

UDC 681.3.06:  
533.6.072

# 航空宇宙技術研究所報告

TECHNICAL REPORT OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TR-590

FACOM230-APシステムのシステムシミュレーション

末松和代・吉田正廣

中村絹代・三好 甫

1979 年 11 月

航空宇宙技術研究所

NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

# FACOM230-APシステムのシステムシミュレーション\*

末 松 和 代\*\* 吉 田 正 廣\*\*  
中 村 絹 代\*\* 三 好 甫\*\*

## Simulation Study on FACOM 230-AP System

By Kazuyo Suematsu, Masahiro Yoshida  
Kinuyo Nakamura and Hajime Miyoshi

### ABSTRACT

The FACOM230-AP, installed in the NAL computing center on August 1977, is a vector machine with pipelined structure, which attains 22MFLOPS at maximum rate. The AP system is a multiprocessor system, consisting of the FACOM230-75 CP and AP.

In this report, we examine various job class scheduling methods for the AP system by means of Monte-Carlo simulation. The workload used in the simulation study was developed using the account data.

In comparing the job class scheduling methods, with respect to the processor utilization and mean elapsed time of each job class, we can clarify the merits of each of the job class scheduling methods and find a suitable one for the AP system.

### 1. 緒 言

航技研計算センタに昭和52年8月に導入され、昭和53年度より正規運用の運びとなったFACOM230-75アレイプロセッサ(以下APと略記する)は我が国で初めての大規模科学技術計算のためのアレイプロセッサであり、FACOM230-75(以下CPと略記する。)とともに非対称なマルチプロセッサシステムを構成している。

本報告は、この非対称マルチプロセッサシステムを効率的に使用するための運用系を検討するために、我々が行ったシステムシミュレーション(以下実験と略記する。)に関するものである。

我々はこの実験をジョブプロセッシングシミュレータ<sup>注1)</sup>

(以下JPSと略記する。)を用いて行った。従来、計算機システムの処理能力や主記憶および処理装置の利用率を予測するためのシステムシミュレーションにおいて採用されるシステムモデルは、実験の経済性のためにシステムにおけるジョブ処理の詳細を実現することはせず、そのかなりな部分を種々の仮定を置くことにより簡単化するのが通常であった。そして詳細モデルの作成は、システムの一部をシミュレーションする場合に限られていた。

しかしながら、非対称マルチプロセッサシステムに対する我々のJPSでは、システムに投入されるジョブ集団の性格の変化と運用系においてジョブクラス毎に設定されるジョブ多重度、主記憶および処理装置(実行)優先権の変化に対応して、ジョブクラス毎のレスポンスタイム、主記憶利用率および処理装置利用率がどのように変化するかを予測する目的があった。そのためシステムモデルはジョブ処理過程において比重が小さい部分(ジョブのシステムへの投入と退去)を除いて、ジョブおよびジョブステップの開設と閉設、主記憶割り付けおよび処

\* 昭和54年9月26日受付

\*\* 計算センタ

注1) 計算機システムをディスクリットイベント法に基づきモンテカルロシミュレーションするためのプログラムであって、その機能、プログラム構造については既に報告した。<sup>1)</sup>

理装置割り当てアルゴリズムの詳細を実現する必要があった。<sup>注2)</sup> その結果、JPSによる実験結果は、通常用いられる簡単なモデルからの結果と比較して、はるかに精度の高いものとなっている。その反面、計算機使用時間が増大するという欠点があるが、この不経済性は我々がJPSの記述をフォートランを用いて行ったことにより解消したと考える。<sup>注3)</sup>

また、実験においてシステムに投入されるジョブ集団の性格は、航技研計算機ジョブアカウントデータの分析に基づいて、システムモデルと対応させ詳細に定めた。

## 2. 非対称システムの運用上の問題点

本論に入る前に用語の説明を行う。

### (1) 非対称マルチプロセッサシステム（非対称システム）

マルチプロセッサシステムにおいて、システムを構成する複数のプロセッサの型式が異なり、それぞれのプロセッサがシステム内で異った役割りを分担する計算機システムをいう。

FACOM230-75CP+APシステム（以下APシステムと略記する。）において、APとCPは機械命令の体系が異っており、<sup>注4)</sup> 両者のシステム内における役割は以下のようにになっている。

#### CPの役割

i) フォートラン等の翻訳および結合編集等サービスプログラム<sup>注5)</sup>の実行。

ii) 利用者プログラムの実行

iii) モニタプログラムの実行

iv) APから依頼された入出力の処理

#### APの役割

i) 利用者プログラムの実行

### (2) AP(CP)プログラム

AP(CP)機械命令語で書かれた目的プログラムで、実行はAP(CP)で行われる。

### (3) RUNジョブステップ

利用者プログラムの実行ジョブステップをいう。

### (4) サービスプログラムおよびサービスジョブステップ

フォートラン翻訳、プログラムの結合編集等、利用者

プログラム以外のプログラムをサービスプログラムといい、これらのプログラムの実行ジョブステップをサービスジョブステップという。

### (5) AP(CP)ジョブおよびAP(CP)クラス

RUNジョブステップを構成するプログラムの全部または主要部分が、AP(CP)プログラムから成るジョブをAP(CP)ジョブという。また、AP(CP)ジョブから成るジョブクラスをAP(CP)クラスという。

### (6) 優先権

システム資源の割り当てに対する優先順位のことで、APシステムにおいて優先権は整数で表わされ、大きい方が優先順位が高い。

### (7) 運用系

システム資源使用量、主としてAP・CP使用時間、および主記憶使用量に関する制限値により定義されたジョブクラス系と、それぞれのジョブクラスに与えられた各種システム資源に対する優先権の体系を運用系ということにする。

次に、APシステムを効率的に使用するため考慮すべき運用上の問題点として以下の4項目が挙げられる。

(I) APはAPプログラム、CPはCPプログラムしか実行しないため、マルチジョブ効果によるAP稼働率およびCP稼働率の向上はそれぞれ別に考える必要がある。

(II) APクラスのジョブもサービスジョブステップはCPプログラムであるため、マルチジョブ効果をあげるためのAPプログラム、およびCPプログラムの多重度をそれぞれ一定値以上に保つことがむずかしい。

(III) 各ジョブの主記憶に対する資源要求量の総和が使用可能な主記憶量より大きい場合には、主記憶優先権の設定がバランスを欠くと、APとCPの稼働率は相反関係に導かれてしまうため、その設定がむずかしい。

(IV) APジョブのRUNジョブステップを構成するプログラムにCPプログラムが含まれている場合、<sup>注6)</sup> またはその逆の場合、実行優先権がバランスを欠くとAPRUNジョブステップはCPネックに、CPRUNジョブステップはAPネックになることがある。たとえば、APジョブの実行優先権がCPジョブのそれよりも低い運用系では、APジョブのRUNジョブステップからCP

注2) JPSに用いられているシステム構成、ジョブ処理の流れおよび各種アルゴリズムの詳細は文献1を参照。

注3) 計算機システムのシミュレーションに通常用いられるGPSSと比較して、フォートランを用いた場合には約10倍程度の実行速度をもつことを我々は確めている。

注4) APは入出力命令をもたない。またその命令体系は文字処理等に適さない。

注5) (4)に後述する。

注6) APRUNジョブステップ中の入出力処理は必ずCPプログラムで実行される。その他、APプログラムでCPプログラムのサブルーチンと呼ぶ場合がこれに該当する。

への実行依頼は、CPジョブのジョブステップが全てCPによるサービスを要求していない状態でしか実行できず、APジョブのRUNジョブステップはその様な状態になるまでCP待ちとなる。逆の場合には逆の状況が発生する。これらはいずれもAPまたはCPの利用率の低下をもたらす。

上記4項目の他に我々に課せられた制約条件として、各種ジョブクラスの制限値を大巾に変更できないということが挙げられる。その理由は、利用者にとってAPシステムは2-CPUシステムの延長上で考えられているため、ジョブクラスの制限値の大巾な変更は利用者にとって不便を与えるおそれがあるためである。

さらに、各種ジョブクラスのシステム資源要求量に見合ったバランスのとれたターンアラウンドタイム（以下TATと略記する。）を保証することも運用系に課せられた課題であるので、APクラスまたはCPクラスのどちらから一方を極端に優遇する様な運用系も採用できない。

この様な制約条件の下で、上記4つの問題点をできるだけ解決する様な運用系を見出すことが我々の課題となる。

### 3. 実験におけるジョブ集団と運用系

#### 3.1 ジョブ集団の作成方針

科学技術計算を取り扱う計算センタにおいては、システムに投入されるジョブ集団の性格はシステムが変化すると変わるといわれている。しかしながら、APシステムの場合、CPは変わらないことと、利用者の便宜を考慮してジョブクラスの制限値に大きな変更を加えない方針であるという2つの理由により、システムに投入されるジョブ集団の性格は2-CPUシステムのとときと比べそれほど大巾に変わらないと思われる。

この理由から、実験においてAPシステムに投入され

るジョブ集団の性格をAP導入以前のアカウントデータに基づいて推定し、定めた。

#### 3.2 ジョブ集団の記述

我々は、ジョブ集団におけるジョブをジョブステップ列構成、各ジョブステップ毎の処理装置使用時間（APおよびCP使用時間）、主記憶使用量、ファイルアクセス1回当たりのチャネルサービス時間、およびファイルアクセス頻度により定義する<sup>1)</sup>。そして処理装置使用時間、主記憶使用量に段階的な制限値を設定してジョブをクラス別けする。したがって、ジョブ集団におけるジョブクラスの構成比率を決定し、各ジョブクラス内のジョブステップ列構成比率、各ジョブステップ毎の処理装置使用時間、主記憶使用量、ファイルアクセス1回当たりのチャネルサービス時間、およびファイルアクセス頻度の分布を決定することにより、ジョブ集団の性格が決定する<sup>1)</sup>。

以下に、実験において使用するジョブ集団の説明を行う。

表3.2.1にジョブクラス構成比率を示す。この構成比率は昭和51年度のアカウントデータ<sup>2)</sup>によるジョブクラス構成中、RUNジョブステップのないジョブを除いて、LONGジョブクラスは全てALクラスとし、MIDLジョブクラスはAMクラスとCMクラスに4:1の割合で振り分け、DATAジョブクラスはDTクラスとし、SHRTジョブクラスとRUNジョブステップのないジョブを合せてSHクラスとしたものである。AMおよびALクラスはAPクラスであり、SH、DTおよびCMクラスはCPクラスである。また、ジョブのジョブステップ列構成比率は、同じアカウントデータから表3.2.2の様に定めた。この表において、RUNジョブステップがAPプログラムであるか、CPプログラムであるかは以下の様にして決定する。

○ジョブがAPクラス（AMおよびALクラス）の場合

表 3.2.1 ジョブクラス構成比率および各種制限値

ジョブの種類	ジョブ クラス	ジョブクラス構成比率 (%)	主記憶使用量制限値 (kw) 注1)	処理装置(APおよびCP) 使用時間制限値(秒)
RUNジョブステップのないジョブ	SH	23.7	60	120
RUNジョブステップの あるジョブ	SH	39.3	60	120
	DT	4.2	80	180
	CM	5.9	150	1200
	AM	23.6	150	1200
	AL	3.3	300	3600

注1) kw = 1024 語

表 3.2.2 ジョブステップ構成比率

項 目 ジョブの種類	構成比率 (%)	ジョブステップ列 構成番号	ジョブステップ列 構成比率 (%)	ジョブステップ個数					合計
				FORTRAN	LIED	LIBE	UTILITY	RUN	
RUNジョブステップ のないジョブ	23.7	1	51.9	1	0	0	0	0	1
		2	14.4	0	0	1	0	0	1
		3	12.7	0	0	2	0	0	2
		4	10.4	0	0	2	2	0	4
		5	6.9	1	1	0	0	0	2
		6	3.7	1	0	0	2	0	3
RUNジョブステップ のあるジョブ	76.3	1	87.8	1	1	0	0	1	3
		2	7.3	0	0	0	0	1	1
		3	3.3	1	1	2	0	1	5
		4	1.6	1	1	0	2	1	5

合はAPRUNジョブステップ、CPクラス(SH, DT およびCMクラス)の場合はCPRUNジョブステップとする。

また、フォートランがAPフォートランかCPフォートランかは以下の様に決定する。

○RUNジョブステップがある場合、ジョブがAPクラスの場合はAPフォートラン、CPクラスの場合はCPフォートランとする。

○RUNジョブステップのない場合、APRUNジョブステップとCPRUNジョブステップの発生比率に従って決定する。

以上に述べたジョブのジョブクラスおよびジョブステップ列構成の決定は、ジョブが発生する毎にそれぞれ乱数を発生させて行う。

本節の初めに述べた様に、実験における各ジョブステップは、処理装置使用時間、ファイルアクセス1回当りのチャンネル使用時間、およびファイルアクセス頻度により定義されるが、これらは、アカウントデータの分析から定めた分布を適当な確率分布により近似的に表わし、その分布に基づく乱数を発生させることにより決定する。ただし、APジョブクラスのアカウントデータは未だないため、APフォートランジョブステップについては、CPフォートランジョブステップのアカウントデータとAPフォートランの仕様の両方から推定し、APRUNジョブステップについては、AP導入前のMIDLおよびLONGジョブクラスのアカウントデータの分析結果より推定し、定めた。

その結果としてサービスジョブステップのシステム資源要求量の分布を表3.2.3に、RUNジョブステップのシステム資源要求量の分布を表3.2.4に示す。表中で、

主記憶使用量が和の形で表わされているのは、これらの領域は個々に割り付けされるからである。またファイルアクセス1回当りのチャンネル使用時間は、各ジョブステップ毎に30ミリ秒、または300ミリ秒に集中していることがアカウント分析によりわかっているため、実験の経済性の見地から30ミリ秒、または300ミリ秒に固定した。RUNジョブステップにおける処理装置使用時間も主記憶使用量も、アカウントデータの分析結果より一様分布とした。

JPSの実行において必要なAPおよびCPサービス1回当りの平均サービス時間<sup>1)</sup>は、サービスジョブステップについては、そのジョブステップのCP使用時間(ACPT)とジョブステップ当りの総ファイルアクセス回数(FLAC)を求めた後に、ACPTをFLACで除することにより求める。また、RUNジョブステップについては、アカウントデータから1秒当りの平均ファイルアクセス回数(FLCP)がそのジョブステップの処理装置使用時間(ACPT)の回帰式として求まっているので、これに基づいて計算されたFLCPの逆数をAPおよびCPサービス1回当りの平均サービス時間とする。以下にFLCPを求めるための回帰式を示す。

(イ) SHおよびCMクラス

○AP使用に対するFLCPは

$$FLCP = 10^{\{-0.4641 \times \log_{10}(ACPT \times R_1) + 1.9141\}} \times R_2 \quad (3.2.1)$$

○CP使用に対するFLCPは

$$FLCP = 10^{\{-0.4641 \times \log_{10}(ACPT \times R_2) + 1.9141\}} \quad (3.2.2)$$

表 3.2.3 サービスジョブステップのシステム資源要求量

項 目 ジョブステップ名	主 記 憶 使 用 量	処 理 装 置 使 用 時 間	1 ジョブ当り 総 ファイルアクセス回数	平均チャネル サービス時間
CP-FORTRAN	6kw <sup>注)</sup> +28kw+16kw +(5+M/100)kw Mは平均 451.1 の指数分布に 従う	平均3825.7ミリ秒 の指数分布に従う	平均 136.3 回の指数分 布に従う	30 ミリ秒
AP-FORTRAN	6kw+48kw+14kw +(8+M/15)kw Mは平均 451.1 の指数分布に 従う	平均7651.4ミリ秒 の指数分布に従う	平均 136.3 回の指数分 布に従う	30 ミリ秒
LI ED	6kw+32kw+10kw 固 定	平均1434.8ミリ秒 標準偏差 701.5 ミ リ秒の正規分布に 従う	平均 440.1 回 標準偏差 178.9 回の正 規分布に従う	30 ミリ秒
LI BE	6kw+13kw+13kw 固 定	平均 323.8 ミリ秒 の指数分布に従う	平均29.2 回の指数分布 に従う	300 ミリ秒
UTILITY	6kw+20kw 固 定	944 ミリ秒 固 定	107 回 固 定	300 ミリ秒

注) kw = 1024 語

表 3.2.4 RUNジョブステップのシステム資源要求量

項 目 ジョブクラス名	主 記 憶 使 用 量	処 理 装 置 使 用 時 間	平均チャネル サービス時間
SH	6kw <sup>注)</sup> +4kw+Mkw Mは 6 ~ 60 の一様分 布に従う	30 ~ 120 秒の 一様分布に従う	30 ミリ秒
DT	6kw+4kw+Mkw Mは 6 ~ 80 の一様分 布に従う	30 ~ 180 秒の 一様分布に従う	30 ミリ秒
CM	6kw+4kw+Mkw Mは 25 ~ 150 の一様 分布に従う	120 ~ 1200 秒の 一様分布に従う	30 ミリ秒
AM	6kw+4kw+Mkw Mは 25 ~ 150 の一様 分布に従う	120 ~ 1200 秒の 一様分布に従う	30 ミリ秒
AL	6kw+4kw+Mkw Mは 25 ~ 300 の一様 分布に従う	1200 ~ 3600 秒の 一様分布に従う	30 ミリ秒

注) kw = 1024 語

## (2) DT クラス

○ AP 使用に対する FLCP は

$$\text{FLCP} = [10^{(-0.4641 \times \log_{10}(\text{ACPT} \times R_1) + 1.9141)} + 10^{(-0.7513 \times \log_{10}(\text{ACPT} \times R_1) + 3.4777)}] \times R_3 \quad (3.2.3)$$

○ CP 使用に対する FLCP は

$$\text{FLCP} = [10^{(-0.4641 \times \log_{10}(\text{ACPT} \times R_2) + 1.9141)} + 10^{(-0.7513 \times \log_{10}(\text{ACPT} \times R_2) + 3.4777)}] \quad (3.2.4)$$

## (3) AM および AL クラス

○ AP 使用に対する FLCP は

$$\text{FLCP} = 10^{(-0.4641 \times \log_{10}(\text{ACPT} \times R_2) + 1.9141)} \times R_3 \quad (3.2.5)$$

○ CP 使用に対する FLCP は

$$\text{FLCP} = 10^{(-0.4641 \times \log_{10}(\text{ACPT} \times R_1) + 1.9141)} \quad (3.2.6)$$

ここで用いている  $R_1$  および  $R_2$  の変数は CP (AP) クラスの RUN ジョブステップで AP (CP) の使用を許す運用系を採用した場合にかかる係数である。たとえば, CP (AP) ジョブの RUN ジョブステップで CP (AP) 使用時間のうち 1 割は AP (CP) の使用を許す運用の場合,  $R_1 = 0.1$ ,  $R_2 = 0.9$  となり, この種の使用を認めない運用の場合,  $R_1 = 0.0$ ,  $R_2 = 1.0$  となる。また, AP 使用に対する FLCP を求める計算式において  $R_3$  倍されているが,  $R_3$  は同じ計算を AP で実行した場合と CP で実行した場合の速度比に関する係数である。この係数<sup>3)</sup>は, CP で実行していたものを AP で実行した場合の速度比の分布に対する予測から定めたものであり, これにより APRUN ジョブステップのファイルアクセス頻度が定まる。

この他, 各サービスジョブステップにおける各システム資源の要求量の間には, 強い相関関係があるという事が分っているため, これらの要求量は 1 つの乱数により決定することとし, RUN ジョブステップの場合は主記憶使用量と処理装置使用時間の間に相関関係はないので, 各々独立に乱数を発生させて決定することにする。

この結果, AP ジョブの CP 使用, および CP ジョブの AP 使用を許さない運用の場合, RUN ジョブステップにおける AP・CP サービス時間とチャネルサービス

時間の比の期待値は, 各ジョブクラス毎に

SH クラス	3.00 : 1
DT クラス	0.33 : 1
CM クラス	8.27 : 1
AM クラス	5.83 : 1
AL クラス	10.63 : 1

という値をとり, このジョブ集団のジョブの RUN ジョブステップの入出力頻度はかなり小さいことがわかる。<sup>注7)</sup>

## 3.3 ジョブ集団からシステムへの到着規則

前節では今回の実験で考えたジョブ集団の記述を行ったが, 実験ではジョブ集団と同様にジョブ集団からシステムへの到着規則を定める必要がある。この規則が定まれば, 到着するジョブのジョブクラス, ジョブステップ列構成, 各ジョブステップ毎のシステム資源要求量と使用経過はジョブ集団の記述により定まる。そこでジョブの到着規則を次の様に定める。

システムへのジョブ到着規則はポアソン過程をモデルにして考える。この場合, 到着間隔は指数分布するため平均値を与えることにより決定できるが, その平均値を実験の間一定にする場合と, 時間的に変動させる場合が考えられる。しかし混雑時にこそ運用系の良否が問われるので, 運用系の検討のための実験では各ジョブクラス毎に未処理のジョブがあるという条件で行う必要があった。この条件を満たすためには, ジョブ到着間隔の平均値は 30 秒以下であれば十分であったため, 今回の実験では 30 秒の一定値を採用した。

## 3.4 運用系

本節では, 今回の実験において検討した運用系について述べる。第 1 章で行なった定義によれば, 運用系はジョブクラス系と各ジョブクラスに与えた各種優先権により定まるが, ジョブクラス系は変えないことにしたので運用系は, ジョブクラス別多重度, 主記憶優先権および実行優先権を決めることにより定まる。

運用系を説明する前に多重度, 主記憶優先権および実行優先権の働きについて説明<sup>1), 4)</sup>する。

システムに投入されたジョブは, 起動できるジョブのクラスと数が, 多重度と呼ばれるパラメータで制限されている。したがって, 投入されたジョブと同じクラスのジョブが指定多重度数だけ起動されている場合は, そのクラスのジョブが終了しないかぎり, 起動されない。そ

注 7) 入出力頻度が大きいものを入出力リミットのジョブといい, 小さいものを処理装置リミットのジョブという。上の値から DT クラスは入出力リミットのジョブクラス, CM, AM および AL クラスは処理装置リミットのジョブクラスであるという。

して、ジョブが終了した場合は、終了したジョブと同じクラスのジョブが起動される。起動されたジョブは最初のジョブステップより順に実行される。

ジョブステップ開設にともない、各ジョブステップは主記憶への割り付けが試みられる。割り付けは主記憶優先権に関係なく、主記憶に空領域があればその空領域に割り付けが試みられる。しかし、空領域が小さすぎたり、空領域がない場合には、主記憶上にある各々のジョブステップの主記憶優先権と割り付け要求のあるジョブステップの主記憶優先権とが比較され、割り付け要求のあるジョブステップより低い主記憶優先権をもつジョブステップがあれば、それらを低い方から順次ロールアウトしてその都度割り付けが試みられる。このようにしても割り付けできなければ、割り付け要求のあったジョブステップもロールアウトされる。割り付けできたならば、次にロールアウトされているジョブステップを主記憶優先権の高い順に、順次入らなくなるまでロールインする。ジョブステップが終了し主記憶が解放される時にもロールインが行なわれる。主記憶に割り付けできたジョブステップおよびロールインできたジョブステップは、APまたはCP実行待ち待ち行列につながれ実行を待つ。もしその処理装置が空いている場合には、すぐ実行される。また、ロールアウトされたジョブステップは、実行待ち待ち行列からはずされる。次に、APおよびCP処理装置が空く度に、実行優先権の高い待ち行列から順次タス

クをさがし、最初に見つけたタスクが実行される。以上のアルゴリズムに従ってジョブが処理される。

次に実験で検討した運用系の説明を行う。運用系1～3はいろいろな運用系を考える上での判断基準になると考えて採用した運用系である。運用系4は、各クラスの性格を意識し、第1章で述べた運用上の問題点を考えて作成した運用系である。運用系5は、ジョブ単位に主記憶および実行優先権を与えていた運用を運用上の問題(Ⅲ)を考えて、主記憶および実行優先権をサービスジョブステップとRUNジョブステップに分けて与えることにした運用系である。運用系6～10はAPおよびCP稼働率についてのバランスを運用系4および5と同程度に保ち、かつ、運用系4および5よりもALクラスの処理件数を増すことをねらいとして種々試みた運用系である。以下個々の運用系について説明する。

#### (運用系1)

運用系1は、APクラスを重視するためにAPクラスにCPクラスより高い主記憶および実行優先権を与えた運用系である。なお、APクラス間およびCPクラス間の優先権は全て同等である。

#### (運用系2)

運用系2は、運用系1とは逆にCPクラスに高い主記憶および実行優先権を与えた運用系である。

#### (運用系3)

運用系3は、全クラスに同じ主記憶および実行優先権

表 3.4 各運用系の主記憶優先権、実行優先権およびジョブクラス別多重度

運用系	主 記 憶 優 先 権	実 行 優 先 権	ジョブクラス別多重度				
			SH	DT	CM	AM	AL
1	AM=AL>SH=DT=CM	AM=AL>SH=DT=CM	1	1	1	2	1
2	SH=DT=CM>AM=AL	SH=DT=CM>AM=AL	1	1	1	2	1
3	SH=DT=CM=AM=AL	SH=DT=CM=AM=AL	1	1	1	2	1
4	AM>SH>DT>CM>AL	AL>SH=DT=AM>CM	1	1	1	2	1
5	SJ=AM <sub>R</sub> >SH <sub>R</sub> >DT <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub> >AL <sub>R</sub>	SJ=AL <sub>R</sub> >SH <sub>R</sub> =DT <sub>R</sub> =AM <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub>	1	1	1	2	1
6	AM <sub>R</sub> >SJ>SH <sub>R</sub> >DT <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub> >AL <sub>R</sub>	SJ=AL <sub>R</sub> =AM <sub>R</sub> >SH <sub>R</sub> >DT <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub>	1	1	1	1	1
7	AM <sub>R</sub> >SJ>SH <sub>R</sub> >DT <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub> >AL <sub>R</sub>	SJ=AL <sub>R</sub> =AM <sub>R</sub> >SH <sub>R</sub> =DT <sub>R</sub> =CM <sub>R</sub>	2	1	1	1	1
8	SJ=AM <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub> >SH <sub>R</sub> =DT <sub>R</sub> =AL <sub>R</sub>	AL <sub>R</sub> >SJ>SH <sub>R</sub> >DT <sub>R</sub> =AM <sub>R</sub> =CM <sub>R</sub>	2	1	1	2	1
9	SJ=AM <sub>R</sub> >SH <sub>R</sub> >DT <sub>R</sub> =CM <sub>R</sub> =AL <sub>R</sub>	AL <sub>R</sub> >SJ>SH <sub>R</sub> =DT <sub>R</sub> =AM <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub>	2	1	1	2	1
10	SJ=AM <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub> >SH <sub>R</sub> =DT <sub>R</sub> =AL <sub>R</sub>	AL <sub>R</sub> >SJ>SH <sub>R</sub> >DT <sub>R</sub> =AM <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub>	1	1	1	2	1

SJ : サービスジョブステップ

SH : SHクラスのサービスジョブステップおよびRUNジョブステップ

SH<sub>R</sub> : SHクラスのRUNジョブステップ



を与えた運用系である。

(運用系4)

運用系4は、APの稼働率を或る程度保証した上でCPの稼働率の上昇とジョブクラス間のバランスを取ることをねらいとして作成した運用系である。

ALクラスは、他のクラスのジョブと比べて主記憶使用量の期待値が大きいために、これを主記憶にのせると他のクラスのジョブが主記憶にのらなくなるので運用系4では、主記憶優先権を最も低くし、もしALクラスのジョブが主記憶にのれば、すぐ処理できるように実行優先権は最も高くした。ALクラスの主記憶優先権が他のクラスより低いために、AP稼働率が低下しては困るので、AMクラスを2多重にし、これが常に主記憶にのるように、最も高い主記憶優先権を与えた。APの入出力処理は、すべてCPで処理されることは前に述べた。したがって、APクラスの実行優先権がCPクラスのそれより低いと、CPネックとなる可能性が高く、AP稼働率の低下をもたらす恐れがあるので、AMクラスにもCPクラスと同等あるいはそれ以上の実行優先権を与えた。CPクラスに関しては、主記憶使用量の期待値が小さい順に高い主記憶優先権を与え、ファイルアクセス頻度が高いSHおよびDTクラスに高い実行優先権を与えた。

(運用系5)

運用系5は、運用系4と同じ目的で作成したものであるが、さらにプログラムディバックのTATとジョブのサービスジョブステップネック<sup>注8)</sup>に対する考慮を払った。すなわち、各ジョブクラスのジョブをサービスジョブステップとRUNジョブステップに分け、RUNジョブステップには運用系4で定義した主記憶および実行優先権を与え、サービスジョブステップには後続のRUNジョブステップが速く処理できるように最も高い主記憶および実行優先権を与えた。

(運用系6)

運用系6は、運用系4および5と同程度のAPおよびCP稼働率を保持した上で、主記憶使用量の期待値の大きいALクラスの1時間当りの処理件数の増加を目的としている。以下に述べる運用系7,8,9,および10も目的は同じである。

まず、AMクラスの多重度を運用系4より1つ減らし、ALジョブが主記憶にのりやすくした。その結果、AMジョブの処理件数が極端に低下しないように、主記憶優

先権は最も高くし、実行優先権もALクラスおよびサービスジョブステップと同じく最も高くした。

(運用系7)

運用系7は、運用系6と同じ目的で作成したものであり、AMクラスの多重度は運用系6と同じく1とし、そのかわりにSHクラスの多重度を1つ増やして2とし、その差でALクラスを主記憶にのりやすくしている。

AMクラスが1多重になったので、AMクラスの処理件数が低下しないように、AMクラスの主記憶および実行優先権を最も高くした。SHクラスを2多重にした悪影響が他のクラスに出ないように、SH, DTおよびCMクラスの実行優先権をすべて等しくし、それらにAPクラスよりも低い実行優先権を与えた。

(運用系8)

運用系8では、ALジョブがロールアウトされにくくするために、ALクラスの主記憶優先権をSHおよびDTクラスの主記憶優先権と等しくした。その結果、CP稼働率が低下するおそれがあるので、CMクラスの主記憶優先権は、SH, DTおよびALクラスの主記憶優先権より高くし、実行優先権は、DTおよびAMクラスの実行優先権と等しくした。SHクラスの主記憶優先権がCMクラスのそれより低いためにSHクラスの処理件数が低下しては困るので、SHクラスの多重度を2とし、DT, CMおよびAMクラスの実行優先権よりも高い実行優先権を与えた。またALクラスの実行優先権は、最も高くした。

(運用系9)

運用系9は、運用系8と同様にALジョブがロールアウトされにくくするために、ALクラスの主記憶優先権をDTおよびCMクラスの主記憶優先権と等しくした。この結果、主記憶に対する負荷が大きすぎる場合にDTおよびCMジョブがロールアウトされる可能性が高くなりCP稼働率が低下しては困るので、SHクラスの多重度を2とし、SHクラスの主記憶優先権をDT, CMおよびALクラスの主記憶優先権より高くした。ALクラスの実行優先権は運用系8と同じ最も高くした。

(運用系10)

運用系10は、ALクラスの主記憶優先権を運用系8と同様に、SHおよびDTクラスの主記憶優先権と等しくした。CPの稼働率を上げるために、CMクラスの主記憶優先権をSH, DTおよびALクラスの主記憶優先権より高くした。その結果、SHおよびDTクラスの処理件数が低下する可能性があるため、SH, DTおよびCMクラスの順に高い実行優先権を与えることにした。また、ここでもALクラスの実行優先権は最も高くしてある。

注8) サービスジョブステップは入出力リミットのジョブステップであるため、実行優先権が低いと処理が大巾に遅れることがある。

### 3.5 A P - C P 使用モード

A P システムの運用において運用系の他に重要な因子として、A P - C P 使用モードがある。これは、A P R U N ジョブステップの C P 使用および C P R U N ジョブステップの A P 使用の割合を決めることである。以下、本実験で行なう 2 つの A P - C P 使用モードについて説明する。

#### ( A P - C P 使用モード 1 )

A P R U N ジョブステップの C P 使用および C P R U N ジョブステップの A P 使用を認めない運用である。ただし、A P の入出力処理は C P で実行されるので、A P の入出力処理のための C P 使用は許すことにする。

#### ( A P - C P 使用モード 2 )

A P R U N ジョブステップの C P 使用および C P R U N ジョブステップの A P 使用を認めた運用である。その使用頻度は、運用系を検討する上で頻繁に A P および C P の相互使用を許した場合に、運用系がどのような結果をもたらすかを検討するために、少し極端ではあるが、A P R U N ジョブステップは 5 回に 1 回 C P を、C P R U N ジョブステップは 5 回に 1 回 A P を使用することにする。

## 4. 実験による運用系の検討

### 4.1 検討の方法

我々は J P S を用いて前章に示した 10 個の運用系について検討することにした。まず A P - C P 使用モード 1 について全ての運用系の実験を行い、各運用系毎に実験結果の検討を行った。次に A P - C P 使用モード 2 の実験では、A P - C P 使用モード 1 での実験結果の検討によって棄却してもさしつかえのないと考えられる運用系を除外した上で、傾向の似通う運用系は 1 つの運用系で代表させて実行した。

運用系の良否は 2 章でも述べた様に、A P および C P の稼働率と各ジョブクラスに属するジョブの T A T の値の平均値、およびジョブクラス毎の処理件数がジョブクラスの性格に応じてバランスしているかどうかにより決定されるので、実験による運用系の良否もこの観点から判断される必要がある。したがって実験結果の検討項目として以下のものを対象とした。

(1) システム稼働 1 時間毎の C P 稼働率の平均値と標準偏差。

(2) システム稼働 1 時間毎の A P 稼働率の平均値と標準偏差。

(3) システム稼働 1 時間毎の各ジョブクラスにおける処理件数の平均値と標準偏差。

(4) 各ジョブクラス毎の処理されたジョブの経過時間 / ジョブ時間<sup>注9)</sup> (以後これを経過時間指数という) の平均値。

(5) ジョブクラス毎のジョブ 1 件当たりのロールアウト回数およびロールアウト時間。

(6) ジョブクラス毎のジョブ 1 件当たりのジョブ時間 / 主記憶時間<sup>注10)</sup> (以後これを有効主記憶時間比という)。

(7) システム稼働 1 時間毎の主記憶利用率の平均値。

(1) および (2) は運用系によるシステム効率を見るためのものであり、(3) および (4) は運用系のジョブクラスに対するバランスの良否を見るためのものである。(4) において経過時間指数を T A T の代わりに用いたのは、今回の実験においては 3 章のジョブ到着規則の説明で述べた様に、システムの処理能力を超えたジョブ到着を前提としたため T A T が非現実的なものとなり、運用系の良否の判断材料として使用できないという理由による。また、経過時間をジョブ時間で除したのは、ジョブクラスに対する運用系のバランスを見るためには、ジョブクラス間で経過時間を比較するよりも、実際の処理時間とそのジョブを処理するために絶対必要とされる時間の比をジョブクラス間で比較する方が当を得ていると考えたからである。

(5) ~ (7) はそれ自身が運用系の良否を決定する項目ではないが、(1) ~ (4) に対する説明的な役割を果たすものである。ロールアウト回数およびロールアウト時間は、A P および C P 稼働率とジョブの経過時間およびプログラムの主記憶多重度に対する主記憶優先権の影響を見るためのものであり、有効主記憶時間比は主記憶時間に対する有効主記憶時間<sup>注11)</sup>の割合を示し、運用系のジョブクラス多重度と実行優先権の適合度を見るためのものである。最後に (7) は、システムを効率的に使用するための運用系とオペレーティングシステム (以下 O S と略記する) の問題点を探るためのものである。

項目の (1) ~ (4) で平均値だけではなく標準偏差も考慮し

注 9) ジョブ経過時間は、ジョブ処理開始よりジョブ処理終了迄にかかった時間をいい、ジョブ時間とはそのジョブの C P 使用時間、A P 使用時間、およびチャネル使用時間の和をいう。定義からジョブ時間とは、ジョブがシステムを専有して処理された場合、つまり 1 多重で処理された場合の経過時間にほぼ等しい。

注 10) 主記憶時間とは、ジョブが処理される間に主記憶上にあった時間の総和をいう。

注 11) 有効主記憶時間とは、主記憶上のジョブが A P、C P またはチャネルを使用している時間を意味しており、それ以外の主記憶時間はジョブが実行待ち待ち行列につながれている時間である。

ているのは、ばらつきの度合いを見るためであって、これらの値のばらつきが大き過ぎる運用系は実行される個々のジョブの性格の変化に対して敏感であると考えられ、余り好ましい運用系とはいえないからである。

#### 4.2 運用系の検討

前節の方法で実験回数を減らした結果、我々は15回の実験で済ませる事ができた。実験時間については実験結果の安定性を保証するためいろいろ試みた結果、実時間にして20時間に統一した。その結果は図 4.1.1 ~ 図 5.1.5 と表 4.1 ~ 表 4.5 に示されている。<sup>注12)</sup> 図はCP稼働率、AP稼働率、CPプログラム主記憶多重度およびAPプログラム主記憶多重度の時間経過を実験毎に示したものであり、表はAP-CP使用モード毎に各運用系の実験結果をまとめたものである。

実験結果の全体を通して結論できることは、主記憶利用率が良くないことである。殆んどの結果が50%台にとどまり、良いもので64.6%の結果を示すにすぎない。このことは航技研の計算機ジョブの主記憶要求量が大きく、主記憶の断片化<sup>注13)</sup>による損失を招きやすいことと、OSの主記憶割り付けアルゴリズムの貧弱さ<sup>注14)</sup>に原因がある。このような問題は、ジョブの主記憶要求量を小さくすることができない以上、運用系により解決することはできないため、OSの改善が不可欠となる。これは今回の実験における重要な結論の1つである。APシステムの総主記憶量 768 K語のうち、OSの常駐部分を除いた 568 K語が使用可能な主記憶量である。したがって平均 60%の利用効率では、使用している主記憶量は平均的に 341 K語しかないことになる。この量はジョブ集団においてRUNジョブステップ<sup>注15)</sup>の主記憶使用量の期待値がSHクラス、DTクラス、CMクラス、AMクラスおよびALクラスでそれぞれ43 K語、53 K語、98 K語、98 K語、および 173 K語であることを考えると、少なすぎる量である。そのために各実験における主記憶上のAPおよびCPプログラムの平均的主記憶多重度の和は、表 4.1 および表 4.4 に示す様に3.07から4.81にしか達しなかった。

いま1つの共通的な事項は、ALクラスのジョブのRUNジョブステップの主記憶使用量の期待値が173 K語と使用可能総主記憶量 568 K語の約1/3を占有し、AP使用時間の期待値が約2400秒と長いので、ALクラスの処

理件数の増加は他のジョブクラスの処理件数を低下させる傾向を生じ易いということである。

以上が全実験を通じて共通的な事項である。

#### 4.2.1 AP-CP使用モード1の場合の実験結果の検討

表 4.1 に、AP-CP使用モード1の場合の稼働状況一覧表を示す。また、表 4.2.1 ~ 4 は各運用系毎のジョブクラス別のジョブ1件当たりのロールアウト回数およびロールアウト時間と有効主記憶時間比に関する実験結果を示す。表 4.2.1 ~ 4 において、ロールアウト1回当たりの平均時間はロールアウト時間をロールアウト回数で割れば求まる。

運用系1~10はその性格により、運用系1~3、4~5、6~7、8~10にグループ分けすることができるので、実験結果の検討もグループ別に行うことにする。

##### (1) 運用系1,2および3に関する実験結果の検討

##### (i) 運用系1

運用系1はAPジョブにCPジョブより高い優先権を与えており、運用系2はその逆である。これらの運用系の主記憶および実行優先権とジョブクラス別多重度は表 4.2.1 のとおりである。実験結果も運用系の性格を全面的に反映している。

表 4.1 に示す様に運用系1のAP稼働率、APプログラムの主記憶多重度およびALジョブの処理件数は全運用系中最高位にあり、稼働率は100%に近い。運用系のAPジョブの多重度が3であるにもかかわらずAPプログラムの主記憶多重度が3に達していないのは、APジョブであってもサービスジョブステップのプログラムはCPプログラムであることから、APジョブがサービスジョブステップを実行しているときにはAPプログラムの主記憶多重度は1つ下がり、CPプログラムの主記憶多重度が1つ上がるということと、表 4.2.1 に示す様にAMおよびALジョブもロールアウトされていることから説明できる。APジョブの主記憶優先権が最高位であってもロールアウトされるのは前節に述べた主記憶利用率の低さに原因があり、AMジョブ2個とALジョブ1個の主記憶使用量の総和の期待値(369 K語)と平均主記憶利用率から求まる平均主記憶使用量(319 K語)を比較すればうなづける。

注12) 表の値は全て実験の初期3時間分を除いて計算した値である。これは実験の立ち上り時間を考慮した措置である。

注13) 断片化とは、分離した空領域が多数発生することをいう。したがって、ジョブからの平均主記憶要求量が大きいジョブ集団に対しては相対的に断片化が生じやすい。

注14) 主記憶割り付けアルゴリズムの詳細な説明は、文献1の主記憶管理ルーチンに記載されている。

注15) RUNジョブステップのみ考察したのは、SHクラスを除くとサービスジョブステップとRUNジョブステップの処理装置使用時間の比は圧倒的に後者が大きいという理由による。

表 4.1 稼動状況一覧表 (A P - C P 使用モード 1)

項 目		運用系		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C P稼動率(%)	平 均 値	21.01	96.36	67.22	86.58	81.42	90.71	97.06	89.94	87.26	79.86		
	標準偏差	23.51	0.78	17.74	6.45	7.57	13.58	2.06	4.83	4.17	14.14		
A P稼動率(%)	平 均 値	98.32	18.68	93.25	88.97	89.44	71.84	63.46	79.92	88.96	86.13		
	標準偏差	1.41	7.38	4.13	2.85	3.09	10.28	7.32	4.88	2.73	5.65		
C Pプログラム 主記憶多重度	平 均 値	0.58	3.00	1.74	2.68	2.52	2.82	3.82	2.24	2.75	1.63		
	標準偏差	0.60	0.10	0.54	0.22	0.26	0.40	0.18	0.38	0.39	0.52		
A Pプログラム 主記憶多重度	平 均 値	2.49	1.28	2.08	1.89	1.91	1.20	0.99	2.01	1.96	2.05		
	標準偏差	0.42	0.38	0.33	0.03	0.06	0.25	0.17	0.14	0.15	0.25		
一 時 間 当 り 処 理 件 数	S H	平 均 値	6.29	21.00	19.24	25.88	29.18	23.47	35.47	23.65	50.76	16.47	
		標準偏差	9.46	5.69	7.20	4.50	3.40	4.35	4.78	9.48	4.83	12.48	
	D T	平 均 値	1.00	2.06	1.59	3.12	3.65	2.24	1.94	0.76	1.47	0.76	
		標準偏差	1.14	0.64	0.84	0.47	0.68	0.55	0.54	0.73	1.14	0.94	
	C M	平 均 値	0.29	3.24	2.00	2.06	1.65	2.35	2.29	2.88	0.76	3.00	
		標準偏差	0.67	0.88	0.97	1.16	1.13	0.59	0.89	0.83	0.64	1.75	
	A M	平 均 値	3.12	0.88	2.59	4.71	4.82	3.12	3.47	3.65	4.94	4.06	
		標準偏差	1.13	0.83	0.84	0.96	1.34	1.08	1.09	1.03	1.26	1.63	
	A L	平 均 値	0.65	0.06	0.65	0.0	0.0	0.29	0.06	0.06	0.06	0.18	
		標準偏差	0.48	0.24	0.48	0.0	0.0	0.46	0.24	0.24	0.24	0.38	
主記憶利用率(%)		56.16	58.32	64.60	61.53	58.99	56.84	58.80	58.48	59.26	56.13		
システムロールアウト 回数(回)		104	69	179	137	144	126	116	158	168	88		

表 4.2.1 ロールアウト回数・ロールアウト時間および有効主記憶時間比一覧表 (A P - C P 使用モード 1)

運用系		1			2			3		
項 目  ジョブクラス	1 件当り ロールア ウト回数 平均値 [回]	1 件当り ロールア ウト時間 平均値 [秒]	1 件当り 有効主記 憶時間比 平均値	1 件当り ロールア ウト回数 平均値 [回]	1 件当り ロールア ウト時間 平均値 [秒]	1 件当り 有効主記 憶時間比 平均値	1 件当り ロールア ウト回数 平均値 [回]	1 件当り ロールア ウト時間 平均値 [秒]	1 件当り 有効主記 憶時間比 平均値	
S H	0.234	517.95	0.78	0.003	1.25	0.51	0.155	116.06	0.61	
D T	0.941	2329.78	0.72	0.0	0.0	0.34	0.555	492.96	0.58	
C M	5.200	11193.20	0.82	0.0	0.0	0.69	0.912	651.59	0.76	
A M	0.264	448.96	0.44	2.200	3113.26	0.17	0.137	971.70	0.47	
A L	0.455	324.05	0.53	7.000	3012.00	0.29	1.091	856.42	0.58	
主記憶優先権	AM=AL>SH=DT=CM			SH=DT=CM>AM=AL			SH=DT=CM=AM=AL			
実行優先権	AM=AL>SH=DT=CM			SH=DT=CM>AM=AL			SH=DT=CM=AM=AL			
クラス別多重度	SH=1, DT=1, CM=1, AM=2, AL=1									

A M クラスの 1 時間当りの処理件数が 3.12 と意外に少ないのは A L ジョブの 1 時間当りの処理件数が 0.65 であり、A M および A L ジョブの A P 使用時間の期待値がそれぞれ 660 秒および 2400 秒であることから A P が 100 % 稼動しても A L ジョブを 1 時間当り 0.65 件処理すると A M ジョブは高々 3 件程度しか処理できないことからうな

ずけることである。A P の利用についての高い水準とは対称的に C P の稼動率は 21.01 % と極端に悪く、C P ジョブの処理件数も D T クラスを除いて<sup>注 16)</sup> 最下位で極端に悪い。

D T および C M ジョブは主記憶使用量の期待値もそれ程小さくないため、利用可能主記憶量の不足からロールア

ウトされる可能性が高く、その上、一旦ロールアウトされると長時間主記憶にもどれないことが表 4.2.1 に示されている。その結果、CP は実行するプログラムが少ないため遊んでしまうこととなる。このため CP はジョブ待ちとなっていることが表 4.2.1 における CP クラスの有効主記憶時間比の値からわかる。CP プログラムは主記憶にのりさえすればかなり高率に CP およびチャネルの処理を受けている。CP ジョブ全体としては AP ジョブの間げきをぬって処理されており、この状況は図 4.1.1 の CP 稼働率および CP プログラム主記憶多重度の時間変化に強い相関関係があること、および稼働率が大きな振動を示していることに現われている。

### (iii) 運用系 2

運用系 2 は運用系 1 と対称的な性格をもっているが、実験結果も表 4.1 および表 4.2.1 に示す様にこれを全面的に反映している。CP 稼働率は 100 % に近く、CP プログラム主記憶多重度および CM クラスの 1 時間当りの処理件数は高水準にある。SH クラスの 1 時間当りの処理件数が意外に少ないのは次の理由による。SH、DT および CM ジョブは殆んど全て主記憶にのることができる。これはこれらのジョブの主記憶使用量の期待値の総和が 194 K 語であることから予想できることであり、表 4.2.1 の実験結果も CP クラスのジョブのロール

アウト回数が殆んど 0 であることを示している。主記憶上の 3 つの CP ジョブは実行優先権が等しいため、CP を競合的に使用することになるが、この様な場合、SH ジョブは CM ジョブより入出力リミットのジョブであるため、処理装置リミットの CM ジョブに対して不利になる。いわば SH ジョブは CM ジョブに CP を取られる形となる。これは表 4.2.1 の有効主記憶時間比についての SH および CM クラスの値を比較すれば明らかである。DT クラスは SH クラスよりもはるかに入出力リミットのクラスであるので SH クラスについて述べた事柄がそのまま当てはまる。

運用系 2 の CP 利用に関する高い水準と対称的に AP の稼働率は 18.68 % と極端に悪いが、その原因は運用系 1 において CP の稼働率が極端に悪かった原因と全く同じというわけではない。表 4.1 に示されている様に運用系 1 では CP ジョブの主記憶優先権が低いいため CP プログラム主記憶多重度は 0.58 であり、これが CP の稼働率を低下させた大きな原因であった。これに対し、運用系 2 では AP プログラムの主記憶多重度は 1.28 に達している。これは運用系 6 および 7 よりも良い値である。AP ジョブの主記憶優先権が低いにもかかわらず AP プログラムが主記憶にのることができるのは、主記憶優先権の高い 3 つの CP ジョブの主記憶使用量の期待値の総和が

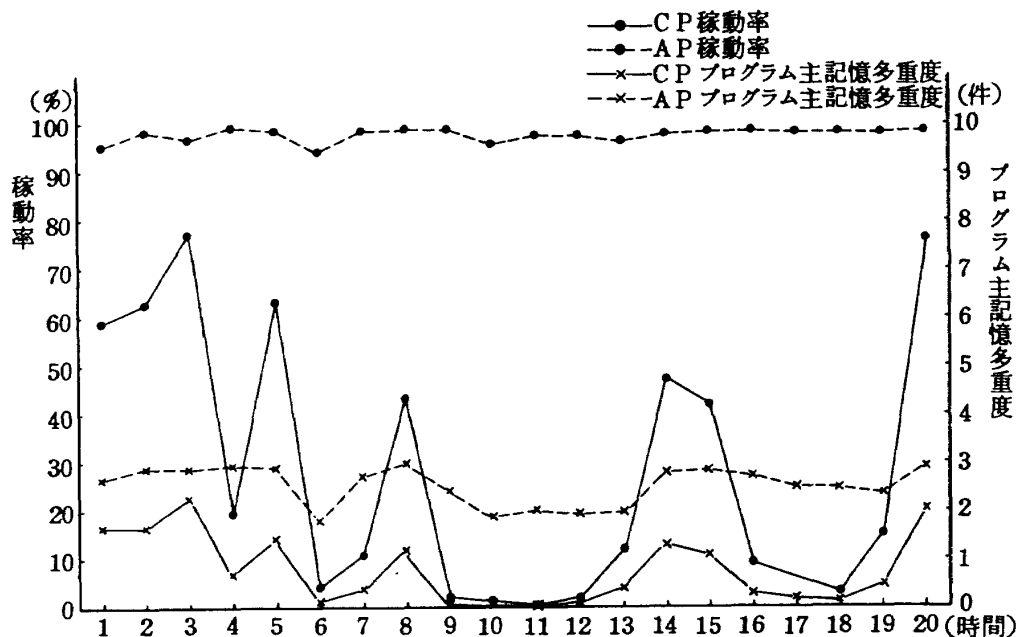


図 4.1.1 システム状態推移 (運用系 1, AP-CP 使用モード 1)

注16) DT クラスの処理件数は運用系 8 および 10 より良い。それは運用系 1 では CP クラスが平等に AP クラスより優先権が低いのにに対し、運用系 8 および 10 における DT クラスの優先権は全ジョブクラス中相対的に低位にあるためである。したがって運用系 1 の DT クラスの処理件数が多いのではなく、運用系 8 および 10 の DT クラスの処理件数が少なすぎるのである。

小さく、主記憶に余裕があるためである。それにもかかわらず運用系2のAP稼働率が18.68%にしか達しないのは、APプログラムが第2章のAPシステムの問題点(M)で述べた様に入出力処理に関してCPネックを起しているからである。このことは表4.2.1のAMおよびALクラスの有効主記憶時間比を見れば明かである。AMおよびALジョブは主記憶にのっていても実行優先権がCPクラスより低いため、入出力処理をCPに依頼するたびにCPの処理待ちとなり、有効主記憶時間が主記憶時

間の2~3割にしか達しない結果となっている。運用系2のAPおよびCP稼働率等の時間的推移を図4.1.2に示す。

### (iii) 運用系3

運用系3は、APクラスおよびCPクラスを優先権および多重度に関して平等にしたものである。この優先権の性格から懸念されることは悪平等ということであって、大きな主記憶を占有し、CPまたはAPの利用率の高いジョブクラス程効率的に処理され、その結果、主

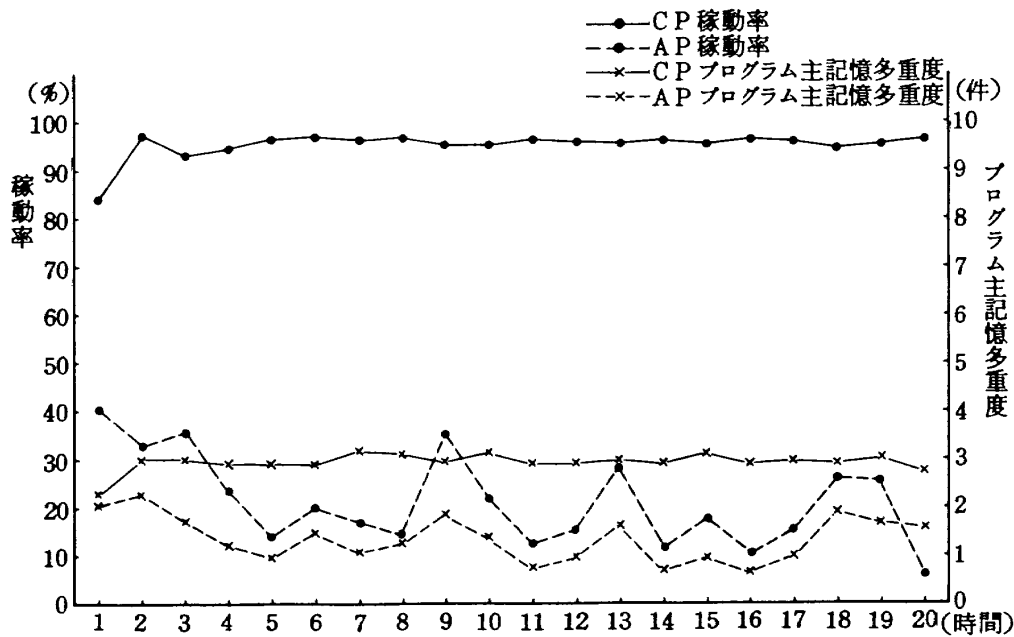


図 4.1.2 システム状態推移 (運用系2, AP-CP使用モード1)

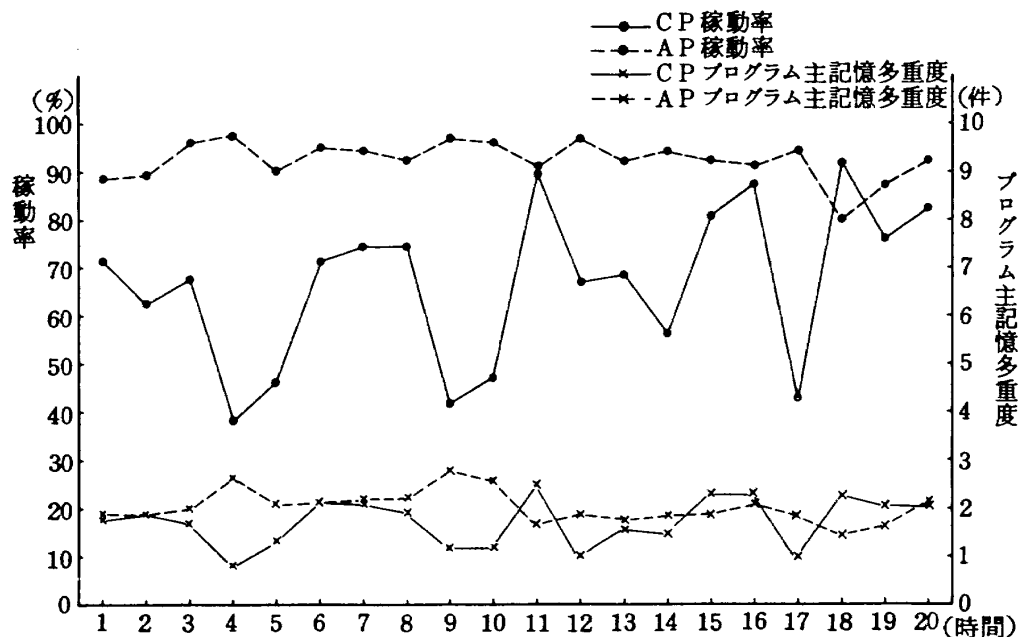


図 4.1.3 システム状態推移 (運用系3, AP-CP使用モード1)

記憶使用量が少なく、入出力リミットのジョブクラスの処理が渋滞することである。表 4.1 の結果はそれが事実であることを示している。

APクラスはCPクラスに比較して主記憶使用量も大きく、全て処理装置リミットのジョブクラスであるため、APの稼働率およびAPプログラムの主記憶多重度は高水準にあり、これと反対にCPプログラムの主記憶多重度は最低の水準にある。この結果、運用系3は稼働率の水準に関しては運用系1のように極端ではないが、順位に関しては位置づけは運用系1と同様であるといえる。ジョブクラス毎の実験結果は表 4.1 と表 4.2.1 に示されている。1時間当りの処理件数はALクラスは高い水準にあるが他のクラスはそれ程良くない。

図 4.1.3 は AP および CP 稼働率の時間的推移に関するものである。CP稼働率は大きな振動を示している。CP稼働率の大きな落ち込みはCPプログラム主記憶多重度の落ち込みと同期して発生しており、稼働率の低下の原因がCPプログラム主記憶多重度の低下であることがわかる。図からはCPプログラム主記憶多重度とAPプログラム主記憶多重度の間に相反関係が見取れる。この相反関係、すなわちAPプログラムとCPプログラムの主記憶競合がCP稼働率の大きな振動の原因である。

#### (2) 運用系4および5に関する実験結果の検討

##### (i) 運用系4

運用系4のCP稼働率およびAP稼働率は、それぞれ 86.58 % および 88.97 % と高水準にあり、稼働率に関して良いバランスを示している。これはAPおよびCPプログラム主記憶多重度のバランスの良さに原因がある。また、APおよびCPプログラム主記憶多重度の和は 457 とかなり良い。運用系4よりもプログラム主記憶多重度の和が大きい運用系7および9が、主記憶使用量の小さいSHクラスを2多重にすることにより高いプログラム主記憶多重度を達成した特殊性を考えると、

運用系4の主記憶優先権のジョブクラスへの割り当てがすぐれたものであると考えることができる。

ジョブクラス別の1時間当りの処理件数を見ると、表 4.1 よりSHクラス、DTクラスおよびAMクラスは非常に優れており、CMクラスは余り良くなく、ALクラスの処理件数は0で全く良くない。表 4.2.2 から明かな様に、SHジョブは約 100 件処理される毎に 1 回、約 200 秒間ロールアウトされる他は常に主記憶上にあり、有効主記憶時間比も 0.73 と高率であって、主記憶上のSHジョブは渋滞することなく処理されている。DTクラスも約 2 件処理する毎に 1 回の割合いで約 90 秒間ロールアウトされている他は主記憶上にあり、有効主記憶時間比も 0.50 とほぼ水準に達している。これがSHおよびDTクラスの1時間当りの処理件数が多い原因である。CMクラスは1件処理する毎に 2 回強、合計約 460 秒間ロールアウトされている。有効主記憶時間比が 0.62 と、CMジョブは主記憶にのればかなり効率良く処理されている<sup>注17)</sup>。したがって、CMクラスの1時間当りの処理件数が少ないのは、この運用系がCMクラスに与えた主記憶優先権の低さに主要な原因があり、実行優先権の低さは第1原因ではないと結論できる。AMクラスは約 100 件処理する毎に 1 回の割合いで約 170 秒間ロールアウトされる他は主記憶上にあり、有効主記憶時間比も 0.56 とほぼ水準に達している。APクラスの場合、APを競合使用するのはAMジョブ2個とALジョブ1個であって、これ

表 4.2.2 ロールアウト回数・ロールアウト時間および有効主記憶時間比一覧表 (AP-CP使用モード1)

運用系		4			5		
項 目  ジョブクラス	1件当り ロールア ウト回数 平均値 [回]	1件当り ロールア ウト時間 平均値 [秒]	1件当り 有効主記 憶時間比 平均値	1件当り ロールア ウト回数 平均値 [回]	1件当り ロールア ウト時間 平均値 [秒]	1件当り 有効主記 憶時間比 平均値	
	SH	0.011	2.04	0.73	0.006	0.44	0.80
DT	0.453	41.32	0.50	0.371	31.45	0.54	
CM	2.314	463.21	0.62	2.786	815.37	0.64	
AM	0.013	2.19	0.56	0.012	7.80	0.56	
AL	—	—	—	—	—	—	
主記憶優先権	AM>SH>DT>CM>AL			SJ=AM <sub>R</sub> >SH <sub>R</sub> >DT <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub> >AL <sub>R</sub>			
実行優先権	AL>SH=DT=AM>CM			SJ=AL <sub>R</sub> >SH <sub>R</sub> =DT <sub>R</sub> =AM <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub>			
クラス別多重度	SH=1, DT=1, CM=1, AM=2, AL=1						

注17) 運用系4においてCMクラスの実行優先権がDTクラスのそれよりも低いにもかかわらず、有効主記憶時間比がDTクラスより良いのはDTジョブが入出力リミットのジョブであることに原因がある。一般に実行優先権の同じジョブが競合した場合、入出力リミットのジョブと競合した場合の有効主記憶時間比は、処理装置リミットのジョブと競合した場合に比較してずっと大きくなる。そこで、通常の運用系では入出力リミットのジョブクラスの実行優先権を処理装置リミットのジョブクラスのそれより高くするのが普通である。

らはいずれも処理装置リミットのジョブであるため、有効主記憶時間比はCPジョブの様に高くならないことを考えると0.56はかなり良い水準と考えてよい。

以上述べた理由から運用系4のAMクラスの1時間当りの処理件数はかなり優れている。ALクラスに関しては1件も処理されていない。これはALジョブの主記憶使用量の期待値が173 K語であることと主記憶利用率が低いこととALクラスの主記憶優先権が最下位にあることに原因があり、最初の2つの原因はこの運用系の責任

ではないが、3番目の原因はこの運用系の責任であって、これがこの運用系の欠点となっている。

図4.1.4にAPおよびCPの稼働率等の時間的推移を示す。実験の12, 13, 17および19時間目にCP稼働率およびCPプログラム主記憶多重度に低下がみられる他はほぼ平坦であり、表4.1の稼働率とプログラム主記憶多重度の標準偏差が、APおよびCP共にすぐれていることと対応して、この運用系が優れていることを示している。12, 13, 17および19時間目の落ち込みの原因はAPプ

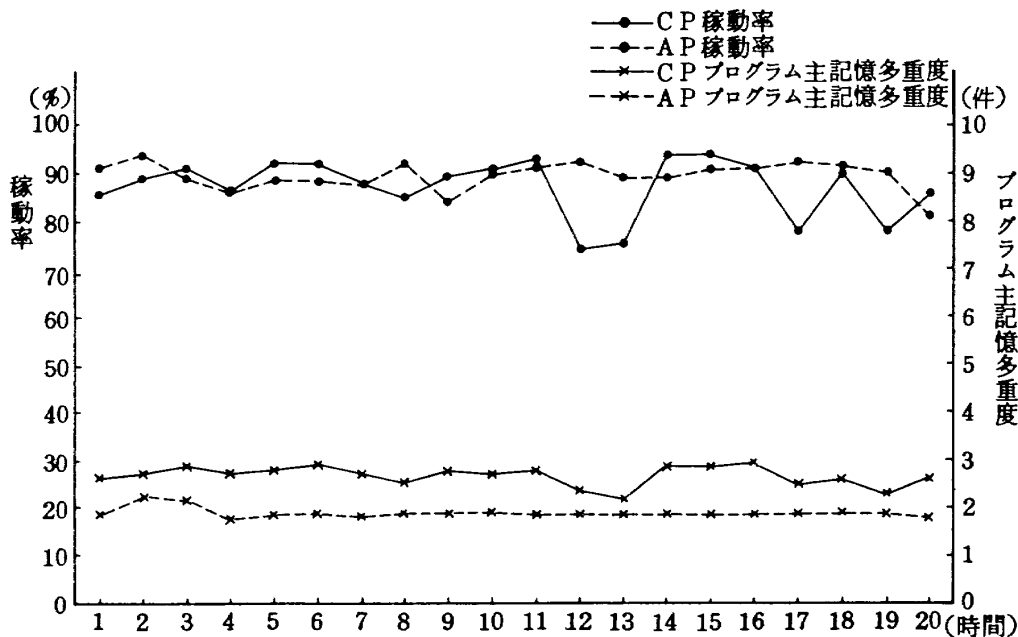


図 4.1.4 システム状態推移 (運用系4, AP-CP使用モード1)

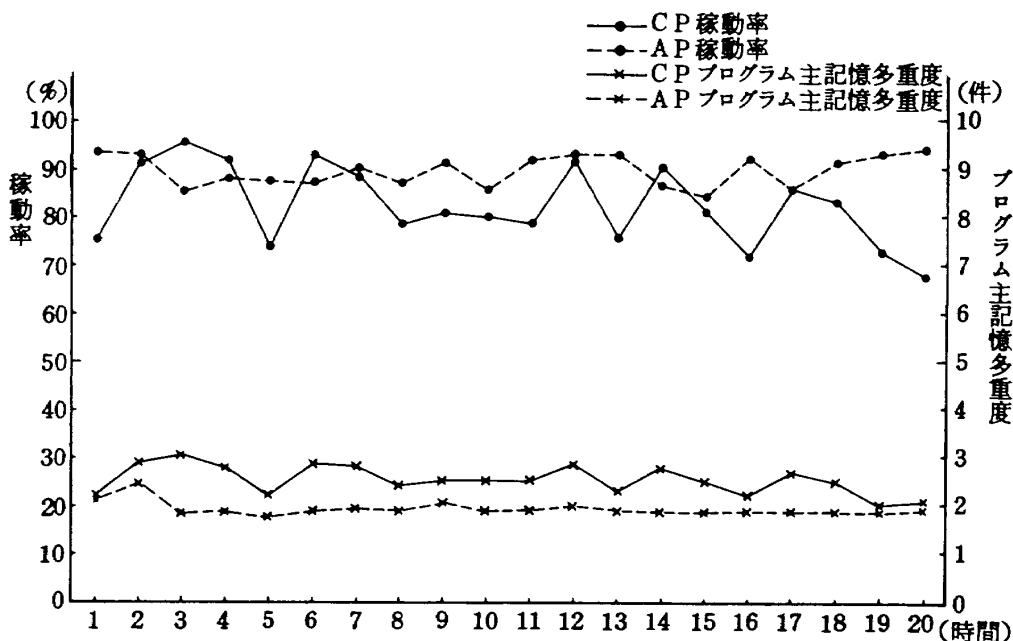


図 4.1.5 システム状態推移 (運用系5, AP-CP使用モード1)



プログラム主記憶多重度に変化がないこととこの運用系の主記憶優先権の順序を考えると、大きな主記憶使用量を有するAMジョブが実行されたためであると考えて良い。

### (ii) 運用系5

運用系5は運用系4と同様な性格をもった運用系であるが実験結果も運用系4と同様である。

CP稼働率は運用系4より5%低く、AP稼働率はほぼ同じであり、バランスがとれている。APおよびCPプログラム主記憶多重度もこの2つの運用系はほぼ同じ数字を示している。稼働率とプログラム主記憶多重度の標準偏差は、APおよびCP共に運用系5の方が僅かではあるが大きい。図4.1.4と図4.1.5の比較もそれを示している。稼働率およびプログラム主記憶多重度における振動現象は運用系5の方が運用系4よりも顕著である。図4.1.5からCP稼働率の低下はCPプログラム多重度の低下に原因があり、これは運用系4の場合と同様に大きな主記憶使用量を有するAMジョブの実行に原因がある。

ジョブクラス毎の1時間当りの処理件数に関して運用系4と比較すると、SHおよびDTクラスは運用系5が優れ、AMクラスは僅かであるが運用系5が良く、CMクラスでは運用系4が優れている。ALクラスは運用系4と等しく全運用系中最下位である。表4.2.2の各ジョブクラスの処理状況も処理件数における優劣がそのまま反映している。以上を総合すると運用系4と5は検討項目毎に多少の優劣はあるが殆んど差がないと考えられる。

### (3) 運用系6および7に関する実験結果の検討

### (i) 運用系6

運用系6が表4.1に示す様に90.71%と高いCP稼働率を示すのは、CPプログラム主記憶多重度が大きいためである。その原因は、運用系6においては主記憶優先権の高いAMクラスの多重度が1であることに求められる。すなわち、主記憶優先権の高い順に各ジョブクラスのRUNジョブステップの主記憶使用量の期待値を加算してゆけば、CPクラスのうち最も主記憶優先権の低いCMクラス迄考えてもその期待値の和は292 K語であり、かなり高い確率で3つのCPジョブが主記憶にのることになるからである。実験結果もそれを裏書きしており、表4.2.3のロールアウト回数およびロールアウト時間の項目を見れば明かな様に、SHおよびDTジョブは殆んど主記憶にのっている。CMジョブもほぼ2件処理する毎に1回、平均的に約300秒ロールアウトされる以外は主記憶上にある。この他、主記憶優先権から考えてサービスジョブステップは殆んど主記憶にのっていると考えてよい。このCP稼働率を反映してSH、DT、およびCMクラスの1時間当りの処理件数は全て一応の水準に達している。実行優先権と多重度のバランスもDTクラスを除いては良好である。運用系6の実験結果のうちCPに関する項目で問題になると考えられるのはCP稼働率の標準偏差の大きいことである。図4.1.6に示すAPおよびCP稼働率等の時間的推移を見ると8時間目に全ての値が急激に低下しており、これが大きな標準偏差の原因となっている。この低下は運用系6の主記憶優先権から考えて非常に大きな主記憶を使用するサービスジョブ

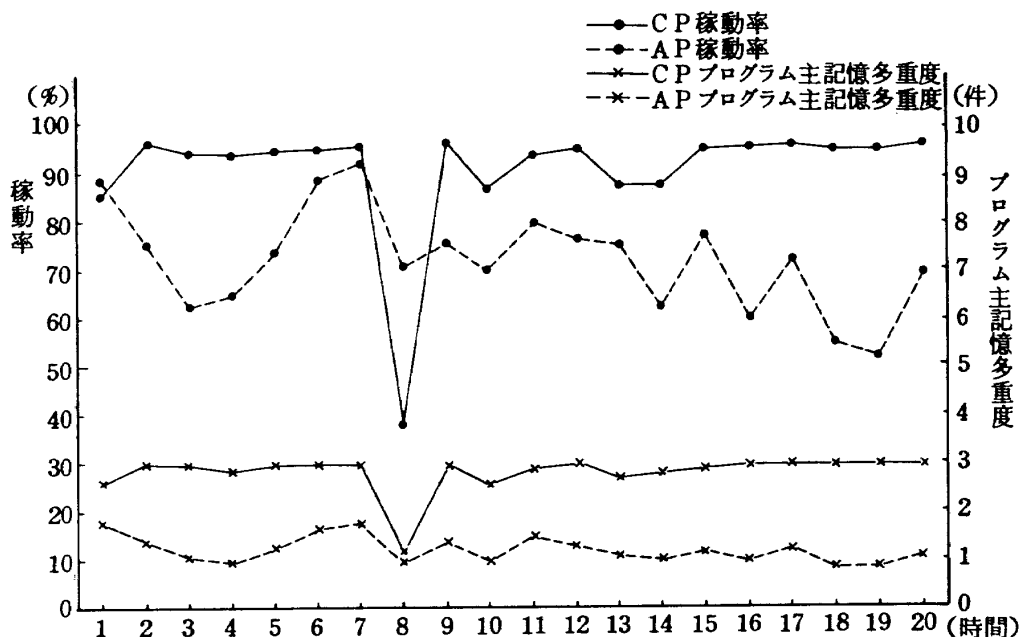


図 4.1.6 システム状態推移 (運用系6, AP-CP使用モード1)

ステップ、すなわちAPフォートランが主記憶にのったためと考えられる。このため殆んどジョブは主記憶から追い出されたと考えて良いが、このような場合を運用系により処理することはむづかしく、この現象は運用系6にとって大きな欠点と考えるべきではない。この現象を除けば標準偏差もずっと小さくなる。

CPに関する実験結果がほぼ満足すべきものであったのと対称的に、運用系6はAPに関しては良い実験結果を残していない。その理由はAP

ジョブが2多重しかなく、そのうちALジョブは表4.2.3からわかる様に1件当り7736秒間、合計17.2回もロールアウトされている。この結果、表4.1に示されたAPプログラム多重度は1.20となっている。図4.1.6のAPプログラム主記憶多重度が1と2の間を1に近い所で振動しているのはALジョブが時々主記憶にのることを示しており、AP稼働率もそれに伴って上昇している。この様にAP稼働率の低い運用系6がALクラスの処理件数に関してかなり良いのは、この運用の総ジョブ多重度が5であり、ALジョブが比較的主記憶にのり易くなっているからである。いいかえると運用系1、3および6を除く他の運用系がALジョブを冷遇しすぎているからである。AMクラスに関しては多重度が他の殆んど運用系が2であるのに対して1であることの不利が表われており、AMクラスの1時間当りの処理件数は良くない。AMクラスの処理件数が余り良くないためALクラスの1時間当りの処理件数の相対的な良さもこの運用系のAP稼働率の低下を防ぎきれなかったといえる。

### (ii) 運用系7

運用系7は、運用系6と似た性格の運用系であるためそれを反映して実験結果も同じような傾向を示す。そこで相違点に重点を置いて結果の検討を行う。

SHクラスを2多重にした効果により、このクラスの1時間当りの処理件数は運用系6の場合の23.47件に対し35.47件と2倍にはならなかったがかなり増加している。2倍にはならなかったのは、有効主記憶時間比が運用系6では0.66であったのが0.55と低下したからである。この原因は、CPクラスの実行優先権を全て等しくしたことにより、SHクラス2個、DTおよびCMクラス各1個

表 4.2.3 ロールアウト回数・ロールアウト時間および有効主記憶時間比一覧表  
(AP-CP使用モード1)

運用系 項目 ジョブクラス	6			7		
	1件当り ロールア ウト回数 平均値 [回]	1件当り ロールア ウト時間 平均値 [秒]	1件当り 有効主記 憶時間比 平均値	1件当り ロールア ウト回数 平均値 [回]	1件当り ロールア ウト時間 平均値 [秒]	1件当り 有効主記 憶時間比 平均値
SH	0.005	5.28	0.66	0.003	0.02	0.55
DT	0.053	55.49	0.34	0.091	0.43	0.29
CM	0.525	155.84	0.65	1.128	167.89	0.53
AM	0.0	0.0	0.73	0.0	0.0	0.77
AL	17.200	7736.52	0.63	19.000	4886.00	0.64
主記憶優先権	AM <sub>R</sub> >SJ>SH <sub>R</sub> >DT <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub> >AL <sub>R</sub>			AM <sub>R</sub> >SJ>SH <sub>R</sub> >DT <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub> >AL <sub>R</sub>		
実行優先権	SJ=AL <sub>R</sub> =AM <sub>R</sub> >SH <sub>R</sub> >DT <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub>			SJ=AL <sub>R</sub> =AM <sub>R</sub> >SH <sub>R</sub> =DT <sub>R</sub> =CM <sub>R</sub>		
クラス別多重度	SH=1, DT=1, CM=1, AM=1 AL=1			SH=2, DT=1, CM=1, AM=1, AL=1		

のCPジョブが同等の権利をもってCPを競合したことにより求められる。このような競合がある場合、表4.2.3に示すように、競合する全てのクラスの有効主記憶時間比も低下するが、低下の度合は入出力リミットのジョブの方が処理装置リミットのジョブよりも大きいのが普通である。その結果、1時間当りの処理件数はCMおよびDTクラス共に運用系6に比較して減少しているが、DTクラスの低下の方がより大きくなっている。

運用系7におけるAPクラス多重度、主記憶および実行優先権は運用系6と全く同じであるが、運用系7ではSHクラス多重度が2となっているため、主記憶優先権の最も低いALジョブが運用系6に比較してロールアウトされやすくなっている。そのため、1時間当りのALジョブの処理件数も運用系6では0.29であったのに対して、0.06と1/5程度に落ち込んでいる。

表4.2.3の運用系6および7のALクラスにおけるジョブ1件当りのロールアウト時間は、運用系6では約7737秒、運用系7では4886秒となっているが、これは処理されたジョブについての結果であって運用系7ではALクラスは4時間目に1件処理されただけであるため、数字をそのまま比較する訳にはいかない。図4.1.7のAPプログラム主記憶多重度の時間的推移を見れば明らかな様に、APプログラムは主記憶多重度は5時間目以降ずっと1である。これは主記憶優先権の順序から考えてAMジョブであるといえる。したがって、ALジョブは5時間目以降ロールアウトされ続けたと考えるべきである。これに対して運用系6では、図4.1.6に示されるようにAPプログラム主記憶多重度の時間的推移が1と2の間を振動しており、ALジョブは時々主記憶にのって

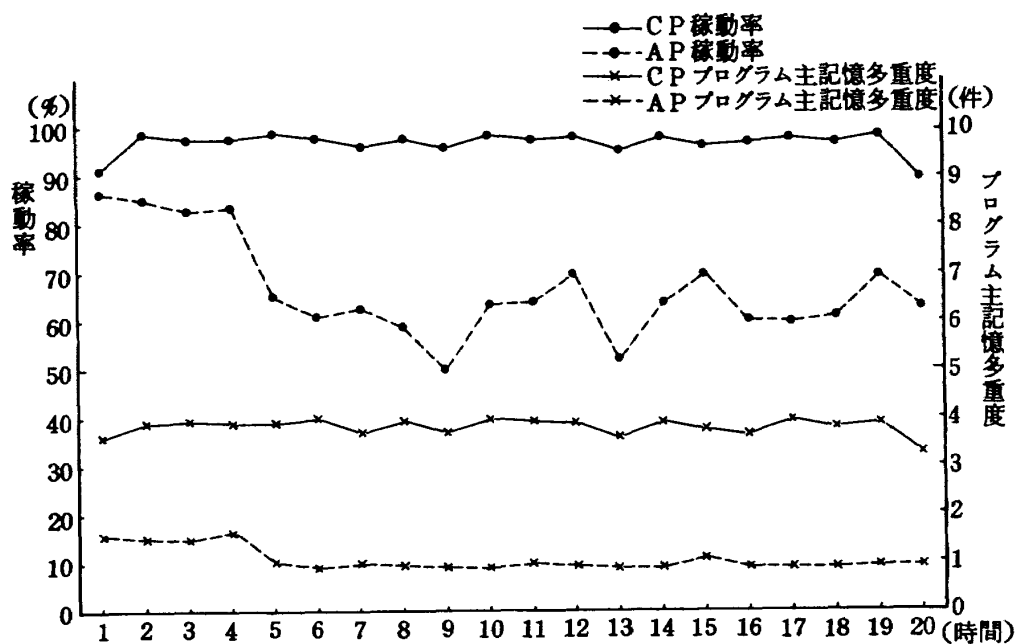


図 4.1.7 システム状態推移 (運用系 7, AP-CP 使用モード 1)

処理されている。以上が運用系 6 と 7 の AL クラスに関する相違である。

AM クラスに関しては 2 つの運用系はほぼ同様の結果を与える。運用系 7 での処理件数の方がやや多いのは、表 4.2.3 の AM クラスの有効主記憶時間比の差によるものである。この差は運用系 6 では時々 AL ジョブが主記憶にのり、AM ジョブと AP を競合するのに対し、運用系 7 では 5 時間目以降 AM が AP を専有使用したことにより起因するものである。AL クラスの 1 時間当りの処理件数が少ないことから、運用系 7 の AP 稼働率は運用系 6 のそれよりもさらに低下している。この結果、運用系 7 の CP 稼働率は 97.06 % と全運用系中第 1 位であるが、

AP 稼働率は 63.46 % と悪い。

(4) 運用系 8, 9 および 10 に関する実験結果の検討

(i) 運用系 8

運用系 8 はこのグループの 3 つの運用系中最も高い CP 稼働率を示している。

運用系 8 における CM クラスの主記憶優先権が高いことから予想されることであるが、表 4.2.4 から CM ジョブは平均 4 件処理する毎に 1 回の割り合いで約 400 秒ロールアウトされる他は主記憶上にのり、有効主記憶時間比も 0.68 と良好である。これ等の事実は CM ジョブの高い CP 稼働率と相まって CP プログラムの主記憶多重度が 2.24 とそれ程大きくないにもかかわらず、運用系 8 の

表 4.2.4 ロールアウト回数・ロールアウト時間および有効主記憶時間比一覧表 (AP-CP 使用モード 1)

運用系	8			9			10		
項 目	1 件当り ロールア ウト回数 平均値 [回]	1 件当り ロールア ウト時間 平均値 [秒]	1 件当り 有効主記 憶時間比 平均値	1 件当り ロールア ウト回数 平均値 [回]	1 件当り ロールア ウト時間 平均値 [秒]	1 件当り 有効主記 憶時間比 平均値	1 件当り ロールア ウト回数 平均値 [回]	1 件当り ロールア ウト時間 平均値 [秒]	1 件当り 有効主記 憶時間比 平均値
ジョブクラス									
SH	0.110	132.85	0.62	0.013	0.28	0.72	0.068	136.69	0.72
DT	2.000	1927.31	0.30	1.400	1334.58	0.42	1.769	3984.00	0.36
CM	0.265	105.34	0.68	2.615	3237.34	0.39	0.275	49.13	0.83
AM	0.032	10.23	0.46	0.012	0.12	0.54	0.015	0.34	0.48
AL	19.000	18685.00	0.77	13.000	5973.00	0.78	6.000	18734.67	0.83
主記憶優先権	SJ=AM <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub> >SH <sub>R</sub> =DT <sub>R</sub> =AL <sub>R</sub>			SJ=AM <sub>R</sub> >SH <sub>R</sub> >DT <sub>R</sub> =CM <sub>R</sub> =AL <sub>R</sub>			SJ=AM <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub> >SH <sub>R</sub> =DT <sub>R</sub> =AL <sub>R</sub>		
実行優先権	AL <sub>R</sub> >S J>SH <sub>R</sub> >DT <sub>R</sub> =AM <sub>R</sub> =CM <sub>R</sub>			AL <sub>R</sub> >S J>SH <sub>R</sub> =DT <sub>R</sub> =AM <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub>			AL <sub>R</sub> >S J>SH <sub>R</sub> >DT <sub>R</sub> =AM <sub>R</sub> >CM <sub>R</sub>		
クラス別多重度	SH=2, DT=1, CM=1, AM=2, AL=1						SH=1,DT=1, CM=1,AM=2, AL=1		

CP稼働率の高さを保証する原因となっている。SHクラスは2多重であるが、平均約9件処理する毎に1回の割合いで平均約1200秒間ロールアウトされている。SHクラスの1時間当り処理件数は約24件なのでSHクラスの1時間当りの延べロールアウト時間は平均約3200秒に達している。SHクラスは実行優先権が高いことにより良好な有効主記憶時間比を示しているが、上に述べた理由により実質的には1多重を少し上回る程度にしかCP稼働率の向上に寄与していない。これがSHクラスの1時間当りの処理件数がそれ程目ざましく増加しない理由である。DTジョブは1件当り平均約2000秒と長時間に渡ってロールアウトされ、これがDTクラスでの1時間当りの処理件数を下げた原因となっている。SHクラスおよびDTクラスのロールアウト1回当りの平均時間が長いのは、これらのジョブクラスの主記憶優先権がALクラスと同等であり、かつ、CMおよびAMクラスといった主記憶使用量の期待値が大きなジョブクラスより低位にあることに原因がある。AL、CMおよびAMジョブと主記憶を争った結果ロールアウトされたジョブは、これらのジョブが終了する迄は主記憶にもどれないことになる。

AP稼働率は約80%と良好である。APプログラムの主記憶多重度が2.01とかなりな水準にあるにもかかわらず、稼働率がそれに対応して高水準にないのは、AMクラスの実行優先権が最も低いために、AMジョブが入出力処理をCPに依頼する際に軽いCPネックを起していることに原因がある。そのためAMクラスの有効主記憶

時間比は0.46と小さく、AMジョブの1時間当りの処理件数を少なくする原因となっている。ALクラスについては主記憶優先権がSHおよびDTクラスと同等であることが幸して僅かであるが処理されている。図4.1.8に運用系8のAPおよびCP稼働率等の時間的推移を示すが実験初期の立ち上がりを除いてとくに問題となるところはなく、稼働率の標準偏差も小さく良好である。

#### (ii) 運用系9

運用系9は運用系8におけるCMクラスの役割をSHクラス2多重に肩がわりさせようとするものである。

表4.2.4から以下のことが明かとなる。SHクラスは平均約80件処理するごとに1回の割合いで平均約20秒間ロールアウトされるだけである。表4.1からSHクラスは1時間に平均約50件処理されているので80件に1回の割合いのロールアウトでは殆んど常に2個のSHジョブが主記憶上にあることになる。

これと対称的にDTおよびCMジョブは主記憶優先権の順位がそれよりも高い2個のAMジョブおよび2個のSHジョブの主記憶使用量の期待値総和が282 K語であること、主記憶の利用率が60%程度にしか達しないこと、およびALジョブと主記憶を競合することからロールアウトされる可能性が大きく、実験結果もそれを裏書している。すなわち、表4.2.4より、DTクラスは1件当り平均約1300秒ロールアウトされ、CMクラスは1件当り平均約3200秒ロールアウトされている。

また、SHクラスの有効主記憶時間比は、CPを競合使用している他のCPジョブがロールアウトされている

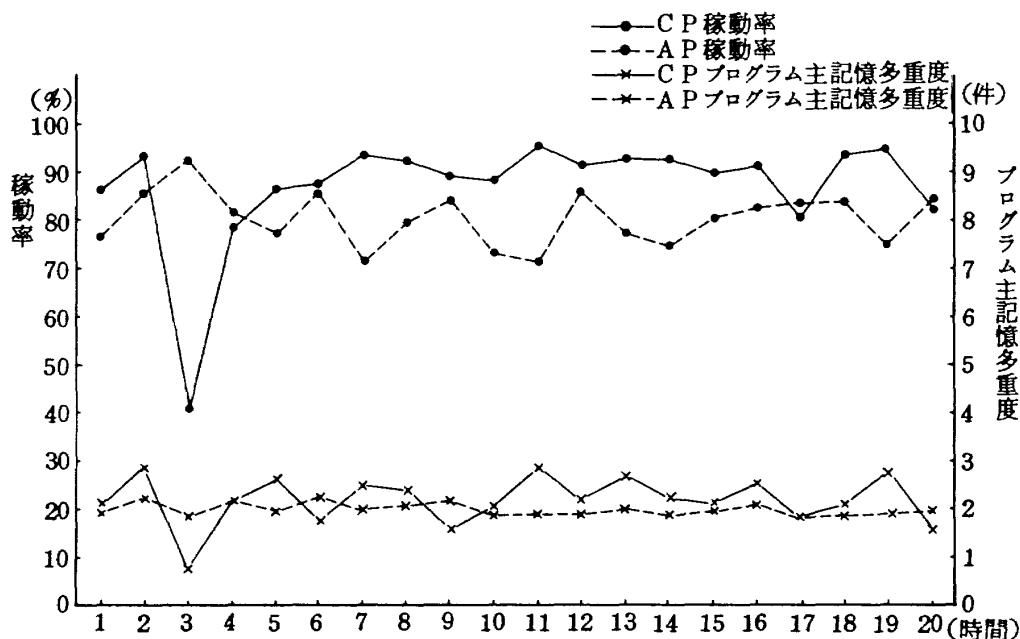


図 4.1.8 システム状態推移 (運用系8, AP-CP使用モード1)

ことが多いため0.72に達している。SHクラスの1時間当りの処理件数は約50件に達し、他の運用系を引きはなして第1位にあるのは2個のSHジョブがCPを効率よく使用した結果である。DTクラスはロールアウト時間が長いので1時間当りの処理件数は低下し、余り良くなく、CMクラスは同じ理由で極端に悪い。

CP稼働率は約87%とかなり高いが、これは上に述べたことから殆んどSHジョブにより保持されたものである。

AP稼働率についてもこの運用系は88.96%と非常に優れている。AMクラスの1時間当りの処理件数は最も多い。運用系8ではAMクラスの実行優先権がCMクラスと同等であったのに対してこの運用系ではCMクラスより高いため、これが、運用系8で見られた入出力処理の依頼に伴うCPネックを軽減する結果となっている。その結果、AMクラスの1時間当りの処理件数は運用系8よりもずっと多くなっている。ALクラスも主記憶優先権がDTおよびCMクラスと等しいことから、この運用系が7多重であるにもかかわらず僅かではあるが処理されている。

図4.1.9に運用系9のAPおよびCP稼働状況等の時間的推移を示す。図を見ると9および10時間目の所でCPプログラム多重度が大きく落ち込んでいるのが見られるが、これはDTジョブとCMジョブが同時に長時間に渡ってロールアウトされた結果であり、この時、主記憶上にはSHジョブが2個だけ残っていたものと思われる。9および10時間目程大きくはないが16および19時間目に

もCPプログラム多重度の小さな落ち込みが見られるがこれも同じ原因によるものである。CPプログラム多重度の落ち込みによりCP稼働率も落ち込んでいるが、これはロールアウトされる可能性が高いジョブがCMジョブであることによるものと考えられる。

#### (iii) 運用系10

この運用系の検討は運用系8と並行に行う。表4.2.4から以下のことが明らかとなる。

SHクラスに関しては、運用系8と同じ様にロールアウトは平均約15件に1回の割り合いと少ないが、ALジョブと主記憶を競合使用した結果、平均約2000秒の長時間にわたってロールアウトされ、SHクラスは1件も処理されず、これがこの運用系の大きな欠点となっている。DTクラスについても運用系8と同じくALジョブと主記憶を競合使用した結果、1件当たり平均約4000秒の長時間にわたってロールアウトされている。この2つのジョブクラスの平均ロールアウト時間は運用系8におけるよりもはるかに大きい。これはジョブの多重度が運用系8よりも1つ減ったため、主記憶優先権がSHおよびDTクラスとともに最下位にあるALジョブも主記憶にのる確率が高くなったことに原因がある。一旦ALジョブが主記憶にのると、SHおよびDTジョブは主記憶上に空きがない限りALジョブが終了する迄主記憶にのれない。この理由でSHおよびDTクラスの1時間当りの処理件数は運用系1を除くと全運用系中もっとも悪い。CMクラスについても運用系8と同様であるが、CPジョブの多重度

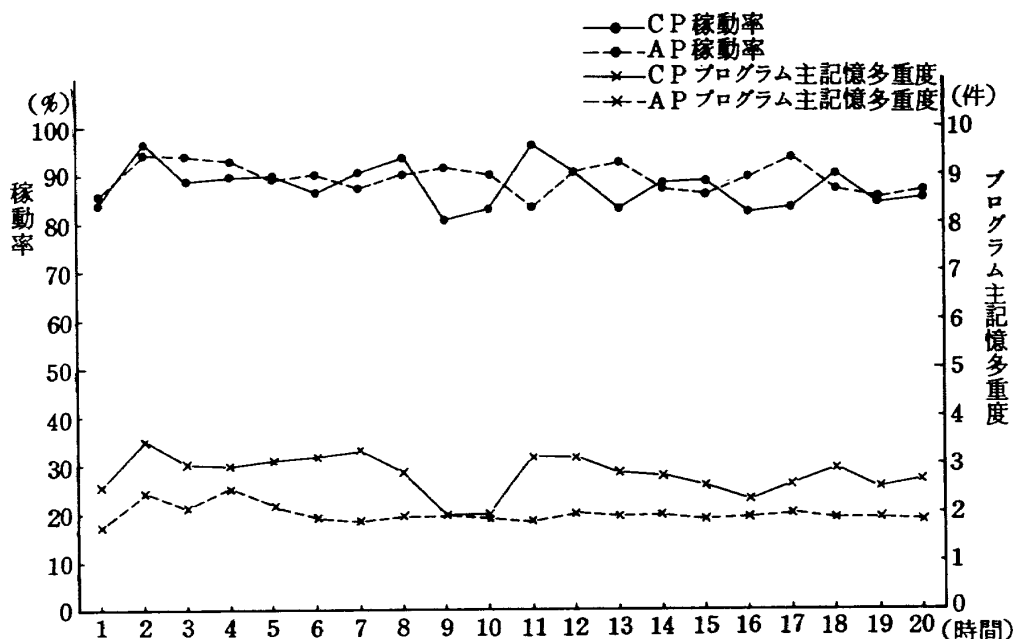


図4.1.9 システム状態推移 (運用系9, AP-CP使用モード1)

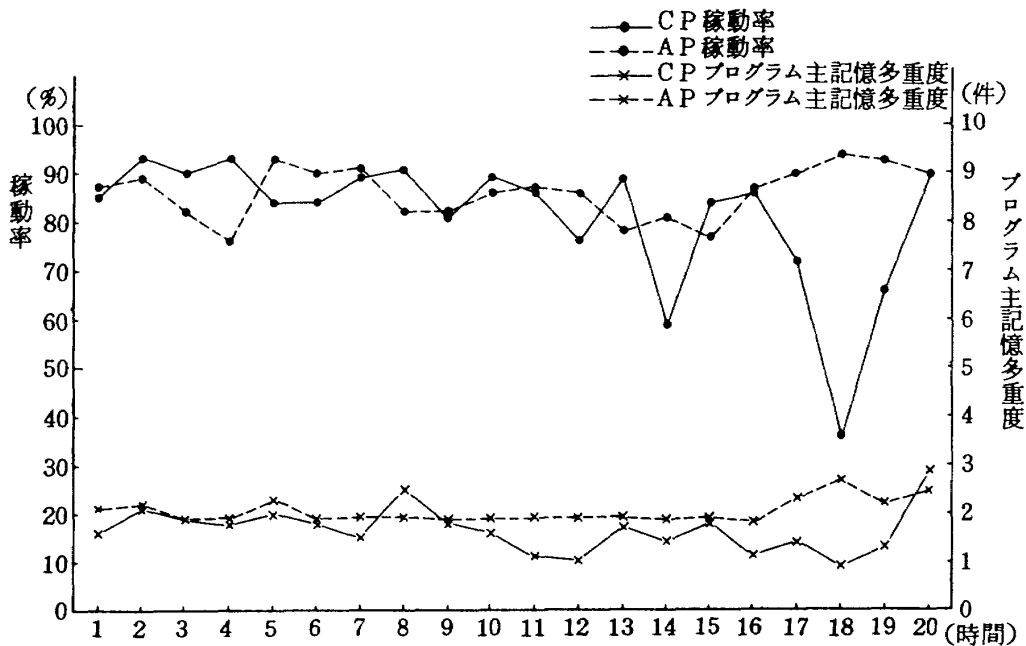


図 4.1.10 システム状態推移 (運用系10, AP-CP使用モード1)

が1つ減ったことと上に述べたSHおよびDTジョブのロールアウトが増えたことによりCPを競合使用するジョブがずっと少なくなり、CMジョブは高い割合でCPを使用することができる。これはCMクラスの有効主記憶時間比が全運用系中最高の0.83を記録していることにより実証されている。これに伴ないCMクラスの1時間当りの処理件数3.00は全運用系中最も優れている。

CPの稼働率は約80%と良好であるが、これはCMジョブが稼働率の平均約7割をささえたことによるもの<sup>注18)</sup>である。

APの稼働率は約86%と優れている。APプログラム主記憶多重度が2.05とかなりな水準にあるにもかかわらず稼働率がそれに対応して高水準にないのは運用系8の場合と同じ様にAMジョブの軽いCPネックによるものである。これはAMクラスの有効主記憶時間比が0.48と比較的小さいことから実証される。ALクラスはSHジョブの説明で述べた理由により少し処理されており、1時間当りの処理件数は0.18件と小さいがそれ程悪くはない。これはこの運用系が他の運用系とくらべて相対的にALクラスを優遇した結果である。図4.1.10にAPおよびCPの稼働状況等の時間的推移を示す。これを見ればSH、DTおよびALジョブの主記憶競合の様子が明かとなる。このCPプログラム多重度の振動によるCP稼働率の振動が運用系10のCP稼働率の大きな標準偏差の

原因である。

#### 4.2.2 AP-CP使用モード1の実験結果による各運用系の評価

表4.3に各運用系のジョブクラス毎のジョブ1件当りの平均経過時間指数を示す。ジョブクラス間で平均値の大きさにばらつきがある運用系は、ジョブに対するシステム応答時間がジョブクラス間でバランスを欠いており良くないといえる。平均値が大きすぎるものは、そのジョブクラスのジョブに対する応答時間が悪いことを示す。

本節では、4.2.1節に示した表4.1および表4.3を用いて各運用系の評価を行うが、評価に際して以下の基準を採用する。

- (1) APおよびCP稼働率が共に80%を越えているこ

表 4.3 平均経過時間指数一覧表(AP-CP使用モード)

運用系 \ ジョブクラス	SH	DT	CM	AM	AL
1	5.86	5.84	13.98	2.72	2.06
2	2.59	2.99	1.46	9.03	4.59
3	3.72	2.76	2.59	3.56	2.01
4	2.35	2.19	2.27	1.80	—
5	2.27	2.02	2.70	1.82	—
6	2.53	3.15	1.78	1.44	5.35
7	2.57	3.65	2.19	1.34	3.07
8	3.26	7.40	1.68	2.19	6.42
9	2.00	5.41	9.43	1.90	3.23
10	3.01	1.11	1.27	2.10	9.24

注18) CMジョブのCP使用時間期待値は660秒であるので  
 $660 \text{ 秒} \times 3 / (3600 \text{ 秒} \times 0.8) \cong 0.68$  となる。

とが運用系の良否の決定における最重要事項とする。

(2) ジョブクラス毎の1時間当り処理件数が、そのジョブクラスに関して最も高い処理件数を示す運用系の少なくとも $\frac{1}{2}$ 程度には達することが必要である。

(3) ジョブクラス毎の経過時間指数の値が5を越えないことが必要である。また、同一運用系において、どのジョブクラスの経過時間指数の値も、最小の経過時間指数を示すジョブクラスの値の2倍以上にならないことがジョブクラスの経過時間指数に関する運用系のバランスの観点から必要である。

(4) (2)または(3)の事項に関して、運用系が特定のジョブクラスに難点をもつ場合、発生比率の大きいジョブクラスに関する難点は発生比率の小さいジョブクラスに関する難点よりも重大であるとする。ジョブクラスの発生比率は表 3.2.1 から大きい順にならべると、SH, AM, CM, DT, ALとなる。

以下、実験結果に基づいて各運用系の特徴を列挙すると共に、上述の(1)~(4)の基準を用いて評価を行う。

運用系1はAP稼働率、APクラスの処理件数、および経過時間指数は全て非常に優れているが、CP稼働率および経過時間指数は全て極端に悪く、APとCPのバランスの悪い運用系である。

運用系2は運用系1と対称的な特徴をもっているが実験結果もそれを示し、APとCPのバランスの悪い運用系である。

運用系3は、運用系1程ではないが、やはりAPとCPのバランスがとれていない。CP稼働率は70%にも達していない。経過時間指数のバランスは非常に優れている。処理件数はALクラスは優れているがSHおよびDTクラスは悪い。CMおよびAMクラスはかろうじて水準に達している。この運用系はCP稼働率およびSHクラスとDTクラスの処理件数に難点がある。

運用系4および5は、APとCPの稼働率は共に80%を越えており優れている。経過時間指数もALクラスを除けば値も小さく、ばらつきも少い。処理件数もALクラスを除いた他のクラスは全て良く、とりわけDTおよびAMクラスで優れた値を示している。この2つの運用系の難点はALクラスにあり、その他の全ての点で非常に優れた運用系である。

運用系6のCP稼働率は非常に優れているが、AP稼働率は約72%であり80%に達していない。経過時間指数の全体的バランスは余り良くないが、値はALクラスを除いて皆小さい。処理件数に関してはSHクラスがやや悪い他は、全て一応の水準に達している。この運用系はAP稼働率とALクラスの経過時間に難点があり、SH

クラスの処理件数と経過時間指数のバランスに若干の問題点がある。

運用系7のCP稼働率は非常に優れているが、AP稼働率は約63%と70%にも達していない。経過時間指数は全て小さな値を示しているがバランスは余り良くない。処理件数はSHクラスで優れた値を示しているが、ALクラスは良くない。他のクラスの処理件数は一応の水準に達している。この運用系の難点は運用系6の難点とほぼ同様である。

運用系8のCP稼働率は80%を越えておりAP稼働率もほぼ80%に達している。経過時間指数はDTとALクラスが悪く、全体のバランスも良くない。処理件数に関してはALとDTクラスが悪く、SHクラスも余り良くない。CMおよびAMクラスは水準に達している。この運用系は、ジョブクラス毎の経過時間指数と処理件数に難点が多すぎる。

運用系9のCPおよびAP稼働率は共に80%を越えており、非常に優れている。経過時間指数に関してはDTとCMクラスが悪く、全体のバランスも良くない。処理件数に関してはSHとAMクラスに非常に優れた値を示すが、CMとALクラスが悪く、DTクラスにも多少の難点がある。この運用系も運用系8と同様にジョブクラス間のバランスが全く良くない所に難点がある。

運用系10のAP稼働率は80%を越えており、CP稼働率もほぼ80%に達している。経過時間指数に関してはALクラスが悪い他は全て小さな値を示し、優れているが、全体のバランスは余り良くない。処理件数に関してはSH, DT, およびALクラスが悪く、CMおよびALクラスは良い。この運用系の難点も運用系8および9と同様である。

以上に述べた各運用系に対する評価をまとめると、まず運用系1, 2, 3, 6, および7はAPまたはCP稼働率のいずれかが80%に達していないため採用できない。また運用系4, 5, 8, 9, および10は、それぞれいくつかのジョブクラスの取り扱いに難点をもっている。しかし難点の数と(4)に述べた基準に照らせば、運用系4および5がAP-CP使用モード1に関しては最も優れた運用系であると結論できる。また、これらの実験では各ジョブクラス共に常にジョブが存在するという条件で行っているが、実際の運用ではジョブの到着間隔の平均値はもっと大きく、その上、平均値自身も時間帯毎に変動すると考えられるので、運用系4や5で発生比率の小さいALクラスのジョブも処理され得ると考えられる。

#### 4.2.3 A P-C P使用モード2の実験結果と運用系の検討

A P-C P使用モード2では全ての利用者プログラムがA PプログラムとC Pプログラムにより構成されていることになる。A Pシステムのような非対称システムにとってこのような利用状況は決して望ましいものではないが、導入の初期にはこのような事態が発生することが予想される。

A P-C P使用モードが1から2へ変化する場合に、

システムの効率的使用のための運用系の作成にあたっては、第2章に述べた問題点(Ⅳ)に特に留意する必要がある。使用モード1では、C Pを競合使用するのは全てのサービスジョブステップとC PクラスのRUNジョブステップおよびA P RUNジョブステップからの入出力依頼だけであり、A Pを競合使用するのはA PクラスのRUNジョブステップだけであつた。使用モード2ではC Pを全てのサービスジョブステップと全てのジョブクラスのRUNジョブステップが競合使用し、A Pも全てのRUN

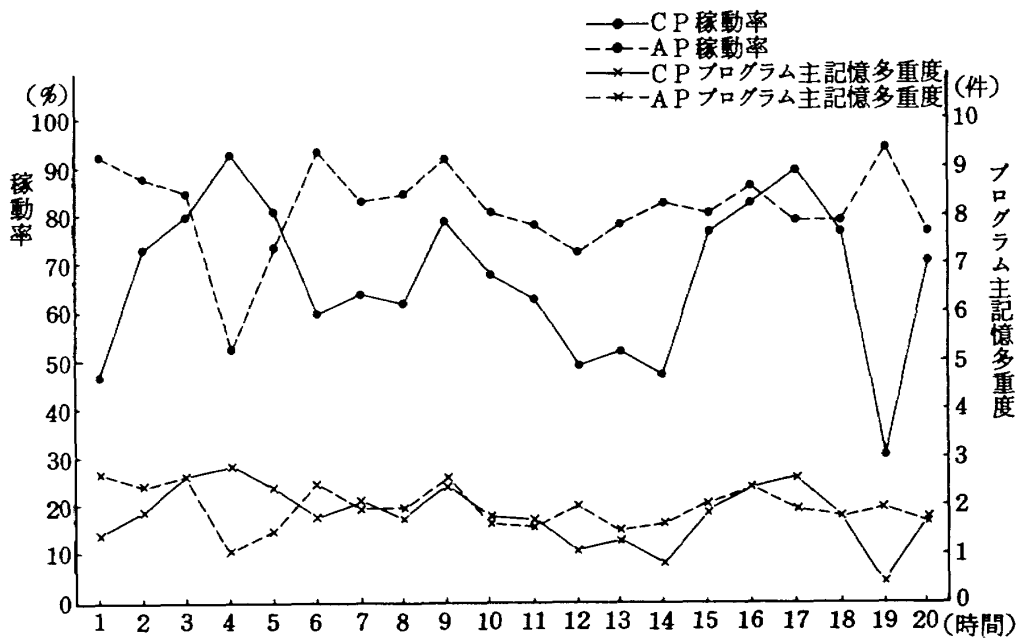


図 4.2.1 システム状態推移 (運用系3, A P-C P使用モード2)

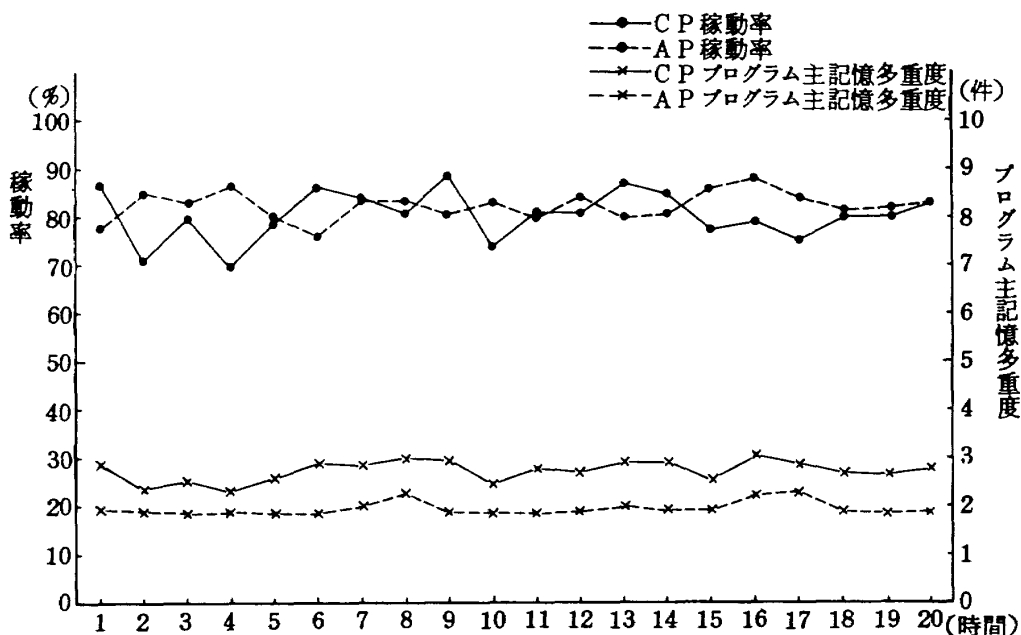


図 4.2.2 システム状態推移 (運用系4, A P-C P使用モード2)



ジョブステップが競合使用することになる。したがって、システム資源の有効利用に果す実行優先権の影響は、使用モード1の場合より一段と大きくなる。実行優先権の低いジョブはAPまたはCPネックを起こしやすく、有効主記憶時間比が低下し、経過時間が長くなる。そればかりでなく、その様なジョブにより主記憶からロールアウトされたジョブの経過時間もロールアウト時間の長大化に伴って長くなる。

前節ではAP-CP使用モード1における実験結果か

ら運用系4および5が最も欠点の少い優れた運用系であることを確認したが、本節では前節の結論が、使用モードの変化により影響を受けるか否かを実験結果から判断するとともに、我々が採用すべき運用系について最終的な結論を引き出すことを目的とする。

実験は4.1節に述べた方針に従い運用系3, 4, 5, 6, および10について行った。

まず、APおよびCP稼動状況等の時間的推移を図4.2.1～図4.2.5に示す。これらの図と4.2.1節のそれぞ

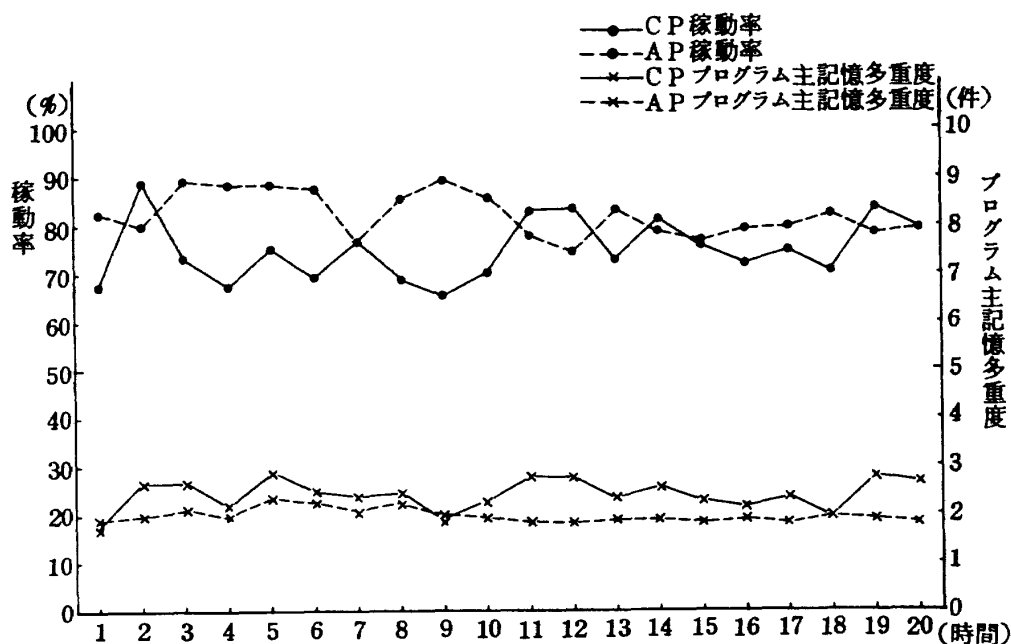


図 4.2.3 システム状態推移 (運用系5, AP-CP使用モード2)

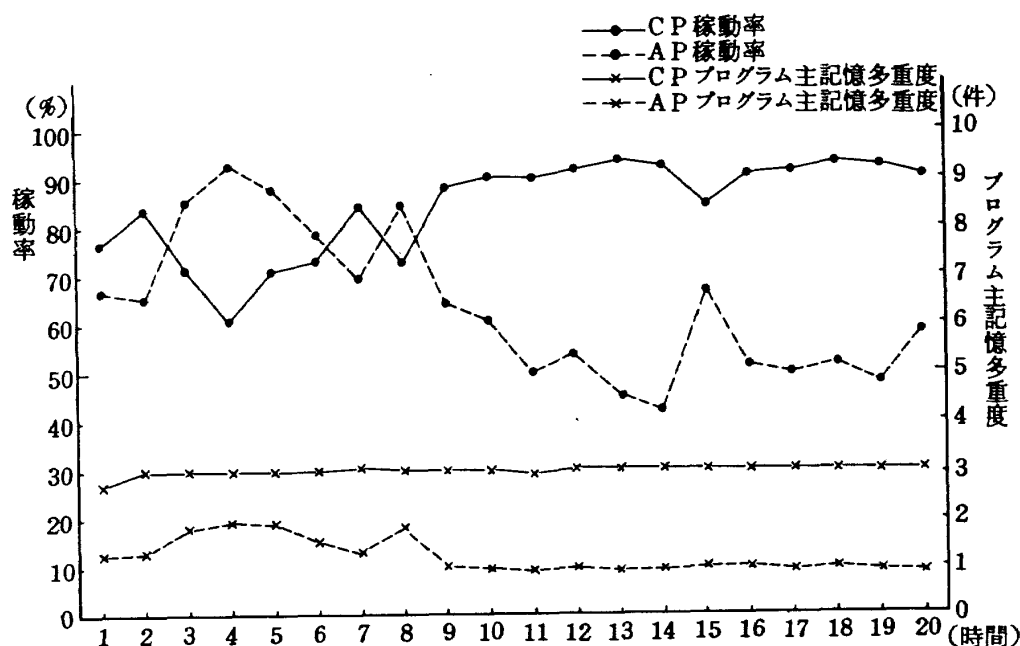


図 4.2.4 システム状態推移 (運用系6, AP-CP使用モード2)

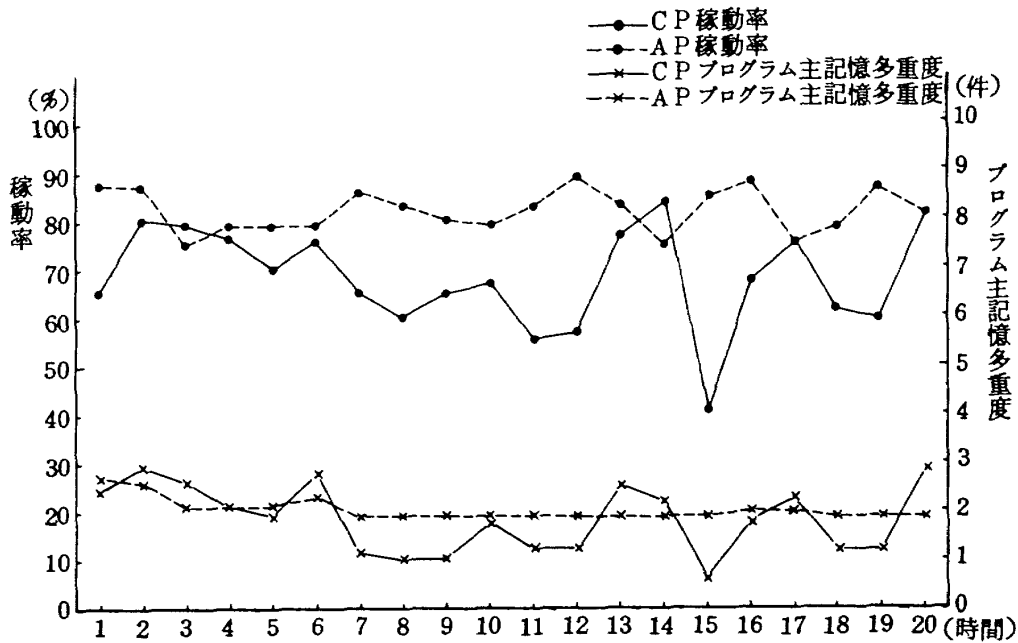


図 4.2.5 システム状態推移 (運用系10, AP-CP使用モード2)

れの運用系に対する図を比較すると、運用系3に関してはCP稼動率は余り変化していないが、AP稼動率は大巾に低下しており、その変動の巾も一段と大きくなっていることがわかる。

運用系4および5に関しては共にAPおよびCP稼動率が僅かに低下している様であるが、変動の巾はあまり変化していない。

運用系6に関しては、稼動率がAPおよびCP共にかなり低下しているが、変動の巾はあまり変わっていない。

運用系10に関しては、稼動率がAPおよびCP共に低下しているが、変動の巾はあまり変わっていない。

これらの図からAP-CP使用モードの変化は、システム資源の利用状況に悪影響を及ぼしていることがわかる。

表4.4と表4.5に使用モード2に対する実験結果を示す。表4.1と表4.4、表4.3と表4.5を比較すると図の比較から確認されたAPおよびCP稼動率の低下とそれに伴うジョブクラス毎の処理件数の低下、経過時間指数の増が全ての運用系とほとんど全てのジョブクラスに対して数量的に確認できる。以下、表4.4および表4.5の実験結果から各運用系の評価を行うことにする。

運用系3のCP稼動率は約68%と使用モード1の場合

表 4.4 稼動状況一覧表 (AP-CP使用モード2)

運用系		3	4	5	6	10
項目	CP稼動率	67.50	80.71	74.71	85.55	67.04
	(%)					
標準偏差	16.04	4.86	5.69	9.63	10.65	
AP稼動率	80.71	82.56	81.93	62.39	82.03	
	(%)					
標準偏差	9.53	2.84	4.70	15.31	3.86	
CPプログラム主記憶多重度	1.82	2.76	2.43	2.99	1.67	
標準偏差	0.62	0.19	0.28	0.03	0.67	
APプログラム主記憶多重度	1.88	1.97	1.98	1.17	1.95	
標準偏差	0.38	0.14	0.16	0.37	0.10	
一時間当り処理件数	SH	14.06	24.35	26.94	19.53	9.71
		6.78	4.64	3.62	3.36	8.59
	DT	1.65	2.65	2.82	1.41	0.82
		0.97	0.48	0.38	0.49	1.04
	CM	2.00	1.29	0.82	2.12	2.41
		1.08	0.46	0.62	0.76	0.84
	AM	2.88	4.59	4.88	3.06	5.29
		1.08	0.97	1.32	0.73	1.45
	AL	0.53	0.06	0.12	0.18	0.06
		0.50	0.24	0.32	0.38	0.24
主記憶利用率 (%)		60.52	62.40	61.07	53.30	57.58
システムロールアウト回数 (回)		121	155	184	48	90

と変わらないが、AP稼動率は約81%と大巾に低下している。ジョブ処理件数はALクラスが優れている他は、どのジョブクラスもかろうじて水準に達しているという程度である。経過時間指数の値はどのクラスもやや大きい、全体のバランスはとれている。この運用系の欠点

表 4.5 平均経過時間指数一覧表(AP-CP使用モード2)

ジョブ 運用系	SH	DT	CM	AM	AL
3	4.12	3.53	2.70	3.14	2.30
4	2.23	2.63	3.25	1.85	10.67
5	1.94	2.57	5.61	1.80	6.87
6	2.43	4.88	2.05	1.46	1.92
10	4.42	8.74	2.25	1.82	5.06

はCP稼働率の低さとALクラスを除いた全てのジョブクラスの処理件数が余り良くないことである。

運用系4の稼働率は、APおよびCP共に80%を越えており優れている。ジョブ処理件数はALクラスが悪く、CMクラスが余り良くないが他は優れている。経過時間指数もALクラスを除けば皆小さな値を示している。この運用系は使用モード1の場合と同じくALクラスに関する結果を除けば非常に優れている。

運用系5のAP稼働率は80%を越えているが、CP稼働率は75%と80%に達していない。ジョブ処理件数はALおよびCMクラスが悪く、他は非常に優れている。経過時間指数もCMおよびALクラスで5を越えている。この運用系は、稼働率については運用系4について良いが、ジョブクラスに関するバランスは使用モード1の場合に比較してかなり悪くなっている。

運用系6のCP稼働率は80%を越えているが、AP稼働率は62%と最も劣っている。ジョブ処理件数はどのクラスも悪くないが、反面、優れたものもない。経過時間指数は全て5以下であるが、全体のバランスはあまり良くない。この運用系の欠点はAP稼働率の低いことである。

運用系10のCP稼働率は約67%であるが、AP稼働率は80%を越えている。ジョブ処理件数は、SH、DT、およびALクラスが悪く、CMおよびAMクラスは非常に優れている。経過時間指数はDTおよびALクラスが5を越えており全体のバランスも悪い。この運用系の難点はCP稼働率が低いことと、ジョブクラス間のバランスが悪いことである。

以上の検討結果からAP-CP使用モード2においても運用系4が最も優れた運用系であり、運用系5はジョブクラス間のバランスとCP稼働率に欠点があるが、運用系3、6、および10よりは優れた運用系である。したがって、前節の結論と合わせて、運用系4が最も優れた運用系であると結論できる。

## 5. 結 言

本報告ではJPSによるシミュレーション実験によりAPシステムを効率的に使用するための運用系の決定を行なった。

実験においてシステムに投入されるジョブの記述はAPシステム導入以前のアカウントデータからの推定に基づいて行なった。実験は我々が作成した10種類の運用系について行なわれたが、実験結果の検討により次の結論が得られた。

(1) APシステムに投入されるジョブのシステム資源に対する要求の分布が我々の推定した分布とそれ程異なつたものでないならば運用系4を採用すべきである。

(2) 利用者にとって初めての経験であるAPを使用するためデバッグの比率が我々の推定した比率よりもかなり大きい場合には運用系5を採用すべきである。

(3) APジョブの比率が我々の推定比率よりもかなり小さい場合には運用系6または7の採用が考慮されるべきである。

(4) 使用モード2によるAPおよびCP稼働率の低下は、どのような運用系を採用しても避けられないので計算センタはこの様な事態が生ずるのを防止するために何らかの指定をする必要がある。

(5) APシステムの効率的使用に関してはO.Sの主記憶割り付け方式の改善が不可欠である。

(6) (4)に対する1つの手段としてシステムに投入されるジョブ分布の時間的変動に対処するための動的なジョブスケジューリング方式の開発が望まれる。

報告を終えるに当たり、シミュレーション実験の企画と実行について富士通(株)計画部瀬田嘉勝氏より種々の助言をいただいたことを感謝したい。

## 文 献

- 1) 末松, 中村, 吉田, 原田, 三好; FACOM 230-アレイプロセッサシステムに対するジョブプロセッシングシミュレータ, 航技研資料TM-384, 1979年6月
- 2) 中村, 原田; 航空宇宙技術研究所大型電子計算機ジョブの統計, 航技研資料TM-382, 1979年5月
- 3) 三好, 末松; FACOM-230-75アレイプロセッサについて; 航技研資料TM-325, 1977年3月
- 4) 富士通(株); FACOM230M-W/VI解説書

## 既刊報告

- |        |   |   |
|--------|---|---|
| TR-581 | S-N曲線による疲労寿命分布推定<br>Estimation of Fatigue Life Distribution<br>from S-N Curve<br>1979年8月<br>下河利行, 浜口泰正  | Fan Blades<br>1979年9月<br>藤沢良昭, 池田為治, 祖父江 靖, 宮地敏雄, 小河昭紀  |
| TR-582 | 正方形板の座屈後解析に関する比較研究<br>Correlation Study for Post-Buckling<br>Analysis of Square Plates<br>1979年8月<br>三本木茂夫  | TR-586 一方向繊維強化複合材料の熱伝導率の解析と実験<br>Analysis and Experiments of Thermal<br>Conductivities of Unidirectional Fiber-<br>Reinforced Composites<br>1979年9月<br>石川隆司                     |
| TR-583 | 超臨界圧における液体水素の熱伝達特性(1)<br>(直管における実験と既存整理式との比較)<br>Heat Transfeer Characteristics of Liquid<br>Hydrogen at Super Critical Pressure.<br>(Heat Transfer Experimental Data and<br>Comparisons with Previous Correlation<br>Equations)<br>1979年8月<br>新野正之, 鈴木昭夫, 熊川彰長, 坂本 博,<br>佐々木正樹 | TR-587 超低高度人工衛星DASのための加速度計を用いた搭載航法システム<br>An Onboard Navigator for the Ex-<br>tremely Low Altitude Satellite DAS<br>Utilizing Accelerometers<br>1979年10月<br>森 英彦                |
| TR-584 | 高速流および点における固体燃料およびプロペラントの着火<br>Ignition of Solid Fuels and Propellants<br>in a Hot Stagnation-Point Flow<br>1979年8月<br>新岡 嵩, 高橋 守, 泉川宗男   | TR-588 液酸・液水ロケットエンジン用液酸ターボポンプの試作研究<br>Development and Study Lox Turbopump<br>for Lox/LH <sub>2</sub> Rocket Engine<br>1979年10月<br>上條謙二郎, 橋本亮平, 志村 隆, 山田<br>仁, 渡辺光男, 渡辺義明, 長谷川 敏 |
| TR-585 | 拡散接合構造ファン中空翼の強度試験<br>Experimental Study on Strength Char-<br>acteristics of Diffusion Bonded Hollow   | TR-589T On a Pfaffian System Containing Para-<br>meters<br>November. 1979<br>Shun. SHIMOMURA  |

---

## 航空宇宙技術研究所報告590号

昭和54年11月発行

発行所	航空宇宙技術研究所 東京都調布市深大寺町1880 電話武蔵野三鷹(0422)47-5911(大代表)■182
印刷所	株式会社 三 興 印 刷 東京都新宿区信濃町12

---