

## OS の改版による性能の変化とその評価について†

藤村直美<sup>††</sup> 牛島和夫<sup>†††</sup>

オペレーティングシステム (OS と略す) は計算機システムの性能を決定する重大な要因の一つである。しかしながら、OS 変更に伴う性能の変化を定量的に計測し、評価した例はこれまでほとんど報告されていない。九州大学情報処理教育センターでは、昭和 59 年夏に OS を富士通製の OSIV/F4 (24 ビットアドレス対応) から OSIV/F4 MSP (31 ビットアドレス対応) に変更した。この変更はいくつかの段階に分けて行ったが、その間ずっと TSS の端末接続台数、コマンドの応答時間、CPU ビジー率、実メモリの使用状況、ディスクのチャンネルビジー率などを継続して計測してきた。その結果、これらの OS の変更に伴う性能の変化を定量的にとらえることができた。たとえばインデックス VTOC や EDF カタログと呼ばれる新しい機能が付加された OSIV/F4 MSP では、従来の OSIV/F4 に比べると個々のコマンドの応答は改善されるが、端末 1 台が動作するために必要な実メモリが大きくなる。ここではこうした OS の変更に伴う性能の変化とその評価技法について報告する。

## 1. はじめに

計算機システムの性能はそれを構成するハードウェアとソフトウェアによって決定される。ハードウェアを増強すれば通常は計算機システムの性能は向上する。一方、ソフトウェアを変更すると性能が向上するとは限らない。特にオペレーティングシステム (以後 OS と略す) は計算機システム全体の性能を決定する大きな要因であるが、OS を新しいものに変更 (改版) すると、機能は豊富になるが性能は劣化するということが経験的によくいわれる。ところで OS の変更はメーカーの方針や意向に従って適宜行われ、利用者であるセンタには選択の余地がないことが多い。こうした状況でこれまで OS の変更による性能の変化を定量的に計測し、評価した例はほとんど報告されていない。そのためセンタとして OS の変更を行うことの是非、あるいは OS の変更に伴って他に何らかの措置をとるべきか否かといった判断をする上で適切なデータがないのが現状である。

九州大学情報処理教育センター (以後センターと呼ぶ) では昭和 59 年夏に OS を FACOM OSIV/F4 E40 (以下 E40 と呼ぶ) から FACOM OSIV/F4 MSP E20 (以後 MSP と呼ぶ、MSP は Multidimensional System Products の略) に変更した。E40 は 24 ビットアドレスで 16 MB、MSP は 31 ビットアドレスで 2 GB の仮想空間をそれぞれ使用可能とする

OS である。この OS の変更作業は約三か月にわたって段階的に行ったが、その間に先に報告した TSS 計算機システムの性能解析システム<sup>1),2)</sup>を用いて、計算機システム全体の性能を計測した。その結果、計算機システムの性能の変化を定量的に把握することができた。ここでは OS の変更に伴う性能の変化を、主な TSS コマンドの応答時間、CPU のビジー率、実メモリの使用状況、ディスクのチャンネルビジー率などから、定量的に議論する。ここで述べているデータはそのままでもセンター管理者には大変役に立つが、上述の性能解析システムは非常に簡単な原理でできているので、もし必要なら同様の計測を自分のセンターで行って、結果を評価することができる。

## 2. 計 測

## 2.1 環 境

OS 変更当時の計算機システムの構成を表 1 に示す。センターでは主として FORTRAN 77 と PASCAL が使用され<sup>3)</sup>、繁忙期 (特に 1~2 月) には TSS 端末が同時に 90 台以上使用されていることが多い。

## 2.2 計 測 内 容

センターでは、表 2 に示すコマンド列からなる TSS セッションを 10 分ごとに開始して、主な TSS コマンドの応答時間と、そのときの TSS 端末の接続台数をパソコンを用いて計測している<sup>1),2)</sup>。表 2 のコマンド列はセンターでごく一般的なコマンドパターンである<sup>3)</sup>。表 2 の順番 3 と 12 とのコマンドで作成される被計測プログラムのリストを図 1 に示す。いずれも 4 行の簡単なものである。これを順番 4 と 13 のコマンドでそれぞれ実行させる。

さらに PDL (Performance Data Logger) と呼ばれ

† The Change of Operating Systems and the Performance Evaluation by NAOMI FUJIMURA (Educational Center for Information Processing, Kyushu University) and KAZUO USHIJIMA (Department of Computer Science and Communication Engineering, Kyushu University).

†† 九州大学情報処理教育センター

††† 九州大学工学部情報工学科

表 1 センターのシステム構成  
Table 1 System configuration.

計算機名	FACOM M-360
実メモリ	16 MB
ディスク	446 MB×12 スピンドル
TSS端末	キャラクタディスプレイ (40kバイト/秒)×81 台 キャラクタディスプレイ (9.6kビット/秒)×64 台 グラフィックディスプレイ×20 台 電話回線 (300, 1200 bps)×7 回線 その他 (パソコン等)×3 台 合計 TSS 端末 168 台+7 回線

昭和 59 年 7 月～10 月中旬

るソフトウェアモニタを用いて、

- CPU のビジー率、
- 実メモリの使用状況、
- ディスクのチャンネルビジー率等、

を 1 時間を周期として計測している。PDL によって得られたデータは 1 時間の平均使用率になっている。

10 分ごとに計測している TSS の応答時間と PDL によるデータを対応づける時には TSS の応答時間は PDL によって計測される 1 時間に対応したデータ (通常は 6 回分) をまとめて平均したものを使用している。TSS の応答が悪くて 1 時間に 6 回計測できな

```
00010 WRITE(6,10)
00020 10 FORMAT(' TEST')
00030 STOP
00040 END
```

(a) FORTRAN 77 版

```
00010 PROGRAM RESPONSE;
00020 BEGIN
00030 WRITE(' TEST')
00040 END.
```

(b) PASCAL 版

図 1 被計測プログラムリスト  
Fig. 1 Sample programs.

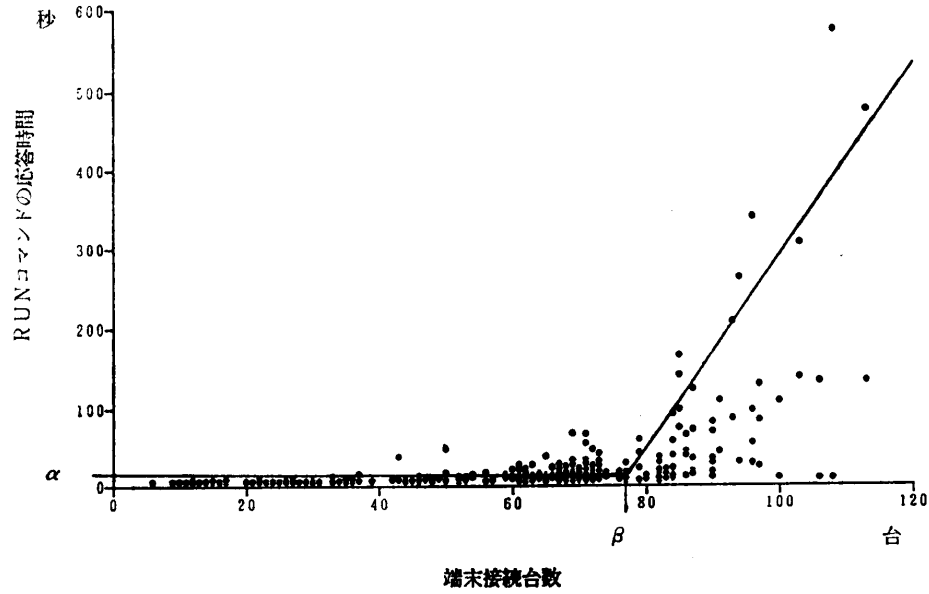
いときは、計測できた回数だけのデータ (例えば 5 回分) を平均したものを対応づけている。これらのデータの計測方法について参考文献 1), 2) に詳しく述べている。

### 2.3 評価方法

TSS コマンドの応答時間は、平均、標準偏差、最大、最小などを評価の基準にしている。また例えば図 2 のような端末接続台数と TSS コマンドの応答時間との散布図にして評価することもある。この場合、 $\alpha$  (秒) が負荷が軽い時のコマンド応答時間を、 $\beta$  (台) が端末接続台数が増加した時に応答が悪化し始める端末接続台数を示している。

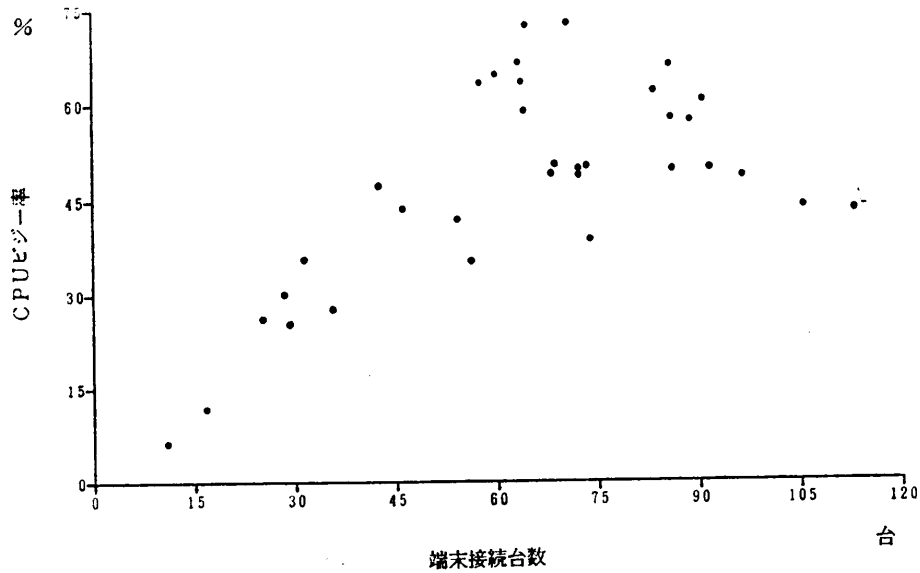
表 2 被計測 TSS コマンドの一覧  
Table 2 List of the measured TSS commands.

	順番	コマンド名	内 容
	1	LOGON	TSS セッションの開始
FORTRAN 77	2	EDIT	FORTRAN 77 のプログラムを入力するためのエディタの起動 (新規ファイル)
	3	テキスト入力	WRITE, FORMAT, STOP, END からなる FORTRAN 77 プログラムの入力
	4	RUN	FORTRAN 77 プログラムの実行 (2 回)
	5	SAVE	FORTRAN 77 プログラムの保存
	6	END	エディタの終了 (1 回目)
	7	EDIT	5 で保存した FORTRAN 77 プログラムを呼び出すためのエディタの起動 (既存ファイル)
	8	CHANGE	プログラムテキストの文字列の変更
	9	END	エディタの終了 (2 回目)
	10	DEL	FORTRAN 77 プログラムのデータセットの削除
	PASCAL	11	EDIT
12		テキスト入力	PROGRAM, BEGIN, WRITE, END からなる PASCAL プログラムの入力
13		RUN	PASCAL プログラムの実行 (2 回)
14		SAVE	PASCAL プログラムの保存
15		END	エディタの終了 (1 回目)
16		EDIT	14 で保存した PASCAL プログラムを呼び出すためのエディタの起動 (既存ファイル)
17		CHANGE	プログラムテキストの文字列の変更
18		END	エディタの終了 (2 回目)
19		DEL	PASCAL プログラムのデータセットの削除
	20	LOGOFF	TSS セッションの終了



データ : MSP492

図 2 端末接続台数と RUN コマンドの応答時間の散布図  
 Fig. 2 Scatter diagram of the number of active terminals versus the response time of the RUN (Fort 77) command.



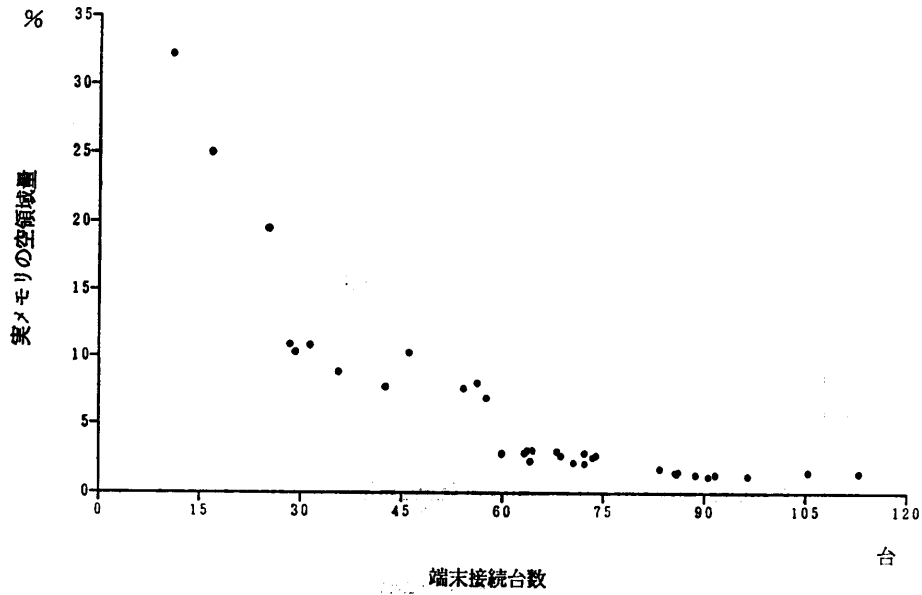
データ : MSP492

図 3 端末接続台数と CPU ビジー率の散布図  
 Fig. 3 Scatter diagram of the number of active terminals versus the busy ratio of total CPU.

$\alpha$  が小さいということは利用者から見た計算機システムの応答がよいことを、 $\beta$  が大きいということはより多くの利用者に快適な計算サービスを提供できることを示している。したがって計算機システムの性能改

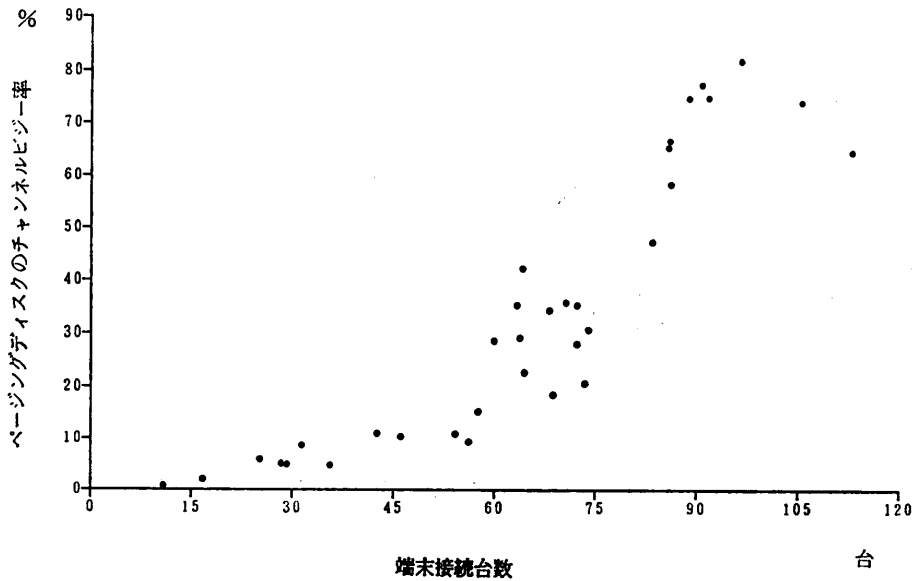
善とは  $\alpha$  を小さくし、 $\beta$  を大きくすることと定義することができる。

ソフトウェアモニタによる計算機システムの内部状態に関するデータは、端末接続台数と結合して、例え



データ：MSP492

図 4 端末接続台数と実メモリの空領域の散布図  
 Fig. 4 Scatter diagram of the number of active terminals versus the available memory.



データ：MSP492

図 5 端末接続台数とディスクのチャンネルビジー率の散布図  
 Fig. 5 Scatter diagram of the number of active terminals versus the busy ratio of a paging disk channel.

ば図 3 ~ 5 のような散布図を作成して評価する。これらの図から、CPU ビジー率、実メモリの空領域、およびページングディスクのチャンネルビジー率が、それぞれ端末接続台数の変化につれてどのように変わる

か一目でわかる。

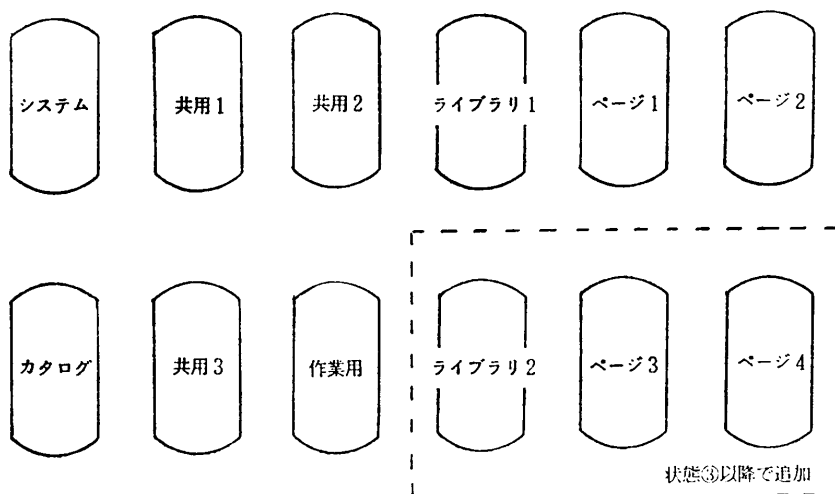


図 6 磁気ディスク装置割り付け状況  
Fig. 6 Allocation of disk spindles.

### 3. OS の変更作業と性能の変化

#### 3.1 作業過程

OS の変更作業は昭和 59 年 7 月中旬から始めたが、必要な作業は原則として週末に行い、次の一週間で性能評価のためのデータを計測した。性能の測定は次の五段階に分けて行った。

- ① あとで比較するために E40 のままの状態。
- ② E40 と同じ機能の MSP に変更した状態。
- ③ E40 と同じ機能の MSP に変更し、磁気ディスク装置の割り付けを変更した状態。
- ④ さらにインデックス VTOC と呼ばれる新機能を追加した状態。
- ⑤ さらに EDF カタログと呼ばれる新機能を追加した状態。

インデックス VTOC とは、VTOC(Volume Table Of Contents) の検索に際して、インデックスを用いて目的の場所を直接読めるようにした機能である。EDF (Extended Data Facility) カタログとはカタログの検索を高速に行うための機能である。いずれも

ファイルに対する入出力を高速化する上で役立つもので、それぞれ互いに独立して効果がある。状態②から③にかけて磁気ディスク装置の割り付け方を変更している (図 6 参照)。

計測期間とその時のおよその動作環境を表 3 に示す。表 3 の状態①～⑤は先述の五つの状態に対応している。またデータ名の先頭 3 文字は OS の種類を、4 桁目の数字は西暦で年を、5 桁目が 16 進で月を、6 桁目の数字がその月の第何週であるかを表している。図 2～図 5 は MSP492 のデータを用いて作成したものである。

#### 3.2 負荷とデータの選択

実働の計算機システムでは負荷が常時変動し、センター側では全く制御ができないため、得られたデータをすべてそのまま評価しても意味がない。そこで制御した負荷を疑似的に実現するために、とくに負荷が重くも軽くもない状態ということで、端末接続台数が 30～50 台の時のデータを選択して評価する。この接続台数は図 2～5 などの散布図を参考にして判断した。これによってほぼ一定の負荷をかけた場合と同じ

表 3 計測期間と動作環境  
Table 3 List of measured period and the environment.

状態	データ名	計 測 日	環 境
①	E 40473	84/07/16, 17, 18, 19, 20	16 MB, ページング×2, ライブラリ×1, E 40
②	MSP491	84/09/ 3, 4, 5, 6, 7	16 MB, ページング×2, ライブラリ×1, MSP
③	MSP492	84/09/10, 11, 12, 13, 14	16 MB, ページング×4, ライブラリ×2, MSP
④	MSP493	84/09/17, 18, 19, 20, 21	16 MB, ページング×4, ライブラリ×2, MSP+インデックス VTOC
⑤	MSP4A1	84/10/ 1, 2, 3, 4, 5	16 MB, ページング×4, ライブラリ×2, MSP+インデックス VTOC+EDF カタログ
⑥	MSP4A2	84/10/ 8, 9, 11, 12	16 MB, ページング×4, ライブラリ×2, MSP+インデックス VTOC+EDF カタログ

表 4 TSS コマンドの応答時間 (端末接続台数が 30~50 台のもののみ選択)  
Table 4 Response time of TSS commands (selected over 30 and under 50 terminals).

データ名		E 40473	MSP491	MSP492	MSP493	MSP4A1	MSP4A2	
状態		①	②	③	④	⑤	⑥	
有効データ数		67	61	32	48	65	35	
	順番	接続台数	36.82 5.53	36.16 4.90	40.72 6.78	38.00 5.42	36.29 5.29	38.49 6.02
	FORTRAN 77	1	LOGON	17.28 13.69	8.41 1.85	9.56 2.44	8.06 1.52	7.57 0.85
2		EDIT	3.97 1.51	3.20 0.57	3.25 0.67	3.08 0.28	2.82 0.39	2.80 0.41
3		テキスト入力	1.01 0.05	1.00 0.03	1.03 0.13	1.00 0.00	1.00 0.03	1.00 0.00
4		RUN	8.25 4.27	8.66 4.11	9.72 8.40	7.12 2.81	7.02 1.59	7.96 2.88
5		SAVE	8.82 2.04	6.97 1.18	7.66 1.56	3.81 0.64	3.08 0.27	3.06 0.24
6		END	2.03 0.30	1.95 0.22	1.94 0.25	2.00 0.21	1.94 0.24	2.00 0.24
7		EDIT	5.90 1.88	3.82 0.72	4.53 2.54	2.50 0.55	2.19 0.39	2.26 0.44
8		CHANGE	1.45 0.50	1.13 0.34	1.38 0.55	1.06 0.25	1.17 0.38	1.34 0.48
9		END	1.67 0.47	1.30 0.46	1.22 0.42	1.19 0.39	1.26 0.44	1.31 0.47
10		DEL	9.73 5.48	7.13 1.95	7.91 4.93	4.27 0.61	3.72 1.23	3.66 0.73
PASCAL	11	EDIT	3.75 1.04	3.13 0.39	3.47 1.65	3.10 0.37	2.71 0.49	2.89 0.32
	12	テキスト入力	1.02 0.06	1.01 0.06	1.01 0.04	1.00 0.03	1.00 0.00	1.00 0.00
	13	RUN	20.84 8.14	15.84 4.75	18.11 6.33	10.09 3.28	8.92 1.94	10.09 6.49
	14	SAVE	9.40 2.44	6.67 1.26	7.75 2.05	3.71 0.65	3.03 0.17	3.06 0.24
	15	END	2.00 1.19	1.79 0.41	1.88 0.42	1.85 0.36	1.69 0.64	1.89 0.32
	16	EDIT	5.27 1.77	3.39 0.84	3.91 1.38	2.19 0.39	2.02 0.12	2.00 0.00
	17	CHANGE	1.37 0.49	1.12 0.37	1.16 0.37	1.06 0.25	1.19 0.39	1.26 0.44
	18	END	1.72 0.55	1.15 0.36	1.19 0.40	1.19 0.39	1.26 0.44	1.17 0.38
	19	DEL	8.27 2.49	7.33 3.17	7.81 2.35	4.21 0.62	3.51 0.62	3.63 0.65
20	LOGOFF	7.39 0.83	8.34 0.48	8.72 0.58	8.23 0.43	8.37 0.49	8.43 0.50	

計測結果が得られると考えている。ただしこの範囲のデータを選択しても負荷が片寄っていることがあり得るので、平均や標準偏差で確認する必要がある。結果を表 4 に示す。表 4 において各項の上の値が計測値の平均、下が標準偏差である。

ソフトウェアモニタによる計測結果は端末接続台数と結合して、図 3~図 5 のような散布図を作成する。その際、どの週の計測結果を見ても端末接続台数が 40 台

以下では全く過負荷になっていない (直線的に変化する) ことから、40 台以下におけるデータのみを選択し、

$$Y = a \times X + b \quad (X: \text{端末接続台数})$$

という直線近似を行い、その係数  $a$  と  $b$  を用いて議論する。結果を表 5 に示す。

表 5 において NUCLEUS (核) から AVAILABLE (空領域) まで (REGION から SQA は表 6 参照) が、それぞれに対する実メモリの割り当て量を直線近似し

表 5 ソフトウェアモニタの計測結果のまとめ (40 台以下)  
Table 5 Summary of the results by software monitor (Selected under 40 terminals).

データ名		E 40473	MSP491	MSP492	MSP493	MSP4A1	MSP4A2	
状態		①	②	③	④	⑤	⑥	
有効データ数		29	31	7	19	27	26	
CPU BUSY		0.936 12.730	0.955 2.316	1.106 -4.859	0.931 2.816	1.149 6.895	0.808 12.452	
実メモリ 利用率	NUCLEUS	0.0 619.3	0.0 635.7	0.0 635.7	0.0 635.7	0.0 635.7	0.0 635.7	
	REGION	18.3 3977.0	56.9 2832.8	70.6 2606.2	39.4 2905.0	55.4 2445.9	65.9 2501.7	
	PLSQA	76.9 678.3	78.3 733.3	95.2 442.0	67.1 883.1	67.6 738.1	77.2 727.9	
	LSQA	16.6 206.5	31.6 209.2	28.9 126.3	24.7 194.3	24.5 181.6	26.4 199.3	
	CSA	-2.2 490.2	-2.8 517.7	-2.6 525.7	-2.4 502.0	-2.8 585.8	-3.5 592.5	
	PLPA	-11.7 4011.0	-21.8 4448.4	-29.4 4598.4	-27.5 4536.9	-18.4 4585.5	-29.3 4763.8	
	SQA	2.1 365.0	2.7 464.9	2.9 455.0	3.7 459.0	3.1 473.6	2.6 479.7	
	AVAILABLE	-99.9 6025.4	-145.0 6511.1	-165.7 6965.7	-105.2 6237.5	-129.6 6707.3	-139.3 6453.1	
	+の合計		+113.9	+169.5	+197.6	+134.9	+150.6	+172.1
	チャンネル ビジー率	システム	0.326 -0.160	0.259 0.105	0.321 -0.709	0.177 1.983	0.307 0.137	0.300 0.342
カタログ		1.158 -3.669	0.480 1.872	0.728 -3.094	0.453 3.250	0.187 2.687	0.176 1.847	
ライブラリ 1		0.710 2.945	1.119 -1.859	0.379 -1.083	0.196 0.869	0.265 1.345	0.352 -0.158	
ライブラリ 2		-	-	0.611 1.797	0.808 0.817	0.761 -1.034	0.803 -0.376	

この表の値は端末接続台数が 40 台以下の時のデータのみを選択し、  
 $Y=a \times X+b$  (ただし  $X$  は端末接続台数)  
という直線近似を行った時の係数  $a$  (上) と係数  $b$  (下) である。

表 6 ソフトウェアモニタによる実メモリの計測内訳  
Table 6 Measurement detail of the real memory.

領域名	領域内容の概要
SQA	システム全体の制御にかかわる制御表や作業域などが入る。
PLPA	ページ可能 SVC ルーチン, 標準アクセス法, 入出力エラー回復ルーチン, リエントラントライブラリなどが入る。
CSA	異なる仮想空間内で動作しているプログラム間の通信用領域。
LSQA	各仮想空間に固有な制御情報が入る。
PLSQA/SWA	各仮想空間に固有な制御情報のうち, アクセス頻度の比較的少ないもの (ジョブ管理の制御ブロックなど) が入る。
REGION	ユーザプログラムの動作する領域。

たときの式の係数  $a$  (上) と  $b$  (下) を示し, そのうち係数  $a$  が正のもの (REGION, PLSQA, LSQA, SQA) のみ足し合わせた値を '+の合計' として示している。

なお AVAILABLE 以外にも係数  $a$  が負になるもの (CSA, PLPA) があることに注意されたい。ここで '+の合計' を考えているのは, 実メモリが十分にあれば CSA や PLPA は減少する必要がないと考えているためである。

表 5 においてシステムからライブラリ 2 までがディスクのチャンネルビジー率を直線近似した時の式の係数  $a$  (上) と  $b$  (下) を示している。いずれも係数  $a$  は正で端末が新たに接続されるとビジー率が上がることがわかる。なおページングディスクについては 40 台以下ではほとんど負荷がかからない (係数  $a$  の値がほとんど 0 になる) のでここでは省略する。

### 3.3 E40 から MSP への変更

E40 から MSP へ OS を変更した時の性能の変化は E40473 (状態①) と MSP491 (状態②) を比較すれば明らかにすることができる。これらは OS が異なるだけでその他は全く同じ状態で計測したものであ

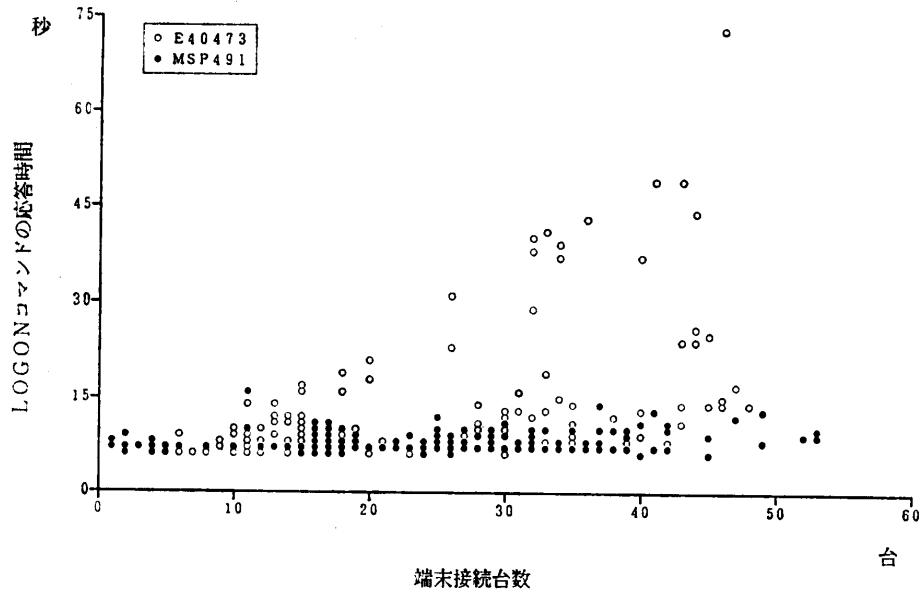


図7 端末接続台数と LOGON コマンドの応答時間の散布図  
Fig. 7 Scatter diagram of the number of active terminals  
versus the response time of the LOGON command.

る。表4から次のようなことがわかる。

(1) TSS の端末接続台数は両方とも平均と標準偏差がほとんど同じである。

(2) LOGON, EDIT, SAVE, CHANGE, END (9と18のみ, 表4中の順番, 以下同じ), DEL, および RUN (13のみ) の各コマンドの応答時間の平均が小さくなり, 標準偏差も小さくなって, 全般的に性能が向上している。例として図7に E40473 と MSP491 における端末接続台数と LOGON コマンドの応答時間の散布図を示す。OS を変更しただけで LOGON コマンドの応答がいかに変化したかよくわかる。

(3) LOGOFF コマンドの平均が大きくなっている。これは MSP になって出力が一行増加したためである。

一方, 表5からは次のようなことがわかる。

(1) CPU ビジー率の係数  $a$  (端末1台が使用する CPU の量に対応) はどちらも同じ程度である。

(2) 実メモリの使用状況について E40 (状態①) と MSP (状態②) の間で比較すると, 端末接続台数が1台増えた時の実メモリの变化 (係数  $a$  の値) は, REGION で 18.3 kB から 56.9 kB へ 38.6 kB 増え, LSQA が 16.6 kB から 31.6 kB へ 15 kB 増えている。一方, AVAILALE (空領域) はその減り方が 99.9 kB から 145.0 kB と 45.1 kB ほど大きくなって

いる。全体では TSS の端末接続台数が一台増加した時に, E40 では実メモリの使用量が約 113.9 kB (表4の+の合計) 増えるが, MSP では約 169.5 kB 増えることがわかる。

(3) ディスクのチャンネルビジー率について比較すると, システムに対するビジー率の係数が 0.326 から 0.259 へ, カタログに対するビジー率の係数は 1.158 から 0.480 へと小さくなり, ライブラリ1に対するビジー率の係数  $a$  が 0.710 から 1.119 へと大きくなっていることがわかる。

以上のことから MSP では E40 に比べて, 1台の TSS 端末を動かすために必要な実メモリが増大するかわりに, TSS コマンドの応答が全般的によくするということができる。そこでこの時点で, ページングディスクを2スピンドルから4スピンドルに増やし, ライブラリを2スピンドルに分割した (図6参照)。ライブラリ2には FORTRAN77 と PASCAL の実行時ライブラリファイルおよびコンパイラ等のはいつているファイルの三つをライブラリ1から移動した。これが状態③である。

### 3.4 インデックス VTOC の採用

センターでは共用ボリュームとして3スピンドルを利用者に提供している。インデックス VTOC は1スピンドルずつ適用可能なので, その効果を確認するために1スピンドルずつ順番に適用し, 性能測定を試みた。



表 7 インデックス VTOC 採用によるコマンドの応答時間の変化  
Table 7 Change of response time with the adoption of index VTOC.

個 数	利 用 者 1		利 用 者 2	
	適用済みファイル数	適用済みファイル数	適用済みファイル数	適用済みファイル数
0	0 ( 0.0%)	0 ( 0.0%)	24 (100.0%)	0 ( 0.0%)
1	4394 ( 32.9%)	22 ( 39.3%)	22 ( 91.7%)	31 ( 32.0%)
2	8846 ( 66.1%)	37 ( 66.1%)	17 ( 70.8%)	60 ( 61.9%)
3	13384 (100.0%)	56 (100.0%)	15 ( 62.5%)	95 ( 97.9%)

測定は無負荷の状態、特定の課題番号に属するファイル名と属性をまとめて表示するコマンド (FLIST) を実行し、処理時間を測定した。表 7 にその結果を示す。

表 7 において、個数とはインデックス VTOC を適用したスピンドル数を、適用済みファイルとはインデックス VTOC の管理下に入ったファイルの個数を示している。利用者 1 はファイルを 56 個、利用者 2 は 97 個所有しており (そのうち 2 個は共用スピンドルに含まれていない)、インデックス VTOC が適用されたスピンドル数が増えるに従って、コマンドの処理時間が短くなっていく。最終的な処理時間は利用者 1 で最初の 63%、利用者 2 で 33% と格段に速くなっている。この結果からみるとインデックス VTOC はかなり効果があるが、常に一定した効果があるとは限らないことがわかる。

さて実際にインデックス VTOC を適用して運用した結果は MSP492 (状態③) と MSP493 (状態④)

を比較すればわかる。表 4 によれば、MSP493 は MSP492 に比べて端末接続台数の平均が約 2 台ほど小さいが、SAVE と DEL コマンドの応答時間がインデックス VTOC の適用によって約半分になっている。さらに EDIT コマンド (7 と 16、既存ファイルの更新) の応答も改善されている (図 8 参照)。また PASCAL の RUN (13) コマンドの応答が大幅に改善されているが、これは PASCAL のコンパイラや実行時ライブラリ用のファイルに対するアクセスが速くなったためであり、FORTRAN77 のコンパイラや実行時のライブラリルーチンは仮想空間に展開しているのでこうした効果が顕著に出ていない。

表 5 からインデックス VTOC の採用による計算機システムの内部状態の変化について吟味すると次のようなことがわかる。

(1) CPU ビジー率の係数  $a$  (端末 1 台が使用する CPU の量に対応) が MSP492 (状態③) では 1.106 であるのに MSP493 (状態④) では 0.931 と

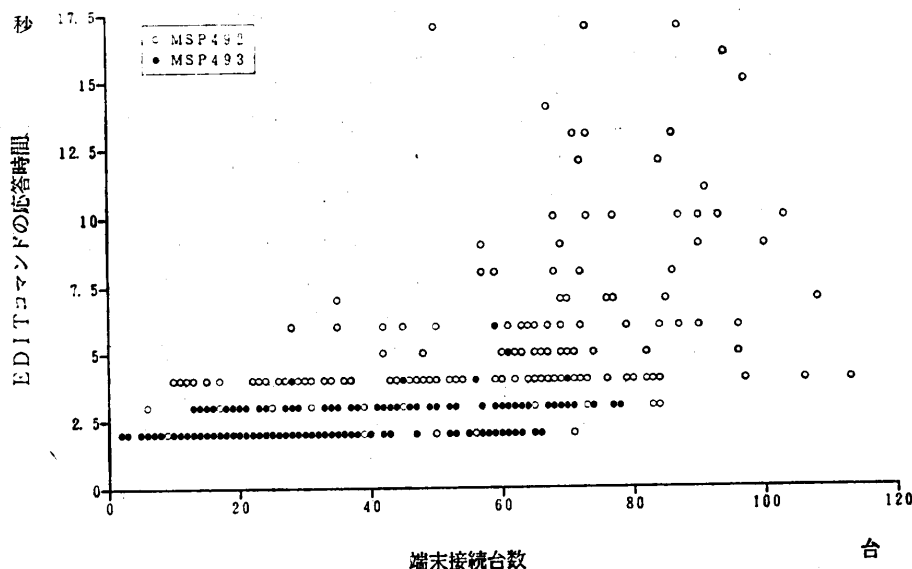


図 8 端末接続台数と EDIT コマンド (更新) の応答時間の散布図  
Fig. 8 Scatter diagram of the number of active terminals versus the response time of the EDIT (update) command.

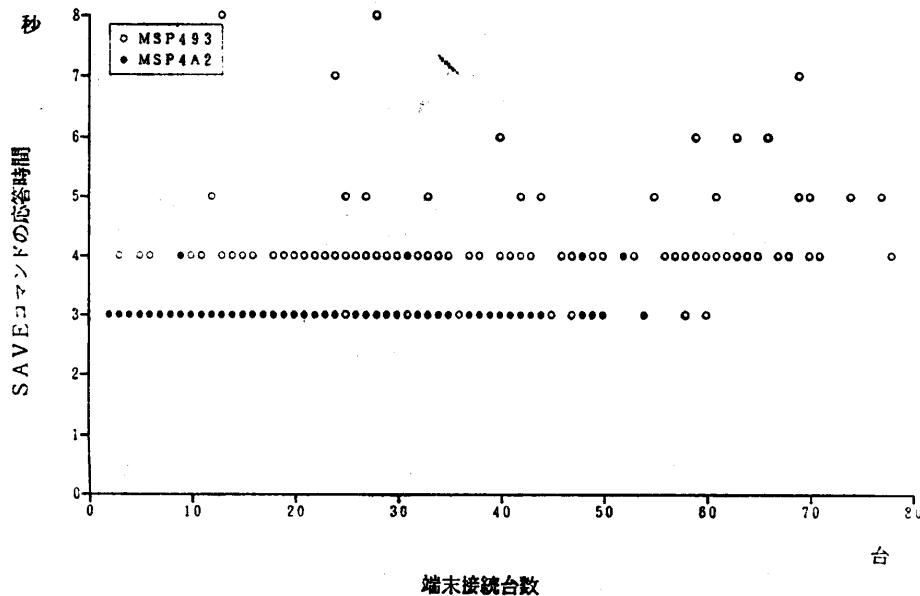


図9 端末接続台数と SAVE コマンドの応答時間の散布図  
Fig. 9 Scatter diagram of the number of active terminals  
versus the response time of the SAVE command.

小さくなっている。これは状態③のときの計測期間の方が状態④のときの計測期間よりも端末1台当たりが与える負荷が大きかったことを示している。MSP492の方がMSP493に比べて端末接続台数の平均が高いことを考慮すると、MSP492の計測期間の方が計算機システム全体に一段と高い負荷がかかっていたことを示唆する。

(2) 端末1台が動作するために必要な実メモリの量(表5の+の合計)はMSP491(状態②)の169.5 kBからMSP492(状態③)の197.6 kBに大幅に増加していたが、MSP493(状態④)では134.9 kBに減少している。ただし表5のMSP492はデータ数が少ない(運用中ほとんど40台以上の端末が接続されていたため)ので明確な結論を出すことは困難である。

(3) ディスクのチャンネルビジー率の係数 $a$ はシステム、カタログ、ライブラリ1の値が小さくなっており、ライブラリ2に対する値が大きくなっている。これはインデックスVTOCの効果で、より多くのTSS端末が順調に動作するようになったため、FORTRAN77とPASCALの実行時ライブラリファイルが格納されているライブラリ2に対するアクセスが増えたためと考えられる。

### 3.5 EDF カタログの採用

EDF カタログを採用した時の効果はMSP493(状態④)とMSP4A2(状態⑤)を比較することに

よって判断できる。表4から、EDF カタログの採用によってファイルに関連があるコマンド(EDIT, SAVE, DEL)の応答が全般的に改善されていることがわかる。しかしその効果は、インデックスVTOCよりもEDF カタログの方が適用作業に手間がかかったにもかかわらず、インデックスVTOCほどではない。

図9にMSP493とMSP4A2における端末接続台数とSAVEコマンドの応答時間の散布図を示す。

図9からSAVEコマンドの応答時間は、MSP493では主に4秒を中心としてばらついており、MSP4A2ではほとんど3秒で安定した応答を示していることがわかる。

一方、表5からカタログのディスクビジー率の係数 $a$ の値が0.453から0.176と小さくなっており、カタログに対するアクセスがかなり減少していることがわかる。ただしシステムとライブラリ1に対するアクセスが少しではあるが増加している。

### 3.6 OS 変更による性能の変化

ここまではOSの変更に伴う性能の変化について段階的に述べてきたが、ここでは変更を行う前のOS(E40)と新しい機能をすべて組み込んだ新しいOS(MSP)とで、どれだけ性能が変化したかを考察する。それには端末接続台数の平均と標準偏差がほとんど同じE40473(状態①)とMSP4A1(状態⑤)とを比較

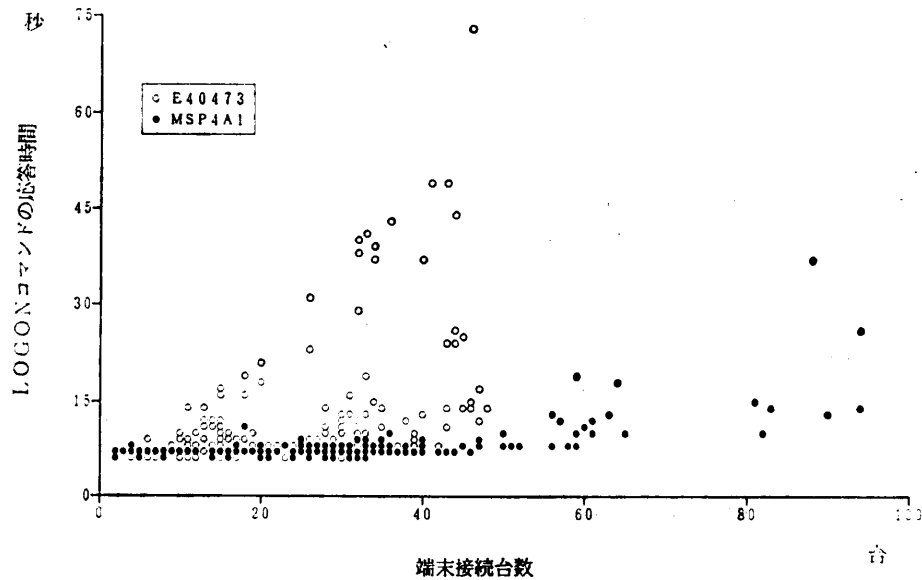


図 10 端末接続台数と LOGON コマンドの応答時間の散布図  
 Fig. 10 Scatter diagram of the number of active terminals  
 versus the response time of the LOGON command.

する。表 4 から LOGON, EDIT, SAVE, END, DEL, RUN (13) コマンドがかなり速くなっていることがわかる。

平均と標準偏差ではわかりにくいかもしれないので、例として図 10 に端末接続台数と LOGON コマンドの応答時間の散布図を示す。二つの週で端末接続台数の分布は異なっているが、応答が悪化し始める端末接続台数や様子が全く異なっていることがよくわかる。

表 5 から端末が 1 台接続された時にかかる CPU 負荷は MSP4A1 の方が高いことがわかる。また端末 1 台が動作するために必要な実メモリの量 (表 5 の + の合計) は E40473 (状態①) の +113.9 kB から MSP4A1 (状態⑤) の +150.6 kB に 36.7 kB 増加している。

表 5 には示していないが、この端末接続台数が 1 台増加した時の実メモリの増え方は、E40 の時は特別の事情 (PROLOG などが頻繁に使用される等) が無い限り、おおむね 130 kB 以下であった。ところが MSP に変更してからこの値が常時 130~190 kB の間で変動するようになった。またレポートの締め切り間際にテキスト編集よりもプログラムの実行の比率が通常より高くなる時はこの値が 240 kB 程度になることもある。

#### 4. おわりに

ここでは OS を変更した時の性能の変化について、主な TSS コマンドの応答時間、CPU ビジー率、実メモリの使用状況、およびディスクのチャンネルビジー率を計測・解析することで、それらの定量的な値の変化として明らかにした。OS の変更による性能の変化を単なる利用者であるセンター職員が定量的に計測し、評価することはこれまで非常に困難であった。しかしながらここで述べたような簡便な方法でこうした計測と評価が可能になったわけである。これによって必要に応じて各自で基礎データを収集し、様々な判断の材料にすることが可能である。

さて今回の OS の変更に伴う性能の変化を一言でまとめると、E40 より MSP の方が端末 1 台が動作するために必要な実メモリは大きいけれども ( $\beta$  を小さくする要因)、個々の TSS コマンドの応答がかなり改善される ( $\alpha$  が小さくなる) ということができた。その改善の程度は、定量的には表 4 から例えば LOGON コマンドの平均応答時間が 17 秒から 8 秒へ、SAVE コマンドの平均応答時間が 9 秒から 3 秒へなっていること、表 5 から例えば端末 1 台当りの所要実メモリが約 110 kB から 150~200 kB へ増加していることがわかる。一方、定性的には例えば図 10 などから TSS コマンドの応答時間の全体的な状況を一目で知ることができる。ハードウェアを変更せずに

OS の変更だけで、これだけ性能が変化したわけである。

### 参 考 文 献

- 1) 藤村, 大塚, 牛島: マイコンによる TSS 応答時間計測システムとその適用例, 情報処理学会「計測システムシステムの制御と評価」研究会資料, 22-1, pp. 1-10 (1984).
- 2) 藤村, 牛島: TSS 計測システムシステムの性能解析・評価システムとその適用例, 情報処理学会論文誌, Vol. 26, No. 2, pp. 365-373 (1985).
- 3) 藤村, 赤司: プログラミング言語の利用状況について, 九州大学情報処理教育センター広報, Vol. 5, No. 1, pp. 32-36 (1982).

(昭和 60 年 10 月 7 日受付)

(昭和 61 年 9 月 10 日採録)



藤村 直美 (正会員)

1950 年生. 1973 年九州大学工学部電子工学科卒業. 1978 年同大学院博士課程単位取得退学. 同年九州大学工学部情報工学科助手. 1981 年九州大学情報処理教育センター助教授, 現在に至る. 工学博士. ソフトウェアツールの開発・移植, 計測システムの性能評価, 日本語処理, ソフトウェアの生産性などに関心がある. 著書「TSS による情報処理」(朝倉書店) ほか. 日本ソフトウェア科学会, 電子通信学会, ACM, IEEE 各会員. 情報処理学会学会誌編集委員会地方委員.



牛島 和夫 (正会員)

1937 年生. 1961 年東京大学工学部応用物理学科(数理工学)卒業. 1963 年同大学院修士課程修了. 同年九州大学中央計数施設勤務. 1977 年九州大学工学部情報工学科教授(計測ソフトウェア講座担当), 現在に至る. 1986 年 4 月から九州大学情報処理教育センター長を兼務. 工学博士. 著書「Fortran プログラミングツール」(産業図書) ほか. 日本ソフトウェア科学会, 電子通信学会, ACM 各会員.