

資料

TSS の利用分析とシステム評価*

宮崎 正俊** 小畑 征二郎** 大泉 充郎***

Abstract

The characteristics of user behaviors of the time-sharing system implemented in Tohoku University Computer Center are shown by analysing the log data obtained during a computer operation. With careful consideration, the results may be applicable to other systems in development and implementation.

Some considerations upon performance evaluation based on the log data are also given. A response analysis is performed by defining a response ratio using command CPU and elapsed time. A method to calculate CPU utilization using session time is proposed. These techniques may be useful to estimate rough performance because of simplicity and feasibility of data acquisition.

1. はじめに

タイム・シェアリング・システム(TSS)は一括処理方式とは異なり、個々のユーザが端末機器を通して直接計算機と接するため、計算機とユーザの実時間的な結びつきがより緊密となり、ユーザがシステムに与える負荷は動的に変化し、一方ではユーザが受ける作業能率上のあるいは心理的な影響は、システムの性能に大きく依存する。

このような計算機とユーザの係り合いの傾向を把握することは、より効果的な運用、システムの拡張あるいはシステムの開発などを検討する上で重要なことであろう。TSSの理論的な動作解析あるいはシステム評価に関する成果は種々報告されており、また特定のシステムに関する実際のデータもいくつか公表されている^{1)~3)}。わが国においては一括処理に関するこのような実際のデータが報告された例はあるが、TSSについてはあまり例がないと思われる。

本稿では大学間共同利用の東北大学大型計算機セン

ターの科学技術計算を主目的とした TSS (NEAC-TSS, phase 0) について、その稼動記録をもとにして分析したユーザの利用傾向、TSS ファイルの使用状況、システムの動作状態などを報告する。さらにシステムの応答性や効率などのようなシステム評価の問題についても考察を加える。

報告の対象となる東北大学の TSS⁴⁾ は昭和44年の秋に試験運用が始まり、その後ユーザの支持と協力により逐次拡張され、現在では64台の端末装置(回線はすべて特定回線で速度50 BPSが57台、1,200 BPSが7台)が接続されており(東北地方の主な大学、高専など)、ユーザの登録数も約600名に達している。そのサービス時間は月間250から300時間になっており、このTSSに対するユーザの依存度は極めて大きい。

2. システムの概要

本 TSS のハードウェアには NEAC シリーズ 2200 モデル 500 を使用しており、Fig. 1 (次頁参照)に示すような構成で、主記憶は 512k 字 (64k 語、1 語 48 ビット) を備えている。中央処理装置 (CPU) の平均命令実行時間は 4.5 マイクロ秒、主記憶のサイクル・タイムは 1.5 マイクロ秒/8 字である。磁気ディスク装置 A (全容量 28.8 M 字) の平均アクセス時間は 97.5 ミリ秒 (シーク 85 ミリ秒、回転待ち 12.5 ミリ秒)、

* Usage Analysis and Performance Evaluation of Time-sharing System by Masatoshi MIYAZAKI, Seijiro OBATA (Tohoku University Computer Center) and Juro OIZUMI (University of Electro-Communication).

** 東北大学大型計算機センター

*** 電気通信大学

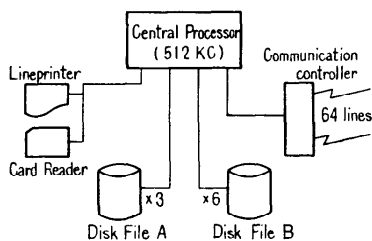


Fig. 1 System configuration of Tohoku University TSS.

転送速度 203 k 字/秒であり、これはシステム・プログラムや稼働記録（ログ）などの格納のためのシステム・ファイルとして用いる。磁気ディスク装置 B（全容量 210 M 字）の平均アクセス時間は 62.5 ミリ秒（シーク 50 ミリ秒、回転待ち 12.5 ミリ秒）、転送速度は 416.7 k 字/秒であり、この中の 1 台はロール I/O 用、他はユーザ用のファイル領域として使っている。オペレーティング・システムは科学技術計算を主な対象として開発された NEAC-TSS を東北大学用に一部改造したものを使用している。

ユーザは端末からコマンドを用いてシステムと会話（セッション）を行う。1つの会話とは端末から会話の開始コマンドが入力されてから会話の終了コマンドが入力されるまでの間をいい、この間はその端末は論理的にシステムと接続されており、ユーザは約 40 種のコマンドを使って仕事をすることができる。この会話中の端末のことをアクティブ端末と呼んでいる。なお、同時に会話可能な端末の数を最大アクティブ端末数と呼んでおり、これはシステムの処理能力の関係で 32 端末に制限している。コマンドが入力されるとそのコマンドの機能に対応したプログラムが呼び出され実行される。このプログラムの中には、ユーザが作成してファイルに入れてある実行形式のプログラムも含まれる。

主記憶のユーザ領域は 7 つの固定パーティションに分割されており（多重度が 7）、ここで実行中のプログラムがクォンタム（現在は 500 ミリ秒）を消費したとき、端末入出力の要求が発生した場合は、ロール I/O 用のディスクへロール・アウトされる。主記憶における CPU の割当方式およびロール・インの制御はともにラウンド・ロビン方式である。

ユーザのプログラムやデータを預け入れておくファイル・システムは、次のようになっている。ファイル領域の最小単位は UOA と呼ばれる器で、これには

50 行（1行=144 字）の情報を入れることができる。UOA はユーザ用のものが全体で約 19,000 個あり、これらを各端末ごとにユーザ数に応じて割当てる。1つのファイルはこの UOA を必要なだけ結合（最大 30 個まで）して領域を確保する。個々のファイルはその内容によってソース・プログラム用のソース・ファイル、相対形式プログラム用のリロケータブル・ファイル、実行形式プログラム用のオブジェクト・ファイル、データを入れるためのデータ・ファイル、修正情報を入れるためのアップデート・ファイルの 5 つの種類に区別されている。

この TSS は稼働中に使われたすべてのコマンドに関する情報が各コマンドの終了時点で自動的にログ・ファイルに記録されるようになっている。この情報とはコマンド名、ユーザ名、年月日、コマンドの開始・終了時刻、使われた CPU 時間、コマンドが入力された端末番号、そのコマンドのロール I/O の回数などである。また、ファイルに関しては、個々のファイルごとにそのファイル名、ユーザ名、作成年月日、最終アクセス年月日、アクセス回数の累積、最終修正年月日、修正回数の累積、ファイルの種類などがディレクタリに記録されている。このディレクタリの内容は毎日 1 回磁気テープに記録するようにしている。このコマンドに関する記録やディレクタリにあるような稼働記録を分析したものが以下の報告である。

3. 利用の傾向

本章では、ユーザの TSS 利用の傾向として、1日のサービス時間帯における会話の変動、使用コマンドの特性、ファイルの使用状況などについて示す。

3.1 アクティブ端末数の変動

時刻とアクティブ端末数の関係に関する分析は、次のように行った。最初にサービス開始時刻（10時）からサービス終了時刻（24時）までの時間帯を 5 分間隔に分け、コマンドごとの記録から各時点でのアクティブ端末数を求める。次にこのデータから各会話について、その会話が行われたときのアクティブ端末数を決定する。この際、会話の間にはアクティブ端末数は変化するので、その会話内の各時点におけるアクティブ端末数の平均をその会話が行われたときのアクティブ端末数と定義する。アクティブ端末数ごとのコマンドの分析に関しても同様の方法を用いる。

この分析は年度を通して最も利用需要の多い 2 月のデータ（昭和 51 年）をもとに行った。Fig. 2（次頁参照）

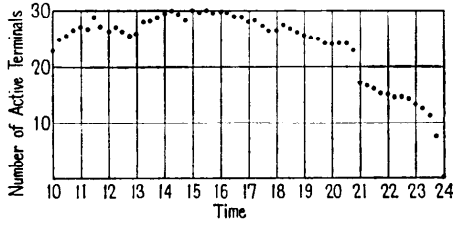


Fig. 2 Mean number of active terminals.

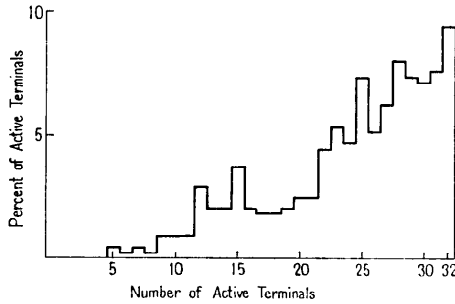
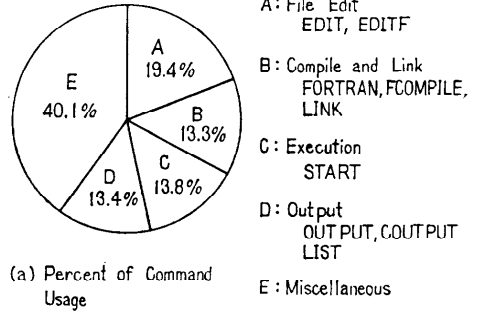


Fig. 3 Rate of active terminals.

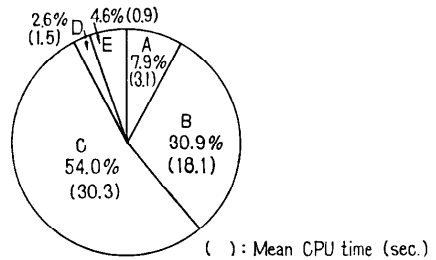
はサービス時間帯における平均アクティブ端末数の変動を示したものである。これによると、アクティブ端末数はサービス開始後すぐに 20 を越え、昼食時に一旦減少するが、午後再び増加し夕刻までほとんど最大アクティブ端末数 (32 端末) 近くになっている。勤務時間の終る 17 時以降は徐々に減少していくが、21 時以降急激に減るのはセンター内のオープン利用の端末を 21 時で切り離すためである。混雑期とはいえ、昼間はもちろんのこと夜間も非常によく利用されていることが分かる。Fig. 3 は Fig. 2 と同じデータからアクティブ端末数の比率を求めたものである。最大アクティブ端末数に近い状態が相当の比率を占めることは、このシステムに対する負荷がかなり大きいことを示している。また、アクティブ端末数 32 の状態が 10% 近くもあることは、潜在的な会話要求がまだ相当数あると考えてよいであろう。

3.2 コマンドと会話の分析

Fig. 4 は、年度を通して最も利用の少ない 4 月、中程度の 8 月および混雑期に入る 11 月の各 1 週間のデータ (昭和 50 年) について、コマンドを代表的な 4 つの機能のグループに分け、その使用頻度とコマンド CPU 時間 (コマンドで行われる処理に要した CPU 時間) の比率を求めたものである。これによると、各グループとも、ほぼ同じ比率で使用されていることが分かる。ところが CPU 時間の比率では、差異がはっきり現わ



(a) Percent of Command Usage



(b) Percent of CPU time

Fig. 4 Usage rate of commands and CPU time.

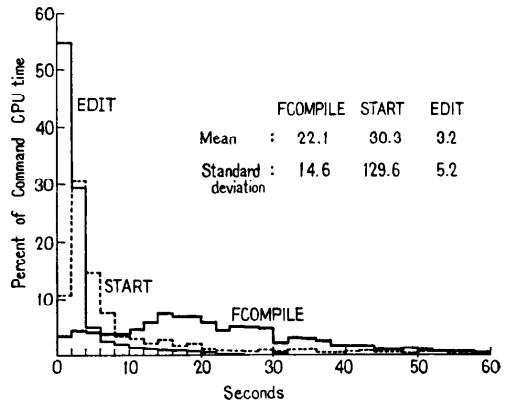


Fig. 5 Command CPU time.

れ、プログラムの実行や翻訳・結合が非常に多くの CPU 時間を使用していることが分かる。Fig. 5 は代表的なコマンドの CPU 時間の分布を示したものである。これによると A グループに属する EDIT コマンドは CPU 時間をほとんど使用しないことがわかる。また B グループに属する FCOMPILE コマンドは翻訳エラーになるか、結合まで行って実行形式プログラムが作られるかによって異なり、CPU 時間にかなりのバラツキが見られる。また、Cグループに属す

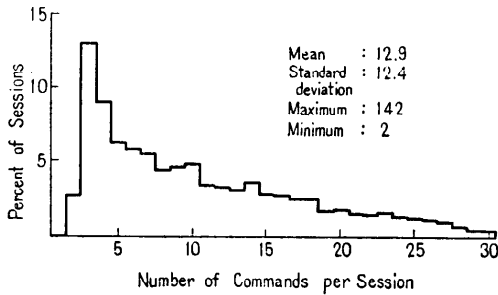


Fig. 6 Number of commands used in a session.

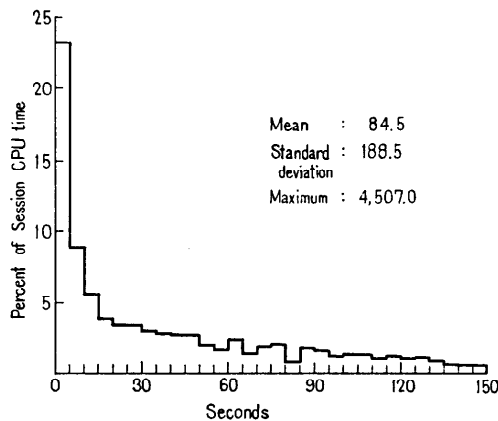


Fig. 7 CPU time used in a session.

る START コマンドでは、3 から 4 秒程度の計算が最も多い。しかし平均が 30.3 秒、標準偏差が 129.6 秒であることは、TSS でかなり大きな計算を行っているユーザもいることを示している。

Fig. 6 は一会話における使用コマンド数の分布を示したものである。一会話には最低でも会話の開始と終了を指定する 2 個のコマンドが必要である。ところがこの図によるとコマンドを 3 個しか使用していない会話が 13% 近く占めている。このことは実際の処理に 1 コマンドだけしか使用しないような利用の仕方も相当あることを示している。なお、このデータは一会話中システムに正しく受け付けられたコマンド数の分布であってその平均は 12.9 個であるが、ユーザは一般にコマンドの入力段階でコマンド名やパラメータの誤入力をする場合がある。これを含めた一会話のコマンド数の平均は 13.6 個となっている。したがって、一会話につき平均 0.7 個のコマンドの入力ミスがあることになる。

Fig. 7 は一会話における使用 CPU 時間の分布を

示したものである。これによると CPU 時間が 5 秒程度の会話が 20% 以上も占める。また 80% 近くのユーザが CPU 時間 2 分以内で会話を終了している。このことは、80% 近くのユーザは TSS 本来の会話型の利用を行っていることを示している。ところが一会話の平均 CPU 時間は 84.5 秒、最大が約 1 時間 15 分も使用していることは、残りの 20% 近くのユーザはかなり大量の実計算を行っていることになる。

3.3 ファイル利用の分析

一般にファイル利用の動的な変化を詳細に記録することは困難である。そこで、ここではサービス開始前に毎日磁気テープに保存しているディレクトリの内容を使用してファイル利用の分析を行った。ディレクトリの内容はある時点でのファイルの状態を示すものであるが、ファイルの作成年月日や参照回数などある程度の履歴は知ることができる。

Fig. 8 は、昭和 50 年 4 月から 1 年間の各月における毎日の保存ファイル数と全使用 UOA 数の平均を示したものである。これによると、いずれも 11 月頃までは直線的に増加する傾向がある。ところが 11 月以降ファイル数は若干まだ増える傾向が見られるが、使用 UOA 数ではほぼ一定となる。これはファイルの使用領域が容量の限界に近くなって窮屈になり、容量が大きく参照回数の少ないファイルや再生可能なファイル（オブジェクト・ファイルなど）が整理されるためと思われる。

Fig. 9 (次頁参照) は Fig. 8 のデータに関して、ファイル種別の比率を示したものである。これによると

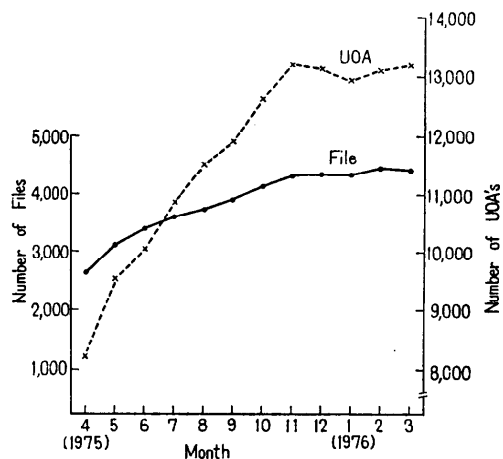


Fig. 8 Trends of total number of files and UOA usage.

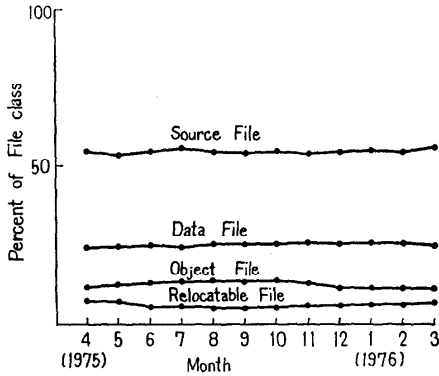


Fig. 9 Trends of file class rate.

比率はいずれも1年を通して大きな変化は見られない。しかし、オブジェクト・ファイルはファイルが混雑してくるに従って若干小さくなっていく。また、リロケートブル・ファイルは本来テンポラリーに発生するもので保存しないはずであるが、1年を通してその数が変わらずに存在することは、プログラム間でのサブルーチンの共用をリロケートブル形式で行っている場合が相当数あるためと思われる。

ファイル数ではソース・ファイルとデータ・ファイルの占める割合が圧倒的に大きいことを示している。このことから TSS ファイル自身ソース・プログラムやデータの格納領域的性格をもっていることが分かる。TSS におけるファイル・システムの発想が端末からいちいちプログラムやデータを入力する労力を軽減するための性格があるならば当然のことと思われる。しかし、プログラムの実行を前提にした場合には、オブジェクト・プログラムの形で格納しておいた方がより合理的なはずである。ところが、オブジェクト・ファイルは1ファイルにつき平均7.3UOA (Fig. 10 参照) を使用するため、混雑期になればなる程必要なのにもかかわらずファイル容量の関係で消去せざるを得ないことは問題であろう。なお、アップデート・ファ

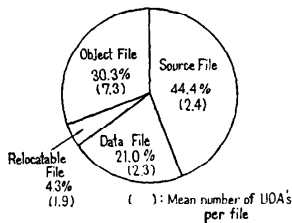


Fig. 10 Rate of UOA's used in each file class.

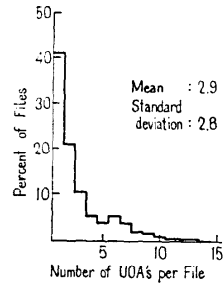


Fig. 11 Rate of UOA usage in a file.

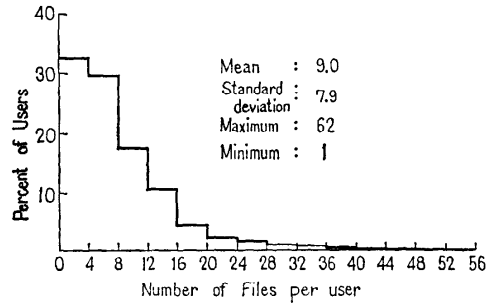


Fig. 12 Rate of file usage per user.

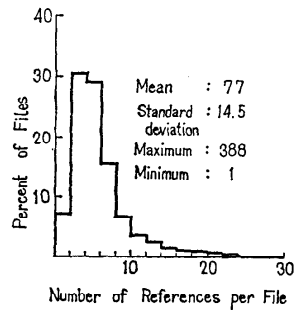


Fig. 13 Reference rate of files.

イルは全く使われていない。

Fig. 10~13 と Table 1 (次頁参照) は、昭和51年2月上旬の1週間のディレクトリの内容を分析したものである。Fig. 10 はファイル種別ごとの使用 UOA 数の比率を示したものである。ファイル数の比率と使用 UOA 数の比率を比較してみると、ソース・ファイル、データ・ファイルおよびリロケートブル・ファイルではほぼ同じ比率であるが、オブジェクト・ファイルはファイル数で12%前後しかないものが UOA 数では30.3%も占め、ファイル領域をかなり圧迫してい

Table 1 Elapsed time, number of references and reference interval of files.

Item		File Class				
		Source File	Data File	Relocatable File	Object File	Total
Elapsed Time (days)	Mean	187.9	159.2	83.2	135.7	166.8
	Standard deviation	217.9	199.6	152.8	192.0	208.3
	Maximum	1074	996	969	1006	1074
Number of References	Mean	6.1	7.6	10.4	13.7	7.7
	Standard deviation	4.9	14.8	18.5	30.1	14.5
	Maximum	141	371	148	388	388
Reference Interval (days)	Mean	29.8	24.4	12.8	14.0	25.3
	Standard deviation	33.7	33.6	31.9	21.6	32.9
	Maximum	275	326	363	214	363

ることが明らかである。プログラムをどちらの形式で保存するかは、ファイル領域、経費、作業能率などによって決まると思われる。

Fig. 11はファイルの使用 UOA 数の分布を示したものである。これによると1 UOA を使用するファイルが最も多く42%も占め、その後は急激に減少し、ほぼ4 UOAで全体のファイルの約80%近くを占めていることが分かる。また、6 UOA 付近に小さな山が見られるがこれはオブジェクト・ファイルの影響と思われる。

Fig. 12は実際にファイルを預けているユーザ1人当りの使用ファイル数の分布を示したものである。これによると使用ファイル数が4個以内のユーザが最も多く33%も占め、80%近くの利用者が12個以内となっている。また、1人当りの平均使用数は、9.0個となっている。この内訳は、ソース・ファイルが4.9個、データ・ファイルが2.4個、リロケートブル・ファイルが0.6個およびオブジェクト・ファイルが1.1個である。

Fig. 13は1ファイルの参照回数の分布を示したものである。参照回数は4から6回までのものが最も多く、8回までで全体の80%を占めている。このことからファイルの参照は全般的に意外と少ないことが分かる。Table 1はファイル種別ごとの保存期間、参照回数および参照間隔に関するデータを示したものである。これによると保存期間ではリロケートブル・ファイルが他に比べて短くなっているが、これはこのファイルがもともとテンポラリー的な性格をもつためであろう。なお、標準偏差が比較的大きいのは前述のようにサブルーチンの共用のために長期間保存されているものと思われる。参照回数ではソース・ファイルとデータ・ファイルは他より小さく、当然ではあるが逆に参照間隔はリロケートブル・ファイルとオブジ

ェクト・ファイルが短くなっている。このことはソース・ファイルやデータ・ファイルは保存用としての傾向が強い反面、リロケートブル・ファイルとオブジェクト・ファイルは頻繁に使用することを前提とした作業用の傾向をもつことを示している。

4. システムの評価

一般に TSS を評価する場合は、ユーザ側から見たときのシステムの応答性とシステム側から見たときのシステム効率が問題にされる。ところが応答性や効率の尺度はシステムやその環境によってまちまちであり一般的な議論は困難である。この章では稼動記録から得られるデータをもとにして独自の尺度を定義し、これらの問題を考察する。

4.1 システムの応答性

実際にシステムの応答性として問題になるのは、ユーザが端末からある情報を入力し終ってから次にシステムから何らかの応答が返ってくるまでの時間、あるいはある仕事を依頼してその結果が出力されるまでの時間であろう。前者は一般に応答時間と呼ばれているようであるが、この時間を測定するのは比較的困難である。後者は通常コマンド実行時間(コマンドの動作が開始してから終了するまでの時間)から端末入出力に要する時間とユーザの思考時間を差引いたものと考えられるが、これを正確に求めるのもやはり困難である。

そこで、本稿ではコマンド実行時間とその間に使われた CPU 時間を用いてシステムの応答性を議論する。いま、アクティブ端末数が i のときに実行されたコマンドの個数を N_i とし、このときの個々のコマンド実行時間を U_{ij} 、CPU 時間を C_{ij} とする ($j=1, 2, \dots, N_i$)。 U_{ij}/C_{ij} は各コマンドが単位 CPU 時間のサービスを受けるのに必要なコマンド実行時間であり、

$\{\sum_{j=1}^{N_i} (U_{ij}/C_{ij})\}/N_i$ はアクティブ端末が i のときの単位 CPU 時間当りの平均コマンド実行時間となる。これは i の増加に伴って増大する傾向をもつので、これをアクティブ端末数と応答性の関係を示す尺度として用いることが考えられる。しかし、 U_{ij}/C_{ij} の中にはユーザの意図的な操作により極端に大きな値をとるものもあり、これが平均コマンド実行時間に大きな影響を与える場合がある。そこで、 U_{ij}/C_{ij} の調和平均 $\bar{U}_i = \{1/N_i \sum_{j=1}^{N_i} (C_{ij}/U_{ij})\}^{-1}$ を用いることにし、これをアクティブ端末数が i のときの単位 CPU 時間当りの平均コマンド実行時間と定義する。

i のある値 $K(K > 1)$ に対して、 $i \leq K$ における U_{ij}/C_{ij} の値がほぼ等しくなるような K が通常は存在する。これは、 $i \leq K$ では端末の負荷をシステムがある程度吸収することができ、 U_{ij}/C_{ij} にはほとんど影響を与えないからである。ここで $i \leq K$ における U_{ij}/C_{ij} の調和平均 $\bar{U} = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{N_i} (C_{ij}/U_{ij})}{\sum_{i=1}^K N_i} \right\}^{-1}$ をコマンドの基準実行時間と考える。つまり、 \bar{U} はシステムにまだ余裕があり他の端末の影響をほとんど受けずにほぼ理想的な状態で会話ができる場合の単位 CPU 時間当りの平均コマンド実行時間を表す。 K の値はシステムの性能やその利用環境によって定まる。

ここで、システムの応答性を表す量として $R_i = \bar{U}_i/\bar{U} (i > K)$ を考えこれを応答比と呼ぶことにする⁵⁾。応答比 R_i はアクティブ端末数が i のときのコマンドの実行時間が基準実行時間に対して平均何倍になるかを示すものであり、この値が大きいほどユーザから見たとときのシステムの応答性が悪いことになる。

Fig. 14 は本 TSS における応答比を示したもので

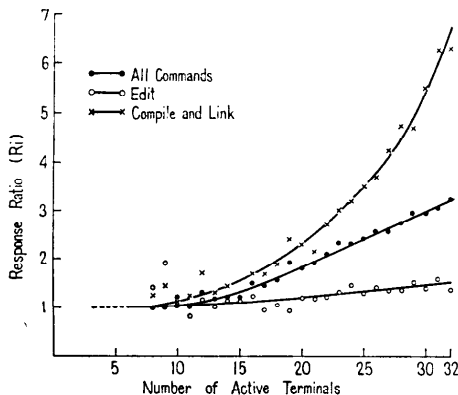


Fig. 14 An example of response ratio.

ある。 \bar{U} の計算には $K=7$ とした。全コマンドを対象にしたときの応答比はアクティブ端末数の増加に伴って次第に増加していく様子が分かる。

コマンドの中には翻訳・結合あるいはプログラムの実行のように CPU 時間を多く必要とするものやファイル編集のようにファイルの参照や端末入出力が多いものなど動作の傾向が明らかに異なるものがある。ファイル編集 (EDIT) の応答比はアクティブ端末数の影響をあまり受けないことが分かるが、これは思考時間や端末入出力時間が CPU 時間とくらべてはるかに大きいためである。翻訳・結合 (FCOMPILE) の応答比はアクティブ端末数が 20 を越えるあたりから急激に増大していき、25 を越えるとその増加はさらに著しくなる。これは明らかにシステムの能力が不足しているためであり、特に考えられるのは CPU の処理速度と後述するロール I/O の処理能力に問題があるためと思われる。翻訳・結合のコマンドは使用頻度が比較的高いので、この点を考慮するとこの TSS のアクティブ端末数は 20 程度までが限界であろう。この範囲であれば応答比の最大は 2.5 程度であり、ユーザが受ける心理的な影響もあまり大きくないものと思われる。このことは実際の使用経験から見てもほぼ妥当な線と思われる。

4.2 システムの効率

応答比はユーザから見たとときのシステム評価の尺度となるものであるが、システム側からの評価には CPU 効率を考える。ここでいう CPU 効率とは CPU の全能力のうちユーザの仕事のために使われた CPU 時間の比率のことである。この CPU 効率はアクティブ端末数 i によって変化するので、 i における CPU 効率を α_i で表す。いま、アクティブ端末数が i のときに行われた会話の個数を M_i とし、このときの個々の会話の会話時間を U'_{ij} 、この間に使われた CPU 時間を C'_{ij} とする ($j=1, 2, \dots, M_i$)。このとき、CPU 効率を $\alpha_i = i \left(\frac{\sum_{j=1}^{M_i} C'_{ij}}{\sum_{j=1}^{M_i} U'_{ij}} \right)$ と定義する。

Fig. 15 (次頁参照) は CPU 効率を示したものである。この α_i とアクティブ端末数の時間比 (Fig. 3) とから CPU 効率を求めると 0.356 となる。一方、これと対応する月の実際のサービス時間と CPU 時間の比率を求めると 0.357 であり、 α_i とほぼ等しくなる。したがって、以上のような定義によりアクティブ端末数毎の CPU 効率を議論することはある程度妥当と思われる。

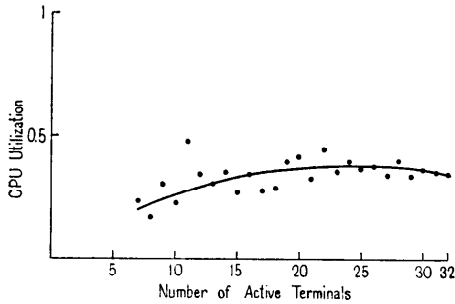


Fig. 15 CPU utilization.

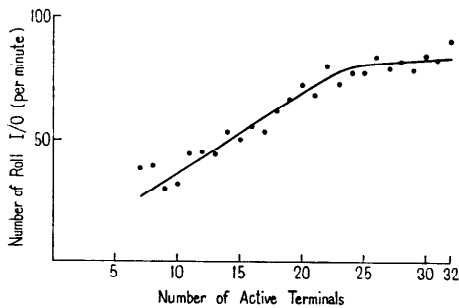


Fig. 16 Mean number of roll I/O per minute.

α_i は i が 25 程度までは増加するが、25 を越えるとほぼ一定あるいは若干減少する傾向が見られる。この原因としてはいくつか考えられるが、次の Fig. 16 である程度説明できる。この図はシステムが 1 分間に行うロール I/O の平均回数をアクティブ端末数ごとに示したものである。アクティブ端末数が i における 1 分間の平均ロール I/O 回数 \bar{S}_i は、各会話のロール I/O 回数を S_{ij} とすると、 $\bar{S}_i = 60 i \sum_{j=1}^{M_i} S_{ij} / \sum_{j=1}^{M_i} U'_{ij}$ のように求める (ただし、 U'_{ij} の単位は秒)。 \bar{S}_i は最初のうちは i に比例して増加するが、 i が 25 あたりからほぼ一定となる。これは、ロール I/O の処理能力が完全に飽和し、ロール I/O の待ち行列ができることを示すものであって、この状態では CPU が遊ぶ確率が高くなり CPU 効率が増加しなくなるものと思われる。なお、このロール I/O の飽和現象は、翻訳・結合の応答比がアクティブ端末数が 25 を越えるあたりから急に増大する現象の 1 つの原因となっているものと思われる。

5. むすび

大学における科学技術計算を主目的とした TSS を例にとり、その運用時に得られる稼動記録をもとにしてユーザの利用傾向を分析し、さらに簡単な手法によるシステム評価を試みた。

この利用傾向のデータはすべてそのまま他のシステムに当てはめることはできないが、この TSS の構成や性能および設置されている環境などを十分考慮すれば、新しいシステムの開発あるいは導入と運用にいくらか参考になるものと思われる。

システム評価においても稼動記録から応答比、CPU 効率およびロール I/O 回数を求めた。このように比較的容易に得られるデータによってシステム性能の概略をある程度推定あるいは評価できることは便利である。応答比では CPU 時間を多く必要とする処理に問題のあることが分かった。また、ロール I/O 回数の飽和現象も確認された。本 TSS の応答性を改善するには CPU の処理能力の増加、ロール I/O 時間の短縮などが必要と思われるが、モニタのオーバーヘッドやディスク・アクセスの影響なども考慮しなければならないので、詳細な議論は困難であろう。

謝辞 本 TSS は多くの方々の協力により発展拡張してきたものである。その開発、改造、試験、運用などに従事された東北大学大型計算機センターの現および旧職員、ユーザ、メーカの関係者に謝意を表したい。

参考文献

- 1) A. L. Scherr: An analysis of time-shared computer system, MIT, MAC-TR-18, (1965).
- 2) H. D. Schwetman and J. R. Deline: An operational analysis of a remote console system, Proc. SJCC, pp. 257~264 (1969).
- 3) J. E. Shemer and D. W. Heying: Performance modeling and empirical measurement in a system designed for batch and time-sharing users, Proc. FJCC, pp. 17~26 (1969).
- 4) 大泉充郎: コンピュータ・ネットワークにおける諸問題, 情報処理, Vol. 14, No. 8, pp. 555~560 (1973).
- 5) N. Benwell: Benchmarking, Halsted Press, (1975).

(昭和51年6月7日受付)

(昭和51年7月12日再受付)