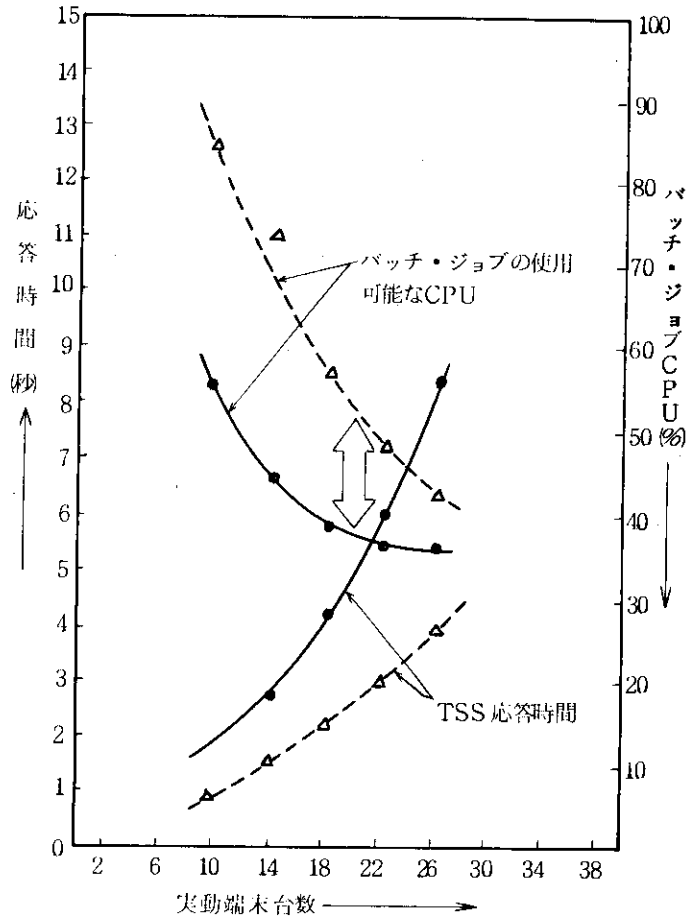


Fig. 4.2 Usable CPU Time for Batch Job.

## 5. 計算機利用の潜在需要調査

(昭和54年4月)

### 5.1 目的

計算機需要に関するアンケート調査において、1年後2.1倍、3年後4.0倍、5年後6.5倍のCPU需要が見込まれた<sup>(13)</sup>。1年後2.1倍というアンケート調査がユーザの意見を反映しているとする、現時点においてかなりの潜在需要が存在しているとみられる。そこで、潜在需要の推定を行った。過去の計算機利用実績とアンケート調査による需要予測をFig. 5.1に示す。この図は原研計算センタの石黒美佐子氏が文献〔13〕で作成されたものを引用している。

### 5.2 潜在需要の推定方法

#### 5.2.1 着眼点

昭和52年度、53年度のCPU使用時間はそれぞれ約9000時間、約11500時間である。一方、FACOM 230-75のCPU利用時間の上限は13000時間（22日/月×22H/月×12ヶ月×4CPU×0.56、0.56はユーザ側CPU利用率）程度と考えられる。昭和53年度後半には現在の計算機の稼働限界に近づいており、計算機負荷の増大により、ジョブの回転時間が極端に悪くなった。このため、ユーザはジョブ待ちの状態が増え、思うように計算機が利用できなくなっている。そこで、計算機を使いたいと思うように使えないために、利用できなかった計算需要がどれくらいあるかを調べた。

#### 5.2.2 考え方

ユーザの計算機利用（ジョブの回転時間）はFig. 5.2のように考えられる。いま、計算機が無限に存在し、Fig. 5.2のジョブ回転時間中の待ち時間（ $\sim\sim\sim$ 部分）がなくなると仮定する。すなわち、ジョブを投入するとすぐ実行が始まり、実行中も待ちがなくなるとする。このように考えると1ジョブサイクルがFig. 5.3のように短くなる。

このとき、待ちのない場合の時間Tにおけるジョブ投入件数は、待ちのある場合に比べて、

$$\frac{t_1 + t_2 + t_3}{t_2 + t_3} \text{ 倍} \quad (5.1)$$

となる。1ジョブのCPU使用時間は同じと仮定すると、総CPU使用時間も $(t_1 + t_2 + t_3) / (t_2 + t_3)$ 倍となる。この増分倍率

$$\frac{t_1 + t_2 + t_3}{t_2 + t_3} - 1 = \frac{t_1}{t_2 + t_3} \quad (5.2)$$

を潜在需要とここでは考える。

ただし、ジョブ処理に関する待ち時間は、昼間に投入されたジョブについてのみ考慮する。夜間ジョブの待ち除去による計算機利用の増加はないものとする。

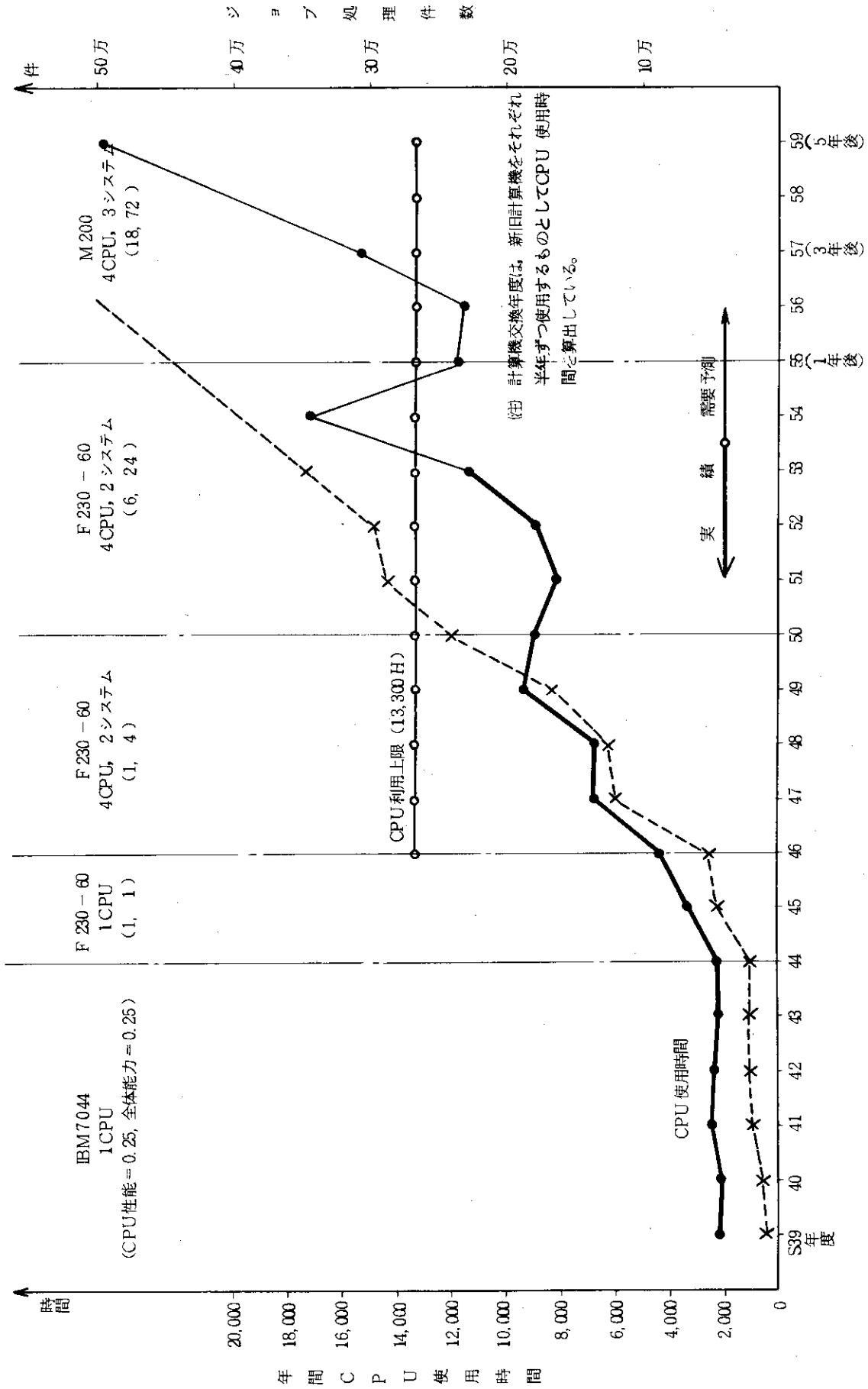


Fig. 5.1 Prediction of CPU Demand by User Questionnaire.

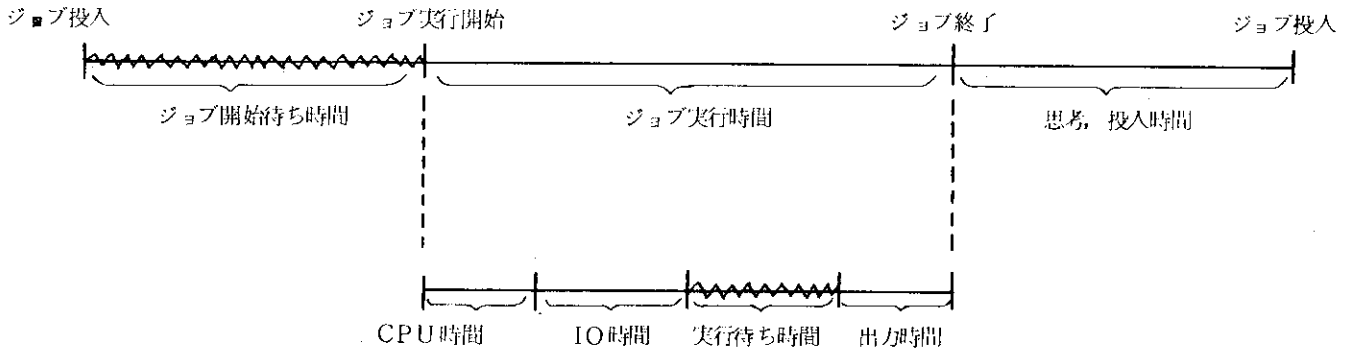


Fig. 5.2 Job Processing Cycle.

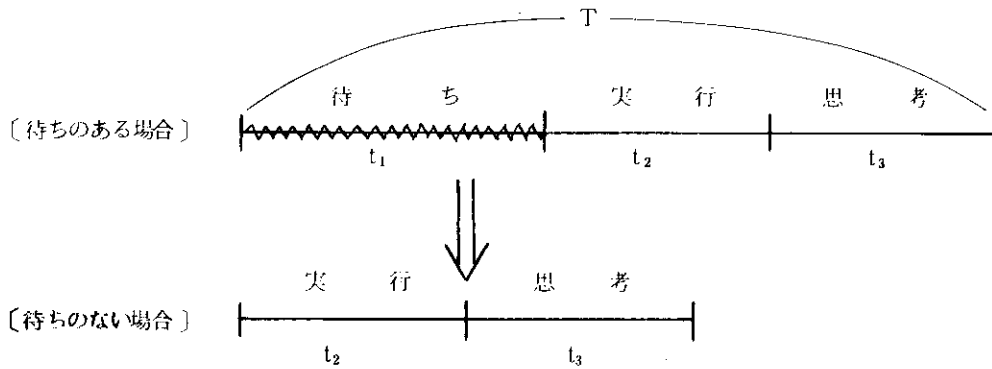


Fig. 5.3 Change of Job Processing Cycle.

## 5.3 潜在需要の算出

Table 5.1 に昭和53年度後半の計算機利用データを示す。データは会計情報から収集した。

Table 5.1 Statics of Computer Use.

(単位：万秒)

	CPU使用時間		昼間ジョブ			
	昼間ジョブ	夜間ジョブ	待ち時間	実行時間	思考時間	計
S 53.10	172	166	2,270	843	1,787	4,900
S 53.11	160	179	2,588	898	1,726	5,212
S 53.12	175	151	3,113	843	1,680	5,636
S 54. 1	155	133	2,859	825	1,616	5,300
S 54. 2	187	172	5,335	949	1,845	8,129
S 54. 3	213	176	6,691	1,049	1,955	9,695
合計	1,062	977	22,856	5,407	10,609	38,872
1カ月平均	177	163	3,809	901	1,768	6,478

(注1) 昼間ジョブは、9時～17時までに投入したジョブを示す。

(注2) 思考時間は、ジョブ優先権 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0 のそれぞれのジョブについて、5分, 5分, 10分, 10分, 20分, 20分, 30分, 30分 を仮定している。

待ち時間の除去による計算機利用の増加は昼間ジョブについて効果があり、夜間ジョブには効果がないものとする。Table 5.1 の1カ月平均のデータを使う。現在の昼間ジョブ処理件数を $N_1$ とすると、

$$\begin{aligned}
 \text{昼間ジョブの総ジョブ回転時間} & N_1 T = 6478 \text{ 万秒} \\
 \text{〃 総待ち時間} & N_1 t_1 = 3809 \text{ 万秒} \\
 \text{〃 総待行時間} & N_1 t_2 = 901 \text{ 万秒} \\
 \text{〃 総待考時間} & N_1 t_3 = 1768 \text{ 万秒}
 \end{aligned}$$

である。これより、待ちがなくなったときのジョブ処理件数 $N_2$ は、(5.1)より

$$N_2 = \frac{N_1 (t_1 + t_2 + t_3)}{N_1 (t_1 + t_2)} \times N_1 = 2.43 N_1$$

となる。故に、昼間のジョブ投入量、CPU利用時間は現在の2.43倍となる。

夜間ジョブも含めた全体のCPU時間に換算すると、

$$177 \times 2.43 + 163 \times 1.0 = 593 \text{ 万秒/月}$$

(昼間) (夜間)

となり、これは現在の全CPU時間の

$$593 \div (177 + 163) = 1.74 \text{ 倍}$$

となる。

昭和53年度の総CPU使用時間は11,577時間であった。これに上記の倍率を適用すると、現在の潜在需要は、

$$11,577 \times (1.74 - 1.0) = 8,567 \text{ 時間/年}$$

となる。

#### 5.4 アンケート調査との比較

アンケートによるCPU需要調査は、昭和54年2月に行われた。アンケート調査での1年後2.1倍について、ここでの結果と対比させてみる。Fig. 5.4 にここで行ったCPU需要予測を示す。

昭和52年度のCPU使用は約8900時間、昭和53年度は約11600時間である。この伸びを昭和54年度に適用すると、昭和54年度のCPU利用は14,300時間となる（ただし、F75の利用上限が約13,000時間と考えられており、昭和54年度のCPU利用計画は12,000時間とした）。昭和54年度のCPU需要は、14,300時間に昭和53年度の潜在需要8,600時間を加えた22,900時間と推定される。これは、昭和53年度実績の

$$22,900 \div 11,600 = 1.97 \text{ 倍}$$

である。故に、アンケート調査の2.1倍は需要が多すぎるとは言えない。

この報告書を書いている昭和55年6月、FACOM 230-75の次期計算機として導入しているM200の1システムの運転が始まっている。昭和55年6月現在、FACOM 230-75の2システムの上に、M200の1システムをかなり使っている。M200はFACOM 230-75の約3倍のCPU性能である。昭和55年5月のM200 CPU使用実績は約100万秒、FACOM 230-75 CPU使用実績は370万秒である。これをFACOM 230-75の年間CPU時間に換算すると

$$\frac{100 \text{ 万秒} \times 3 \text{ 倍} + 370 \text{ 万秒}}{3,600 \text{ 秒/時間}} \times 12 \text{ か月} = 22,333 \text{ 時間/年}$$

となる。これは、昭和53年度実績の1.92倍であり、ここで推定した潜在需要も含めた昭和54年度CPU需要22,900時間とほぼ一致する。故に、アンケート調査もここで示した潜在需要の算出もかなり精度のよい予測であったと言える。

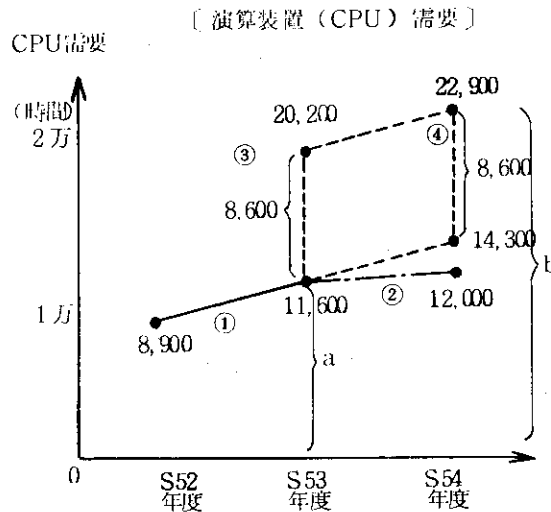


Fig. 5.4 Prediction of CPU Use.

## 6. カード・リーダの実使用時読取り能力調査

(昭和51年10月)

### 6.1 目的

カード・リーダの必要台数を評価するために実使用時のカード・リーダの読取り能力を調べる。

### 6.2 調査理由

FACOM230-75のカード・リーダ(F668K)の読取り速度はカタログでは最高速度2,000枚/分と記載されている。しかし、これはカードを連続的に読込ませるときの最高速度である。実際に多数のユーザが順番にカードを読込ませていくときの単位時間あたりの読込枚数はカタログ最高性能に比べると非常に少ない。

カード・リーダの必要台数は、カード入力需要のピーク時に何台のカード・リーダがあれば足りるかで大体の目安がたてられる。このとき、カード・リーダの読取り速度にカタログ最高性能を使うならば、カード・リーダの必要台数は極端に少なくて良いという結果がでるであろう。しかし、それは現実に合わない結果となる。

ここでは普段と同じようにカード・リーダを使って、

- (i) 一般ユーザが入れ替りカード・リーダを使う場合の実際にカード・リーダがカードを読込んでいる時間の割合、
- (ii) 制御文などの入った実際使用するカードを読込む場合のカード・リーダの読取り速度を調べる実験を行った。

### 6.3 実験方法

入力したらエラーとなるジョブを6種作成した。全体のカード枚数が10, 50, 100, 200, 500, 1000枚の6種である。各ジョブには原研計算センタの制御文を模擬して¥NO, ¥GJOB, T.0 C.0, P.0, ¥\*\*\*\*, ¥JENDの7枚の制御文を入れた。

一台のカード・リーダを使って、二人の実験者が次の順序で交互に各ジョブを入力した。

- |                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| (3<br>回<br>繰<br>返<br>す) | ① ユーザAが 10枚のジョブを入力。 |
|                         | ② ユーザBが 200枚 " 。    |
|                         | ③ ユーザAが 50枚 " 。     |
|                         | ④ ユーザBが 500枚 " 。    |
|                         | ⑤ ユーザAが 100枚 " 。    |
|                         | ⑥ ユーザBが 1000枚 " 。   |

最初500枚以下のジョブは1本の輪ゴムで留めておき、1,000枚のジョブは3つに分け、それぞれ輪ゴムで留め、1つの箱に入れておく。各ユーザのカード・リーダ利用動作は以下のもので

ある。データの収集はストップ・ウォッチを使って行った。

〔カード・リーダ利用動作と測定時間項目〕

- (1) 輪ゴムを取り、カードを1回バラして、カードをそろえて、カード・リーダにカードをセットするまでの時間（セット時間）。
- (2) カード・リーダのスタート・ボタンを押してからカード・リーダが起動するまでの時間。（起動時間）
- (3) カード・リーダがカードを読込んでいる時間（読込時間）。
- (4) カード・リーダからカードを取出し、輪ゴムで留める時間（リセット時間）。
- (5) 次の人と交替する時間（交替時間）。

#### 6.4 実験結果

測定データを Table 6.1 に示す。

Table 6.1 Measurement Data of Card Input Actions of Users

(単位：秒)

測定項目 \ カード枚数	10枚	50枚	100枚
セット時間	4.0 (27%)	5.0 (27%)	6.0 (27%)
起動 "	5.5 (37%)	5.5 (29%)	5.5 (25%)
読込 "	0.8 (5%)	3.3 (18%)	5.0 (23%)
リセット "	2.5 (17%)	2.8 (15%)	3.5 (16%)
交替 "	2.2 (15%)	2.2 (12%)	2.2 (10%)
全体時間	15.0 (100%)	18.8 (100%)	22.2 (100%)
カード読取速度	750枚/分	909枚/分	1,200枚/分

測定項目 \ カード枚数	200枚	500枚	1,000枚
セット時間	6.3 (24%)	9.3 (21%)	30.0 (28%)
起動 "	5.5 (21%)	5.5 (13%)	5.5 (5%)
読込 "	9.0 (34%)	20.0 (46%)	39.0 (37%)
リセット "	3.7 (14%)	6.7 (15%)	29.0 (27%)
交替 "	2.2 (8%)	2.2 (5%)	2.2 (2%)
全体時間	26.7 (100%)	43.7 (100%)	105.7 (100%)
カード読取速度	1,333枚/分	1,500枚/分	1,538枚/分

Table 6.1 から以下のことがわかった。

- (1) カード・リーダが実際にカードを読込んでいる時間の全体時間に占める割合はかなり低い。原研計算センタの場合、1ジョブあたりの平均入力カード枚数は200枚程度である。待ち行列



のあるときのカード・リーダーのカード読込時間比率は入力ジョブ数で加重平均すると約30%と設定できる。

- (ii) カード読取りの最高速度は、カタログでは2,000枚/分である。しかし、Table 6.1 より実際の使用においては750枚～1,600枚/分程度であることがわかる。原研計算センターの場合、加重平均すると実使用時読取り速度は約1,200枚/分と設定できる。

## 6.5 結果の適用

前節の結果より、カード・リーダー1台で1時間に読込まれるカード枚数の上限は、

$$0.3 \times 1,200 \text{ 枚/分} \times 60 \text{ 分} = 21,600 \text{ 枚/時間}^{*1}$$

となる。これを7のカード・リーダーの必要台数算定に使用した。

\*1 カタログの最高性能では  $2,000 \text{ 枚/分} \times 60 \text{ 分} = 120,000 \text{ 枚/時間}$ 。

## 7. カード・リーダの必要台数の評価

(昭和51年11月)

## 7.1 目的

FACOM230-75 計算機の導入から約1年が経過し、計算機が安定稼動してきたため、入出力装置台数の見直しが可能となった。当初、カード・リーダはクローズ利用に2台、オープン利用に3台、セミ・オープン利用に2台の利用が見込まれて設置された。この台数が現在のカード入力需要に対して適正であるかどうかを評価し、もし将来にわたってより少ない台数で運用可能ならば装置台数の削減も検討する。

## 7.2 カード入力需要

## 7.2.1 月間入力枚数

昭和51年3月、9月、10月の装置別カード入力枚数を Table 7.1 に示す。毎年2～3月はジョブ処理件数が多い。

Table 7.1 Number of Input Cards of Card Readers.

CR 番号	システム	設置場所	3月入力枚数	9月入力枚数	10月入力枚数
CR00	B	クローズ	225,312	145,785	57,986
CR01	B	オープン	1,462,927	1,444,538	1,331,836
CR02	B	オープン	1,231,152	1,494,406	1,137,445
CR03	B	オープン	2,438,138	828,136	1,209,630
CR10	A	クローズ	106,373	22,796	21,446
CR20	A	セミオープン	749,795	614,422	348,036
CR30	A	セミオープン	671,855	403,814	428,521
合計			6,885,552	4,953,897	4,534,900
システムA			1,528,023	1,041,032	798,140
システムB			5,357,529	3,912,865	3,736,897
クローズ			331,685	168,581	79,432
オープン			5,357,529	3,912,865	3,736,897
セミオープン			1,421,650	1,018,236	776,557

(最大利用 21,600枚/時間, 台×200時間/月=4,320,000枚/月, 台)

## 7.2.2 カード入力のピーク需要

昭和51年3月と10月のデータで、それぞれ1日間、1時間に読込んだカード枚数の最大値を Table 7.2, Table 7.3に示す。

Table 7.2 Daily Peak of Card Input.

システム \ 月	3月	10月
A	(8日) 112,654	(7日) 62,147
B	(19日) 302,987	(27日) 230,904

(最大利用 21,600枚/時間, 台×8時間/日 = 172,800枚/日, 台)

Table 7.3 Hourly Peak of Card Input.

システム \ 月	3月	10月
A	(8日11時~12時) 24,808	(12日17時~18時) 12,630
B	(17日14時~15時) 56,606	(25日16時~17時) 46,805

(最大利用 21,600枚/時間, 台)

ピーク頻度として、1時間に2万枚以上、4万枚以上読込んだ回数を3月と10月について Table 7.4 に示す。

Table 7.4 Degree of Peak.

(単位: 時間)

システム	月 \ カード読込枚数	0~2万枚	2~4万枚	4~6万枚
		3月		3
A	10月		0	0
B	3月		128	15
	10月		100	2

(最大利用 21,600枚/時間, 台)

夜間のピークを Table 7.5 に示す。

Table 7.5 Nightly Peak.

システム \ 月	3月	10月
A	(10日18時~19時) 10,350	(26日23時~24時) 3,960
B	(26日19時~20時) 6,673	(7日23時~24時) 3,360

(最大利用 21,600枚/時間, 台)



Table 7.6 Utilization Rate of a Card Reader vs. Number of Input Cards.

カード・リーダ使用率	カード入力枚数 (枚/時間, 台)	平均待ち行列
100 %	21,600	$\infty$
75 %	16,200	4
50 %	10,800	2
40 %	8,640	1.67
30 %	6,480	1.43
20 %	4,320	1.25
10 %	2,160	1.11
0 %	0	1

## 〔必要台数の検討〕

以上のことを考慮してTable 7.1 ~ Table 7.5 のカード入力需要をみていく。

Table 7.1 より月間入力需要に対するカード・リーダの必要台数を検討する。カード・リーダ使用率50% 想定すると、Table 7.6 より10,800枚/時間, 台 $\times$ 200時間/月=2,160,000枚/月, 台読込める。これを3月時の入力需要に対して適用すると以下の台数が必要となる。各使用形態に対してカード・リーダは最低1台は必要である。

クローズ, システムA用	1台
"    "    B用	1台
オープン, システムB用	3台
セミオープン, システムA用	1台
合 計	6台

Table 7.2 の1日のピークにおける3月19日のシステムBは、カード・リーダ4台であるから、1日8時間とすると平均カード・リーダ使用率は、

$$21,600 \text{ 枚/時間, 台} \times x \times 8 \text{ 時間/日} \times 4 \text{ 台} = 302,987 \text{ 枚/日}$$

$$x = 0.438$$

となる。この43.8%のときの平均待ち行列は約1.8人である。

Table 7.3 の1時間のピークにおける3月17日14時台のシステムBの平均カード・リーダ使用率は同様に

$$21,600 \text{ 枚/時間, 台} \times x \times 3 \text{ 台}^{\ast 1} = 56,606$$

$$x = 0.874$$

\* 1. システムBの昼間はオープン利用であるため、このとき利用できるカード・リーダは3台である。

となる。この87.4%のときの平均待ち行列は約7.9人である。

Table 7.4 より、1時間あたりシステムBで4万枚以上入力したとき(カード・リーダ平均使用率61.7%, 平均待ち行列2.6人)は、たかだか1カ月10時間台である。故にシステムBのオ

オープン利用のカード・リーダは現状の3台で現在は十分である。

将来のカード・リーダからの入力需要はFACOM 230-75の最近1年間のデータと周囲の環境、  
計算機の入力媒体の進歩などから考えても大幅に増加するとは考えられない。

〔結論〕

以上より、Table 7.1の検討のところで述べた6台で十分であると考えられる。

#### 7.4 評価後の措置とその妥当性のチェック

前節の検討によってカード・リーダ7台のうち、セミオープン室の1台を削減した。

このカード・リーダの評価は昭和51年11月に行われ、翌年からカード・リーダ1台を返却した。この報告書を書いている昭和55年5月時点から見ると、ここで評価した内容は妥当であったと言える。カード入力需要は昭和51年度から昭和54年度にかけて少ずつ減ってきている。これはTSSの発達と磁気ディスク・ファイルの利用拡大によるものである。

## 8. ライン・プリンタの実使用時出力能力調査

(昭和51年11月)

### 8.1 目的

ライン・プリンタの必要台数を評価するために実使用時のライン・プリンタの出力能力を調べる。

### 8.2 調査理由

FACOM230-75のライン・プリンタ(F647G)の印刷速度はカタログ記載の最高性能では1,260行/分(42字種,英数字・記号)である。これは出力を連続的に行うときの速度であり,実際の印字速度は若干これを下回ると予想される。また原研計算センタでは,各ジョブの最初と最後に会計情報を出力する時間,出力を1ジョブ毎にカッターで切離すための紙切り制御時間が計算出力時間以外にかかる。このため,ライン・プリンタの必要台数を評価するためには,実使用時のライン・プリンタの出力量を調べる必要がある。そこで,ライン・プリンタの出力動作の調査を行った。

### 8.3 調査方法

調査は次の順に行った。

- ① 調査時間を11月5日10時50分～11時40分の50分間とし,測定に使う時計の時刻を計算機のもつ時計に合わせる。
- ② ライン・プリンタが出力するジョブ毎に
  - (i) 起動時刻,
  - (ii) 出力開始時刻,
  - (iii) 出力終了時刻,
  - (iv) 紙切り制御終了時刻,
  - (v) ジョブ番号
 を記録する。
- ③ 計算機利用記録である会計情報より,調査ジョブの
  - (i) 出力終了時刻,
  - (ii) 出力ページ数,
  - (iii) 出力行数
 を収集する。出力開始時刻の記録はない。
- ④ 各ジョブについて,②と③より
  - (1) 起動時間(紙送り制御時間),
  - (2) 出力行数と出力時間の関係,

(3) 紙切り制御時間 (紙送り制御と紙切り制御時間)  
を求める。

## 8.4 調査結果

### 8.4.1 出力行数と出力時間

出力行数と出力時間の関係を Fig. 8.1, Fig. 8.2 に示す。Fig. 8.1 は出力行数が少いジョブのデータ, Fig. 8.2 は出力行数の多いジョブのデータをプロットしたものである。

出力行数を  $x$ , 出力時間(秒)を  $y$  としてこれらのプロットしたデータの近似式を求める。

$$\text{出力行数の少い場合} \quad y = 3.2 + \frac{9.7}{100} x \quad (8.1)$$

$$\text{出力行数の多い場合} \quad y = 4 + \frac{6}{100} x \quad (8.2)$$

データにバラツキがあるのは, 1 行に印刷する文字数の違い, 1 ページに印刷する行数の違い (1 ページに印刷する行数が少いとページ替えの紙送り制御時間が相対的に多くかかる) などによる。

### 8.4.2 ライン・プリンタの動作

原研計算センタのライン・プリンタの出力動作は以下のように測定された。

- |                                |                             |
|--------------------------------|-----------------------------|
| (i) ライン・プリンタの起動から出力開始までの時間     | 平均 3 秒                      |
| (ii) 出力時間 (出力行数 $x > 100$ のとき) | $y = 4 + \frac{6}{100} x$ 秒 |
| (iii) 出力終了から紙切り制御終了までの時間       | 平均 10 秒                     |

### 8.4.3 ライン・プリンタの実使用時印刷性能

前述した出力行数  $x$  の多い場合, (出力行数の少いジョブはエラーのジョブとか実行結果のみを出力するジョブである) の出力時間  $y = 4 + \frac{6}{100} x$  (秒) について考える。

原研計算センタでは, ユーザの出力の他に, 会計情報の出力行数にはカウントされないジョブ・ステップ情報, ジョブ情報, ジョブ番号の花文字などを課金情報として出力する。出力時間  $y = 4 + \frac{6}{100} x$  の定数項 4 秒は, これらの出力行数にはカウントされないセンタ側がつけた課金情報の出力時間と考えられる。残りの  $\frac{6}{100} x$  がライン・プリンタの実使用時の印刷性能に相当すると考えられる。このとき, ライン・プリンタが 1 分間に出力する行数は,

$$\frac{6}{100} x = 60 \text{ (秒)}$$

より,

$$x = 1,000 \text{ 行}$$

となる。故に, ライン・プリンタの実使用時印刷性能は 1,000 行/分とする。これはカタログ最高性能 1,260 行/分 (42 字種, 英数字, 記号) の約 80% にあたる。



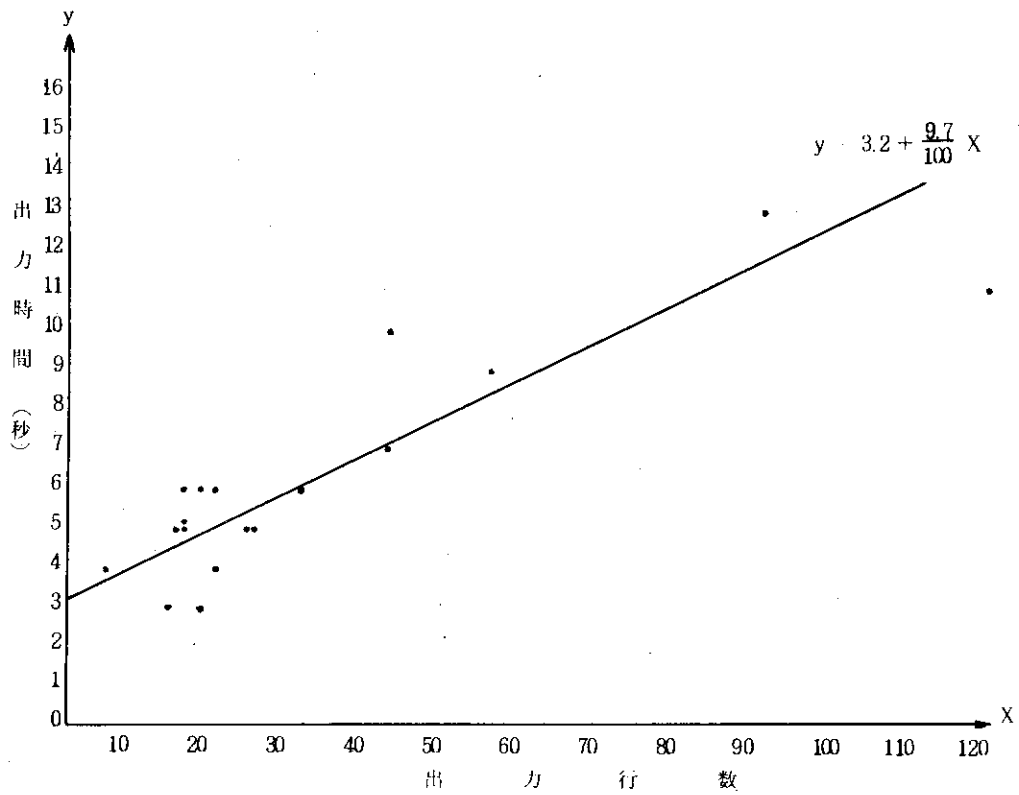


Fig. 8.1 Output Line vs. Output Time (1)

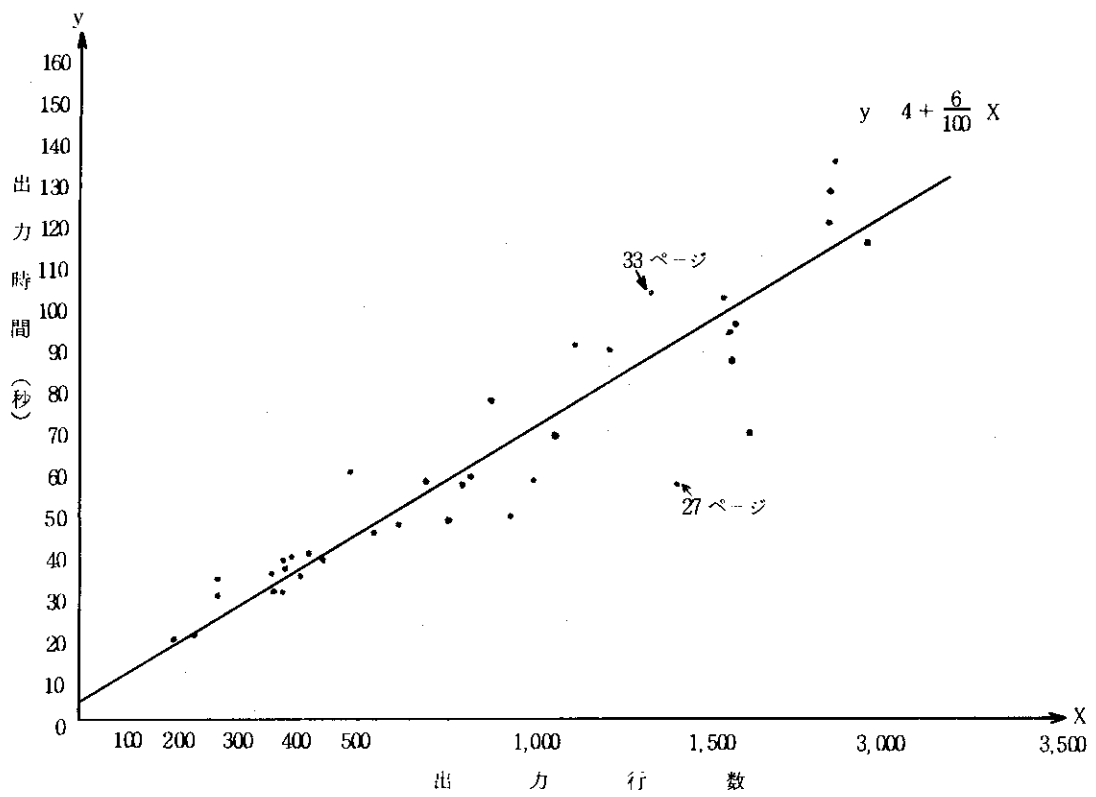


Fig. 8.2 Output Line vs. Output Time (2)

#### 8.4.4 ライン・プリンタの実使用時出力能力

原研における1ジョブあたりの平均出力行数は、昭和51年10月データでは約1,340行/ジョブである。

Fig. 8.3 にライン・プリンタの出力動作と時間を示す。これより、ライン・プリンタがユーザの出力を印刷している時間は全体の82.5%である。このときの出力性能は1,000行/分であるから、

実使用時出力能力 =  $1,000 \text{ 行/分} \times 0.825 = 825 \text{ 行/分}$   
と設定できる。

#### 8.5 結果の利用

前節の結果より、ライン・プリンタ1台で1時間に出力できる印刷行数の上限は、

$$825 \text{ 行/分} \times 60 \text{ 分} = 49,500 \text{ 行/時間}$$

となる。これを9.のライン・プリンタの必要台数算定に使用した。

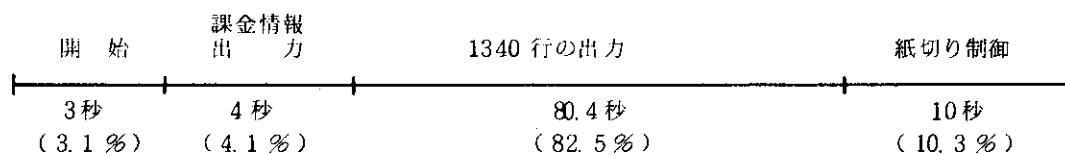


Fig. 8.3 Output Action of Line Printer.

## 9. ライン・プリンタの必要台数の評価

(昭和51年11月)

## 9.1 目的

FACOM230-75の入出力台数の見直しの一作業としてこの評価を行った。当初、ライン・プリンタはオープン利用に5台、セミ・オープン利用に2台の利用が見込まれて設置された。この台数が現在の印刷出力需要に対して適当かどうかを評価し、もし将来にわたってより少ない台数で運用可能ならば装置台数の削減も検討する。

## 9.2 ライン・プリンタ出力需要

## 9.2.1 月間出力行数

昭和51年3月、10月の装置別出力行数をTable 9.1に示す。毎年2～3月は出力量が多い。10月は均等的出力量である。

Table 9.1 Number of Output Lines of Line Printers.

LP 番号	システム	設置場所	型式	3月出力行数	10月出力行数
LP00	B	クローズ	F647G	1,668,762	1,332,050
LP01	B	クローズ	F647G	1,166,306	1,255,620
LP02	B	オープン	F647G	3,784,693	3,002,338
LP03	B	オープン	F647G	4,072,742	3,207,498
LP04	B	オープン	F647G	4,100,979	3,116,787
LP05	B	オープン	F647G	3,634,385	3,266,893
LP06	B	オープン	F647G	4,050,036	3,318,412
LP10	A	クローズ	F647H <sup>*1</sup>	1,624,576	2,588,289
LP11	A	クローズ	F647G	4,705,181	2,731,335
LP12	A	クローズ	F647G	4,549,657	2,480,223
LP30	A	セミ・オープン	F642L <sup>*1</sup>	1,613,370	1,184,894
LP31	A	セミ・オープン	F642L <sup>*1</sup>	1,526,747	1,217,461
合計			12台	36,497,434	28,701,800
システムA			5台	14,019,531	10,202,202
システムB			7台	22,477,903	18,499,598
クローズ			5台	13,714,482	10,387,517
オープン			5台	19,642,835	15,911,928
セミ・オープン			2台	3,140,117	2,402,355

(最大利用 49,500行/時間, 台×200時間/月 = 9,900,000行/月, 台)

\*1. F647H, F642Lはカナ文字も出力でき, F647Gの印字速度の約 $\frac{1}{2}$ の印字速度である。

9.2.2 ライン・プリンタ出力のピーク需要

昭和51年3月と10月のデータで、それぞれ1日間、1時間に出力した印刷行数の最大値を Table 9.2, Table 9.3 に示す。

Table 9.2 Daily Peak of Printer Output.

システム \ 月	3月	10月
A	(5日) 719,896	(29日) 646,154
B	(18日) 1439,196	(27日) 1050,464

(最大利用 49,500行/時間, 台×8時間/日 = 396,000行/日, 台)

Table 9.3 Hourly Peak of Printer Output.

システム \ 月	3月	10月
A	(8日13時~14時) 141,772	(18日0時~1時) 150,999
B	(18日16時~17時) 291,746	(4日15時~16時) 200,810

(最大利用 49,500行/時間, 台)

ピーク頻度として、1時間に5万行以上、10万行以上……、25万行以上出力した回数を3月と10月について Table 9.4 に示す。

Table 9.4 Degree of Peak.

(単位: 時間)

LP 最低必要台数		2台	3台	4台	5台	6台
システム	月 \ 出力行数	5万行 ~10万行	10万行 ~15万行	15万行 ~20万行	20万行 ~25万行	25万行 ~
		A	3月	70	3	0
	10月	34	1	1	0	0
B	3月	108	74	12	2	1
	10月	96	58	8	1	0

(LP 1台, 1時間約5万行出力)

夜間のピークを Table 4.5 に示す。

Table 9.5 Nightly Peak

システム \ 月	3月	10月
A	(9日20時台) 105,496	(18日0時台) 150,999
B	(4日 3時台) 73,535	(19日6時台) 83,278

(最大利用 49,500 行/時間, 台)

## 9.3 ライン・プリンタの必要台数の評価

ライン・プリンタの必要台数の評価には

- 計算機システムの運用方法
- ライン・プリンタの設置場所
- ピーク利用時の待ち行列の長さ
- 将来のプリンタ出力量の予測

なども考慮しなければならない。計算機システムの運用については 7.3 に示した。

[ライン・プリンタの設置場所]

評価時には、以下のように設置されていた。各部屋は少し離れている。

クローズ室のシステムA用	3台
"          B用	2台
オープン室のシステムB用	5台
セミオープン室のシステムA用	2台
合 計	12台

[ライン・プリンタの使用率と待ち行列の長さ]

(7.1) を使って、ライン・プリンタの使用率とライン・プリンタ 1 台で印刷できる出力行数、平均出力待ちジョブ数（出力中のジョブも含む）の関係を Table 9.6 に示す。

Table 9.6 Utilization Rate of a Line Printer vs. Number of Output Lines.

プリンタ使用率	プリンタ出力行数 (行/時間, 台)	平均待ち行列
100 %	4 9, 5 0 0	$\infty$
75 %	3 7, 1 2 5	4
50 %	2 4, 7 5 0	2
40 %	1 9, 8 0 0	1.67
30 %	1 4, 8 5 0	1.43
20 %	9, 9 0 0	1.25
10 %	4, 9 5 0	1.11
0 %	0	1

## 〔必要台数の検討〕

以上のことを考慮してTable 9.1～Table 9.5 のプリンタ出力需要をみていく。

Table 9.1 より、月間出力量に対するライン・プリンタの必要台数を検討する。ライン・プリンタ使用率 50 % (平均出力待ちジョブ数 = 2) を想定すると、Table 9.6 より 24,750 行/時間、台 × 200 時間/月 = 4,950,000 行/月、台となる。これを 3 月時の需要に対して適用すると以下のライン・プリンタ台数が必要となる。各使用形態に対して最低 1 台のライン・プリンタは必要である。

クローズシステムA用	3台
"      B用	1台
オープン、システムB用	4台
セミオープン、システムA用	2台 <sup>*1</sup>
合 計	10台

\* 1. セミオープンのライン・プリンタはF642Lで、一般のF647Gの印字速度の約 $\frac{1}{2}$ である。

Table 9.2 の 1 日のピークにおける 3 月 18 日のシステム B は、ライン・プリンタ 7 台であるから、1 日 8 時間とすると平均ライン・プリンタ使用率は、

$$49,500 \text{ 行/時間, 台} \times x \times 8 \text{ 時間/日} \times 7 \text{ 台} = 1,439,196 \text{ 行/日}$$

$$x = 0.519$$

となる。この 51.9 % のときの平均待ち行列は約 2.1 人である。

Table 9.3 の 1 時間のピークにおける 3 月 18 日 16 時台のシステム B の平均ライン・プリンタ使用率は同様に

$$49,500 \text{ 行/時間, 台} \times x \times 5 \text{ 台}^{*2} = 291,746$$

$$x = 1.179^{*3}$$

となる。

\* 2. システム B の昼間はオープン利用であるため、このとき利用できるライン・プリンタは 5 台である。

\* 3. 平均使用率が 1 (100%) を超えることはないが、約 118% となった原因としては以下のことが考えられる。

(i) システム B で昼間にクローズ室のライン・プリンタに出力先を陽に指定したジョブがあるとき、\* 2 の 5 台を大きくしなければならない。

(ii) 4. で設定した、1 台のライン・プリンタが 1 時間に出力できる行数の 49,500 行/時間、台は、平均的出力行数をもつジョブについて設定したものである。1 ジョブで非常に多い行数を出力するものが多いとこの設定値は 49,500 行より大きくなる。

(iii) ここで使用している会計情報から収集した出力行数のデータは、出力終了時刻にそのジョブの全出力行数があたかもその一瞬に出力されたかのようにカウントされている。このため、3 月 18 日 15 時台から出力していた出力量の多いジョブが 3 月 18 日 16 時台に終了した場合、3 月 18 日 16 時台の出力量が実際より大きくなる。

Table 9.4 より、システム A でライン・プリンタが 3 台以上必要なとき、システム B でライン

・プリンタが5台以上必要なピーク需要の頻度はともに少い。ただし、これは運用、設置場所、待ち行列は無視して評価した場合である。

Table 9.5 より、夜間に必要なライン・プリンタは、

クローズ、システムA用	3台
“ B用	2台

と評価時の設置台数が必要かのように見える。しかし、夜間のジョブ出力は計算機利用者には翌日配布される。このため、夜間の1時間あたりのピーク時出力は参考データとして有効であるが、必ずしもこのピーク時出力を処理できるライン・プリンタ台数を設置しておく必要はない。翌日までに出力できる台数でよい。

将来のライン・プリンタの出力需要はF75の最近の1年間のデータと周囲環境、計算機の出力媒体の進歩などを考えると、F75時代においては若干増加する程度と考えられる。

#### 〔結論〕

ライン・プリンタは運用上、次の利用形態ごとに台数を決めなければならない。

{	クローズ、システムA用
	“ B用
	オープン・システムB用
	セミオープン、システムA用

まず、オープン、システムB用について検討する。現在5台である。クローズ、システムB用は昼間使用していない。オープン、システムB用は昼間のピーク時は50%以上の稼働率で動いている。オープン利用ではユーザが出力を持っているため、ライン・プリンタの台数が少いと出力待ちの人が増える。この点からオープン、システムB用は5台で適当であると考えられる。また、将来の需要微増もこれで十分対処できる。

次に、セミオープン、システムA用について評価する。セミオープンは事務計算が主に使っていて、設置されているライン・プリンタはカナ文字出力のできるもので、他の英数字、記号用のライン・プリンタの半分の印刷速度性能をもつ。現在2台であるが、事務計算は特殊用紙を使用したり、1ジョブあたりの出力時間が長いため、セミオープンには2台のライン・プリンタが必要である。

最後に、クローズ室について評価する。現在はシステムA用に3台、システムB用に2台である。クローズ室のシステムB用は昼間使用していない。クローズの昼間の出力はシステムAのみであり、これには2~3台のライン・プリンタが必要である。夜間(午後6時以降)は、システムBの出力をクローズ室に出してオペレータが整理する。このため、クローズ、システムB用に最低1台は必要である。またクローズシステムA用に2台程度必要である。将来のクローズ出力は微増であると考えられる。このため、クローズ、システムA用は2台、クローズ、システムB用は1台に削減する。システムB用の1台は昼間使用しないため、昼間はシステムA用として使うようにする。これでクローズ出力需要に対処できると考えられる。

以上より、

クローズ室、システムA用	2台
“ B用	1台

オープン室, システムB用	5台
セミオープン室システムA用	2台
合 計	10台

と2台削減できる。

#### 9.4 評価後の措置とその妥当性のチェック

前節の評価によってライン・プリンタ12台のうち、クローズ室の2台を削減した。

このライン・プリンタの評価は、昭和51年11月に行われ、翌年から2台を返却した。この報告書を書いて 昭和55年5月時点からみると、ここで評価した内容は妥当であったと言える。プリンタ出力需要は昭和51年度から昭和54年度にかけて少しずつ増えてきている。



## 10. お わ り に

本報告書は、FACOM230-75 時代（昭和51年1月～昭和55年9月）のおわりにあたって、FACOM230-75 に関して行った性能評価事例の一部を整理したものである。このため、過去に行った評価、検討が正しかったか否かのチェックも可能であった。ここで示した事例は、大体において正確な評価であったと言える。これは現実をできるだけ正確に見つめようと幅広いデータを収集し、検討してきた結果であると言えよう。

従来の計算機性能評価は、おもに理論的なしかもシステムの単純なモデル化で行われていた。ところが、最近では計算機システムが年々大型、大規模化し、かつ制御方法も複雑化してきている。このため、計算機のモデル化においては、計算機システムの各部分について部分モデルを設定し、それらモデルについて現実のデータで個別に検証を行い、その後、部分モデルを組み合わせて全体モデルを構成せざるを得ない。その傾向は文献〔4〕でもふれている。

これとは別に計算センタの計算機運用にかかわる費用の削減、費用対効果比の判断などの評価作業は、従来から行われている理論的、数学的計算機性能評価手法では処理できないことが多い。本報告はこれらの評価作業について述べたものである。得られた結果からも了解されるとおり、この種の評価は理論的な計算機性能評価研究と同様に計算センタの運営に大きな意味をもつものである。

### 謝 辞

本報告書を作成するにあたって下記の方々よりいただいた御指導、御協力に対し深く感謝いたします。

原研計算センタ室長平川隆氏には性能評価推進の体制作りをしていただきました。

富士通科学システム部の川開清昭氏を中心とする SE グループの諸氏には性能評価のための原因調査、システム修正、改善作業をしていただきました。

原研計算センタの中村康弘氏、小沼吉男氏にはグラフィック端末の評価に、斎藤直之氏には入出力機器台数の評価に、富山峯秀氏にはカード・リーダの実験と TSS 端末の評価において御助言、御協力をいただきました。石黒美佐子氏には本報告書全般について御検討、御助言をいただきました。

富士通 CE の佐藤政和氏、熊沢幸康氏、金沢コンピュータ・サービスの中川和夫氏、菊地克次氏にはデータ収集においてお世話になりました。

深く感謝する次第です。

## 10. お わ り に

本報告書は、FACOM230-75 時代（昭和51年1月～昭和55年9月）のおわりにあたって、FACOM230-75 に関して行った性能評価事例の一部を整理したものである。このため、過去に行った評価、検討が正しかったか否かのチェックも可能であった。ここで示した事例は、大体において正確な評価であったと言える。これは現実をできるだけ正確に見つめようと幅広いデータを収集し、検討してきた結果であると言えよう。

従来の計算機性能評価は、おもに理論的なしかもシステムの単純なモデル化で行われていた。ところが、最近では計算機システムが年々大型、大規模化し、かつ制御方法も複雑化してきている。このため、計算機のモデル化においては、計算機システムの各部分について部分モデルを設定し、それらモデルについて現実のデータで個別的に検証を行い、その後、部分モデルを組み合わせて全体モデルを構成せざるを得ない。その傾向は文献〔4〕でもふれている。

これとは別に計算センタの計算機運用にかかわる費用の削減、費用対効果比の判断などの評価作業は、従来から行われている理論的、数学的計算機性能評価手法では処理できないことが多い。本報告はこれらの評価作業について述べたものである。得られた結果からも了解されるとおり、この種の評価は理論的な計算機性能評価研究と同様に計算センタの運営に大きな意味をもつものである。

### 謝 辞

本報告書を作成するにあたって下記の方々よりいただいた御指導、御協力に対し深く感謝いたします。

原研計算センタ室長平川隆氏には性能評価推進の体制作りをしていただきました。

富士通科学システム部の川開清昭氏を中心とするSEグループの諸氏には性能評価のための原因調査、システム修正、改善作業をしていただきました。

原研計算センタの中村康弘氏、小沼吉男氏にはグラフィック端末の評価に、斎藤直之氏には入出力機器台数の評価に、富山峯秀氏にはカード・リーダーの実験とTSS端末の評価において御助言、御協力をいただきました。石黒美佐子氏には本報告書全般について御検討、御助言をいただきました。

富士通CEの佐藤政和氏、熊沢幸康氏、金沢コンピュータ・サービスの中川和夫氏、菊地克次氏にはデータ収集においてお世話になりました。

深く感謝する次第です。

## 参考文献

- [1] John, W.B. and David, R.W. : A Straightforward Model for Computer Performance Prediction, Computing Surveys, 7, 2 (June 1975).
- [2] Sauer, C.H. and Chandy, K.M. : Approximate Analysis of Central Server Models, IBM. J. Res Develop. 19, 3 (May 1975).
- [3] 長田秀敏, 他 : 直接アクセスボリュームのファイル再配置シミュレータ, 情報処理学会第21回全国大会(1980).
- [4] 浅井 清, 他 : FACOM 230-75 計算機の性能評価(1), JAERI - M 8714, 日本原子力研究所(1980).
- [5] 藤田彰久編 : IE の基礎, 好学社(1970).
- [6] 富山峯秀 : 日本原子力研究所におけるTSSの利用, FACOM ジャーナル 4, 2 (1978).
- [7] Shemer, J. and Heying, D. : Performance modeling and empirical measurements in a system designed for batch and time - sharing users, Fall Joint Conf, pp17-26 (1969).
- [8] 浅井 清, 藤井 実 : 日本原子力研究所計算センタにおける効率評価, 電子計算機組織利用の効率評価システムの調査研究報告書, 地方自治情報センター(1978).
- [9] 藤井 実 : 磁気ディスク対磁気テープの費用効果比, JAERI-M 7424, 日本原子力研究所(1977).
- [10] J. マーチン著, 北原安定訳 : リアルタイム・システム, 日本経営出版会(1975).
- [11] 電子計算機周辺装置カタログ, 富士通
- [12] 大型電子計算機機器構成明細, 原研計算センタ内部資料(1977).
- [13] 次期大型計算機検討会資料集, 原研計算センタ内部資料(1979).