

運用環境における TSS 計算機システムの性能測定

田畑孝一 藤井康雄 黒嶋 博 清水智恵子
(京都大学情報処理教育センター)

1. はじめに

TSS 計算機システムは同時に利用している不特定多数の端末利用者のそれぞれにそのシステムのあらゆる資源を自由な組合せと使用量で利用することを許しているので、ある時点にシステムにどのような負荷がかかるか予測しがたい。したがって、実際の運用環境においてシステムの性能評価を適切に行うことは難しい問題の一つである。

そこで、一定数の端末のすべてに予め定めた利用条件を与え、その下でシステムの性能測定を行うというように、特別な性能測定環境を設定した性能測定方法が採用されることも多い。しかしながら、そのような特別な性能測定環境で得た測定データと実際の運用環境における性能データには大きなギャップがあり、前者で得た性能データに今一つ現実感がないというののもいつわらざる所である。

そこで我々は運用環境の下で実際の端末利用者にとってより現実感に即した観点からシステムの性能を測定する必要性を感じ、我々の所属する京都大学情報処理教育センターの教育用計算機システムにおいて、次に述べるような性能測定を行った。

TSS 計算機システムの性能を評価するにあたっては、システム全体の能力とともに、個々の利用者に対して提供されるサービス能力を評価する必要がある。そのためにシステム内に一人の利用者を想定し、ディスクファイル上に構成した1台の模擬端末から予め定めたコマンド系列を终日繰返し入力し、多数のユーザが利用している実際の運用環境において、それらコマンドの応答時間を測定した。システム全体の能力の評価のために、上の測定と同時に、端末接続台数、CPU利用率、ディスク利用率、スワッピング回数、ページング数、全入力コマンド数、平均応答時間などを測定した。

本報告では、これらの測定方法と実測結果について述べ、それを基にシステムの評価を行う。

2. システムの構成と運用環境

まず、測定に用いた TSS 計算機システムの構成と運用環境について述べる。京都大学情報処理教育センターは京都大学の学内共同教育研究施設として、全学の学生と教職員を対象とした一般的情報処理教育を行うことを目的として設置され、昭和54年1月に教育用計算機システムの運用が開始された。本教育用計算機システムでは、多数の学生の実習を効率よく行い、しかも教育効果を高めるために65台のキャラクタディスプレイ端末装置を接続したタイムシェアリングシステムが採用され、TSS 主体の運用を行っており、年間で、000名の学生および教官によって利用されている。本センターを利用する学生は授業クラス単位でセンターに登録され、当該授業担当の教官の管理下におかれるが、端末装置の

利用については運用時間帯において各学生が随時、自由に利用している。本センターの運用開始から現在に到るまでの利用状況は、表1のとおりである。

表1 計算機システム利用状況

期 間	利 用 者 数*				使用件数		演 算 時 間	T S S 接 続 時 間	セ ッ シ ョ ン 平 均 時 間
	TSS のみ	バ ッ チ のみ	TSS バ ッ チ	利 用 総 数	T S S	バ ッ チ			
昭和54年度前期	人 1,599	人 20	人 133	人 1,752	件 43,704	件 4,497	秒 782,282	分 2,000,348	分 45.77
昭和54年度後期	983	7	120	1,110	30,538	3,802	414,660	662,384	21.69
昭和55年度前期	1,736	11	141	1,888	48,656	3,239	407,156	1,401,128	28.80

* その期間内に少なくとも1回利用した利用者の総数

性能測定対象計算機システムの構成において、性能測定に関係のある部分は次の通りである(図1)。

- ・CPU HITAC M-180 1台
- ・主記憶装置 6MB, バッファ記憶装置 64KB
- ・ディスクチャネル 2台
- ・磁気ディスク装置 10台(200MB/台), 総容量 2,000MB
- ・キャラクタ・ディスプレイ端末 65台
- ・グラフィック・ディスプレイ端末 3台
- ・公衆通信回線 20回線

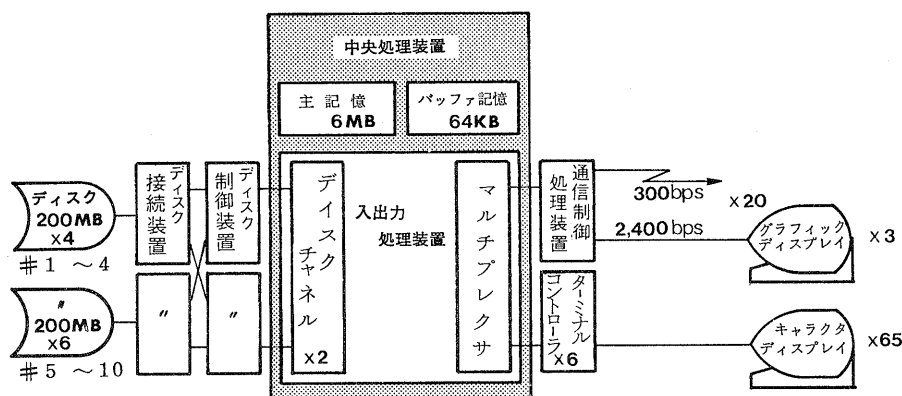


図1 システム構成概略図

3. コマンド応答時間の測定

運用環境(TSS運用時間帯)のもとでのコマンド応答時間を測定するために、我々は次の方法を採用した。

3. 1 模擬端末

本センターの計算機システムでは、60数台のTSS端末(実端末)が図2に示すように端末アクセスモジュールを経て、TSS制御プログラムに結ばれている。これらの他に測定のために1台の模擬端末をシステムソフトウェア内に想定し、この端末からのコマンドは、通信入出力シミュレータを経て上記の端末アクセスモジュールに供給される。すなわち、端末アクセスモジュールからみれば、利用者によって操作されつゝある実端末と、通信入出力シミュレータとは全く等価である。

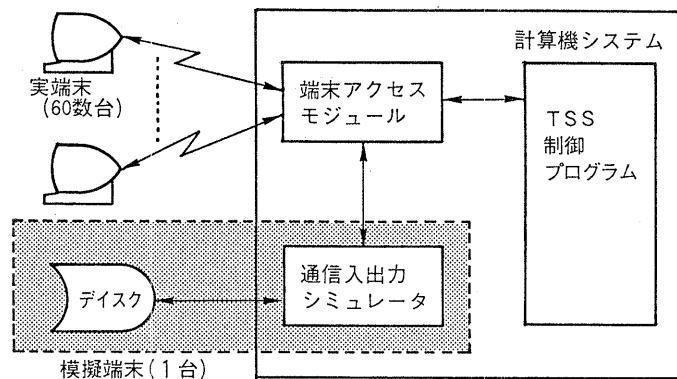


図2 模擬端末によるコマンド応答時間測定方法

模擬端末からの入力コマンド系列として、後に示すようなモデルを作成した(図3)。これを終日くり返し入力し、各コマンド毎の応答時間を求める。すなわち通信入出力シミュレータが端末アクセスモジュールにコマンドを供給した時刻と、端末アクセスモジュールから通信入出力シミュレータがそのレスポンスを受取った時刻との差として、そのコマンドに対するその時点での応答時間を測定する。模擬端末へのレスポンスは、それぞれに時刻印をつけてディスクに書き出される(この間、端末アクセスモジュールは多くの実端末からのコマンド・レスポンスを同時に処理している)。

模擬端末における応答時間は、実端末の場合のそれにくらべてキーボード装置あるいはディスプレイ装置と端末アクセスモジュール間の伝送時間だけ過剰に測定されるはずである。この差を推定するには、たとえば、TIMEコマンドのような簡単なコマンドを実端末から入力し、手動でその応答時間を測定し、これを模擬端末による測定結果と比較すればよい。LOGON、LOGOFFコマンドについては、通信入出力シミュレータの構成上の制約からモデル系列に組み込めないため実端末から応答時間を手動計時した。

3. 2 入力コマンド系列

模擬端末からどのようなコマンド系列を入力すべきかは、必ずしも単純な問題ではない。ここでは簡単なFORTRANプログラムのコンパイル・実行(実行型FORTRANと拡張FORTRANによる)を含む20個の入力コマンドの列をディスク上に用意しておき、これを1周期として連続的に反復使用した。各コ

マンドは1つ前のコマンドの応答があってから30秒(利用者の思考時間に相当)後に模擬端末に与えられるので、1周期は少なくとも10分かかることになり、1日に40回程度くり返し行なわれる。

図3はこの測定に用いた入力コマンド系列とそのレスポンスで、下線を付したものが入力コマンドである。

これらのレスポンスは上述のようにそれぞれのコマンド投入時刻とともにディスクに書き出され、TSS運用時間終了後に、それぞれの時点における応答時間および全測定時間における各コマンド毎の平均応答時間の計算、集計が行われる。

なおこのコマンド系列において、CGFORTは実行型FORTRANである。これは常駐型で応答が速いうえ、デバッグ機能にもすぐれ、また診断メッセージがていねいなため、本センターでもTSSでのプログラム開発に広く用いられている。FORTは拡張FORTRAN(非常駐型)を示す。この場合にはオブジェクトモジュールやロードモジュールをディスクに格納するための時間も必要とされるので応答が遅くなる。TIMETESTという同一の測定用例題プログラムを上記2種類のFORTRANのRUNコマンドでコンパイルし実行させた。その他EDIT, LIST, SAVE, TIMEコマンドにより応答時間の測定を行った。

```

READY
EDIT TIMETEST CGFORT
EDIT
LIST
00010      DIMENSION A(2,2),B(2,2),C(2,2)
00020      DATA A,B/1.,2.,3.,4.,2.,4.,6.,8./
00030      K=2
00040      CALL AB(A,B,C,K)
00050      WRITE(6,100) ((C(I,J),I=1,K),J=1,K)
00060 100   FORMAT(1H ,4F10.5)
00070      STOP
00080      END
00090      SUBROUTINE AB(X,Y,Z,KK)
00100      DIMENSION X(KK,KK),Y(KK,KK),Z(KK,KK)
00110      DO 10 I=1,KK
00120      DO 10 J=1,KK
00130      Z(I,J)=0.0
00140      DO 10 K=1,KK
00150 10    Z(I,J)=Z(I,J)+X(I,K)*Y(K,J)
00160      RETURN
00170      END
END OF DATA
SAVE
EDIT
RUN
14.00000  20.00000  30.00000  44.00000
EDIT
END
READY
TIME
TIME=15:14:23
READY
TIME
TIME=15:14:54
READY
TIME
TIME=15:15:24
READY
TIME
TIME=15:15:54
READY
TIME
TIME=15:16:24
READY
EDIT TIMETEST FORT
EDIT
LIST
00010      DIMENSION A(2,2),B(2,2),C(2,2)
00020      DATA A,B/1.,2.,3.,4.,2.,4.,6.,8./
00030      K=2
00040      CALL AB(A,B,C,K)
00050      WRITE(6,100) ((C(I,J),I=1,K),J=1,K)
00060 100   FORMAT(1H ,4F10.5)
00070      STOP
00080      END
00090      SUBROUTINE AB(X,Y,Z,KK)
00100      DIMENSION X(KK,KK),Y(KK,KK),Z(KK,KK)
00110      DO 10 I=1,KK
00120      DO 10 J=1,KK
00130      Z(I,J)=0.0
00140      DO 10 K=1,KK
00150 10    Z(I,J)=Z(I,J)+X(I,K)*Y(K,J)
00160      RETURN
00170      END
END OF DATA
SAVE
EDIT
RUN
XFORTRAN ENTERED
SOURCE ANALYZED
PROGRAM NAME=MAIN
*NO ERROR IN THIS COMPILATION
SOURCE ANALYZED
PROGRAM NAME=AB
*NO ERROR IN THIS COMPILATION
14.00000  20.00000  30.00000  44.00000
EDIT
END
READY
TIME
TIME=15:19:23
READY
TIME
TIME=15:19:54
READY
TIME
TIME=15:20:24
READY
TIME
TIME=15:20:53
READY
TIME
TIME=15:21:24
READY

```

図3 模擬端末上のコマンド・レスポンス

4. 内部特性の測定

コマンド応答時間のような外部的特性は、内部的な動作特性の総合作用の反映とみられるので、ある特定のコマンドに対する応答時間が特に長いようなときに、その時点におけるシステムの環境や内部動作特性とを関連づけて解析することによりその原因を見出し得る場合も予想されるが、一般に外部的特性と内部的動作特性との間の直接的な因果関係を探るためには、特別な技法が要求されそれを稼働中のシステムに導入することは容易でない。そこで我々はシステム資源（CPU、メモリ、チャネル、ディスク等）の平均的な利用状況を調べ、これを外部的特性に対する間接的な目安として意義づけようと考えた。

さいわい、本システムのOS（VOS3）はシステム動作情報収集機能（SAR）をもち、この機能を利用して目的とするデータをかなりの程度まで採集することが出来た。

システムの性能に影響する要因として、以下の項目について調査する。

- ・接続端末台数
 - ・バッチ処理状況（TSSと平行して処理されているバッチジョブ）
 - ・ディスクの使用状況（ディスク毎のデータセットの種類および個数と容量）
SARによって次の情報を収集する。
 - ・CPU動作情報
 - ・ページング情報（実記憶域の使用ページ数、スワッピング回数など）
 - ・負荷情報（TSS、バッチ等のジョブの処理形態に対するサービス量、トランザクション数など）
 - ・チャネル動作情報（チャネルのビジー率など）
 - ・装置動作情報（ディスクのビジー率など）
- である。

本測定にあたって我々は、10分間毎に下記のデータを収集し、その時点におけるコマンド応答時間との関連について考察した。

(1) CPU利用率(%) 10分間においてCPUが命令を実行した時間の割合

(2) ディスクチャネルビジー率(%) 10分間において250msのインターバルでサンプリングを行い、ディスクチャネルがビジーであった割合

(3) ディスクビジー率(%) 10分間において250msのインターバルでサンプリングを行い、その時I/O動作中だった割合

(4) CPUサービス量(秒) 10分間において全ジョブ（TSSジョブ、バッチジョブ別に）の受けたCPUのサービス時間の合計

(5) スワッピング回数 10分間におけるスワップアウトの総回数

(6) ページング 10分間においてページイン（スワップインに伴うものは含めない）されたページ数

5. 測定結果

表2は昭和55年5月30日に模擬端末によって測定した図3の各コマンドに対する応答時間（平均値および最大値）と、SARによって採集されたシステム内各部

表2 計算機システムの性能測定データ

項 目			昭和55年 5月30日（金）		模擬端末 1台	備 考	
			平均値	最大値			
1	端末台数		48.0	60	1		
2	コマンド 応答時間 秒	LOGON	10.1	20.6	—	手動計時	計時 模 擬 端 末 に よ る 測 定 用 例 題
		EDIT	1.57	5.65	0.63		
		LIST	0.52	2.52	0.05		
		SAVE	0.69	1.81	0.25		
		RUN (1)	0.88	2.35	0.30		
		RUN (2)	15.77	38.74	7.91		
		END	0.82	3.02	0.13		
		TIME	0.31	2.35	0.03		
		TIME	1.0	1.6	—		
	LOGOFF	2.5	6.5	—	手動計時		
3	CPU利用率 %		34.19	59.68	4.64		
4	ディスク チャンネル ビジー率 %	# 1	15.61	25.72	0.42		
		# 2	15.37	25.14	0.39		
5	ディスク ビジー率 %	# 1	20.80	38.18	0.52	システムレジデント，スワップ	6 0 0 秒 間 に 於 ける 平 均 利 用 率
		# 2	9.72	17.56	0.00	利用者ファイル，ページ，スワップ	
		# 3	4.71	12.32	0.00	利用者ファイル，ページ	
		# 4	8.10	17.13	0.00	利用者ファイル，ページ，スワップ	
		# 5	27.59	52.08	0.62	システムレジデント，カタログ	
		# 6	18.92	41.71	0.37	スプール	
		# 7	10.95	21.59	0.00	利用者ファイル，スワップ	
		# 8	1.44	3.62	0.00	利用者ファイル	
		# 9	2.29	6.91	0.22	利用者ファイル	
		#10	—	—	—	予 備	
6	C P U サービス量 秒	TSS	61.09	107.27	2.38	600秒間当り	
		バッチ	9.39	95.30	0.05		
7	スワッピング 回数		356	604	4		
8	入力コマンド 数		787	1,189	20		
9	ページング ページ数		8.57	16.45	0.00	600秒間にページインされたページ数を 1秒当りに換算したもの	
10	全コマンド 応答時間 秒		0.81	1.42	0.50	全コマンドの平均	

の平均的動作特性ならびに端末接続台数(平均値および最大値)の実測結果である。比較のため模擬端末1台のみで同様の測定を行った。

またこれらの測定を行った日の端末接続台数(表2の項目1に相当)の10分毎の変動状況が図4に示されている。

表2の項目2のうち, LOGONとLOGOFFコマンドに対しては, 実端末における応答時間の手動計時結果が示されている。またTIMEコマンドに対しては, 実端末による手動計時と模擬端末による自動計時の結果が並記されている。

LOGON, LOGOFFおよびTIMEコマンドの手動計時は午前10時30分から11時の間にそれぞれ20回行われている。

なおRUN(1)は、測定用プログラム TIME TEST(図3参照)をCGFORTのRUNで、RUN(2)は同じプログラムをFORTのRUNで実行させた場合の応答時間である。これら自動計時によるコマンドの応答時間は、その日の全運用時間にわたっての測定値、すなわち、測定用コマンド系列の約40周期についての測定に基づく平均値と最大値である。

表2の項目3以下はすべてSARにより、10分間隔で収集した内部動作特性であって、項目6, 7, 8は600秒間当りの値、項目9は600秒間にページインされたページ数を1秒当りに換算したもの、項目10は全コマンド(模擬端末およびすべての実端末からの入力を含む)についての平均応答時間である。

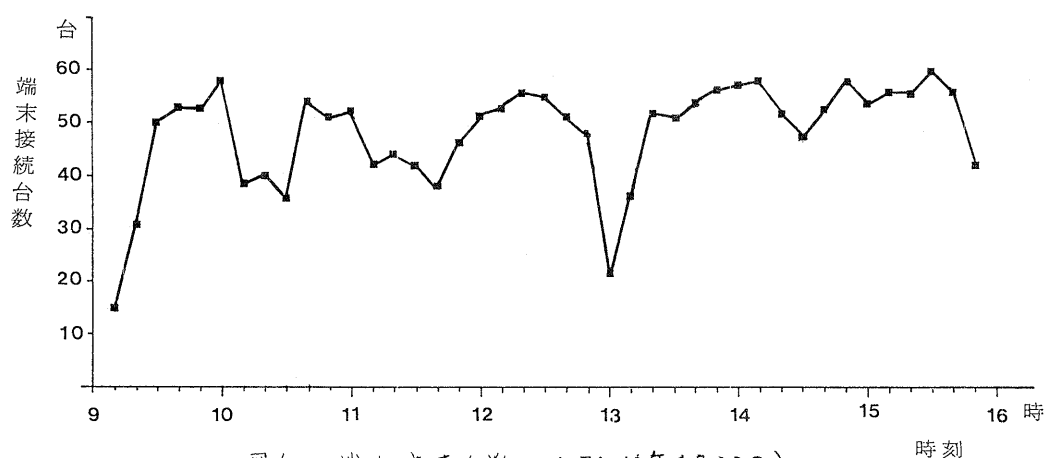


図4 端末接続台数 (昭和55年5月30日)

これらの性能実測データにより、本センターの教育用計算機システムの性能はますますのところにありといえる。接続端末台数が多い状態においても、模擬端末からの各種コマンドに対する応答速度は、ほぼ満足できる状況にある。また同時に収集したシステムの種々の内部特性データも、ほぼバランスした値を示している。

6. おわりに

運用環境におけるTSS計算機システムにおいて、実際の端末利用者にとってより現実感に即した観点から、システムの性能を測定する一つの手法を提案し、それに基づき我々の所属する京都大学情報処理教育センターの教育用計算機システムの性能測定を行った。

ここで得た測定データは、あくまで本計算機システムのある一つの断面を表現しているに過ぎない。というのは、本センターの計算機システムのオペレーティングシステムには、他の多くの機種と計算機と同様、運用環境にシステムを調整

するための運用パラメータがかかり多く用意されているが、それら多くのパラメータの設定が我々のセンター運用に必ずしも最適なものとはいえないからである。また、性能データはファイル（管理ファイル、利用者ファイル、スワッピングファイル、ページングファイルなど）のディスク上への割付方によっても変わるが、割付をどのように行うかは、全く我々センターの運用上の責任である。

従来から全国共同利用7大学大型計算機センターでは、課金体系を設定するための参考として、互いに合意を得たバッチジョブ（複叙）をそれぞれ実行し、それらの実行速度によって互いの計算機システムの能力を比較している。それと同様に、TSSジョブの観点から、TSSサービスセンターを互いに比較する何らかの目安があってもよいのではないかと考えられる。TSSサービスセンターが、それぞれの計算機システム内に、ここで提案したような模擬端末を用意し、それから互いのセンターで合意のとれたTSSコマンド系列を運用中に入力し、応答時間を計測することによって互いの計算機システムの比較を行うのも一つの行き方であろう。