

資料

東京大学大型計算機センターにおけるジョブ統計\*

石田 晴久\*\* 高橋 延匡\*\*\* 齋藤 五郎\*\*

1. はじめに

外国には余りみられない日本特有の計算機利用形態として、研究者のための共同利用大型計算機センターがある。これは現在、東大(昭和41年設置)、阪大(42年)、京大(44年)、東北大(44年)、九大(44年)、北大(45年)、名大(46年)の7つの国立大学に設置されている。これらのセンターには共同利用機関としてある程度まとまった投資が行なわれ、各センターは各種大型機の1号機のみモット・ユーザとして国産機の発展にひとつの役割を果たしてきたと思われる。しかし反面、これは各大学独自には大型機が買えないということの表われでもあり、1面では日本の貧しさを反映しているともみられよう。

ところで、こうした不特定多数の研究者にサービスを提供する形の計算機利用は、メーカーや一般ユーザ会社にとってやや異質のものであるため、その実態は余り知られていない。このため新機種を導入に当たっても、(まだ稼動していない機械を導入するためもあるが) 処理形態が定形業務でないことなどから、通常のシステム分析の手法があてはめにくい面がある。

そこでわれわれは、東大大型計算機センターにおける計算サービスの1年間のアカウント・データを詳細に分析して、ひとつの共同利用センターにおける研究者の計算ジョブの姿を明らかにするよう試みた。これでえられた分析結果は、現在のシステムの効率を知り、また改善をはかる手がかりとすると同時に、次期システムの設計や運用の資料としても役立てている。さらにわれわれは計算機システム評価用シミュレータの入力ジョブ・モデルを作るためのデータとしてこれを有効に利用したいと考えている。

2. ユーザ層とジョブ区分

まず東大センターのユーザが誰であることを示すために、図1に職種別利用状況を示した。ユーザ数が2000人ということは、MITのMULTICSシステムのユーザが700人というのに比べても非常に多い。図2に学部別、図3に研究機関別のそれぞれ利用状況を示す。図3のその他に入るのは理研、科学博物館、遺伝研などである。

一方ユーザー・ジョブは、17クラスに区分されているが、そのうち主なものは次の二つである。

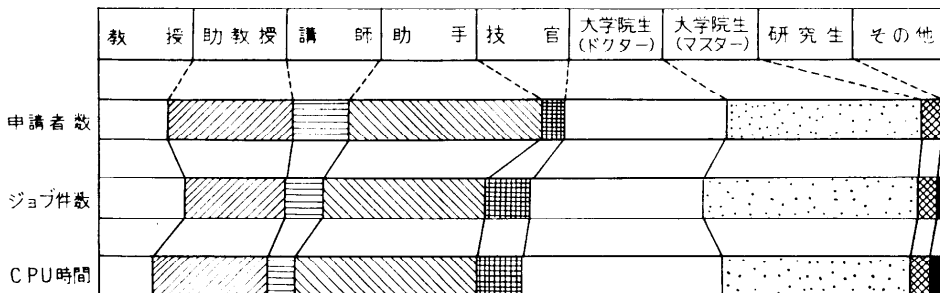


図1 職種別利用状況

\* Job statistics at the Tokyo University Computer Center  
 \*\* 東京大学大型計算機センター  
 \*\*\* 日立製作所中央研究所第9部

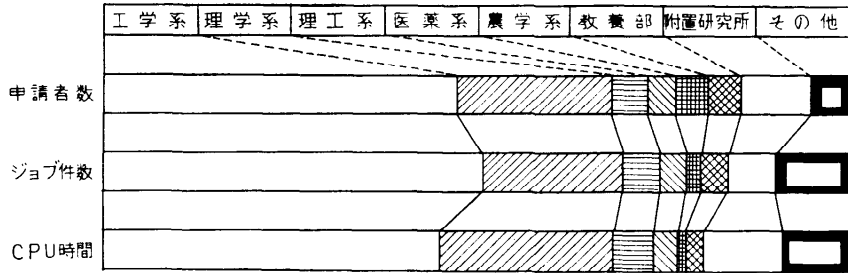


図2 学部別利用状況

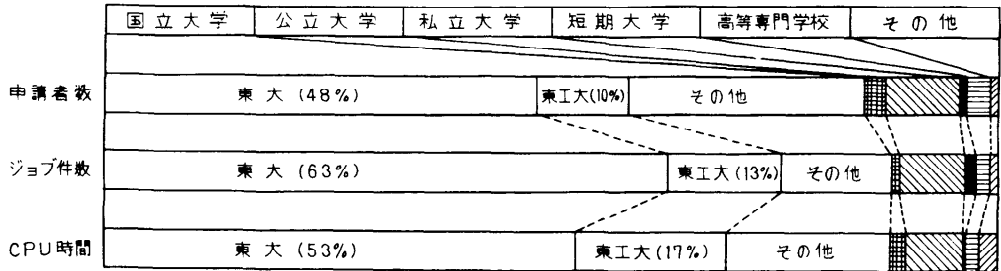


図3 国・公・私立大・短大・高専・その他の利用状況

	CPU 時間	出力ページ数	出力カード数	件数比	使用CPU時間
クラス B (デバッグ)	30 秒まで	35 ページまで	0 枚	約 56%	全体の 9%
クラス E (標準)	15 分まで	210 ページまで	3,000 枚まで	約 23%	全体の 75%

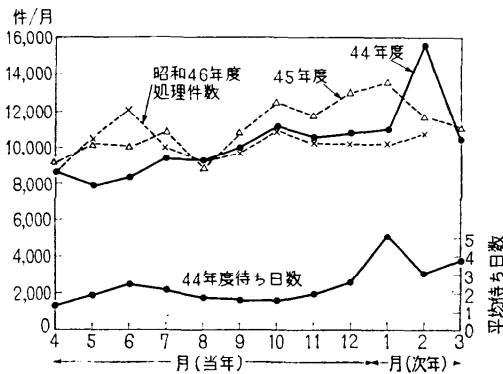


図4 処理件数と待ち日数

このほかに特殊計算、応用プログラム開発、センター・ジョブ、紙テープ・ジョブ(件数で0.5%)、講習会、指導員、再計算などのためのジョブ・クラスがある。後に示すようにユーザー・ジョブの性格はこうしたジョブ・クラスの設定(制限条件)の仕方にもかなり左右される。ユーザ心理として制限ぎりぎりまで計算機を使おうとするからである。

なお大学センターの特質のひとつに処理量の季節変動がある。東大センターのように、すでに過負荷になっているシステムの場合、これは平均待ち日数(ターンアラウンド・タイム)によく反映される。図4にこれを示した。47年2月の処理件数が少なかったのは、名大および東工大に計算センターができたためと思われる。

### 3. 全ジョブに関する統計

東大センターにおけるジョブにおける性格を明らかにするために、昭和44年度(44年4月から45年3月まで)に主システム(HITAC 5020 E, コア 64 kW, 入出力用 H 5020 (32 kW) 付)で処理した全ジョブ、計 118,644 件\* (ほとんど FORTRAN 使用) について (FORTRAN プログラムで) 分析を行なった。分析の原データは、次のような 80 字/件のアカウント・データで、全体が磁気テープ 2 巻 (556 BPI) 一杯に収められていたものである。

\* 他に副システム (H 5020, 入出力スタックに磁気テープ使用, 平均 CPU 効率 29%) で 5061 件 (全体の 4%) 処理したので、この年の処理件数合計は 123,705 件。

カード番号 (6字)	ユーザ名 (6)
課題番号 (10)	受付日 (6)
受付番号 (6)	処理日 (6)
CPU番号 (1)	郵送か否か (1)
ジョブ番号 (3)	開始時刻 (6)
終了時間 (6)	CPU時間 (5)
ページ数 (5)	出力カード枚数 (5)
終了状態 (2)	入力カード枚数 (5)
使用メモリ量 (1) (8kW 単位)	

次に分析結果を図5以下に示す。

(1) USE 時間の分布 (図5). H 5020 E では SPOOL 型の OS を使い, 入出力はドラムにスタックされて, 入出力と演算は並列に行なわれるが, ジョブの流れは単一である. この USE 時間はドラムからの入力取出しからドラムへ出力をスタックするまでの経過時間を表す. 標準偏差が384秒と大きいのは, 短いジョブが多い反面バラツキも大きいことを表わしている.

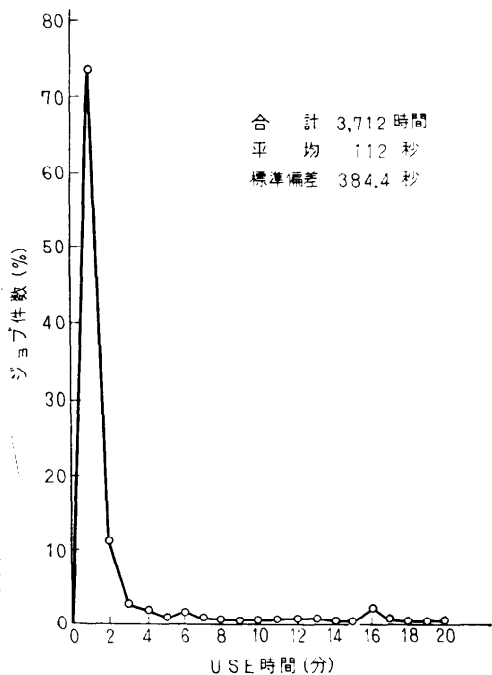


図5 USE時間の分布 (主システムのみ)

(2) CPU 時間 (図6). これは1秒毎のサンプリングで求めたもので, CPU が実際にはたらいっていた時間である. したがって USE 時間-CPU 時間は CPU のアイドル時間になる.

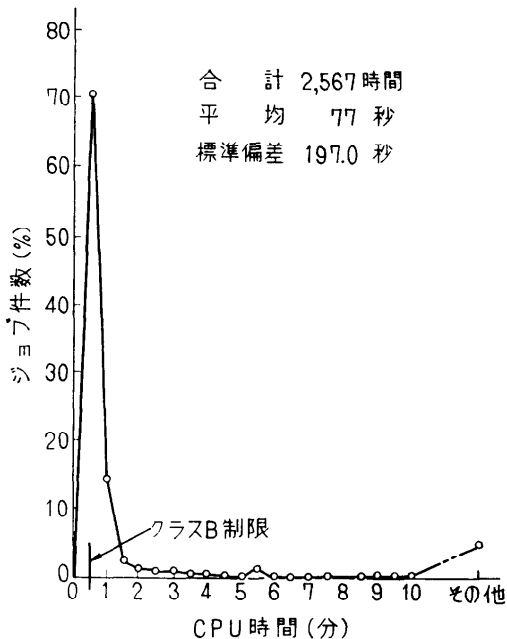


図6 CPU時間の分布 (主システムのみ)

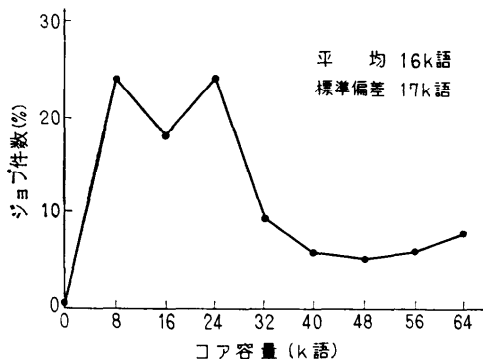


図7 ユーザプログラムの使用した容量の分布 (全ジョブ, 副システム分も含む)

(3) 使用コア容量 (図7). 8k語のステップでしか測っていないので余り正確ではない. このうち約10kW (副システムでは7kW) は OS 領域である. また他にドラムの256kWや磁気テープがユーザ用に使えるが, それらを使うユーザがどの位あるかは分析していない.

(4) 入力カード枚数 (図8). 1,000枚以上のかなり大きなジョブも多い. このシステムではプログラムとデータの枚数は区別していないのでその合計である.

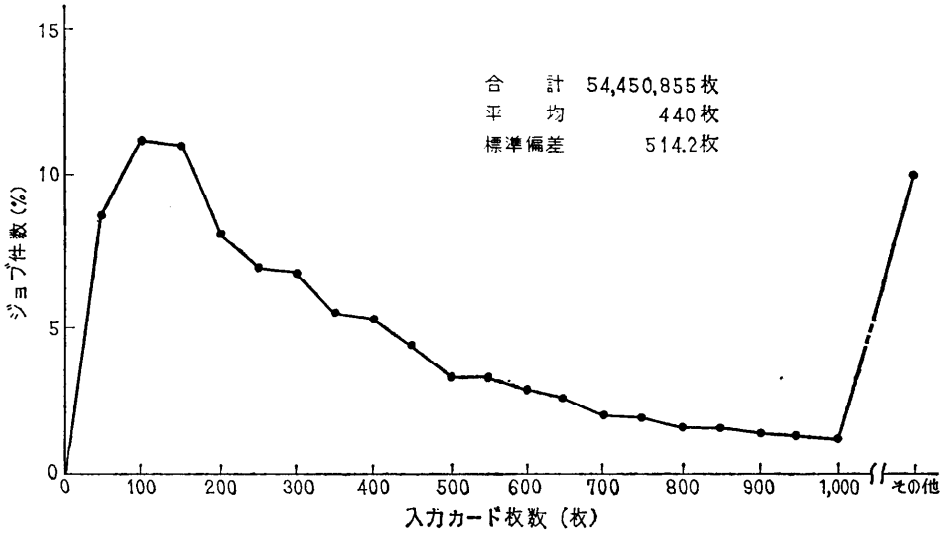


図 8 入力カード枚数の分布 (全ジョブ)

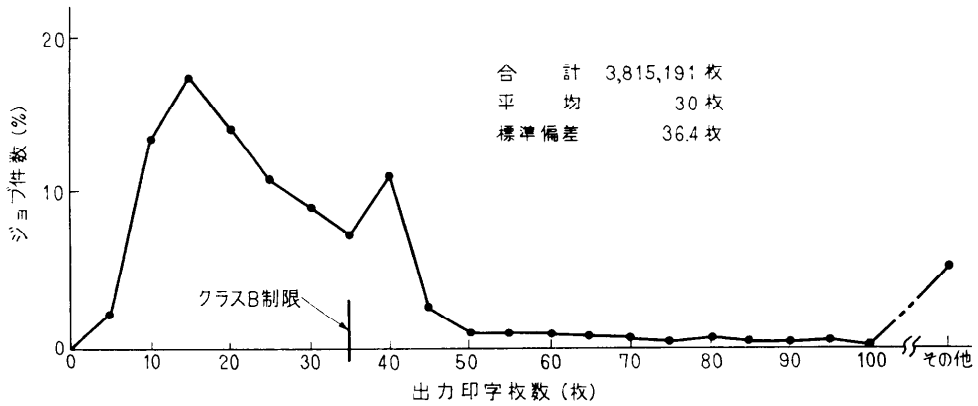


図 9 出力印字数の分布 (全ジョブ)

41年度	23%	10%	3%	13%	51%
	コンパイルエラー	時間オーバー	出力制限オーバー		正常終了
44年度	18%	14%	23%	13%	50%
		メモリ保護違反など	制御カードエラー		

図 10 終了原因の比較 (%は件数比)

(5) 出力印字数 (図 9). 10 枚から 40 枚が多い。

(6) 終了原因 (図 10). ジョブがどの形態で終わったかを表す終了原因は 57 種類あるが、それらを 6 つに分類して示した。このうち正常終了はみかけ上正

常の意味で論理ミスなどで答がおかしい場合をも含む。

(7) 処理待ち日数 (図 11). 東大センターに対するユーザの最大の不満はターンアラウンド時間が長いことである。図にみられるように、受付当日に処理できるのは 30% しかない。

(8) CPU に対する各パラメータの変化 (図 12 と図 13). この中で注目すべきことは CPU 効率である。平均は 68.9% であるが、図のように 20 秒以下の短いジョブでは 8~37% と大変に低い。これは主としてドラムやコンソール・タイプライタがネックになるためである。一方、図 13 にみるように、長時間ジョブでは CPU 効率は高い。

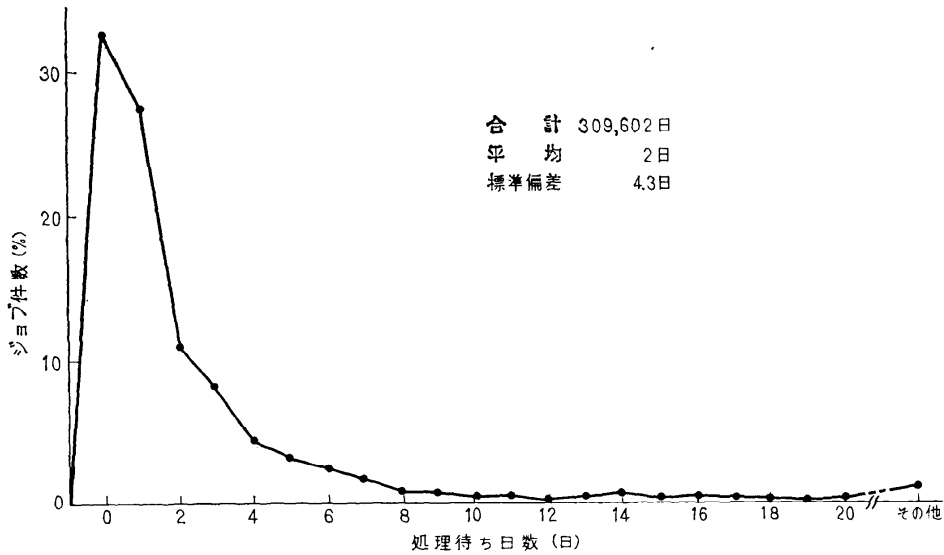


図 11 処理待ち日数の分布 (全ジョブ)

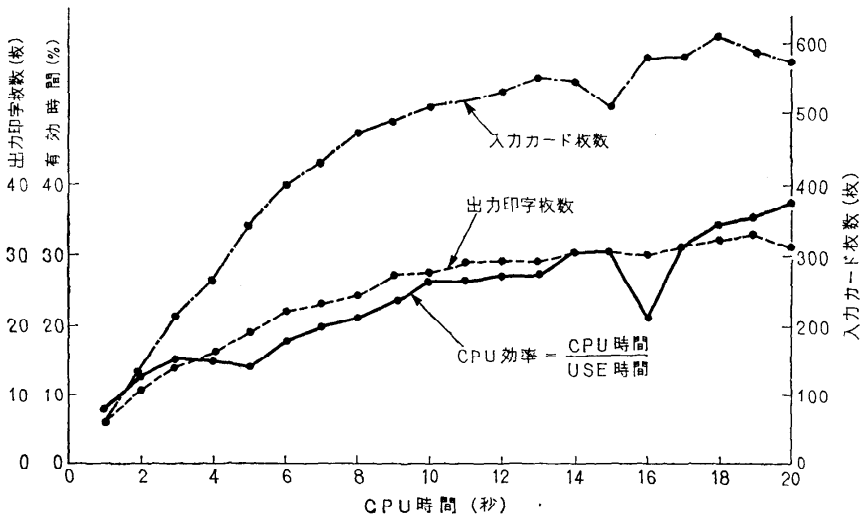


図 12 CPU 時間に対する各パラメータの分布 (全ジョブ)

(9) 最大ジョブ(表1). 東大ジョブがいかに多様かの1例として4つのジョブのデータを示した。ただしセンターではこれらの記録保持者の表彰は行っていない。

(10) 41年度(9カ月)のデータとの比較(表2). 東大ジョブの平均像をセンターの発足した41年度のデータと比較してみると表1のようになる。この表

は、CPUの処理速度が7.5倍になった(OSは同じ)のに、ユーザ・ジョブの大きさ(CPU時間)が約4倍になったために、処理件数は2倍弱にしかならなかったと解釈できる。これは非常に興味深い傾向である。

東大センターでは48年1月からCPUの処理能力がさらに約20倍(コア容量は約10倍)の新システム

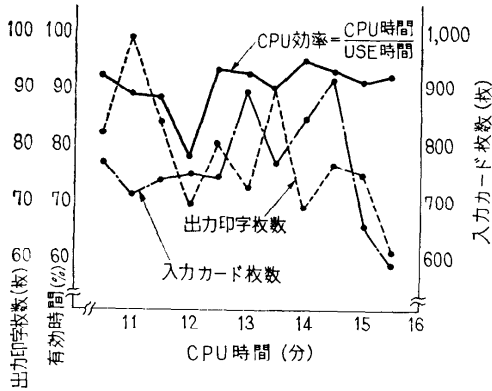


図 13 各パラメータの変化 (長時間ジョブ)

表 1 最大ジョブ記録 (H 5020 E)

ジョブ	(1) 最長時間	(2) 最多入力	(3) 最大印字	(4) 最多パンチ
CPU 時間 (秒)	6592	22	172	74
USE 時間 (時.分.秒)	5.02.25	3.09	28.27	2.21
入力カード枚数	40	12,170	879	2,144
出力印字枚数	503	9	1,114	84
出力カード枚数	193	2	2	3,004*
使用メモリ量 (kW)	16	16	24	64

\* 枚数オーバーでストップ。

HITAC 8800/8700 が動き出す予定であるが、そのときユーザ・ジョブの性格がどう変わるかは大いに興味のあるところである。

#### 4. おわりに

以上のべた分析の他に各種パラメータ間の相関、小型ジョブ (CPU 時間 120 秒以下) および長時間ジョブ (10 分以上)、大型ジョブ (コア 40 kW 以上) についても詳細な分析を行なったが、ここでは紙数の関係で省略する。

表 2 レベルアップ前後の比較

年 度	41 年	44 年	実質増加率
計 算 機	H 5020	H 5020 E+H 5020	—
Gibson mix (速度比)	13 μsec	1.7 μsec	7.6 倍
USE 時 間	177 sec	112 sec	—
CPU 時 間	144 sec	77 sec	4 倍**
CPU 効 率	81%	69%	低下
出力印字枚数	23 枚	30 枚	1.3 倍
出力カード枚数	23 枚	23 枚	不 変
入力カード枚数	不 明	440 枚	—
処理件数 (年間)	71,898	118,644	1.65 倍*
申請者数 (人)	1,648	2,191	1.3 倍

\* 他に副システムの分が 4% ある。  
\*\* Gibson mix 比を考慮してある。

東大センターではわずか 5% のジョブが全サービス時間の半分以上の 55% を使っている。この比率は計算機のレベルアップ前後で変わっていない。これこそは大学センターで大型機が必要とされる理由である。しかも数の上では小型ジョブが多いことから、マルチプログラミングで大型・長時間ジョブと小型ジョブを並行処理させることがスループットの向上に重要なことは、分析の結果から明らかである。

最後に本論を準備するに当たり、いろいろなご協力をえた東大センターおよび日立中研の関係者に感謝の意を表しておきたい。

#### 参 考 文 献

- 1) 座談会：“計算センター運営論——国立大学計算機センターの場合——”，情報処理学会誌，Vol. 13, No. 2, pp. 104-112 (1972)。
- 2) “昭和 46 年度計算機稼動状況表”，東京大学大型計算機センター年報，第 2 号，pp. 45-60 (1972)。

(昭和 47 年 4 月 6 日 受付)

(昭和 47 年 5 月 8 日 再受付)