

航空宇宙技術研究所報告

TECHNICAL REPORT OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TR-977

NSシステム用ジョブ・ジョブステップ・スケジューラの開発

土 屋 雅 子

1988年6月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

目 次

1. はじめに	1
2. NS システムのハードウェア構成	2
3. NS ジョブ処理の概要とジョブステップ・スケジューラ	5
3.1 NS ジョブ処理の概要	5
3.2 NS システム用ジョブステップ・スケジューラ	6
4. ジョブ・スケジューリング・アルゴリズムとジョブ・スケジューラ	13
4.1 ジョブ・スケジューリング・アルゴリズムの検討	13
4.2 NS システム用ジョブ・スケジューラ	14
4.2.1 実行可能 SHP ステップを一定数保留し管理する機能	16
4.2.2 優先ジョブクラスおよび非優先ジョブクラスを設定し管理する機能	17
4.2.3 SHP1 用ジョブクラスにサブジョブクラスを設定し管理する機能	18
4.2.4 SHP 実行時の CPU 寄与率をジョブクラスごとに設定する機能	18
4.2.5 特定ジョブを緊急にスケジューリングする機能	19
4.2.6 ユーザタイムを設定する機能	19
4.2.7 同一ユーザ名ジョブの連続処理を禁止する機能	20
4.2.8 システム内の同一ユーザ名ジョブ数を制限する機能	20
5. ジョブステップ・スケジューラおよびジョブ・スケジューラの検証	21
5.1 ジョブステップ・スケジューラの検証	21
5.2 ジョブ・スケジューラの検証	25
5.2.1 ジョブ処理試験の内容と試験環境の設定について	25
5.2.2 試験結果	28
6. 終わりに	43
参考文献	44

NSシステム用ジョブ・ジョブステップ・スケジューラの開発*

土 屋 雅 子**

The Development of a Job-Jobstep Scheduler for NS System

Masako TSUCHIYA

ABSTRACT

In this paper are presented the concepts and the detailed functions of a Job-Jobstep scheduler which constitutes the kernal of software packages developed for the management of the NAL computer system (NS system). One of the important functions of the Job-Jobstep scheduler is to assign appropriate amounts of work load to three central processing units and several input-output processing units. As a result, the NS system retains a high CPU operating ratio and provides users with much convenience.

Experiments have shown that the designed effectiveness of the Job-Jobstep Scheduler has been achieved.

1. はじめに

計算機はその草創期から現在にいたるまで、ハードウェア性能ならびにソフトウェア機能共に、非常に目覚ましく発展を続けてきたが、計算機に対するユーザの要求はそれ以上に、急速に高度化、多様化してきた。このように、ユーザの側からすれば、要求に対して完璧に応ずる計算機システムの出現は何時の時代にも大きな囑望である。

航技研の大型電子計算機システムの歴史がその好例である。大型電子計算機システムは昭和35年のデータトロン205¹⁾システムの導入に始まり、昭和42年の HITAC-5020 システム、昭和43年の HITAC-5020F システム、昭和50年の FACOM230-75システム²⁾、昭和52年の FACOM230-75APU システム³⁾⁻⁸⁾、ならびに昭和57年には FACOM M 180 II AD+M380 システム⁹⁾⁻¹¹⁾へと、その時代時

代の最新鋭計算機に更新され、航空宇宙技術の研究開発に多大の貢献をしてきたが、数値シミュレーション技術の目覚ましい進歩に伴うジョブの大規模化にたちまち応じきれなくなり、処理待ちジョブが常時山積する状態を呈していた。

この状態を解消し、研究開発力を格段に向上させるとともに、世界に先がけた最先端の数値シミュレーションによって、航空宇宙技術の国際共同開発における我が国の立場を強化することを目的とした施策に基づき、昭和62年2月航技研に科学技術用超高速計算機を中核に据えた数値シミュレータシステムが導入された。航技研ではこの数値シミュレータシステムと大型電子計算機システムを効率よく有機的に統合したシステムを NS システムと呼んでいる。

NS システムの中核部は、フロントエンドプロセッサ (FEPと略記) として汎用計算機 FACOM M-780を配置し、バックエンドプロセッサとして科学技術用超高速計算機 (Scientific High speed

* 昭和63年2月27日受付

** 数理解析部

Processor : SHP と略記)であるスーパーコンピュータ FACOM VP-400 (以降, SHP1 と呼称) ならびに VP-200 (以降, SHP2 と呼称) を配置し, それらを疎結合方式で接続した複合計算機システムの構成となっている。このように, NS システムは現時点においては, 世界有数のハードウェア性能を誇る計算機設備である。

しかし, いかにハードウェアが高性能であっても, それらを適切に運用管理するソフトウェアを開発しなければ, ハードウェアが有する超高速処理性能を十分に引出し, それらを自在に活用することができない。周知のように, これは決して基本オペレーティング・システムのみでは実現し得るものではなく, NS システムにおいても, 「超高速で高効率かつ使い易いシステムを構築する」という基本方針のもとに, 多くの運用管理プログラムが開発された。本稿ではこの内, NS システム用に開発したジョブ・ジョブステップ・スケジューラについて報告する。

なお, 本ジョブ・ジョブステップ・スケジューラに課せられた最大の使命を一言でいうならば, 上記の数値シミュレータシステム導入目的からも明らかなように, 先進的な大規模数値シミュレーションを可能とし, かつ, 最大限に NS システムの有効利用を図ることにある。

2. NS システムのハードウェア構成

ジョブ・ジョブステップ・スケジューラ開発上の最重要課題は, NS システムの中核をなす SHP の持つ超高速処理性能を十分活用できるよう, NS システムに投入されたジョブの適切な負荷分散処理を可能なものとするところにある。特に, SHP はベクトル計算機であり, 高度にベクトル化されたプログラムは超高速で処理するが, ベクトル化率の低いプログラムの処理に対してはその超高速性を活かすことができない。このため SHP は数値シミュレーションジョブ (以降, NS ジョブと呼称する) のジョブステップの内, ベクトル化率の高い実行ステップの処理に専念させる必要がある。そのためにはベクトル化が困難なステップまたはベクトル化率を高くできないステップ, 例

えば, 実行ステップの前に処理すべき FORTRAN 翻訳ステップ, 結合編集ステップ等のサービスステップ (以降, 前処理と呼称する), 実行ステップに後続するファイル編集等のユーティリティステップ (以降, 後処理と呼称する) 等を FEP で処理させることが必要になる。このように NS ジョブの処理の流れを制御し得るジョブ・ジョブステップ・スケジューラを開発できれば, NS ジョブの適切な負荷分散処理を可能なものとできる。したがって, NS システムの中核部は上記機能を実現する上で最適なハードウェア構成にしなければならない。

本章では, このような負荷分散処理を可能なものとするために採用したシステム構成上の工夫について述べる。NS システムのハードウェア構成概念図を図 2.1 に, その中核部のハードウェア構成図を図 2.2 に示すとおり, NS システムの中核部は上記ジョブ・ジョブステップ・スケジューリングを実現する上で最も適した疎結合方式の複合システムの構成とし, M-780(FEP) をグローバルプロセッサ, VP-400(SHP1) および VP-200(SHP2) をローカルプロセッサとしている。この構成ではグローバルプロセッサとローカルプロセッサ間の少量データはシステム間通信装置を介して通信し, 大量データは磁気ディスク装置または半導体ディスク装置を介して通信しながら, それぞれのプロセッサ機能を遂行する。ディスク装置を除くすべての各種入出力装置およびサブシステムは図 2.1 に示すとおり, 高速ネットワークを介して FEP に接続され, ジョブの入出力スプール処理, 会話型処理, データベース処理および図形・画像処理等は全て FEP が処理する。

さて, SHP 実行時には種々のファイルに対して入出力要求が多数発生し, 少量または大量データ転送のために磁気ディスク装置へのアクセスは非常に頻発する。一方, FEP では入出力処理が主体ともいえるべき会話型処理, 図形・画像処理, データベース処理等を行うとともに, バックグラウンド処理として NS ジョブの前・後処理や大小規模のスカラジョブ処理, ユーザコンソールを使用したマン・マシーン・インタフェース処理等, 多種

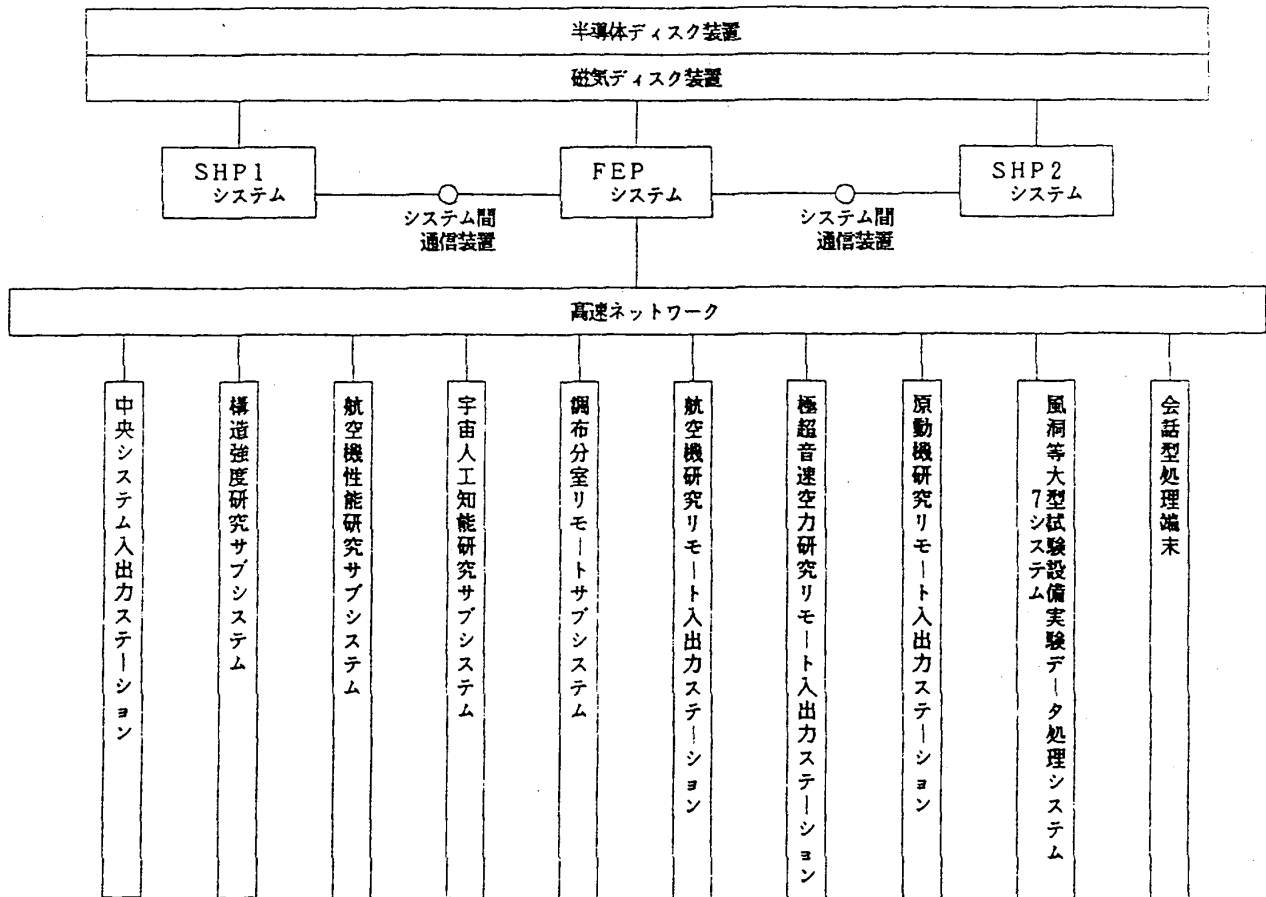


図 2.1 NS システムのハードウェア構成概念図

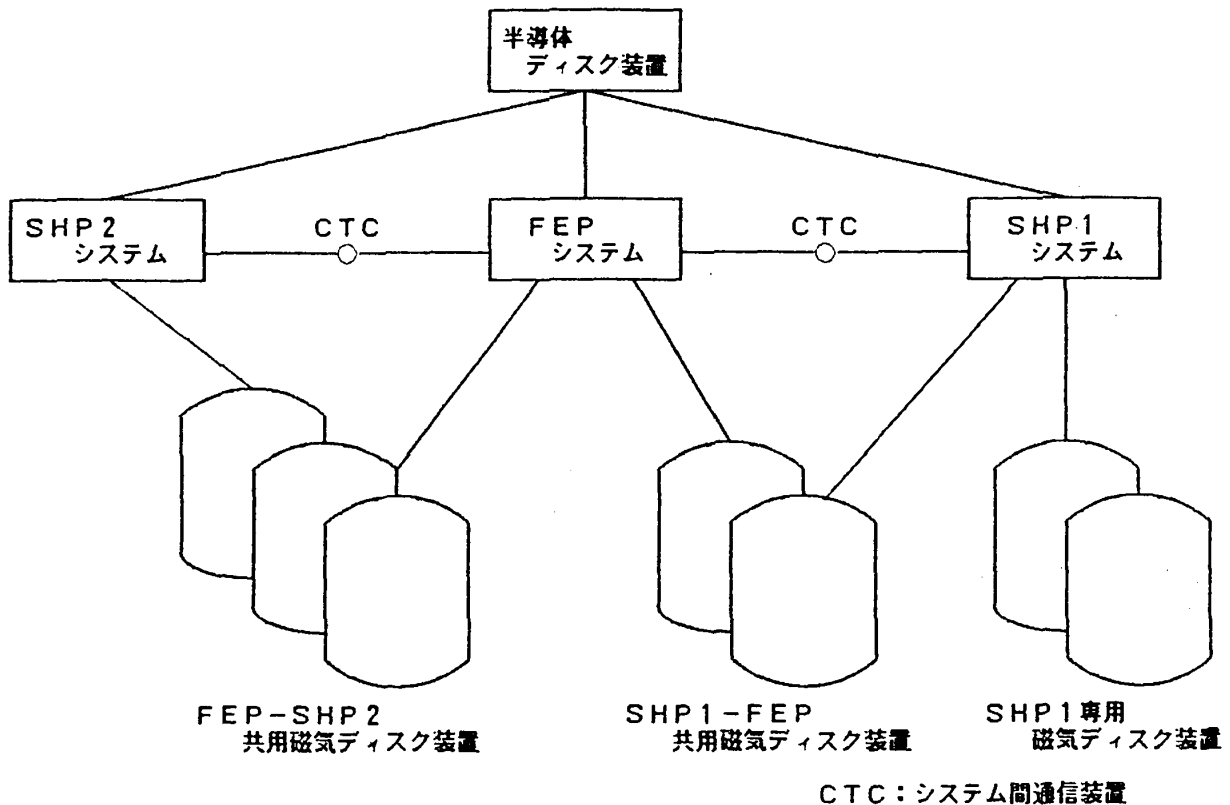


図 2.2 NS システム中核部のハードウェア構成図

多様な処理形態のサービスを行う。このため、磁気ディスク装置へは、FEPからの入出力処理要求頻度も非常に膨大である。したがって、FEP、SHP1、SHP2からの入出力要求が競合することは必至であるから、これらの入出力処理競合を回避し、迅速な入出力処理を可能にするための方策が必要不可欠となる。

NS システムでは特に SHP1 の高効率利用を図る上から、磁気ディスクファイルを処理の用途に応じて、図 2.2 に示すように SHP1 専用磁気ディスク装置、SHP1-FEP 共用磁気ディスク装置および FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置のいずれかの装置に配置して、SHP1 からの入出力処理が FEP と SHP2 からの入出力処理と競合しないように工夫している。ここで、SHP1 専用磁気ディスク装置は SHP1 実行時に発生する磁気ディスクファイルへの入出力処理の高速化を図るため、アクセスするファイルごとに 4 台の磁気ディスク装置を割当て、入出力処理に入出力バッファを用いず直接主記憶領域と 4 台の SHP1 専用磁気ディスク装置の間で並列に処理を行わせるように運用する。このような入出力処理により、4 分割されて作成される磁気ディスクファイルは高速入出力ファイルと呼ばれる。SHP1 専用磁気ディスク装置は長時間の計算を要する最先端の大規模数値シミュレーションをジョブ間で継続実行させるために特に必須であり、その際発生する膨大な入出力処理は上記の運用により通常の 4 倍に高速化される。この処理の高速化は SHP1 専用磁気ディスク装置を FEP や SHP2 からのアクセスを不可とすることにより現実のものとできる。なお、高速入出力ファイルはその複雑な構造を理解する必要なく、ユーザが容易に一般ファイルと同様に使用できるように運用することができる。

次に、FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置は FEP の多種多様な処理の実行、ならびに SHP2 の実行ステップにおいて発生する入出力処理でアクセスされる入出力スプールファイル、ユーザファイル、システムライブラリ、一時ワークファイル等を格納する磁気ディスク装置として運用し、FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置への SHP1 からのアクセ

スは不可とする。その理由は SHP1 の入出力処理が FEP または SHP2 の入出力処理と競合し、遅延することがないようにするためである。このため、SHP1 での処理に必要となる FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上のファイルに SHP1 からアクセスを可能とさせるための手段が別途必要となる。

NS システムでは図 2.2 に示すように、SHP1-FEP 共用磁気ディスク装置を設置し、これを下記のように運用することによって、SHP1 から FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上のファイルにアクセスを可能とさせるとともに、SHP1 と FEP との間での入出力処理の競合を極力回避させている。第 1 に、SHP1 と FEP のステップで継続使用する一時ワークファイルは SHP1-FEP 共用磁気ディスク装置に作成させる。このとき SHP1 または FEP のいずれが先行ステップまたは後行ステップでもよい運用とする。第 2 に、FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上のファイルを SHP1 実行時に入力するジョブでは、当該ファイルをまず FEP ステップで一時ワークファイルとして SHP1-FEP 共用磁気ディスク装置上に複写しておき、SHP1 実行時にはこの一時ワークファイルをアクセスさせるように運用する。第 3 に、SHP1 実行時に FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上のファイルに出力するジョブでは、SHP1 実行時に一旦 FEP-SHP1 共用磁気ディスク装置に一時ワークファイルとして出力させ、このステップ終了後に FEP ステップでこの一時ワークファイルを FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上の当該ファイルに複写させるように運用する。第 4 に、SHP1 実行時に FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上のファイルに入出力するジョブでは、当該ファイルをまず FEP ステップで一時ワークファイルとして SHP1-FEP 共用磁気ディスク装置上に複写しておき、SHP1 実行時にはこの一時ワークファイルにアクセスさせ、SHP1 実行ステップ終了後に FEP ステップでこの一時ワークファイルを FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上の当該ファイルに複写させるように運用する。最後に、SHP1 専用磁気ディスク装置と FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置との間のファイル複写は SHP1-FEP 共用磁気ディスク装置を一時ワークフ

ファイルとして使用し、FEPステップとSHP1ステップの共同作業により実現させる。なお、このような複雑な働きをするSHP1-FEP共用磁気ディスク装置の介在については、ユーザが全く意識することなく、システムが自動的に上記の処理を実行するように運用することができる。

また、NS システムでは図 2.2 に示すとおり、半導体ディスク装置を設置し、FEP, SHP1, SHP2 の 3 システムを運用管理する上で必要な各種管理簿ならびにアクセス頻度の高いプログラムを格納して、3 システムから発生する入出力処理が磁気ディスク装置に集中するのを防止するとともに、運用管理関連の入出力処理の高速化を図っている。

3. NS ジョブ処理の概要とジョブステップ・スケジューラ

NS システムで数値シミュレーションを実行し、有用な実行結果を得るまでには、プログラム・コードの開発に始まり、検証、実行、実行結果の解析等、ユーザは種々のジョブ処理をシステムに依頼する。これらのジョブ処理を総称して NS ジョブと呼称し、本章では、その処理の概要と処理の流れを制御するために開発した NS システム用ジョブステップ・スケジューラについて述べる。

3.1 NS ジョブ処理の概要

NS ジョブは数値シミュレーション実行ステップを発生するまでの前処理、数値シミュレーション実行ステップ処理、ならびに、数値シミュレーション実行結果の解析を行う後処理の 3 つの処理フェーズに大別できる。各処理フェーズでは表 3.1 に示すような多数のファイルが使用される。同表に示すとおり、NS ジョブ処理における一連の処理は、多数のディスクファイルを入出力媒体として膨大な計算を行い、処理結果をディスクファイルに出力する、言わばファイリング処理が実質的な処理と言える。

NS ジョブの主な処理内容は次のとおりである。まず、前処理は主に FORTRAN ソースプログラムの翻訳・結合編集処理と、数値シミュレーション実行ステップで必要となる種々のデータファイ

ルを作成するための小規模ジョブの翻訳・結合編集・実行処理フェーズである。数値シミュレーション実行ステップは前処理フェーズで出力されたロード・モジュールやデータファイルを入力し、数値シミュレーションを実行する処理フェーズである。その実行時には数値シミュレーション実行結果である大量の生データをディスクファイルに出力する。後処理は主に生データファイルの一部または全部を使用して XY プロッタ、プリンタプロッタ等へ出力するための図形用データファイル、ならびに、2 次元グラフィックディスプレイや 3 次元グラフィックディスプレイおよびイメージディスプレイ等に出力するための図形・画像用データファイルを作成する後処理フェーズである。

NS システムで処理される基本的な数値シミュレーション・プログラムコードは、入力処理プログラム（処理の最初に呼ばれ、入力データの読み込みや解析処理等を実行するプログラム）、初期化プログラム（入力データを取り込んで変数の初期化を行い、主に格子や境界条件等のパラメータを計算するプログラム）、解析プログラム（数値シミュレーションのための解析アルゴリズムを実行するプログラム）、出力処理プログラム（入力データ、初期化パラメータ、実行結果ならびにリスタートファイル等のデータを編集し出力するプログラム）等で構成される。これらのプログラムは、各々のプログラムが独立したジョブとして実行処理される場合と、複数のプログラムまたは全プログラムが 1 ジョブとして実行処理される場合とがある。このため、NS ジョブは 1 ジョブで前処理のみ実行するだけのジョブ、数値シミュレーションを実行するだけのジョブ、後処理のみを実行するジョブや、1 ジョブで複数フェーズまたは全フェーズを処理するジョブが混在してシステムに投入される。このように、NS ジョブの構成の仕方はユーザにより千差万別であるが、NS ジョブがいかなるジョブステップ構成になっても、図 3.1 に示すように、前処理、後処理フェーズは FEP で処理され、実行処理フェーズは SHP で処理されるように制御できるジョブステップ・スケジューラを開発できるならば、SHP をベクトル化率

表 3.1 NS ジョブ処理に必要なファイルの種類

ファイルの種類	ファイルの内容
プログラムファイル	FORTRAN プログラムコードのファイルである。ソースモジュール、ロードモジュール等の形式で格納されている。
形状ファイル	機体や翼の形状を定義する座標データのテーブルよりなる。数値シミュレーション実行ステップの直接入力として、また、格子データ作成、形状データ作成時に使用される。
形状データファイル	形状ファイルから作成される。数値シミュレーションにおいて格子形成に使用される。
格子データファイル	NS ジョブの格子座標データを格納しているファイルで形状データファイルから作成される。
生データファイル	数値シミュレーション実行時の出力データである。生データからXYプロット、グラフィックディスプレイ等の図形、画像出力のためのデータファイルを作成、編集する。
XYプロット出力用データファイル	生データファイルをXYプロット出力用データに編集したデータファイルである。
グラフィックディスプレイ出力用データファイル	生データファイルを2次元、3次元グラフィックディスプレイ出力用データに編集したデータファイルである。
イメージディスプレイ出力用データファイル	生データファイルをイメージディスプレイ出力用データに編集したデータファイルである。
パラメータファイル	数値シミュレーションの入力パラメータのデータファイルである。
ダンプファイル	数値シミュレーションに誤りが生じたときに出力するディバグダンプ出力データファイルである。
印刷出力ファイル	NS ジョブ実行結果をラインプリンタ、日本語ラインプリンタ等への出力用ファイルである。
リスタートファイル	長時間ジョブを分割して処理するためのファイルで、ジョブの実行途中の状況をそのまま退避する。
ジョブ制御文ファイル	NS ジョブの手続きを示すジョブ制御文で構成されるファイルである。

の高いプログラムの処理のみに専念させることができる。なお、同図の詳細ならびに実行可能SHPステップキューの必要性については、第4.2.1項で詳細に説明する。

3.2 NS システム用ジョブステップ・スケジューラ

ジョブステップ・スケジューラを開発する上での最重要課題は、第3.1節で述べた複雑多岐にわ

たる処理内容を持つ多数のNSジョブを処理する過程で、ジョブを構成するジョブステップ列のジョブステップ処理順序を違えることなく、かつ、各ジョブステップ単位に実行システムを確実にFEP, SHP1またはSHP2に振り分け、効果的なシステム負荷分散処理を実現することである。この観点に基づきNSシステム用に開発したジョブステップ・スケジューラは、以下に示す機能を有している(なお、以下の記述の中で現れる各種カ

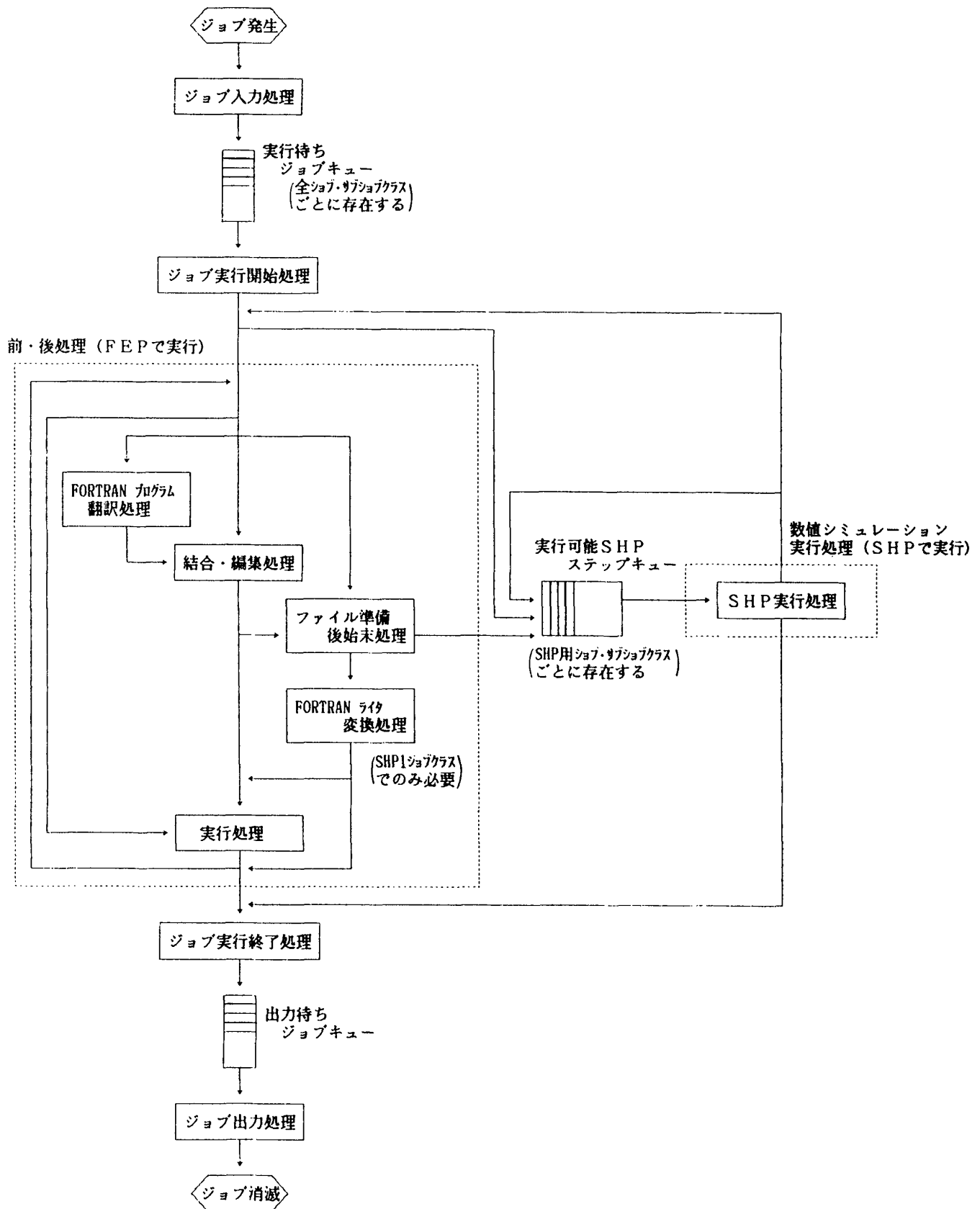


図 3.1 NS ジョブ処理制御の概念図

タプロ名に対応する機能の詳細については「NS システム利用の手引」¹²⁾を参照されたい。

図 3.2(1)~(3)に、一般的な NS ジョブのジョブステップ・スケジューリング状況を示す。同図では、左上に示すジョブ制御文の手続きにより、システムに投入されたジョブのジョブステップ列が本ジョブステップ・スケジューラにより、FEP, SHP1 または SHP2 のいずれかで実行されるようにスケジューリングされ、順次処理されていく状況を示している。なお、これら 3 図はジョブの手続きは異なるが、ユーザプログラムの処理内容はすべて同一であるものとしている。

まず、図 3.2(1)のジョブステップ・スケジューリングの詳細について説明する。

①の JOB 文はジョブの先頭を示す制御文である。NS システムではジョブの手続きは JOB 文と②の空文との間で記述する。システムは JOB 文を読み取るとユーザ名、パスワード、ジョブクラス等の指定パラメータに対する種々の確認と設定を行い、後述するジョブ・スケジューラに必要な情報を通知する。

②の FORTC1 文は FORTRAN 77/VP コンパイラによるフォートラン・プログラムの翻訳処理ステップの実行を指示する制御文である。FORTC1 ステップは主たる実行結果として、ベクトル化表示原始プログラムリストと SHP1 用のオブジェクト・モジュールを FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上に出力する。ジョブステップ・スケジューラは FORTC1 ステップの実行システムを FEP にスケジューリングする。

③の LIED1 文はリンケージエディタによる結合・編集ステップの実行を指示する制御文である。LIED1 ステップは先行 FORTC1 ステップが出力したオブジェクト・モジュールと SHP1 用ライブラリを結合・編集して、SHP1 用のロード・モジュールを SHP1-FEP 共用磁気ディスク装置上に作成する。ジョブステップ・スケジューラは LIED1 ステップの実行システムを FEP にスケジューリングする。

④の GO1 文は数値シミュレーション実行ステップを SHP1 で実行することを指示する制御文で

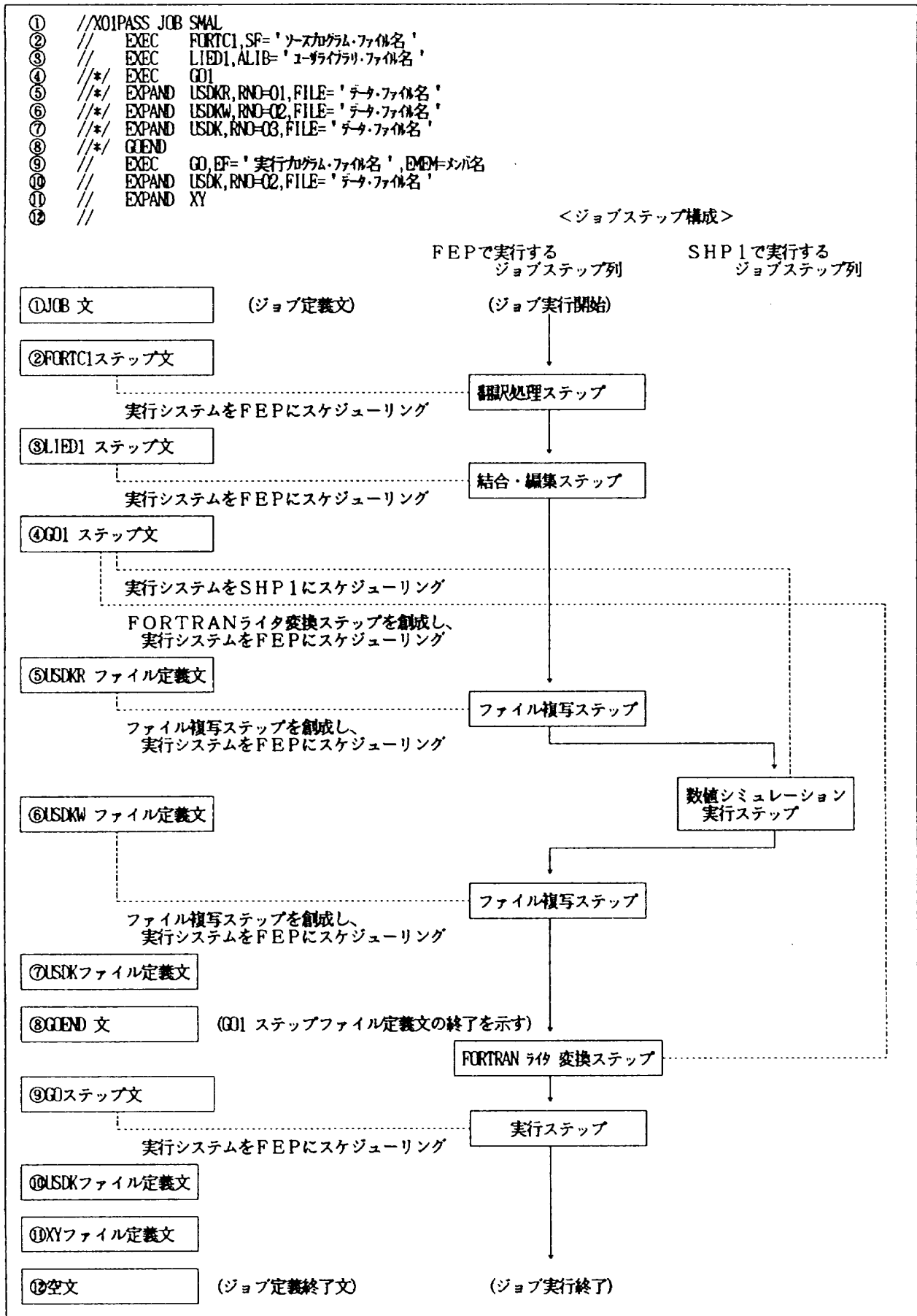
ある。これにより、ジョブステップ・スケジューラは先行 LIED1 ステップが出力した実行形式プログラムの実行システムを SHP1 にスケジューリングする。また、GO1 ステップの実行速度を高めるため、GO1 ステップ実行時のリスト出力は内部コードのまま SHP1-FEP 共用磁気ディスク装置上に出力される。ジョブステップ・スケジューラは GO1 ステップ終了後に、この内部コードデータを書式変換して FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上のスプールファイルに格納するための FORTRAN ライタ変換ユーティリティステップを創成し、その実行システムを FEP にスケジューリングする。

⑤~⑦は GO1 ステップ実行時に使用する磁気ディスクファイルに関するファイル制御文であり、例に示したように、④の GO1 文と⑧の GOEND 文の間で定義する。

⑤の USDKR 文は GO1 ステップの実行時に、FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上に入力するファイルが存在することを指示する制御文である。ジョブステップ・スケジューラは GO1 ステップ実行前に、指定ファイルを SHP1-FEP 共用磁気装置上のシステム一時ワークファイルとして複写するためのジョブステップを創成し、その実行システムを FEP にスケジューリングする。GO1 ステップ実行時には複写されたこのシステム一時ワークファイルを入力する。

⑥の USDKW 文は GO1 ステップの実行時に FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上に出力するファイルが存在することを指示する制御文である。ジョブステップ・スケジューラは、GO1 ステップ実行時には一旦 SHP1-FEP 共用磁気ディスク装置上に出力させ、GO1 ステップ終了後にこれを FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上の指定ファイルに複写するためのジョブステップを創成し、その実行システムを FEP にスケジューリングする。

⑦の USDK ファイル文は SHP1 実行時に、SHP1 専用磁気ディスク装置上の高速入出力ファイルを使用することを指示する制御文である。ジョブステップ・スケジューラがジョブステップを創成することはない。



(1) SHP1を使用する場合

図 3.2 ジョブステップスケジューリング状況

⑨の GO文は実行ステップをFEPで処理することを指示する制御文である。これにより、ジョブステップ・スケジューラは指定の実行形式プログラムの実行システムをFEPにスケジューリングする。GO ステップは数値シミュレーション実行結

果を入力して XYプロット等の図形データを作成するための後処理フェーズのジョブステップである。

⑩の USDK 文と⑪の XY 文はGOステップで使用する FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上のユ

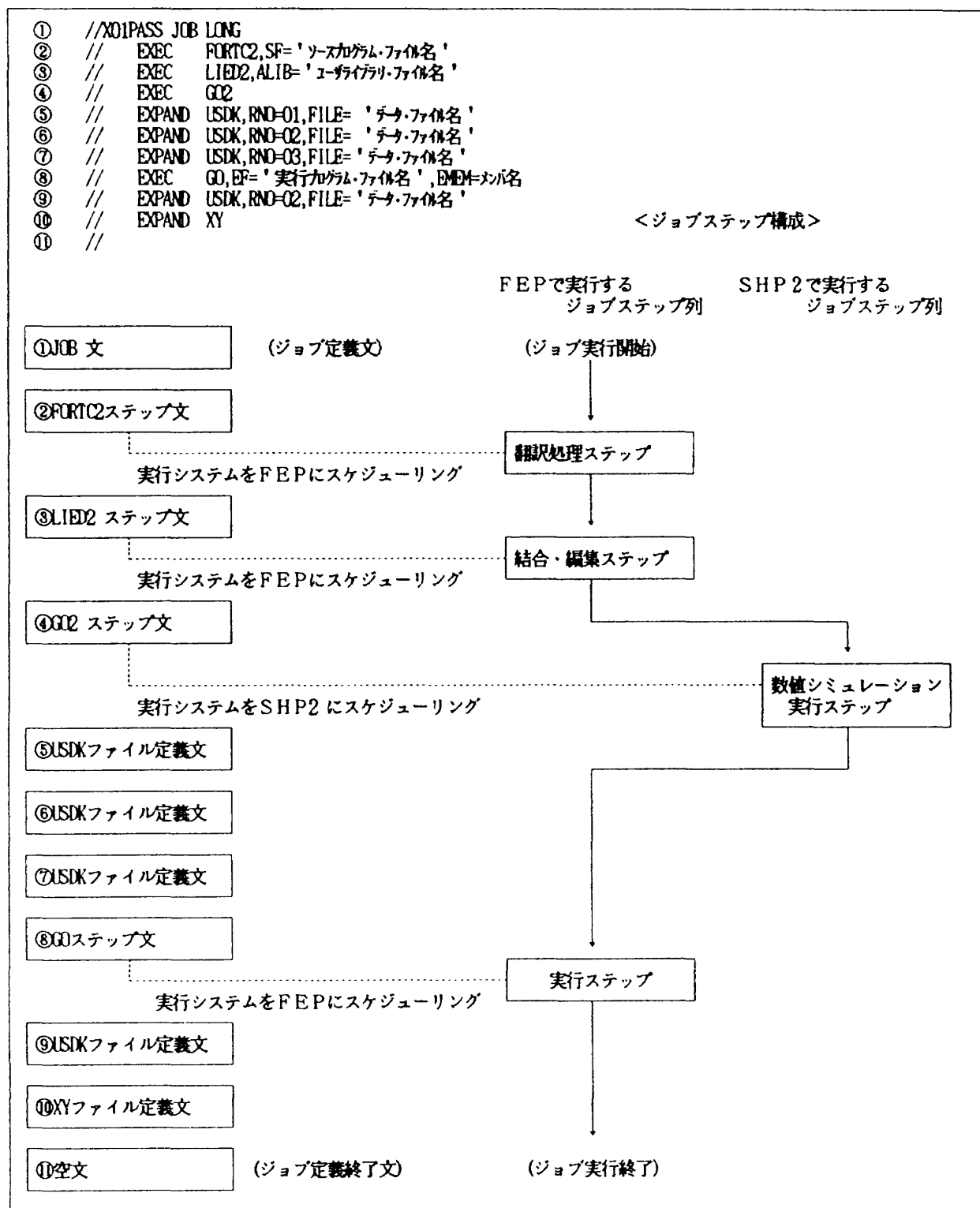
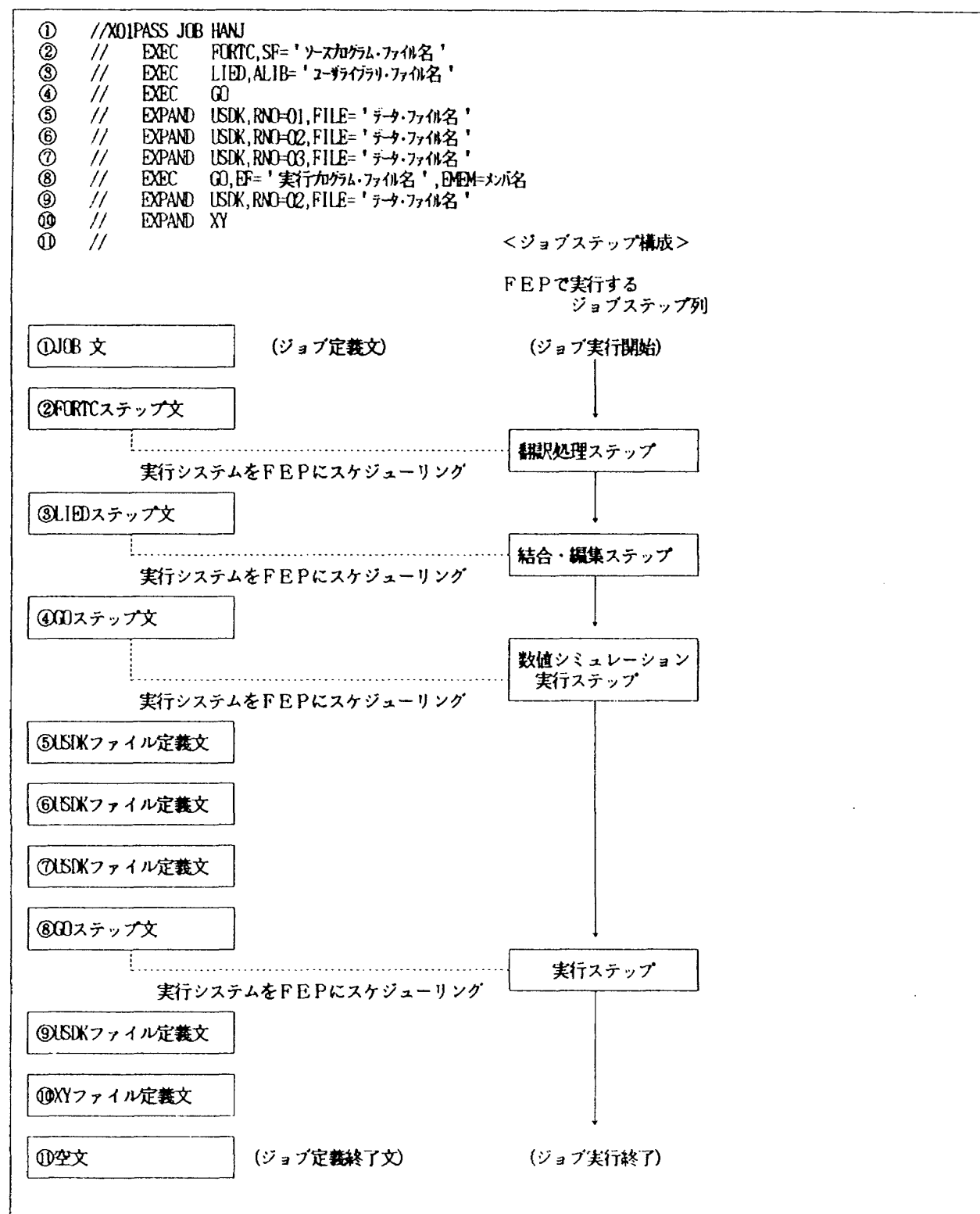


図 3.2 つづき

ーザファイルと XY プロッタデータファイルの使用を指示する制御文である。ジョブステップ・スケジューラがジョブステップを創成することはない。

図 3.2 (2) は数値シミュレーション実行ステップ

を, SHP2 で実行させるジョブに対する本ジョブステップ・スケジューラのスケジューリング状況を示す。また, 図 3.2 (3) は数値シミュレーション実行ステップを, FEP で実行させるジョブに対する本ジョブステップ・スケジュールのスケジュー



(3) FEP を使用する場合

図 3.2 つづき

リング状況を示す。

①は図 3. 2 (1) の JOB 文に対応し、⑩は図 3. 2 (1) の空文に対応しており、同様の機能を示す制御文である。

②の FORTC2 文と FORTC 文は FORTC1 文に対応し、同等な機能を指示する制御文であるが、前者は SHP2 用オブジェクト・モジュールを、後者は FEP 用オブジェクト・モジュールを FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上に出力する点で相違する。ジョブステップ・スケジューラはそれぞれの実行システムを FEP にスケジューリングする。

③の LIED2 文、LIED 文は LIED1 文に対応しており、同等な機能を指示する制御文であるが、前者は SHP2 用ロード・モジュールを、後者は FEP 用ロード・モジュールを FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上に出力する点で相違する。ジョブステップ・スケジューラはこれらの実行システムを FEP にスケジューリングする。

④の GO2 文、GO 文は GO1 文に対応しており、GO2 文は GO2 ステップを SHP2 で、GO 文は GO ステップを FEP で処理することを指示する制御文である。ジョブステップ・スケジューラは GO2 ステップの実行システムを SHP2 に GO ステップを FEP にそれぞれスケジューリングする。なお、GO2 ステップおよび GO ステップで利用できる磁気ディスクファイルは FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上のファイルに限られるので、GO1 ステップにおけるようなファイル操作のためのジョブステップが創成されることはない。

以上の説明からも明らかなように、ジョブステップ・スケジューラが自動的にジョブステップを創成するのは、GO1 ステップ終了後の FORTRAN ライタ変換処理と、GO1 ステップ実行時に FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上のファイルの使用が指示された場合に必要となるファイル複写処理とにおいてである。前者はすべての GO1 文に対して創成の仕方が同じであるが、後者は各ファイル定義文によって創成の仕方が異なる。NS システムで用意しているカタプロ文を、ジョブステップの創成の仕方で分類すると以下のようである。

(1) GO1 ステップ実行前に、FEP で処理する
ジョブステップが創成されるカタプロ

- USDKR 文 (SHP1 実行時に、FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上のファイルを参照することを指示する制御文)

(2) GO1 ステップ実行後に、FEP で処理する
ジョブステップが創成されるカタプロ

- USDKW 文 (SHP1 実行時に、FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上のファイルに出力することを指示する制御文)

- XY 文 (SHP1 実行時に、FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上の XY プロッタデータファイルに出力することを指示する制御文)

- PP 文 (SHP1 実行時に、FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上のプリンタプロッタデータファイルに出力することを指示する制御文)

- XYPP 文 (SHP1 実行時に、FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上のプリンタプロッタおよび XY プロッタデータファイルに出力することを指示する制御文)

- X8XY 文 (SHP1 実行時に、調布分室リモートサブシステム (X8 システムと略称) の磁気ディスク装置上に XY プロッタデータファイルを出力することを指示する制御文)

- NLP 文 (SHP1 実行時に、FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上の NLP 出力データファイルに出力することを指示する制御文)

(3) GO1 ステップ実行前と実行後に、FEP で
処理するジョブステップが創成されるカタ
プロ

- USDKRW 文 (SHP1 実行時に、FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置上のファイルを参照・更新することを指示する制御文)

(4) FEP で処理するジョブステップと SHP1 で
処理するジョブステップが創成されるカタ
プロ

- HIOCOPY 文 (高速入出力ファイルを SHP1 専用磁気ディスク装置と FEP-SHP2 共用磁気ディスク装置間で複写することを指示する制御文)

- HIOBACK 文 (SHP1 専用磁気ディスク装置上の高速入出力ファイルを磁気テープに複写するこ

とを指示する制御文)

・HIORESTR文(HIOBACK文を使用して磁気テープに複写した高速入出力ファイルをSHP1専用磁気ディスク装置上に復元することを指示する制御文)

上記のように、NSジョブを構成するジョブステップの内、ユーザが処理するシステムを指示できるのは実行ステップのみである(すなわち、GO文、GO1文、GO2文を用いることにより、それぞれFEP、SHP1、SHP2で処理することが指示できる)。

しかし、ユーザがベクトル化率の低いプログラムをSHP1またはSHP2で処理することを指示しても、システムは自動的にそれを拒否することはできない。このため、ベクトル化率の低いプログラムが実行され、SHPの処理効率が低下するのを防止する方策として、NSシステムではSHPの実行状況をジョブごとにSMF(アカウント情報)により監視し、ベクトル化率の低いプログラムに対しては計算研究室がそのユーザを指摘し、数値シミュレーション研究室の協力によって、そのベクトル化率を高める努力をユーザに求めるという方法をとっている。

4. ジョブ・スケジューリング・アルゴリズムとジョブ・スケジューラ

上記のように、ジョブステップ・スケジューラはSHPの超高速処理性能を十分に引出すための本質的な役割を果たす。一方、ジョブ・スケジューラはジョブステップ・スケジューラの効果により一層高める役割の他に、NSシステムの運用規則を定め、秩序ある運用を実現するために必要となる。また、システムの実運用においては規則どおりの運用だけでは対処し得ない事態がまま発生するから、ジョブ・スケジューラにはそのような事態に即応できる柔軟性が要求される。しかし、ジョブ・スケジューラに求められるこれらの役割は互いに相矛盾する側面を有しており、すべての面で満足いくジョブ・スケジューラは存在し得ない。本章ではまず矛盾点についての検討を行ってから、SHPの有効利用に重点をおきつつ、他の側

面にも考慮をはらって開発したNSシステム用ジョブ・スケジューラについて述べる。

4.1 ジョブ・スケジューリング・アルゴリズムの検討

ジョブ・スケジューラのスケジューリング・アルゴリズムを決定するに当たり考慮すべき点として、第1に、システム全体の効率的運用の観点から、中央処理装置(Central Processing Unit: CPUと略記)稼働率を高くすること、特にSHPの高効率利用をコンスタントに維持して、その処理性能を最大限に発揮させ得ること、第2に、利用の観点からジョブのターン・アラウンド・タイム(ジョブ投入からジョブ終了までの処理待ち時間を含むジョブの経過時間を意味する)は公平で、かつ、ユーザが予測し易いこと、第3に、システム運用管理の観点から、緊急ジョブの発生、急激なジョブ数の増大ならびに同一ユーザによる多数の連続ジョブ投入等に対処し得る柔軟性に富んでいること、の3点が上げられる。

これらの観点は往々にして相互に干渉し、ある観点に対して最適なスケジューリング・アルゴリズムが他の観点からは決して合理的ではないことが多い。例えば、第1の観点に対して的確なスケジューリング・アルゴリズムとしては、処理待ちのジョブ集団より処理装置寄与率(CPU使用時間/(CPU使用時間+入出力処理時間))を意味する)が最大であると予想されるジョブを優先して順次実行させるというアルゴリズムが端的である。しかし、このアルゴリズムは非常に簡素であるが、処理装置寄与率が小さいジョブ(CPU使用時間が短いジョブに多い)は処理が後回しにされ、ジョブ終了に何日かかるか分らなくなる。その結果CPUの使用時間が短いジョブのターン・アラウンド・タイムの予想は全く不明になってしまう。これは、第2の観点に逆行するジョブ・スケジューリングと言える。また、NSジョブの特性から、処理装置寄与率が高いジョブを優先処理するスケジューリングの帰着するところは、同一ユーザジョブの連続処理となることが必至である。したがって、第3の観点に対しても不的確なジョブスケ

ジョーリングと言える。さらに、真の処理装置寄与率はジョブ終了後にはじめて判明するのであるから、局所的に見れば、処理装置寄与率の予想が外れ、優先処理されたジョブと処理待ち時間が長大であったジョブの選択順序がスケジューリング・アルゴリズムに矛盾するということが必ず発生する。このため、ジョブ・スケジューラの性能は、処理装置寄与率に対する予想値のヒット率に依存することとなり、第 1 の観点に対しても徹頭徹尾かなうスケジューリング・アルゴリズムとはなり得ない。

次に、ターン・アラウンド・タイムの公平性とその予測の容易性という第 2 の観点をとった場合、ターン・アラウンド・タイムの公平性をまず定義することが非常に難しい。例えば、一般的なアルゴリズムである FIFO（先入先出）により、「ジョブ到着順に処理する」をターン・アラウンド・タイムの公平性と定義すると、到着順を崩さないためには、各システムのバッチ処理は、常時、1 多重で処理しなければならない。このため、システムの稼働効率の低下は不可避となり、第 1 の観点には大きく反してしまう。また、ジョブの到着状況によっては長時間のジョブが連続的にシステムを占有し、非常に件数の多い短時間ジョブの処理が後回しとなり、平均ターン・アラウンド・タイムの値を大幅に引上げるという結果となってしまう。さらに長時間、短時間ジョブが入り混じっていた場合、ターン・アラウンド・タイムの予測は非常に困難となる。同様に、「短時間ジョブを優先する」をターン・アラウンド・タイムの公平性と定義すると、長時間ジョブの処理は何時になるか皆目検討がつかなくなる。したがって、これらのアルゴリズムは双方とも第 2 の観点に対しては非常に素朴なジョブ・スケジューリングであるが、不合理な点も多い。

第 3 の観点はやや特異である。この観点によるスケジューリングはシステムが特殊なジョブ状況になり、システムを特殊な環境で運用しなければならないとき、または特定ジョブを特殊なスケジューリングにより処理しなければならない場合に必要となる。よって、NS システムを柔軟に運用

管理していく上で看過することの出来ない観点ではあるが、往々にして第 1、第 2 の観点に対して大きく反することが多い。

以上のように、一つ一つの観点のみを考察しても、的確なジョブ・スケジューリング・アルゴリズムの決定は非常に困難な問題である。まして、第 1、第 2 および第 3 のすべての観点に対して完全無欠なアルゴリズムは存在し得ない。このため、ジョブをそれが要求する処理装置使用時間、主記憶使用量等のシステム資源使用量に基づいてジョブクラス分けし、ジョブの多重度制御により第 1、第 2 の効率と利用の観点に対する効果を上げながら、第 3 の観点のための諸機能を組み入れたジョブ・スケジューリング・アルゴリズムを採用するのが適切である。

4.2 NS システム用ジョブ・スケジューラ

以上の主旨にそって、NS システム用に開発したジョブ・スケジューラの主なスケジューリング機能を列挙すると次のとおりである。

第 1 の観点のためのジョブ・スケジューリング機能として、

- (1) 実行可能 SHP ステップを一定数保留し管理する機能
- (2) 優先ジョブクラスおよび非優先ジョブクラスを設定し管理する機能

第 2 の観点のためのジョブ・スケジューリング機能として、

- (3) SHP1 用ジョブクラスにサブジョブクラスを設定し管理する機能
- (4) SHP 実行時の CPU 寄与率をジョブクラスごとに設定し管理する機能

第 3 の観点のためのジョブ・スケジューリング機能として、

- (5) 特定ジョブを緊急にスケジューリングする機能
- (6) ユーザタイムを設定する機能
- (7) 同一ユーザ名ジョブの連続処理を禁止する機能
- (8) システム内の同一ユーザ名ジョブ数を制限する機能

表 4.1 NS システムのジョブクラス実行多重度と各種制限値ならびに運用時間帯
(昭和62年度11月現在)

(1) SHP1用ジョブクラス

ジョブクラス	実行多重度			CPU制限値 (分)			メモリ制限値 (MB)	
	ジョブ	FEP	SHP	ジョブ	FEP	SHP	FEP	SHP
SMAL	4	4	1	60	5	60	5	50
LARG								
短時間ジョブクラス	4	4	1	3	2	3	5	968
長時間ジョブクラス	4	4	1	100	5	100	5	968
HUGE								
短時間ジョブクラス*	4	4	1	3	2	3	5	968**
長時間ジョブクラス	1	1	1	300	5	300	5	968**
VSRV***	1	1	1	1	1	1	1	1

* 未運用サブジョブクラス

** 1018MBまで拡張可能

*** ユーティリティ処理用ジョブクラス

(2) SHP2用ジョブクラス

ジョブクラス	実行多重度			CPU制限値 (分)			メモリ制限値 (MB)	
	ジョブ	FEP	SHP	ジョブ	FEP	SHP	FEP	SHP
SHRT	4	4	1	3	2	3	5	16
MIDL	4	4	1	30	5	30	5	32
LONG	4	4	1	100	5	100	5	74
HJOB*	4	4	1	300	5	300	5	122

* 未運用ジョブクラス

(3) FEP用ジョブクラス

ジョブクラス	実行多重度	CPU制限値 (分)	仮想記憶容量制限値 (MB)	
			サービスステップ	GOステップ
SERV	2	3	5	6
HANJ	1	30	5	16
DATA	1	5	5	8
FJOB	1	60	5	50

(4) 運用時間帯

システム		第1時間帯	第2時間帯
		9:00~22:00	22:00~9:00
SHP1	優先クラス	SMAL (短) LARG*	(長) HUGE***
	非優先クラス	(長) LARG**	SMAL (短) LARG* (長) LARG**
SHP2	優先クラス	SHRT MIDL LONG	SHRT MIDL LONG
	非優先クラス	なし	なし

* 短時間LARGサブジョブクラスを意味する。

** 長時間LARGサブジョブクラスを意味する。

*** 長時間HUGEサブジョブクラスを意味する。

が本ジョブ・スケジューラには用意されている。

以下ではこれらのジョブ・スケジューリング機能の詳細について述べる。なお、NS システムで採用しているジョブクラスとそれらのシステム資源使用制限値、実行多重度および運用時間帯は表 4.1 に示すとおりである（昭和62年11月現在の値）。

同表から判るように、NS システムの一大特徴は、SHP1で巨大ジョブが長時間にわたり処理し得ることにあり、これが世界最先端の数値シミュレーションを可能なものとしている。

4.2.1 実行可能SHPステップを一定数保留し管理する機能

SHP処理装置稼働率をコンスタントに高く維持し得るためには、実行中のSHPステップが終了したならば、即座に後続ジョブのSHPステップが実行開始し得るようにしておく必要がある。このためには、後続ジョブのSHPステップに先行する前処理ステップは十分な余裕を持って完了させておき、SHPステップが実行可能な状態にしておかなければならない。また、短時間で終了するSHPステップやエラー終了するSHPステップ等を考慮すると、実行可能SHPステップは一定数保留しておかなければならない。このことを実現するために、図 3.1 に示した実行可能SHPステップキューを考案した（実行可能SHPステップキューの概念は既に昭和55年に発表しており⁸⁾、これを昭和57年2月の航技研 M-380システムで疑似的に実現した⁹⁾。NS システムではこれを本格的に実現している）。

同図をもとに、NS システムに投入されたジョブがどのように管理され、処理されていくかを説明する。システムに投入されたジョブは全て、直にジョブ入力処理をうけ、ジョブの手続きに誤りがないか否かが判定される。誤りがなければ指定ジョブクラスの実行待ちジョブキューに登録され、ジョブ・スケジューラによって起動されるのを待つ。このキューは全ジョブクラス、サブジョブクラス（後述）ごとに存在し、原則として、FIFO方式で管理される（この原則をやぶり得るのは第 4.2.5～7 項の機能においてのみである）。

ジョブ・スケジューラはジョブの実行待ちジョ

ブキューへの登録およびジョブの終了を契機として、その契機を引き起したジョブクラスキューの先頭のジョブを起動するか否かを判定する。もし、FEP側実行多重度に空きがあれば起動し、空きがなければ起動しない。ただし、NS システムではSHPを使用するジョブの場合はたとえ空きがあっても、そのクラスのジョブが既に n 本起動させていれば、新たな起動を行わないという機能を付加している。一度起動されたならば、SHPステップが現われるまで、FEPステップは決められた順序で連続して処理される。したがって、FEPのみを使用するジョブは一度起動されたならば、処理が中断されることなくジョブ終了に至る。

一方、SHPを使用するジョブでは必ずSHPステップが現われるが、この場合、ジョブ・スケジューラはそれが出現した時点で、そのSHPステップを一旦実行可能SHPステップキューに登録する。このキューはSHP用ジョブクラス、サブジョブクラスごとに存在し、原則としてFIFO方式で管理される（この原則をやぶり得るのは第 4.2.5～6 項の機能においてのみである）。ジョブ・スケジューラはこのキューへの登録およびSHPステップの終了を契機として、その契機を引き起したジョブクラスキューの先頭のジョブステップを起動するか否かを判定する。もしSHP側実行多重度に空きがあれば起動し、空きがなければ起動しない。なお、SHPステップ終了後の動きは次のようになる。SHPステップの終了がジョブの終了の場合はただちにジョブ終了処理を受ける。終了SHPステップに連続してSHPステップが現れた場合には、実行可能SHPステップキューに再登録となる。終了SHPステップに続いてFEPステップが現れた場合には、ただちにFEP側実行多重度の空きを利用してその処理が開始される。

上述したように、NS システムではSHPを使用するジョブの起動本数 n を管理する機能を有している。 n を大きく設定すれば、副次的ではあるが、NS ジョブの中でSHPステップに至る前にアベンドするようなジョブのターン・アラウンド・タイムを劇的に短縮し得る効果がある。しかし、大規模数値シミュレーションでは多数のジョブの継続

によって、一つの結果が得られるのであるから、ジョブの実行順序に矛盾が発生してはならない。このため、ユーザがジョブの実行順序を監視し得るよう、実行可能SHPステップキューの状況をディスプレイ表示する必要がある。NS システムの現運用ではその状況が一画面のディスプレイ表示でおさまるよう、上記の副次効果を少し犠牲にして、 $n=4$ としている。したがって、実行可能SHPステップキューの長さは最大4となっている。

4.2.2 優先ジョブクラスおよび非優先ジョブクラスを設定し管理する機能

NS システムには、表4.1に示したSHP1用のLARG, HUGEクラスおよびSHP2用のHJOBクラスのような大規模ジョブの実行を可能とさせなければならないという大きな使命がある。一方、SHPの主記憶管理は実記憶方式のため、仮想記憶方式のように実装主記憶容量を越えて主記憶を割当てることができない。したがって、SHP1では

HUGEクラスとLARGクラスのジョブを、SHP2ではHJOBクラスと他のクラスのジョブを同時に実行させることができない。このため、本ジョブ・スケジューラには、システムの運用時間帯を任意に設定し得、各時間帯ごとに優先ジョブクラスと非優先ジョブクラスが定義できる機能を付加している。ここで、優先ジョブクラスとは設定された時間帯において、優先して実行されるジョブクラスを意味し、非優先ジョブクラスとは設定された時間帯において、優先ジョブクラスのジョブが存在しないときのみ実行されるジョブクラスを意味する。

この機能を利用すれば、例えば、表4.2に示すように、ある時間帯において大規模ジョブの長時間実行が可能となり、またある時間帯において大規模ジョブのデバック処理を優先させることが可能となる。また、大規模ジョブクラスを優先ジョブクラスに定義した時間帯には必ず非優先ジョブも定義しておけば、優先、非優先のいずれかのジ

表 4.2 運用時間帯の設定例

運用時間帯 (設定時刻)		第1時間帯 (9:00-12:00)	第2時間帯 (12:00-16:00)	第3時間帯 (16:00-22:00)	第4時間帯 (22:00- 9:00)
SHP 1	優先ジョブ クラス	* (短) LARG	*** (短) HUGE	(短) LARG	HUGE
	非優先ジョブ クラス	** (長) SMAL LARG	SMAL LARG	** (長) SMAL LARG	SMAL LARG
SHP 2	優先ジョブ クラス	SHRT MIDL LONG	SHRT MIDL LONG	SHRT MIDL LONG	HJOB
	非優先ジョブ クラス	な し	な し	な し	SHRT MIDL LONG
FEP	優先ジョブ クラス	SERV DATA HANJ FJOB	SERV DATA HANJ FJOB	SERV DATA HANJ FJOB	FJOB
	非優先ジョブ クラス	な し	な し	な し	SERV DATA HANJ

- * 短時間LARGサブジョブクラスを意味する。
- ** 長時間LARGサブジョブクラスを意味する。
- *** 短時間HUGEサブジョブクラスを意味する。

ジョブクラスのジョブが存在する限り、SHPの稼働率を低下させることはない。なお、大規模ジョブクラスを非優先ジョブクラスに定義するのは下記の理由から好ましくない。

本機能では、非優先ジョブクラスのジョブの実行中に優先ジョブクラスのジョブが到着した場合、および優先ジョブクラスのジョブの実行中に運用時間帯が移行した場合には、その時点で実行中のジョブの凍結処理またはスワップアウト処理を行い、後に実行再開がスケジューリングされるまで一時実行保留状態とするとともに、優先実行すべきジョブを選択し、それを実行保留状態から実行状態に移行させる処理を自動的に行う。したがって、大規模ジョブクラスを非優先ジョブクラスに定義した場合には、大規模ジョブの凍結処理またはスワップアウト処理のために長時間の間、SHPがユーザジョブ処理をできない状況が発生することがある。

4. 2. 3 SHP1用ジョブクラスにサブジョブクラスを設定し管理する機能

サブジョブクラスはSHP1用のLARGクラスとHUGEクラスのジョブのデバッグのターン・アラウンド・タイムを短縮する方策として考案したものである。これはジョブ・スケジューラが内部的にもっているクラスであるから、ユーザがサブジョブクラスの存在を意識する必要はない。表4.1(1)に示したように、ユーザはLARGとHUGEクラスのジョブの手続きの中で、陽にCPU使用時間を指定し、短時間ジョブであるか長時間ジョブであるかをジョブ・スケジューラに通知することができる。ジョブ・スケジューラはその値を基にして、LARGクラスのジョブを短時間LARGサブジョブクラスまたは長時間LARGサブジョブクラスに、HUGEクラスのジョブを短時間HUGEサブジョブクラスまたは長時間HUGEサブジョブクラスに振り分けて管理する。表4.1(1)に示したように、現運用では振り分けの基準値を3分に設定している。

ジョブ・スケジューラは短時間サブジョブクラスのジョブのターン・アラウンド・タイムを短縮するため、ジョブ・スケジューリングのすべての

契機において、短時間サブジョブクラスのジョブステップが実行可能SHPステップキューにある限り、これを長時間サブジョブクラスのジョブステップより優先して実行されるに必要な処理を行う。したがって、長時間サブジョブクラスのジョブステップは短時間サブジョブクラスのジョブステップが存在する限り実行されることはない。振り分け基準値が小さければ、長時間サブジョブクラスのジョブステップ処理が長く滞ることはない。

さらに、NSシステムの現運用では、優先ジョブクラスのジョブのCPUディスパッチング・プライオリティも、非優先ジョブクラスのジョブより高く設定している。従って、NSシステムでは、短時間の大量ジョブクラスのジョブのデバッグ環境は最善のものとなっている。しかし、デバッグ環境の良さの引替えとして、SHPの稼働率は必ず低下する。このため、NSシステムではデバッグ環境の良さを保証する条件として、それに伴うシステム・オーバーヘッドの値を24時間当たり30分と設定し、この値を超える状況となった場合には、デバッグ環境のレベルを再検討することになっている。デバッグ環境の良さの重要性にもかかわらず、何故に、このような基準を設けているかということ、高価なSHPの処理性能を無駄にはできないからである。デバッグ環境の良さに伴うオーバーヘッドの値は零にはできないが、スワッピング処理またはジョブ凍結処理の実効速度を高めることにより、大幅に小さくできる。現在、市場調達できるこれらのツールは、あまりにも実効速度が遅すぎるので、航技研独自のツールの開発を急いでいるところである。

4. 2. 4 SHP実行時のCPU寄与率をジョブクラスごとに設定する機能

第4.2.2項で述べたように、NSシステムでは大規模なNSジョブの実行を可能なものとするために、1日の運用をいくつかの運用時間帯に分け、各時間帯に優先ジョブクラスと非優先ジョブクラスを定義するという方策をとっている。表4.1(4)に示したように、現運用では、日中は長時間HUGEクラスを除く一般ジョブクラスを優先させ、夜間

に長時間大規模ジョブクラスを優先処理するように運用している。ここで問題となるのは、優先ジョブクラスとしての複数のジョブクラスが定義された運用時間帯におけるSHPジョブクラスが定義された運用時間帯におけるSHPステップのスループット制御の方法である。例えば同じ優先ジョブクラスであっても、デバッグ用ジョブクラスのSHPステップのスループットは他のものより高める必要がある。また、特定のジョブクラスが異常に混雑した場合、それを早期に解消しなければならないこともある。このために取り得る一般的な手段として次の2つがあるが、いずれも下記の理由により好ましい方法とはいえない。

一つは、競合するSHPステップのスループットを実行優先権によって制御する方法である。しかし、この方法では実行優先権の高いSHPステップがある限り、実行優先権の低いSHPステップは全く実行されなくなってしまう。他は、競合するSHPステップの実行優先権は同一にして、スループットを高めたいジョブクラスの多重度を他より多くする方法である。しかし、この方法は仮想記憶方式のシステムでは採用可能であるが、実記憶方式のシステムでは各ジョブクラスのメモリ制限値を小さくしない限り、採用することはできない（課せられた使命上、NS システムでは大規模クラスのメモリ制限値を小さくできない）。

NS システムでは全く新しい手段を考案し、この問題を究極的に解決している。すなわち、NS システムでは競合するSHPステップをSHPが処理していく過程で使用するタスクスイッチのために、各ステップに割り当てるCPU時間を定義するタイムスライス値を、ジョブクラスおよびサブジョブクラスごとに設定できる。したがって、多重度を増すことなく、実行優先権を同一にしたままで、タイムスライス値を適切に設定するならば、特定のジョブクラスまたはサブジョブクラスのCPU寄与率を任意に設定することができるから、木目細かなスループット制御が可能である。

この方法は主記憶の競合を発生させることなく、木目細かなスループット制御を可能なものとするから、仮想記憶方式のシステムに対しても、主記

憶の有効利用の観点から、非常に有用な方策となるものと考ええる。

4.2.5 特定ジョブを緊急にスケジューリングする機能

第4.2.1項で述べたように、NS システムではシステムに投入されたジョブはすべての処理フェーズにおいて、原則としてFIFO方式で管理される。しかし、実運用においてはこの原則にこだわることなく、緊急に処理しなければならないジョブがまま発生する。

本ジョブ・スケジューラはこのような事態に柔軟に対処するために、2つの機能を用意している。1つは特定ジョブの特権ジョブとしてスケジューリングする機能である。特権ジョブとしてスケジューリングされたジョブは実行待ちジョブキュー、実行可能SHPステップキューおよび実行のすべてにおいて優先的に処理される。すなわち、ジョブ・スケジューラは特権ジョブの両キューへの到着を契機として、そのジョブのジョブクラスの実行中ステップの凍結処理またはスワップアウト処理を行い、ただちに特権ジョブを実行させる。特権ジョブはすべての処理フェーズにおいて、他のユーザジョブより高い実行優先権が設定される。

他は特定ジョブを準特権ジョブとしてスケジューリングする機能である。準特権ジョブとしてスケジューリングされたジョブは実行待ちジョブキューにおいて優先的に取扱われる。すなわち、ジョブ・スケジューラは準特権ジョブの実行待ちジョブキューへの到着を契機として、そのジョブをそのジョブクラスの実行待ちジョブキューの先頭に登録する。したがって、そのジョブクラスのジョブが終了した時点で、準特権ジョブは起動され、以後は第4.2.1項で述べた原則に従って処理される。

4.2.6 ユーザタイムを設定する機能

本機能はNS システムの特殊な運用として、決められた時間帯（これをユーザタイムという）の間、特定のユーザにNS システムを優先的に使用させる必要性を想定して用意した機能である。本

ジョブ・スケジューラはユーザタイムへの移行を契機として、処理待ち、処理中ジョブのうち、特定ユーザ名のジョブに限って優先処理することを可能にする。特定ユーザ名としてはSHP1, SHP2およびFEPシステムごとに、任意のユーザ名を複数設定可能である。ユーザタイム運用時には該当するジョブをFIFO方式で起動する。なお、ユーザタイム時において起動すべき特定ユーザ名のジョブが存在しない場合には、一般運用の原則に従ってジョブが処理されるので、NSシステムの稼働率が低下することはない。

4. 2. 7 同一ユーザ名ジョブの連続処理を禁止する機能

本機能は同一ユーザ名のジョブ処理に長時間、システムが占有されることのないようにするために設けている機能であり、採用しているアルゴリズムは次のようである。ジョブ・スケジューラは実行待ちジョブキューからあるジョブクラスのジョブを起動する契機において、そのジョブクラスで直前に起動したユーザ名と同じジョブは連続して起動せず、他ユーザ名のジョブをFIFO方式で探し、起動する。ただし、後続するジョブに他ユーザ名ジョブが存在しない場合には同一ユーザ名ジョブを連続して起動する。

このように、現運用で採用しているアルゴリズムは単純である。現在、これの代案として、次に示すようなアルゴリズムを検討している。

(1) ユーザ毎にSHP1, SHP2, FEPの各システムのCPU使用時間の累積値を一定周期ごとに更新して管理するテーブルを用意し、各システムのCPU使用可能時間をいくつかの段階に分けて設定することにより、ジョブ・スケジューラが実行待ちジョブキューからジョブを起動する契機において、これら設定値とユーザ毎の累積値をジョブ・スケジューラに参照させる。

(2) ユーザごとに各ジョブクラスのジョブ処理件数の累積値を一定周期ごとに更新して管理するテーブルを用意し、各システムのジョブ処理可能件数をいくつかの段階に分けて設定することにより、ジョブ・スケジューラが実行待ちジョブキュー

ーからジョブを起動する契機において、これら設定値とユーザ毎の累積値をジョブ・スケジューラに参照させる。

(3) ユーザごとに各システムのCPU使用時間とジョブ処理件数のそれぞれの累積値を一定周期ごとに更新して管理するテーブルを用意し、各システムのCPU使用可能時間およびジョブ処理可能件数をいくつかの段階に分けて設定することにより、ジョブ・スケジューラが実行待ちジョブキューからジョブを起動する契機において、これら設定値とユーザ毎の累積値をジョブ・スケジューラに参照させる。

本機能に適用可能なアルゴリズムは無数に考えられるから、どのようなアルゴリズムを採用するかは全ユーザ間での合意をとる必要がある。

4. 2. 8 システム内の同一ユーザ名ジョブ数を制限する機能

本機能はNSシステム内に過大な数のジョブが滞留することを防止するために設けたものであり、次の2つの機能を用意している。1つはシステム内の同一ユーザ名のジョブ総数を制限する機能であり、他はシステム内の同一ユーザ名のジョブクラスごとのジョブ総数を制限する機能である。ジョブ・スケジューラはジョブ入力処理時にそのユーザのシステム内のジョブ総数とそのジョブクラスのジョブ数を調べる。もし、ジョブ総数が制限値に等しい場合は、いかなるジョブクラスにも、そのユーザのジョブの投入を認めない。また、そのジョブクラスのジョブ数が制限値に等しい場合は、そのジョブクラスを指定したジョブの投入を認めない。このジョブ入力制限はそのユーザがジョブ取出しまたはジョブキャンセルにより、ジョブ総数またはそのジョブクラスのジョブ数を制限値未満としたときに解除される。なお、本機能により、ジョブが入力制限される場合でも、すでにシステムに投入されて実行待ち、実行中、出力待ち状態となっている当該ユーザのジョブは影響を受けない。

5. ジョブステップ・スケジューラおよびジョブ・スケジューラの検証

NS システム用に開発されたジョブステップ・スケジューラおよびジョブ・スケジューラの諸機能の概要はそれぞれ第 3 章、第 4 章に示したとおりである。本章では、それらが所期の目標どおりに、そのスケジューリング機能を確実に遂行しているかどうかの確認試験を行った結果について述べる。

5.1 ジョブステップ・スケジューラの検証

ジョブステップ・スケジューラの主たるスケジューリング機能の役割は、各ジョブステップ単位に実行システムを FEP, SHP1 または SHP2 に確実に振り分け、効果的なシステム負荷分散処理を現実のものとするにある。この機能を検証するために、第 3 章の図 3.2 に示したジョブストリームを検証ジョブとして実行させた。そのときに出力されたシステムメッセージを図 5.1 (1)~(3)に示す。システムメッセージとは各システムから主コンソール装置に対して、ジョブの到着からジョブ、ジョブステップの実行開始、終了等、当該システムで処理中のジョブの実行状況を時時刻刻、通知された情報である、また、NS システムでは、3 システムから通知されるこのシステム・メッセージを時系列的にシステム・ロギング・ファイルに格納している。

図 5.1 (1)は、数値シミュレーション実行ステップが SHP1 と指定された図 3.2 (1)のジョブストリームに対して出力された情報であり、多数のシステム・メッセージの中より抽出したものである。以下に、同図中のジョブステップ・スケジューリングに関するシステム・メッセージの意味を説明する。

(1)はシステム・メッセージが主コンソール装置に通知された時刻(時, 分, 秒, 百ミリ秒)を意味する。

(2)は処理の実行システムを意味し, FRNT(FEP のこと), SHP1 または SHP2 で示される。

(3)は検証ジョブがシステムに到着し, ジョブ受

付処理が完了した旨のメッセージを意味する。同時にジョブ番号, ジョブクラスおよび受付時刻を示している。

(4)は検証ジョブが, 印字された時刻に, FEP システムで実行開始したことを意味する。

(5)は FORTC1 ステップが, 印字された時刻に, FEP で実行開始/終了したことを意味し, 同時にジョブステップ完了コードを示している。

(6)は LIED1 ステップが印字された時刻に, FEP で実行開始/終了したことを意味し, 同時にジョブステップ完了コードを示している。

(7)は USDKR ファイル定義文に基づき, ジョブステップ・スケジューラが創成したファイル複写ステップが, 印字された時刻に, FEP で実行開始/終了したことを意味し, 同時にジョブステップ完了コードを示している。

(8)は検証ジョブが FEP システムで実行すべき前処理をすべて完了し, 実行システムが SHP1 に切り替えられたことを意味している。また, 検証ジョブが SHP1 で実行開始したことも示している。

(9)は数値シミュレーション実行ステップの GO1 ステップが印字された時刻に, SHP1 で実行開始/終了したことを意味し, 同時にジョブステップ完了コードを示している。

(10)は検証ジョブの数値シミュレーション実行ステップが終了し, 後処理を FEP で実行するために, 実行システムが SHP1 から FEP に切り替えられたことを意味している。また, 検証ジョブが FEP で実行開始されたことも示している。

(11)は USDKW ファイル定義文に基づき, ジョブステップ・スケジューラが創成したファイル複写ステップが, 印字された時刻に, FEP で実行開始/終了したことを意味し, 同時にジョブステップ完了コードを示している。

(12)は GO1 ステップ文よりジョブステップ・スケジューラが創成した FORTRAN ライタ変換ステップが, 印字された時刻に, FEP で実行開始/終了したことを意味し, 同時にジョブステップ完了コードを示している。

(13)は GO ステップが, 印字された時刻に, FEP で実行開始/終了したことを意味し, 同時にジョ

```

(1) 1437055 JEJ6101 JOB 8144 IS X03S521 , PRTY=13
1437118 (2) FRNT R= X03S521 NAL5310I 8144 X03S521 JOB HOLD
1437138 FRNT R= X03S521 NAL5400I JOB 8144 X03S521 ACCEPTED CLASS=SMAL TIME=14:37:12 (3)
1438119 JEJ8674 JOB 8144 X03S521 P=13 CL=A HOLD=(OP) R=(999K,999K),MAIN
1439345 FRNT R= SCHEDULE NAL8800I JNM=X03S521,FLG=00000000,GRP=SMAL,CLASS=A
1545555 FRNT R= SCHEDULE NAL8523I X03S521 ( ) JOB RELEASE
1545556 FRNT R= AOF #SCHCHK1F J=X03S521
1545556 FRNT R= AOF NS09902I X03S521 RELEASE. (SCHCHKF) 15:45:54
1546014 FRNT R= JESE NAL8201I X03S521 SETUP COMPLETED,C=A,G=SMAL
1546014 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE SELECT1,SMAL,A,X03S521
1546024 JEJ2000 JOB 8144 X03S521 SELECTED FRNT GRP=SMAL
1546042 FRNT R= X03S521 NAL5500I 8144 X03S521 JOB STARTED TIME=15:46:03 (4)
1546042 FRNT R= X03S521 NAL5600I 8144 X03S521 FORTC1 STEP STARTED TIME=15:46:03 (5)
1546163 FRNT R= X03S521 NAL5800I 8144 X03S521 FORTC1 STEP ENDED TIME=15:46:15 CODE=0000(000)
1546164 FRNT R= X03S521 NAL5600I 8144 X03S521 LIED1 STEP STARTED TIME=15:46:15 (6)
1546324 FRNT R= X03S521 NAL5800I 8144 X03S521 LIED1 STEP ENDED TIME=15:46:31 CODE=0000(000)
1546326 FRNT R= X03S521 NAL5600I 8144 X03S521 GNRDKR#0 STEP STARTED TIME=15:46:31 (7)
1546346 FRNT R= X03S521 NAL5800I 8144 X03S521 GNRDKR#0 STEP ENDED TIME=15:46:33 CODE=0000(000)
1546353 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE SELECT2,SMAL,A,X03S521
1546354 FRNT R= SCHEDULE NAL8520I JOB X03S521 HOLD C=A BY SCHEDULE (UX12-2)
1549527 FRNT R= SCHEDULE NAL8521I X03S521(A) RELEASE <JOBEND>
1549527 JEJ8080 JOB X03S521 8144 RELEASED
1549528 JEJ2020 JOB 8144 X03S521 CHANGED FROM FRNT TO SHP1 (8)
1549568 (2) SHP1 R= X03S521 NAL5500I 8144 X03S521 JOB STARTED TIME=15:49:56 (9)
1549569 SHP1 R= X03S521 NAL5600I 8144 X03S521 GO1 STEP STARTED TIME=15:49:56 (10)
1604327 SHP1 R= X03S521 NAL5800I 8144 X03S521 GO1 STEP ENDED TIME=16:04:32 CODE=0000(000)
1604341 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE SELECT3,SMAL,A,X03S521
1604341 JEJ2020 JOB 8144 X03S521 CHANGED FROM SHP1 TO FRNT (11)
1604366 FRNT R= X03S521 NAL5500I 8144 X03S521 JOB STARTED TIME=16:04:35 (12)
1604367 FRNT R= X03S521 NAL5600I 8144 X03S521 GNRDKW#0 STEP STARTED TIME=16:04:35 (13)
1604409 FRNT R= X03S521 NAL5800I 8144 X03S521 GNRDKW#0 STEP ENDED TIME=16:04:40 CODE=0012(000)
1604413 FRNT R= X03S521 NAL5600I 8144 X03S521 FEDT STEP STARTED TIME=16:04:40 (14)
1604434 FRNT R= X03S521 NAL5800I 8144 X03S521 FEDT STEP ENDED TIME=16:04:42 CODE=0000(000)
1604438 FRNT R= X03S521 NAL5600I 8144 X03S521 GO STEP STARTED TIME=16:04:43 (15)
1604445 FRNT R= X03S521 NAL5800I 8144 X03S521 GO STEP ENDED TIME=16:04:43 CODE=0000(000)
1604446 FRNT R= X03S521 NAL0440I 8144 X03S521 ENDED TIME=16:04:43 O=0 C=A (16)
1604446 FRNT R= X03S521 NAL5810I 8144 X03S521 ACTR JOBEND G=SMAL C=A (5810)
1604497 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE JOBEND,SMAL,A,X03S521
1623254 JEJ8674 JOB 8144 X03S521 P=13 CL=A R=(999K,999K),OUTSERV(P)
1624143 FRNT R= DSWTR JDG049I X03S521 ON DEVICE 004
1624417 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE JPURGE,SMAL,A,X03S521
1624421 JEJ7450 JOB 8144, X03S521 PURGED

```

(1) 数値シミュレーション実行ステップがSHP1と指定された場合

図 5.1 システム・メッセージ


```

(1) 1437393 JEJ6101 JOB 8145 IS X06S382 , PRTY=13
1437508(2) FRNT R= X06S382 NAL5310I 8145 X06S382 JOB HOLD
1437529 FRNT R= X06S382 NAL5400I JOB 8145 X06S382 ACCEPTED CLASS=LONG TIME=14:37:52 (3)
1438510 JEJ8674 JOB 8145 X06S382 P=13 CL=L HOLD=(OP) R=(999K,999K),MAIN
1440345 FRNT R= SCHEDULE NAL8800I JNM=X06S382,FLG=00000000,GRP=LONG,CLASS=L
1546007 FRNT R= SCHEDULE NAL8523I X06S382 ( ) JOB RELEASE
1546008 FRNT R= AOF #SYSTEM3F J=X06S382
1546009 FRNT R= AOF NS0902I X06S382 RELEASE. (SCHCHKF) 15:46:00
1551019 JEJ8080 JOB X06S382 8145 RELEASED
1551121 JEJ8674 JOB 8145 X06S382 P=13 CL=L R=(999K,999K),MAIN(A)
1556020 FRNT R= AOF #MODIFY SCHEDULE,NSETUP,LONG,L,X06S382
1604488 FRNT R= JESE NAL8201I X06S382 SETUP COMPLETED,C=L,G=LONG
1604494 JEJ2000 JOB 8145 X06S382 SELECTED FRNT GRP=LONG
1604499 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE SELECT1,LONG,L,X06S382
1604511 FRNT R= X06S382 NAL5500I 8145 X06S382 JOB STARTED TIME=16:04:50 (4)
1604512 FRNT R= X06S382 NAL5600I 8145 X06S382 FORTC2 STEP STARTED TIME=16:04:50
1604582 FRNT R= X06S382 NAL5800I 8145 X06S382 FORTC2 STEP ENDED TIME=16:04:57 CODE=0000(000) (5)
1604583 FRNT R= X06S382 NAL5600I 8145 X06S382 LIED2 STEP STARTED TIME=16:04:57
1605097 FRNT R= X06S382 NAL5800I 8145 X06S382 LIED2 STEP ENDED TIME=16:05:08 CODE=0000(000) (6)
1605105 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE SELECT2,LONG,L,X06S382
1605106 FRNT R= SCHEDULE NAL8520I JOB X06S382 HOLD C=L BY SCHEDULE (UX12-2)
1605210 JEJ8674 JOB 8145 X06S382 P=13 CL=L MAIN(Q)
1605449 FRNT R= SCHEDULE NAL8521I X06S382(L) RELEASE <JOBEND>
1605450 JEJ8080 JOB X06S382 8145 RELEASED
1605455 JEJ2020 JOB 8145 X06S382 CHANGED FROM FRNT TO SHP2 (7)
1605470(2) SHP2 R= X06S382 NAL5500I 8145 X06S382 JOB STARTED TIME=16:05:46
1605470 SHP2 R= X06S382 NAL5600I 8145 X06S382 GO2 STEP STARTED TIME=16:05:46
1608524 SHP2 R= X06S382 NAL5800I 8145 X06S382 GO2 STEP ENDED TIME=16:08:52 CODE=0000(000) (8)
1608531 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE SELECT3,LONG,L,X06S382
1608532 JEJ2020 JOB 8145 X06S382 CHANGED FROM SHP2 TO FRNT (9)
1608553 FRNT R= X06S382 NAL5500I 8145 X06S382 JOB STARTED TIME=16:08:54
1608554 FRNT R= X06S382 NAL5600I 8145 X06S382 GO STEP STARTED TIME=16:08:54
1612066 FRNT R= X06S382 NAL5800I 8145 X06S382 GO STEP ENDED TIME=16:12:05 CODE=0000(000) (10)
1612068 FRNT R= X06S382 NAL0440I 8145 X06S382 ENDED TIME=16:12:05 O=0 C=L (11)
1612068 FRNT R= X06S382 NAL5810I 8145 X06S382 ACTR JOBEND G=LONG C=L (5810)
1612068 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE JOBEND,LONG,L,X06S382
1623256 JEJ8674 JOB 8145 X06S382 P=13 CL=L R=(999K,999K),OUTSERV(P)
1624532 FRNT R= DSFWTR JDG049I X06S382 ON DEVICE 004
1625181 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE JPURGE,LONG,L,X06S382
1625183 JEJ7450 JOB 8145, X06S382 PURGED

```

(2) 数値シミュレーション実行ステップがSHP2と指定された場合

図 5.1 つづき

```

(1) 1436204 JEJ6101 JOB 8146 IS X01S003 , PRTY=13
1436252(2) FRNT R= X01S003 NAL5310I 8146 X01S003 JOB HOLD
1436266 FRNT R= X01S003 NAL5400I JOB 8146 X01S003 ACCEPTED CLASS=HANJ TIME=14:36:25 (3)
1437254 JEJ8674 JOB 8146 X01S003 P=13 CL=S HOLD=(OP) R=(999K,999K),MAIN
1441095 FRNT R= SCHEDULE NAL8800I JNM=X01S003,FLG=00000000,GRP=HANJ,CLASS=S
1601555 FRNT R= SCHEDULE #SCHCHKF J=X01S003
1601557 FRNT R= AOF NS09902I X01S003 RELEASE. (SCHCHKF) 16:01:54
1609083 JEJ8674 JOB 8146 X01S003 P=13 CL=S R=(999K,999K),MAIN(A)
1611558 FRNT R= AOF NS02199I X01S003 JOB SETUP CHECK MESSAGE TO SCHCHKF (SCHCHK1F) 16:11:55
1611560 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE NSETUP,HANJ,S,X01S003
1611560 FRNT R= AOF #MODIFY SCHEDULE,NSETUP,HANJ,S,X01S003
1612073 FRNT R= JESE NAL8201I X01S003 SETUP COMPLETED,C=S,G=HANJ
1612073 FRNT R= SCHEDULE SELECT1,HANJ,S,X01S003
1612079 JEJ2000 JOB 8146 X01S003 SELECTED FRNT GRP=HANJ
1612089 FRNT R= X01S003 NAL5500I 8146 X01S003 JOB STARTED TIME=16:12:08 (4)
1612089 FRNT R= X01S003 NAL5600I 8146 X01S003 FORTC STEP STARTED TIME=16:12:08 (5)
1612121 FRNT R= X01S003 NAL5800I 8146 X01S003 FORTC STEP ENDED TIME=16:12:11 CODE=0000(000)
1612123 FRNT R= X01S003 NAL5600I 8146 X01S003 LIED STEP STARTED TIME=16:12:11 (6)
1612228 FRNT R= X01S003 NAL5800I 8146 X01S003 LIED STEP ENDED TIME=16:12:22 CODE=0000(000)
1612235 FRNT R= X01S003 NAL5600I 8146 X01S003 GO STEP STARTED TIME=16:12:22 (7)
1615306 FRNT R= X01S003 NAL5800I 8146 X01S003 GO STEP ENDED TIME=16:12:29 CODE=0000(000)
1615308 FRNT R= X01S003 NAL5600I 8146 X01S003 GO STEP STARTED TIME=16:15:30 (8)
1618520 FRNT R= X01S003 NAL5800I 8146 X01S003 GO STEP ENDED TIME=16:18:51 CODE=0000(000)
1618524 FRNT R= X01S003 NAL0440I 8146 X01S003 ENDED TIME=16:18:51 O=O C=S (5810) (9)
1618524 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE JOBEND,HANJ,S,X01S003
1623253 JEJ8674 JOB 8146 X01S003 P=13 CL=S R=(999K,999K),OUTSERV(P)
1625300 FRNT R= DSFWTR JDG049I X01S003 ON DEVICE 004
1625540 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE JPURGE,HANJ,S,X01S003
1625542 JEJ7450 JOB 8146, X01S003 PURGED

```

(3) 数値シミュレーション実行ステップがFEPと指定された場合

図5.1 つづき

ブステップ完了コードを示している。

(14)は検証ジョブの実行終了を意味するメッセージである。

図 5.1 (2)は、数値シミュレーション実行ステップがSHP2と指定された図 3.2 (2)のジョブストリームに対して出力されたシステム・メッセージである。以下に、同図中のジョブステップ・スケジューリング状況に関するシステム・メッセージの意味を説明する。

(1)～(4)は図 5.1 (1)の(1)～(4)に対応しており、システム・メッセージの意味は同じである。

(5)はFORTC2ステップが、印字された時刻に、FEPで実行開始/終了したことを意味し、同時にジョブステップ完了コードを示している。

(6)はLIED2ステップが、印字された時刻に、FEPで実行開始/終了したことを意味し、同時にジョブステップ完了コードを示している。

(7)は検証ジョブがFEPシステムで実行すべき前処理をすべて完了し、実行システムがSHP2に切り替えられたことを意味している。また、検証ジョブがSHP2で実行開始したことも示している。

(8)は数値シミュレーション実行ステップのGO2ステップが、印字された時刻に、SHP2で実行開始/終了したことを意味し、同時にジョブステップ完了コードを示している。

(9)は検証ジョブの数値シミュレーション実行ステップが終了し、後処理をFEPで実行するために、実行システムがSHP2からFEPに切り替えられたことを意味している。また、検証ジョブがFEPで実行開始されたことも示している。

(10)はGOステップが、印字された時刻に、FEPで実行開始/終了したことを意味し、同時にジョブステップ完了コードを示している。

(11)は検証ジョブの実行終了を意味するメッセージである。

図 5.1 (3)は、数値シミュレーション実行ステップがFEPと指定された図 3.2 (3)のジョブストリームに対して出力されたシステム・メッセージである。以下に、同図中のジョブステップ・スケジューリングに関するシステム・メッセージの意味を説明する。

(1)～(4)は図 5.1 (1)の(1)～(4)に対応しており、メッセージの意味は同じである。

(5)はFORTCステップが、印字された時刻に、FEPで実行開始/終了したことを意味し、同時にジョブステップ完了コードを示している。

(6)はLIEDステップが印字された時刻に、FEPで実行開始/終了したことを意味し、同時にジョブステップ完了コードを示している。

(7)は数値シミュレーション実行ステップのGOステップが印字された時刻に、FEPで実行開始/終了したことを意味し、同時にジョブステップ完了コードを示している。

(8)はGOステップが印字された時刻に、FEPで実行開始/終了したことを意味し、同時にジョブステップ完了コードを示している。

(9)は検証ジョブの実行終了を意味するメッセージである。

このように、システム・メッセージによって示されたジョブ実行状況は第 3.2 節で述べたことと正確に一致している。よって、本ジョブステップ・スケジューラが開発目標どおりに、スケジューリング機能を確実に遂行していることが検証された。

5.2 ジョブ・スケジューラの検証

ジョブ・スケジューラにはSHP稼働率の向上、ジョブのターン・アラウンド・タイムの保証ならびにシステム運用管理機能という3つの観点の下に、多数のスケジューリング機能が用意された。本章では、ジョブ・スケジューラがこれらのスケジューリング機能を確実に遂行しているかどうかを、ジョブ処理試験により検証する。以下に、このジョブ処理試験とその結果について述べる。

5.2.1 ジョブ処理試験の内容と試験環境の設定について

(1) 運用時間帯の設定とジョブクラスごとの実行多重度数の設定

表 5.1 に運用時間帯の設定を示す。また、表 5.2 にジョブクラスごとの実行多重度数の設定を示す。本ジョブ処理試験では、表 5.1 に基づき、以下の

表 5.1 運用時間帯の設定

運用時間帯 (設定時刻)		第1時間帯 (14:10-14:50)	第2時間帯 (14:50-15:10)	第3時間帯 (15:10-15:30)	ユーザタイム (15:30-16:20)
SHP1	優先ジョブ クラス	SMAL LARG	* (短) HUGE	HUGE	な し
	非優先ジョブ クラス	な し	SMAL LARG	SMAL LARG	SMAL LARG
	ユーザ名	_____			L07
SHP2	優先ジョブ クラス	SHRT MIDL LONG	SHRT MIDL LONG	HJOB	な し
	非優先ジョブ クラス	な し	な し	SHRT MIDL LONG	SHRT MIDL LONG
	ユーザ名	_____			L04
FEP	優先ジョブ クラス	SERV HANJ FJOB	SERV HANJ FJOB	SERV HANJ FJOB	な し
	非優先ジョブ クラス	な し	な し	な し	SERV HANJ FJOB
	ユーザ名	_____			L11

* 短時間HUGEサブジョブクラスを意味する。

ことを検証する。

- ① 運用時間帯が任意に設定可能であること。
- ② 各運用時間帯ごとに定義した優先ジョブクラスと非優先ジョブクラスのジョブが、FIFO方式で処理されること。
- ③ ユーザタイム運用時間帯では、各システムごとに定義された特定ユーザのジョブが、他ユーザジョブより優先処理されること。

また、表 5.2 に基づき、以下のことを検証する。

- ① 数値シミュレーション実行ステップの実行システムがFEPであるジョブクラスでは、実行すべきジョブがある限り、設定した実行多重度でジョブ処理が行われること。第1、第2、第3時間帯ではFIFO方式で順次起動されるが、ユーザタイムでは、特定ユーザのジョブが優先処理されてFIFO方式で起動され、処理が中断することなくジョブ終了するに至ること。
- ② 数値シミュレーション実行ステップの実行システムがSHPであるジョブクラスでは、ジョブ

到着とSHPステップ終了をジョブ・スケジューリング契機として、第1、第2、第3時間帯で優先ジョブクラスのジョブがFIFO方式で順次起動され、前処理はFEPで中断されることなく実行され、前処理が終了すると、一旦そのジョブクラスまたはサブジョブクラスの実行可能SHPステップキューに登録されること。また、実行可能SHPステップキューに遷移したジョブ数が4になると、そのジョブクラスまたはサブジョブクラスの新たなジョブ起動はなされないこと。さらに、実行中のSHPステップが終了したら、次に実行するSHPステップが即座に当該ジョブクラスまたはサブジョブクラスの実行可能SHPステップキューからFIFO方式で選択され、SHPステップの実行が開始されること。

- ③ 特権ジョブが到着したならば直ちに、そのための実行多重度を使用して、実行が開始され、すべての処理フェーズにおいて優先処理されること。また、準特権ジョブが実行待ちジョブキュー

表 5.2 ジョブクラスの実行多重度数

ジョブクラス名	第1時間帯、第2時間帯、第3時間帯				ユーザータイム時間帯					
	FEP	SHP1		SHP2	FEP			SHP1		
		合計	特権ジョブ用		合計	特定ユーザー用	合計	特権ジョブ用	特定ユーザー用	合計
SMAL	4	2	1	—	5	1	3	1	1	—
* (短) LARG	4	2	1	—	5	1	3	1	1	—
** (長) LARG	4	2	1	—	5	1	3	1	1	—
*** (短) HUGE	4	2	1	—	5	1	3	1	1	—
**** (長) HUGE	4	2	1	—	5	1	3	1	1	—
SHRT	4	—	—	1	5	1	—	—	—	2
MIDL	4	—	—	1	5	1	—	—	—	2
LONG	4	—	—	1	5	1	—	—	—	2
HJOB	4	—	—	1	5	1	—	—	—	2
SERV	2	—	—	—	2	—	—	—	—	—
HANJ	1	—	—	—	2	1	—	—	—	—
FJOB	1	—	—	—	2	1	—	—	—	—

* 短時間LARGサブジョブクラスを意味する。

** 長時間LARGサブジョブクラスを意味する。

*** 短時間HUGEサブジョブクラスを意味する。

**** 長時間HUGEサブジョブクラスを意味する。

で優先されること。

(2) SHPステップ実行時のタイムスライス値の設定

SHP1 用ジョブクラスのタイムスライス値は SMAL, 長時間 LARG サブジョブクラス, 短時間 HUGE サブジョブクラスおよび長時間 HUGE サブジョブクラスに対しては各々 1 秒, 短時間 LARG サブジョブクラスに対しては 2 秒に設定した。また, SHP2 用ジョブクラスのタイムスライス値は全て 1 秒に設定した。従って, 本ジョブ処理試験では, 短時間 LARG サブジョブクラスの CPU 寄与率が SMAL クラスの CPU 寄与率の 2 倍となることを確認できれば本機能を確認できたことになる。

(3) ジョブ・ワークロードの定義

本ジョブ処理試験でシステムに投入したジョブのワークロードを表 5.3 に示す。なお, これらの

ジョブの処理内容は全て FORTRAN 翻訳処理, 結合編集処理および数値シミュレーション実行処理の組合せとなっている。また, これらのジョブの一部は同一ユーザ名のものとしているから, 第 4.2.7 項で述べた同一ユーザ名ジョブ連続処理禁止のアルゴリズムの検証も行うことができる。

5.2.2 試験結果

以上の試験環境のもとで, 合計 2 時間にわたるジョブ処理試験を行った。表 5.4(1)は本ジョブ処理試験で数値シミュレーション実行ステップの実行システムが SHP1 と指定されたジョブのシステム到着からジョブ終了までの実行経過を示している。表 5.4(2)は数値シミュレーション実行ステップの実行システムが SHP2 と指定されたジョブ, また, 表 5.4(3)は数値シミュレーション実行ステ

表 5.3 ジョブ処理試験のワークロード

ジョブクラス名	ジョブ投入数	数値シミュレーション 実行ステップの CPU使用時間/ジョブ
SMAL	12 件	3 分
* (短) LARG	3 件	3 分
** (長) LARG	10 件	3 分
*** (短) HUGE	7 件	3 分
**** (長) HUGE	1 件	5 分
SHRT	9 件	3 分
MIDL	3 件	10 分
LONG	3 件	10 分
HJOB	2 件	5 分
SERV	12 件	3 分
HANJ	3 件	10 分
FJOB	3 件	10 分

- * 短時間 LARG サブジョブクラスを意味する。
- ** 長時間 LARG サブジョブクラスを意味する。
- *** 短時間 HUGE サブジョブクラスを意味する。
- **** 長時間 HUGE サブジョブクラスを意味する。

表 5.4 ジョブ実行経過

(1) SHP1を使用する場合

ジョブ クラス	識別 記号	ジョブ名	到着時刻	ジョブ 開始	前処理 開始	前処理 終了	SHP 開始	SHP 終了	後処理 開始	後処理 終了	ジョブ 終了
S M A L	A1	L040209	14:15:07	14:15:17	14:15:17	14:15:36	14:15:54	14:22:16	14:22:17	14:22:22	14:22:22
	A2	L050313	14:15:17	14:15:33	14:15:33	14:16:01	14:22:35	14:31:21	14:31:21	14:31:27	14:31:27
	A3	L060391	14:15:29	14:15:41	14:15:42	14:16:03	14:31:29	14:37:35	14:37:35	14:37:40	14:37:40
	A4	L110467	14:15:40	14:15:55	14:15:55	14:16:23	14:37:46	14:43:50	14:43:50	14:43:55	14:43:55
	A5	L810157	14:15:55	14:22:25	14:22:25	14:22:48	14:44:02	14:50:05	14:50:06	14:50:11	14:50:11
	A6	L040210	14:16:06	14:31:33	14:31:33	14:32:01	14:51:33	15:23:08	15:23:08	14:23:14	14:23:14
	A7	L040211	14:16:13	14:44:05	14:44:05	14:44:13	15:29:13	15:56:10	15:56:10	15:56:17	15:56:17
	A8	L050314	14:16:21	14:37:49	14:37:49	14:38:20	15:23:13	15:29:04	15:29:04	15:29:10	15:29:10
	A9	L050315	14:16:29	14:50:25	14:50:25	14:50:58	15:56:25	16:02:39	16:02:39	16:02:45	16:02:45
	A10	L070623	14:28:54	15:23:14	15:23:15	15:30:27	15:30:44	15:36:54	15:36:54	15:36:59	15:36:59
	A11	L070624	14:29:10	15:29:23	15:29:24	15:29:43	15:37:00	15:43:11	15:43:11	15:43:16	15:43:16
	A12	L070625	14:29:18	15:30:12	15:30:12	15:37:20	15:43:16	15:49:25	15:49:26	15:49:31	15:49:31
* (短) L A R G	B1	L040212	14:16:44	14:16:51	14:16:51	14:17:06	14:17:24	14:22:04	14:22:04	14:22:10	14:22:10
	B2	L040214	14:18:03	14:18:09	14:18:09	14:18:29	14:22:14	14:26:44	14:26:44	14:26:50	14:26:50
	B3	L110471	14:18:43	14:18:50	14:18:50	14:38:26	14:26:53	14:31:32	14:31:32	14:31:38	14:31:38
** (長) L A R G	C1	L050316	14:16:59	14:17:03	14:17:03	14:17:18	14:31:47	14:37:46	14:37:46	14:37:51	14:37:51
	C2	L060393	14:17:13	14:17:18	14:17:19	14:17:34	14:37:58	14:44:05	14:44:05	14:44:10	14:44:10
	C3	L050318	14:18:11	14:18:16	14:18:16	14:18:32	14:44:22	14:50:19	14:50:19	14:50:24	14:50:24
	C4	L060395	14:18:27	14:18:37	14:18:37	14:18:51	14:51:28	15:25:03	15:25:03	15:25:09	15:25:09
	C5	L110472	14:18:50	14:44:10	14:44:11	14:44:39	15:49:45	15:56:00	15:56:00	15:56:07	15:56:07
	C6	L810161	14:18:57	14:37:52	14:37:52	14:38:27	15:25:08	15:31:12	15:31:13	15:31:18	15:31:18
	C7	L810162	14:19:05	14:50:24	14:50:24	14:53:05	15:56:05	16:02:20	16:02:20	16:02:25	16:02:25
	C8	L070626	14:29:26	15:25:08	15:25:08	15:30:42	15:30:50	15:36:59	15:36:59	15:37:04	15:37:04
	C9	L070627	14:29:42	15:30:02	15:30:02	15:30:24	15:37:04	15:43:16	15:43:16	15:43:21	15:43:21
	C10	L070628	14:29:50	15:31:17	15:31:17	15:31:38	15:43:21	15:49:34	15:49:34	15:49:40	15:49:40
*** (短) H U G E	D1	L110469	14:17:22	14:17:29	14:17:29	14:17:44	14:50:47	14:55:09	14:55:09	14:55:15	14:55:15
	D2	L040213	14:17:31	14:17:36	14:17:37	14:17:53	14:55:13	14:58:25	14:58:25	14:58:31	14:58:31
	D3	L810159	14:17:39	14:17:45	14:17:45	14:18:03	14:58:29	15:01:41	15:01:41	15:01:46	15:01:46
	D4	L050317	14:17:47	14:17:53	14:17:53	14:18:09	15:01:44	15:04:57	15:04:58	15:05:02	15:05:02
	D5	L060394	14:17:56	14:55:25	14:55:25	15:55:43	15:05:05	15:08:14	15:08:14	15:08:20	15:08:20
	D6	L110470	14:18:18	14:58:40	14:58:40	14:59:28	15:08:24	15:11:34	15:11:34	15:11:39	15:11:39
	D7	L810160	14:18:36	15:02:00	15:02:00	15:02:25	15:11:39	15:15:12	15:15:12	15:15:17	15:15:17
****	E1	L070629	14:17:07	15:12:11	15:12:11	15:12:28	15:15:40	15:20:50	15:20:50	15:20:54	15:20:54

* 短時間LARGサブジョブクラスを意味する。
 ** 長時間LARGサブジョブクラスを意味する。
 *** 短時間HUGEサブジョブクラスを意味する。
 **** 長時間HUGEサブジョブクラスを意味する。

表 5.4 つづき

(2) SHP2を使用する場合

ジョブ クラス	識別 記号	ジョブ名	到着時刻	ジョブ 開始	前処理 開始	前処理 終了	SHP 開始	SHP 終了	ジョブ 終了
S H R T	J1	L040215	14:19:12	14:19:20	14:19:20	14:19:38	14:20:37	14:29:57	14:29:57
	J2	L050320	14:19:29	14:19:34	14:19:34	14:19:52	14:30:01	14:39:23	14:39:24
	J3	L060396	14:19:42	14:19:48	14:19:48	14:20:02	14:39:25	14:48:39	14:48:40
	J4	L060398	14:19:58	14:30:03	14:30:03	14:30:29	14:58:15	15:07:38	15:07:38
	J5	L070630	14:20:10	14:20:18	14:20:18	14:20:35	14:48:42	14:58:02	14:58:03
	J6	L110413	14:20:26	14:39:29	14:39:29	14:39:49	15:07:45	15:51:00	15:51:00
	J7	L050321	14:20:40	14:48:44	14:48:45	14:49:09	15:51:07	16:01:23	16:01:24
	J8	L040219	14:29:02	14:58:05	14:58:06	14:58:38	15:32:08	15:41:25	15:41:26
	J9	L040218	14:29:35	15:07:55	15:07:55	15:08:20	15:41:39	15:50:55	15:50:55
M I D L	K1	L070631	14:20:19	14:20:24	14:20:24	14:20:44	14:21:41	14:51:49	14:51:49
	K2	L070632	14:20:33	14:20:38	14:20:38	14:20:54	14:51:51	16:05:20	16:05:20
	K3	L040222	14:31:03	14:31:10	14:31:10	14:31:48	15:32:10	16:02:43	16:02:43
L O N G	L1	L070633	14:20:46	14:20:53	14:20:53	14:21:09	14:22:08	14:53:07	14:53:08
	L2	L050329	14:30:47	15:30:54	15:30:54	15:31:34	14:53:11	16:08:02	16:08:02
	L3	L040223	14:30:53	14:31:00	14:31:00	15:32:04	15:32:12	16:03:00	16:03:01
HJOB	M1	L070621	14:21:20	15:12:05	15:12:06	15:12:21	15:13:18	15:18:32	15:18:33
	M2	L050325	14:21:36	15:12:06	15:12:06	15:13:05	15:18:41	15:23:50	15:23:50

(3) FEPを使用する場合

ジョブ クラス	識別 記号	ジョブ名	到着時刻	ジョブ 開始	第1スラップ 開始	最終スラップ 終了	ジョブ 終了
S E R V	R1	L040216	14:22:07	14:22:13	14:22:13	14:31:52	14:31:54
	R2	L050327	14:22:24	14:22:36	14:22:36	14:32:26	14:32:27
	R3	L060404	14:22:55	14:32:00	14:32:00	14:41:40	14:41:40
	R4	L810165	14:23:12	14:32:31	14:32:31	14:42:05	14:42:06
	R5	L040217	14:23:19	14:41:47	14:41:47	15:13:09	15:13:09
	R6	L810167	14:23:27	14:42:10	14:42:10	15:13:49	15:13:50
	R7	L110477	14:30:56	15:13:52	15:13:52	15:39:31	15:39:31
	R8	L110478	14:31:12	15:13:53	15:13:53	15:39:40	15:39:40
	R9	L040219	14:31:28	15:49:01	15:49:01	16:04:10	16:04:10
	R10	L050328	14:31:40	15:49:12	15:49:12	16:04:32	16:04:32
	R11	L110479	14:31:51	15:39:35	15:39:35	15:48:56	15:48:56
	R12	L110480	14:32:02	15:39:45	15:39:45	15:49:08	15:49:08
H A N J	S1	L050326	14:22:15	14:22:21	14:22:21	16:05:02	16:05:02
	S2	L060403	14:22:36	16:05:08	16:05:08	16:16:58	16:16:58
	S3	L110476	14:30:38	15:31:15	15:31:15	15:54:54	15:54:54
F J O B	U1	L810163	14:22:45	14:22:53	14:22:53	15:02:14	15:02:14
	U2	L810164	14:23:04	15:02:17	15:02:17	15:28:40	15:28:41
	U3	L060405	14:29:59	15:28:45	15:28:45	16:26:54	16:26:54

ップの実行システムがFEPと指定されたジョブのシステム到着からジョブ終了までの実行経過を示している。

同表をもとにジョブ・スケジューラの各種機能の確認を以下で行う。

- (1) 実行可能SHPステップを一定数保留するスケジューリング機能の検証

表 5.5 は表 5.4 (1)～(2)より、ジョブ投入数が4以上のジョブクラスについて、実行可能SHPステップの保留数を調べ、その遷移を示したものである。同表に示すとおり、ジョブ実行多重度を充た

すのに十分な数のジョブが到着してからは、各ジョブクラスとも実行可能SHPステップの保留数は4になっている。すなわち、数値シミュレーション実行ステップの実行システムがSHP1と指定されたSMALクラスのジョブを例とした場合、表5.4(1)から、ジョブA1～A4はジョブ到着後、ジョブ実行開始から前処理の最終ステップまで順次処理が進行している。A1は前処理終了後、即座にSHPステップの実行が開始され、後続のA2～A4のSHPステップは実行可能SHPキューに保留されている状況が読み取れる。また、A1のSHPステッ

表 5.5 実行SH Pステップ保留数の遷移

運用時間帯		第1, 第2, 第3時間帯								ユーザタイム					
S M A L	実行SH Pステップ保留数	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	3	2	1	
	実行中SH Pステップ のジョブ名	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A8	A7	A7 A10	A7 A11	A7 A12	A7	A9	
	実行SH Pステップキュー キューイングジョブ名	A2 A3 A4	A3 A4 A5	A4 A5 A6	A5 A6 A8	A6 A8 A7	A8 A7 A9	A7 A9 A5	A9 A10 A11	A9 A11 A12	A9 A12	A9	A9		
(長) L A R G	実行SH Pステップ保留数	4	4	4	4	4	4			5	5	4	3	2	1
	実行中SH Pステップ のジョブ名		C1	C2	C3	C4	C6			C6 C8	C8	C9	C10	C5	C7
	実行SH Pステップキュー キューイングジョブ名	C1 C2 C3 C4	C2 C3 C4	C3 C4 C6	C4 C6 C5	C6 C5 C7	C5 C7 C8			C5 C7 C9	C5 C7 C10	C5 C7 C10	C5 C7	C7	
(短) H U G E	実行SH Pステップ保留数	4	4	4	4	4	3	2	1						
	実行中SH Pステップ のジョブ名		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7						
	実行SH Pステップキュー キューイングジョブ名	D1 D2 D3 D4	D2 D3 D4	D3 D4 D5	D4 D5 D6	D5 D6 D7	D6 D7	D7							
S H R T	実行SH Pステップ保留数	4	4	4	4	4	4	4		4	3	2	1		
	実行中SH Pステップ のジョブ名		J1	J2	J3	J5	J4	J6		J6 J8	J6 J9	J6	J7		
	実行SH Pステップキュー キューイングジョブ名	J1 J2 J3 J5	J2 J3 J5	J3 J5 J4	J5 J4 J6	J4 J6 J7	J6 J7 J8	J7 J8 J9		J7 J9	J7	J7			

プが終了すると、A2のSHPステップが即座に実行開始しているとともに、A5が実行待ちジョブキューから起動され、前処理終了後、実行可能SHPステップキューに保留されている。

数値シミュレーション実行ステップの実行システムがSHP2と指定されたSHRTクラスのジョブを例とした場合、表5.4(2)から判るように、ジョブJ1, J2, J3, J5はジョブ到着後、ジョブ実行開始から、前処理の最終ステップまで順次処理が進行している。J1は前処理終了後、即座にSHPステップの実行が開始され、後続のJ2, J3, J5のSHPステップは実行可能SHPステップキューに保留されている状況が読み取れる。また、J1のSHPステップが終了すると、J2のSHPステップが即座に実行開始しているとともに、J4が実行待ちジョブキューから起動され、前処理終了後、実行可能SHPステップキューに保留されている。

また、第3時間帯からユーザタイムに移行したとき、特定ユーザジョブを実行するために実行多重度が1増加された状況も確認できる。

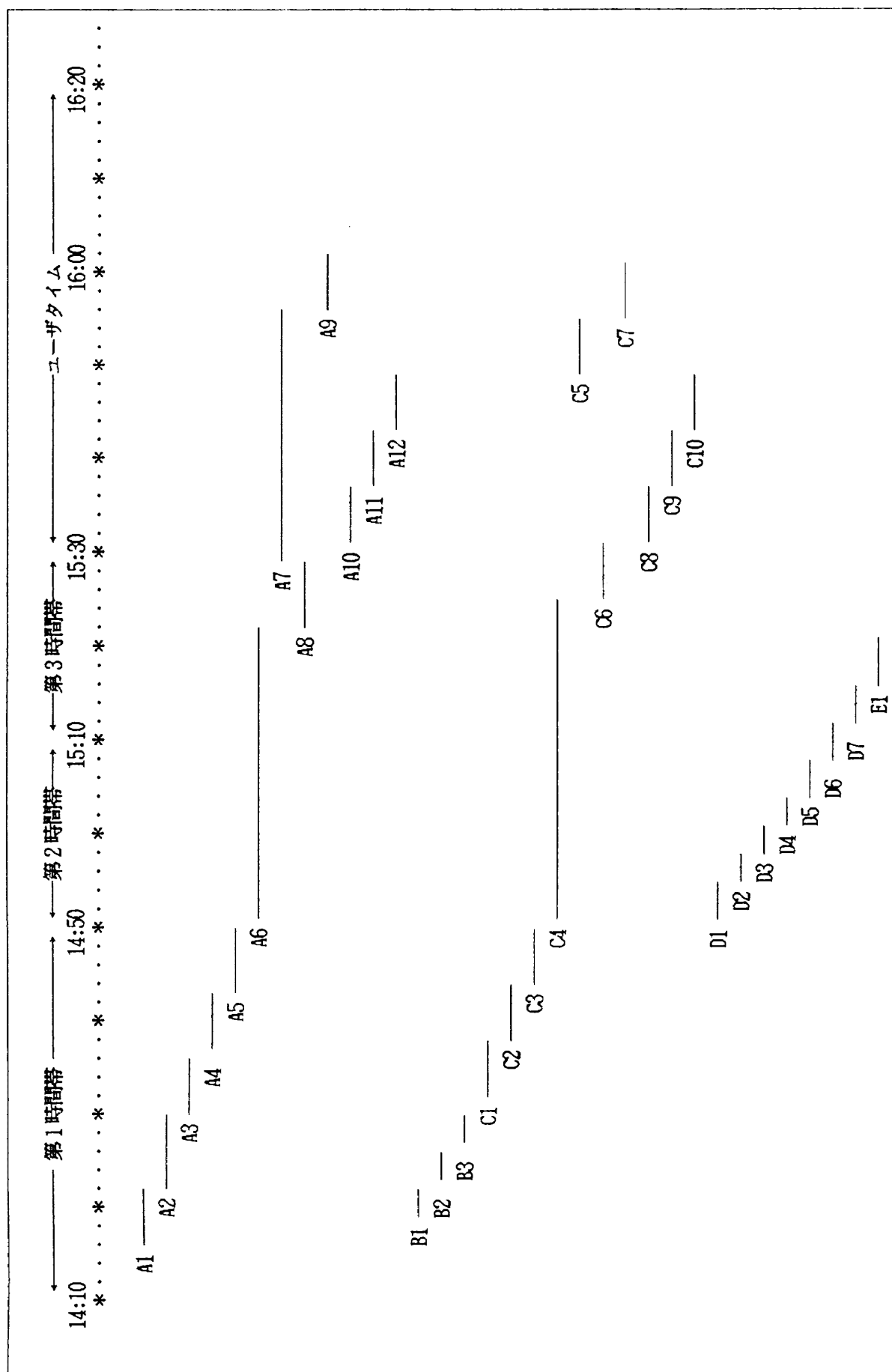
(2) 優先ジョブクラスおよび非優先ジョブクラスの設定・管理機能およびユーザタイム設定機能の検証

図5.2(1)は表5.4(1)に基づいて、SHP1ステップの実行経過の状況を図にしたものである。図中の実線はSHP1ステップの実行時間(スワップアウト中も含む)を示す。ここで、A1~A12はSMALクラス、B1~B2は短時間LARGサブジョブクラス、C1~C10は長時間LARGサブジョブクラス、D1~D7は短時間HUGEサブジョブクラス、およびE1は長時間HUGEサブジョブクラスのジョブである。同図から、第1時間帯においては優先ジョブクラスと定義されたSMALクラス(A1~A5)とLARGクラス(B1~B3, C1~C3)のジョブが優先処理されているのが判る。第2時間帯においては優先ジョブクラスと定義された短時間HUGEサブジョブクラスのジョブ(D1~D6)が優先処理されているのが判る。第3時間帯においては優先ジョブクラスと定義されていたHUGEクラスのジョブ(D6, D7, E1)が優先処理されているのが判る。また、第2, 第3時間

帯に非優先ジョブクラスと定義されたSMAL, LARGクラスについては実行多重度だけのジョブが起動されているが、スワップアウト状態を呈しており、優先ジョブクラスのHUGEジョブが終了するまで、実行が引き延ばされている状況が読み取れる。また、非優先ジョブクラスのA8とC6は、実行すべき優先ジョブクラスのジョブが存在しなかったために実行されており、第1時間帯とはほぼ同じ経過時間で終了している。ユーザタイムにおいては特定ユーザジョブ(A10, A11, A12, C8, C9, C10)が、先着の他ユーザジョブA7, A9, C5, C7より優先処理されている状況が読み取れる。

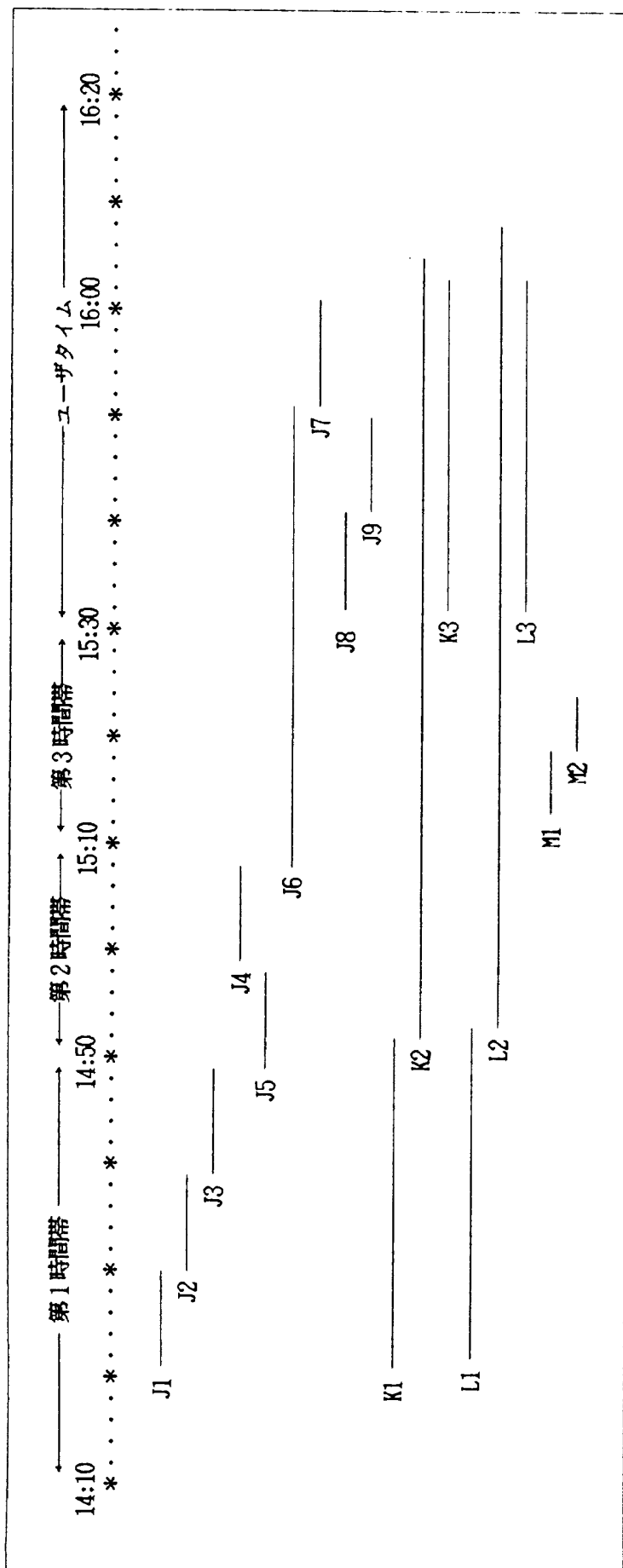
図5.2(2)のJ1~J9はSHRTクラスのSHP2ステップ実行時間(スワップアウト時間も含む)を示し、K1~K3はMIDLクラス、L1~L3はLONGクラスおよびM1~M2はHJOBクラスのSHP2ステップ実行時間をそれぞれ示している。同図から、第1, 第2時間帯においては優先ジョブクラスと定義されたSHRT, MIDLおよびLONGクラスのジョブ(J1~J5, K1~K2, L1~L2)が優先処理され、J1~J5, K1, L1はジョブの終了まで至っていることが判る。第3時間帯においては、優先ジョブクラスと定義されたHJOBクラスのジョブ(M1, M2)が優先処理されているのが判る。この時、非優先ジョブクラスと定義されたSHRT, MIDLおよびLONGクラスは実行多重度だけのジョブが起動されているが、スワップアウト状態を呈しており、優先ジョブクラスのHJOBジョブが終了するまで、実行が引き延ばされている状況が読み取れる。ユーザタイムでは特定ユーザのジョブを実行させるために、各ジョブクラスとも実行多重度が1ずつ増加されており、特定ユーザジョブ(J8, J9, K3, L3)のために、既に実行中の他ユーザジョブ(J6, K2, L2)がスワップアウトされ、特定ユーザジョブが優先処理されている状況が読み取れる。

図5.2(3)のR1~R12はSERVクラスのジョブ実行開始からジョブ終了までのジョブ実行時間(スワップアウト時間も含む)を示し、S1~S3はHANJクラス、U1~U3はFJOBクラスのジョブ



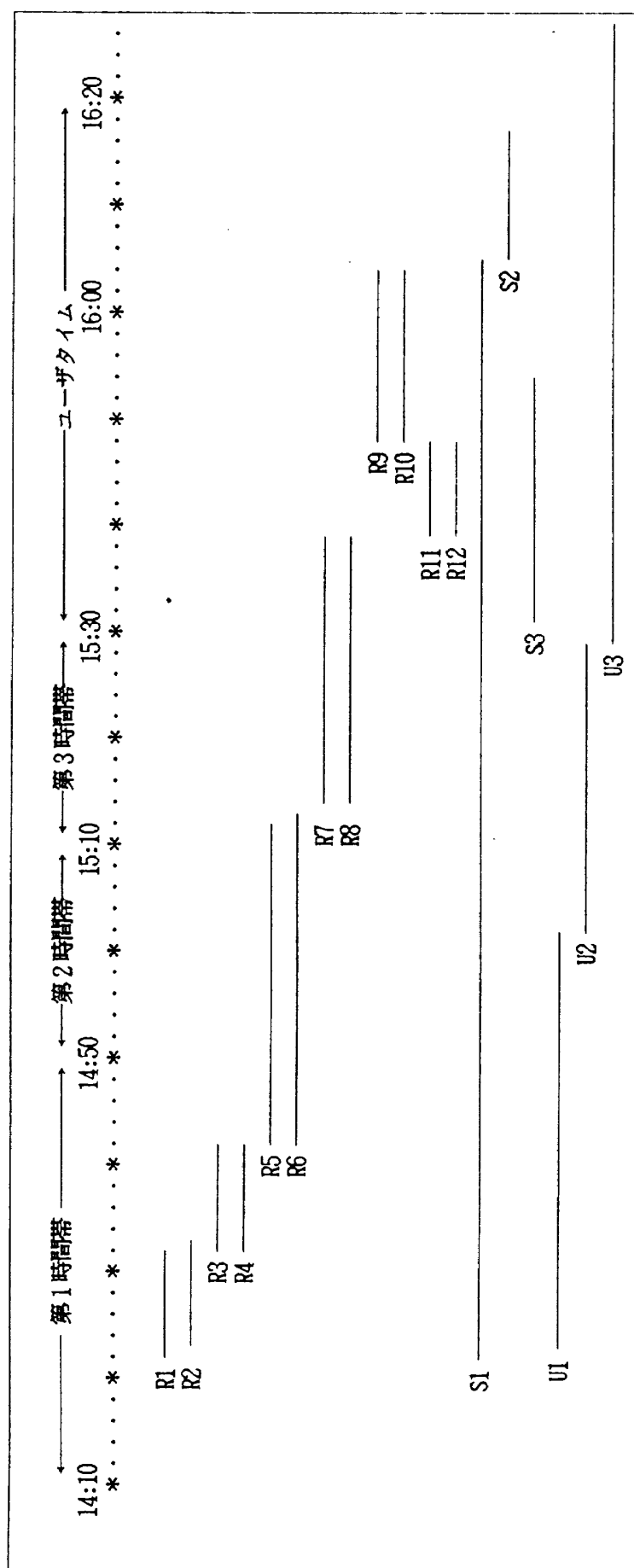
(1) SHP1と指定されたジョブ

図 5.2 実行経過



(2) SHP2と指定されたジョブ

図5.2 つづき



(3) FEP と指定されたジョブ

図 5.2 つづき

実行時間をそれぞれ示している。同図から、第 1、第 2、第 3 時間帯においては優先ジョブクラスと定義された SERV, HANJ および FJOB クラスのジョブ (R1~R8, S1, U1, U2) が優先処理され、R1~R6, U1, U2 はジョブ終了まで至っている。

なお、本試験では、第 1 時間帯における実行優先権は $SERV=HANJ > FJOB$ と設定し、第 2、第 3 時間帯においては、大規模長時間ジョブを優先する主旨から、 $SERV=HANJ < FJOB$ と設定した。従って、各ジョブクラスの経過時間は、第 1 時間帯と第 2、第 3 時間帯とで顕著な差異が現れている。また、ユーザタイムにおいては、SERV クラスをユーティリティ処理等の短時間ジョブ用とし、特定ユーザジョブを処理するための実行多重度を設定しなかったが、HANJ, FJOB クラスの実行多重度は 1 ずつ増やし、特定ユーザジョブ

(R7, R8, R11, R12, S3) が優先処理されるようにしたが、同図からその状況が読み取れる。表 5.6 は数値シミュレーション実行ステップの実行システムが FEP と指定されたジョブの実行状況を表 5.4(3) から取り出し、SERV, HANJ, FJOB クラス各 1 件ずつの実行状況を示したものである。同表より、FEP だけを使用するジョブは、一旦実行開始されると、中断することなくジョブ終了に至ることが判る。

以上により、運用時間帯が任意に設定し得、優先ジョブクラスおよび非優先ジョブクラスを目的どおりに設定し得ることが確認された。

(3) SHP1 用ジョブクラスにサブジョブクラスを設定し管理する機能の検証

表 5.4(1) に示したとおり、LARG, HUGE クラスのジョブ到着順序は B1, C1, C2, B2, C3, C4, B

表 5.6 FEP と指定されたジョブの実行状況の例

<div>ジョブクラス ジョブ名</div> <div>事象発生時刻</div>	SERV	HANJ	FJOB
	R 1	S 1	U 1
ジョブ到着	14:22:07	14:22:15	14:22:45
ジョブ実行開始	14:22:13	14:22:21	14:22:53
FORTTRAN 翻訳ステップ実行開始	14:22:13	14:22:21	14:22:53
FORTTRAN 翻訳ステップ実行終了	14:22:16	14:22:25	14:51:16
結合編集ステップ実行開始	14:22:16	14:22:25	14:51:16
結合編集ステップ実行終了	14:22:30	14:22:37	14:51:26
実行ステップ実行開始	14:22:30	14:22:37	14:51:26
実行ステップ実行終了	14:31:52	16:05:02	15:02:14
ジョブ実行終了	14:31:54	16:05:02	15:02:14

3, C5~C10およびE1, D1~D7であるが、図5.2(1)に示した第1時間帯と第3時間帯のLARG, HUGEクラスのジョブの実行状況を見ると、短時間サブジョブクラスのジョブがある限り、それらは長時間サブジョブクラスのジョブより優先処理されていることが判る。よって、SHP1用ジョブクラスにサブジョブクラスを設定し管理する機能が目的どおりに働いていることが確認された。

(4) SHP実行時のCPU寄与率をジョブクラスごとに設定し管理する機能の検証

表5.4(1)から判るように、B1, B2, B3の3件の短時間LARGサブジョブクラスのSHPステップ経過時間の合計は13分49秒である。この経過時間の中に占めるCPU使用時間の値は表5.3より9分である。従って、短時間LARGサブジョブクラスは約2/3のCPU寄与率でSHP1を使用していることが判る。よって、同時に実行していたSMALク

ラスは、約1/3のCPU寄与率でSHP1を使用していることになる。この結果、SHP1実行時には、短時間LARGサブジョブクラスはSMALクラスの2倍のCPU使用が与えられていることになる。これは実行多重度を短時間LARGサブジョブクラスは2, SMALクラスは1に設定した場合の従来のスループット制御方法と同じ効果を示している。故に、SHP実行時のCPU寄与率をジョブクラスごとに設定し管理する機能が実現されていると確認できる。

(5) 特定ジョブを緊急にスケジューリングする機能の検証

図5.3(1)はある日ある時刻におけるユーザ名L04, L05, L06, L81のシステム内におけるジョブ状態をオペレーション・コマンドにより表示させたものである。また、NSシステムではユーザに、各ユーザの投入したジョブがシステム内

Y05 LOGON IN PROGRESS AT 13:22:28 ON JANUARY 19, 1988					

***** WELCOME TO NAL-NS-CENTER *****					

READY					
OPER					
OPER					
I, J=L04					
JEJ8674	JOB	3950	L040223	P=13	CL=A R=(5120K,5120K),MAIN(O)
JEJ8674	JOB	3951	L040224	P=13	CL=A R=(5120K,5120K),MAIN(Q)
JEJ8674	JOB	3958	L040225	P=13	CL=A HOLD=(OP) R=(5120K,5120K),MAIN
JEJ8674	JOB	3964	L040226	P=13	CL=C R=(5120K,5120K),MAIN(Q)
JEJ8674	JOB	3971	L040227	P=13	CL=C HOLD=(OP) R=(5120K,5120K),MAIN
I, J=L05					
JEJ8674	JOB	3952	L050328	P=13	CL=A R=(5120K,5120K),MAIN(Q)
JEJ8674	JOB	3957	L050329	P=13	CL=A HOLD=(OP) R=(5120K,5120K),MAIN
JEJ8674	JOB	3959	L050330	P=13	CL=A HOLD=(OP) R=(5120K,5120K),MAIN
JEJ8674	JOB	3965	L050331	P=13	CL=C R=(5120K,5120K),MAIN(Q)
JEJ8674	JOB	3972	L050332	P=13	CL=C HOLD=(OP) R=(5120K,5120K),MAIN
I, J=L06					
JEJ8674	JOB	3960	L060411	P=13	CL=A HOLD=(OP) R=(5120K,5120K),MAIN
JEJ8674	JOB	3966	L060412	P=13	CL=C R=(5120K,5120K),MAIN(Q)
JEJ8674	JOB	3973	L060413	P=13	CL=C HOLD=(OP) R=(5120K,5120K),MAIN
I, J=L81					
JEJ8674	JOB	3956	L810194	P=13	CL=A HOLD=(OP) R=(5120K,5120K),MAIN
JEJ8674	JOB	3962	L810195	P=13	CL=A HOLD=(OP) R=(5120K,5120K),MAIN
JEJ8674	JOB	3970	L810196	P=13	CL=C HOLD=(OP) R=(5120K,5120K),MAIN
JEJ8674	JOB	3976	L810197	P=13	CL=C HOLD=(OP) R=(5120K,5120K),MAIN

(1) オペレーションコマンドによるジョブ状況表示

図5.3 NSシステムジョブ実行状況

でどのような状態におかれているか、また、システム内のジョブの混雑状況がどのようなものであるかを、判ってもらうために、

- ① 実行待ちジョブキューの状況
- ② 実行可能SHPステップキューの状況
- ③ 実行中ジョブの状況
- ④ 実行終了ジョブの状況
- ⑤ 終了した図形出力の状況

を判り易く編集した画面を用意し、その内容を1分毎に更新している。各ユーザはこれらの画面をTSSコマンドで容易に端末ディスプレイに表示させることができる。

図 5.3 (2)~(4)はある時刻における上記①~③の画面である。図 5.3 (2)には図 5.3 (1)に示したジョブの内、ジョブ実行待ちのものが到着順に表示されているのが判る。また、図 5.3 (3)には図 5.3 (1)に示したジョブの内、SHPステップ実行待ちのものが到着順に表示されているのが判る。さらに、図 5.3 (4)には図 5.3 (1)に示したジョブの内、SHP 1 で実行中のものが表示されているのが判る。このようなジョブ状況において、図 5.3 (2)のSMALクラスの先頭から4番目に待っているジョブ L06 (図 5.3 (1)で L06O411 と表示されているもの)に対し、特権ジョブの設定を行った(オペレーション・コマンド発信時刻; 13時26分)。この特権の設定コマンド発信以後、システムが L06O411 に対して出力したシステム・メッセージを図 5.3 (5)と図 5.3 (6)に示す。図 5.3 (5)は図 5.1 と同種のシステム・メッセージであり、L06O411 が特権ジョブ設定コマンド発信直後の13時29分29秒に(ほぼ即座に)ジョブ実行起動され、13時33分11秒にジョブ終了に至った、経過時間 3分42秒間のジョブ処理状況が示されている。図 5.3 (6)に L06O411 の各ジョブステップのCPU使用時間が示されている。同図の最終出力行に L06O411 が使用した総CPU使用時間が示されており、その値は 3分0秒150ミリ秒である。以上の情報から、特権ジョブの設定機能が目的どおりに働いていることが確認された。

次に、図 5.3 (2)のSMALクラスの最後尾で待っているジョブ L81 (図 5.3 (1)で L81O195 と表示されているもの)に対し、同図のSMALクラスの先

頭で待っているジョブ L05 (図 5.3 (1)で L05O329 と表示されているもの)が実行起動された直後に、準特権ジョブの設定を行った。従って、実行中のSMALクラスのSHPステップが終了したならば、

<< INPUT JOB QUEUE AT 13:26 >>	
SMAL	L05 L04 L05 L06 L81
LARG	
LARG	L81 L04 L05 L06 L81
HUGE	
HUGE	
SHRT	
MIDL	
LONG	
HJOB	
SERV	P19
HANJ	
DATA	
FJOB	B28 B28 B73 B28

(2) ジョブ実行待ちキュー

<< SHP JOBS WAITING FOR PROCESSING BY SHP OR BY FEP AT 13:26 >>	
SMAL	L04O224 L05O328 L81O194
LARG	
LARG	L04O226 L05O331 L06O412
HUGE	
HUGE	
SHRT	G62S232 G62S233
MIDL	B47S001
LONG	
HJOB	

(3) 実行可能 SHP キュー

<< JOBS IN EXECUTION AT 13:26 >>			
CLASS	JOBNO.	START DAY TIME	CPU(S)
SMAL	L04O223	19 13:17	0000
LARG			
LARG	B28S535	19 12:00	0533
HUGE			
HUGE			
SHRT			
MIDL			
LONG	L20S239	19 11:49	4417
HJOB			
SERV	G62S656	19 13:24	0000
HANJ			
DATA			
FJOB	B28S529	19 12:33	1675

(4) 実行中 SHP ステップ


```

1317161 JEJ6101 JOB 3960 IS L060411 , PRTY=13
1318089 FRNT R= L060411 NAL5310I 3960 L060411 JOB HOLD
1318089 FRNT R= AOF #SYSTEM1F JNAME=L060411
1318118 FRNT R= L060411 NAL5400I JOB 3960 L060411 ACCEPTED CLASS=SMAL TIME=13:18:11
1324240 JEJ8674 JOB 3960 L060411 P=13 CL=A HOLD=(OP) R=(5120K,5120K),MAIN
1329268 -#JOBSET J=L060411,ATB=1
1329272 FRNT R= AOF #MODIFY SCHEDULE,JOBSET,SMAL,A,L060411,1
1329272 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE JOBSET,SMAL,A,L060411,1
1329272 FRNT R= SCHEDULE NAL8523I L060411 ( ) JOB RELEASE
1329272 FRNT R= AOF #SYSTEM3F J=L060411
1329272 FRNT R= SCHEDULE NAL8514I SPECIAL JOB SET COMPLETED,L060411 ATR=1
1329273 JEJ8080 JOB L060411 3960 RELEASED
1329286 FRNT R= JESE NAL8201I L060411 SETUP COMPLETED,C=A,G=SMAL
1329286 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE SELECT1,SMAL,A,L060411
1329291 JEJ2000 JOB 3960 L060411 SELECTED FRNT GRP=SMAL
1329300 FRNT R= L060411 NAL5500I 3960 L060411 JOB STARTED TIME=13:29:29
1329300 FRNT R= L060411 NAL5600I 3960 L060411 FORTC1 STEP STARTED TIME=13:29:29
1329358 FRNT R= L060411 NAL5800I 3960 L060411 FORTC1 STEP ENDED TIME=13:29:35 CODE=0000(000)
1329360 FRNT R= L060411 NAL5600I 3960 L060411 LIED1 STEP STARTED TIME=13:29:35
1329497 FRNT R= L060411 NAL5800I 3960 L060411 LIED1 STEP ENDED TIME=13:29:49 CODE=0000(000)
1329509 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE SELECT2,SMAL,A,L060411
1329509 FRNT R= SCHEDULE NAL8521I L060411(A) RELEASE <SELECT2>
1329510 JEJ8080 JOB L060411 3960 RELEASED
1329514 JEJ2020 JOB 3960 L060411 CHANGED FROM FRNT TO SHP1
1329557 SHP1 R= L060411 NAL5500I 3960 L060411 JOB STARTED TIME=13:29:55
1329558 SHP1 R= L060411 NAL5600I 3960 L060411 GO1 STEP STARTED TIME=13:29:55
1330016 SHP1 R= AOF400 #RESET L060411,DPRTY=113
1330017 SHP1 R= JDE304I L060411 JOB RESET
1333090 SHP1 R= L060411 NAL5800I 3960 L060411 GO1 STEP ENDED TIME=13:33:09 CODE=0000(000)
1333098 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE SELECT3,SMAL,A,L060411
1333101 JEJ2020 JOB 3960 L060411 CHANGED FROM SHP1 TO FRNT
1333110 FRNT R= L060411 NAL5500I 3960 L060411 JOB STARTED TIME=13:33:10
1333110 FRNT R= L060411 NAL5600I 3960 L060411 FEDT STEP STARTED TIME=13:33:10
1333126 FRNT R= L060411 NAL5800I 3960 L060411 FEDT STEP ENDED TIME=13:33:11 CODE=0000(000)
1333127 FRNT R= L060411 NAL0440I 3960 L060411 ENDED TIME=13:33:11 O=0 C=A
1333127 FRNT R= L060411 NAL5810I 3960 L060411 ACTR JOBEND G=SMAL C=A (5810)
1333127 FRNT R= SCHEDULE SCHEDULE JOBEND,SMAL,A,L060411

```

(5) 特権ジョブに対するシステム・メッセージ(I)

図 5.3 つづき

<<< SYSTEM MESSAGES LIST >>>

```

50  JDJ657I SYMBOL NOT DEFINED IN PROCEDURE
52  JDJ686I DDNAME REFERRED TO ON DDNAME KEYWORD IN PRIOR STEP WAS NOT RESOLVED.
    JDJ142I LOG0411 FORTC1 - STEP WAS EXECUTED - COND CODE 0000
    JDJ373I STEP/FORTC1 / START 88019.1329
    JDJ374I STEP/FORTC1 / STOP 88019.1329 CPU 0MIN 00.06SEC SRB 0MIN 00.00SEC VIRT 5120K
    JDJ142I LOG0411 LIED1 - STEP WAS EXECUTED - COND CODE 0000
    JDJ373I STEP/LIED1 / START 88019.1329
    JDJ374I STEP/LIED1 / STOP 88019.1329 CPU 0MIN 00.05SEC SRB 0MIN 00.01SEC VIRT 392K
    JAV125I JOB LOG0411 WAITING FOR 51200K VP MEMORY
    JAV126I VP MEMORY BECAME AVAILABLE FOR JOB LOG0411
    JDJ142I LOG0411 GO1 - STEP WAS EXECUTED - COND CODE 0000
    JDJ373I STEP/GO1 / START 88019.1330
    JDJ374I STEP/GO1 / STOP 88019.1333 CPU 3MIN 00.03SEC SRB 0MIN 00.00SEC VIRT 56K ERGN 252K
    JDJ142I LOG0411 FEDT - STEP WAS EXECUTED - COND CODE 0000
    JDJ373I STEP/FEDT / START 88019.1333
    JDJ374I STEP/FEDT / STOP 88019.1333 CPU 0MIN 00.01SEC SRB 0MIN 00.00SEC VIRT 72K
    JDJ375I JOB/LOG0411 / START 88019.1329
    JDJ376I JOB/LOG0411 / STOP 88019.1333 CPU 3MIN 00.15SEC SRB 0MIN 00.01SEC

```

** WRN **
 ** WRN **

(6) 特権ジョブのシステムメッセージ(II)

図 5.3 つづき

L81O195が実行起動されなければならない。このことを確認するために、準特権ジョブ設定のコマンド発信後、はじめてSMALクラスのSHPステップが終了した直後に、TSSコマンドで上記①～③

<< INPUT JOB QUEUE AT 13:44 >>				
SMAL	L04	L05		
LARG	L81	L04	L05	L06
LARG				
HUGE				
HUGE				
SHRT				
MIDL	B47			
LONG				
HJOB				
SERV	P19			
HANJ				
DATA				
FJOB	B73	B28		

(7) ジョブ実行待ちキュー

<< SHP JOBS WAITING FOR PROCESSING BY SHP OR BY FEP AT 13:44 >>				
SMAL	L81O194	L05O329	L81O195	
LARG				
LARG	L04O226	L05O331	L06O412	
LARG				
HUGE				
HUGE				
SHRT	L10S988			
MIDL				
LONG				
HJOB				

(8) 実行可能 SHP キュー

<< JOBS IN EXECUTION AT 13:44 >>				
CLASS	JOBNO.	START DAY	TIME	CPU(S)
SMAL	L05O328	19	13:17	0063
LARG				
LARG	B28S535	19	12:00	1019
LARG				
HUGE				
HUGE				
SHRT	L10S988	19	13:36	0000
MIDL	B47S001	19	13:24	0358
LONG	L20S239	19	11:49	4952
HJOB				
SERV	O65S946	19	13:44	0000
HANJ				
DATA				
FJOB	B28S531	19	13:37	0180

(9) 実行中 SHP ステップ

の画面を表示させたところ、図 5.3 (7)から(9)を得た。図 5.3 (8)より、L81O195がL05O329の次に実行起動され、FEPでの前処理が終了し、実行可能 SHP ステップキューに登録されているのが判る。よって、準特権ジョブの設定機能が目的どおりに働いていることが確認された。

(6) 同一ユーザジョブ連続処理禁止機能の検証

図 5.2 (1)から判るように、SMALクラスの A7 と A8, LARGクラスの C5と C6, SHRTクラスの J4と J5は、ジョブ到着の順序は上記のとおりであるが、実行順序が逆転している。このことを表 5.4 (1)～(3)で調べてみると、後回しにされたジョブとこれらのジョブの直前に実行起動されたジョブとのユーザ名が一致している。すなわち、同一ユーザジョブ連続処理禁止機能が確実に実行されている。

(7) システム内の同一ユーザ名ジョブ数を制限する機能

表 5.7 はジョブ処理試験におけるシステム内の同一ユーザ名ジョブ数を制限するための設定値である。図 5.4 は本機能を検証するために、表 5.3 (1)に示したジョブを再投入して、システム内の実行待ちジョブキューの状況をTSS端末ディスプレイに表示したものである。なお、投入されたジョブが実行開始されないようにジョブは実行保留状態に設定した。同図においてユーザ名 L07 のシス

<< INPUT JOB QUEUE AT 16:28 >>				
SMAL	L04	L05	L06	L11
	L05	L07	L07	L07
LARG	L04	L04	L11	
LARG	L05	L06	L05	L06
	L07	L07		
HUGE	L11	L04	L81	L05
HUGE				
SHRT	L04	L05	L06	L06
	L07	L11	L05	L04
MIDL	L07	L07	L04	
LONG	L07	L05	L04	
HJOB	L07	L05		
SERV	L04	L05	L06	L81
	L04	L05	L11	L11
HANJ	L05	L06	L11	
DATA				
FJOB	L81	L81	L06	

図 5.4 ジョブ実行待ちジョブキュー

テム内ジョブ総数は12件である。このシステム状況では、ユーザ名L07はTSSセッションの新規開設（ジョブ総数は13件となる）とジョブ2件分の追加投入（ジョブ総数は制限値の15件となる）は有効となったが、以降は図5.5(1)のシステム・メッセージが送信され、ジョブ投入は有効とならなかった。さらに、ジョブクラスごとにユーザ名L07のジョブ総数を制限する機能を検証するために、

表5.7の制限値+1のジョブ投入を各ジョブクラス単位に試験した結果、図5.5(2)~(4)のシステム・メッセージが送信され、全ジョブクラスとそれぞれの制限値以上のジョブ投入は認められなかった。以上から、システム内の同一ユーザ名ジョブ数を制限する機能が目的どおりに働いていることが確認された。

表 5.7 同一ユーザ名ジョブ数制限値の設定

項 目	制 限 値
システム内ジョブ総数	15件
TSSセッション開設総数	1件
SMALクラスのジョブ総数	3件
短時間LARGクラスのジョブ総数	3件
長時間LARGクラスのジョブ総数	3件
HUGEクラスのジョブ総数	2件
SHRTクラスのジョブ総数	3件
MIDLクラスのジョブ総数	3件
LONGクラスのジョブ総数	3件
SERVクラスのジョブ総数	5件
HANJクラスのジョブ総数	5件
DATAクラスのジョブ総数	5件
FJOBクラスのジョブ総数	5件

NAL5203E USER:L07 WA TOTAL JOB-SUU GA SEIGEN-SUU NI TASSITEMASU. OUTPUT MATAWA
CANCEL DE JOB-SUU WO HERASAKEREDA JOB-SUBMIT HA DEKIMASEN.

(1) ジョブ総数制限時の場合

NAL5203E USER:L07 WA SMAL-JOB-SUU GA SEIGEN-SUU NI TASSITEMASU. SMAL-JOB GA 1 KEN
OWARUMADE SMAL-JOB NO SUBMIT WA DEKIMASEN.

(2) SMALクラスジョブ総数制限時の場合

NAL5203E USER:L07 WA SHORT-LARG-JOB-SUU GA SEIGEN-SUU NI TASSITEMASU. SHORT-LARG-
JOB GA 1 KEN OWARUMADE SHORT-LARG-JOB NO SUBMIT WA DEKIMASEN.

(3) 短時間LARGクラスジョブ総数制限時の場合

図 5.5 同一ユーザ名ジョブ数制限時のシステム・メッセージ

NAL5203E USER;L07 WA LONG-LARG-JOB-SUU GA SEIGEN-SUU NI TASSITEMASU. LONG-LARG-JOB GA 1 KEN OWARUMADE LONG-LARG-JOB NO SUBMIT WA DEKIMASEN.

(4) 長時間 LARG クラスジョブ総数制限時の場合

NAL5203E USER;L07 WA HUGE-JOB-SUU GA SEIGEN-SUU NI TASSITEMASU. HUGE-JOB GA 1 KEN OWARUMADE HUGE-JOB NO SUBMIT WA DEKIMASEN.

(5) HUGE クラスジョブ総数制限時の場合

NAL5203E USER;L07 WA SHRT-JOB-SUU GA SEIGEN-SUU NI TASSITEMASU. SHRT-JOB GA 1 KEN OWARUMADE SHRT-JOB NO SUBMIT WA DEKIMASEN.

(6) SHRT クラスジョブ総数制限時の場合

NAL5203E USER;L07 WA MIDL-JOB-SUU GA SEIGEN-SUU NI TASSITEMASU. MIDL-JOB GA 1 KEN OWARUMADE MIDL-JOB NO SUBMIT WA DEKIMASEN.

(7) MIDL クラスジョブ総数制限時の場合

NAL5203E USER;L07 WA LONG-JOB-SUU GA SEIGEN-SUU NI TASSITEMASU. LONG-JOB GA 1 KEN OWARUMADE LONG-JOB NO SUBMIT WA DEKIMASEN.

(8) LONG クラスジョブ総数制限時の場合

NAL5203E USER;L07 WA SERV-JOB-SUU GA SEIGEN-SUU NI TASSITEMASU. SERV-JOB GA 1 KEN OWARUMADE SERV-JOB NO SUBMIT WA DEKIMASEN.

(9) SERV クラスジョブ総数制限時の場合

NAL5203E USER;L07 WA HANJ-JOB-SUU GA SEIGEN-SUU NI TASSITEMASU. HANJ-JOB GA 1 KEN OWARUMADE HANJ-JOB NO SUBMIT WA DEKIMASEN.

(10) HANJ クラスジョブ総数制限時の場合

NAL5203E USER;L07 WA DATA-JOB-SUU GA SEIGEN-SUU NI TASSITEMASU. DATA-JOB GA 1 KEN OWARUMADE DATA-JOB NO SUBMIT WA DEKIMASEN.

(11) DATA クラスジョブ総数制限時の場合

NAL5203E USER;L07 WA FJOB-JOB-SUU GA SEIGEN-SUU NI TASSITEMASU. FJOB-JOB GA 1 KEN OWARUMADE FJOB-JOB NO SUBMIT WA DEKIMASEN.

(12) FJOB クラスジョブ総数制限時の場合

図 5.5 つづき

6. 終 り に

本稿では、SHPの超高速処理性能を最大限に活用できるよう、NS ジョブの適切な負荷分散処理を可能なものとするために採られている NS システム中核部のハードウェア構成上の工夫と、そ

の工夫を最大限に活かすためとジョブ・ジョブステップ・スケジューラの詳細、ならびに実際に作成したジョブ・ジョブステップ・スケジューラの機能確認試験について述べた。

本ジョブ・ジョブステップ・スケジューラは第一に、SHPの持つ処理性能を最大限に引き出す目

的から、第二に、大規模プログラム開発のためのデバッグ環境のすばらしさを目指して、第三に、NS システム運用上の融通性・柔軟を目指して開発したものである。すでに、実運用を開始して以来、1年以上を経過し、本稿で示した機能確認が、実運用の中で再確認されている。ここに、再確認された本ジョブ・ジョブステップ・スケジューラ機能の内、主要なものを列挙すると以下のとおりである。

(1) ジョブが存在する限り、SHP ステップが連続して実行されるので、SHP の稼働率を常に高くかつコンスタンスに維持することができる。

(2) ジョブクラス毎の CPU 寄与率を任意に変更できるので、ジョブクラス毎のスループットを制御することが柔軟に行える。このスループット制御方式は実記憶装置の増設なく実現できるので、SHP の実運用にはきわめて有効である。

(3) 優先・非優先ジョブクラスの設定機能と、任意の運用時間帯の設定機能の組み合わせにより、非常に柔軟な実運用を自動的に行える。

(4) オーバヘッドとのトレードオフではあるが、大規模プログラムの開発環境を最善なものにすることは必須である。

(5) 実運用では緊急を要するジョブが予想以上に発生しているが、特権・準特権ジョブ設定機能により、非常に柔軟に対処し得る。

(6) 従来のユーザタイム運用では、特定ユーザにある時間帯の間、システム運用を一任するものであったが、本ジョブ・ジョブステップ・スケジューラの持つユーザタイム機能では、特定ユーザの登録とユーザタイム時間帯の設定のみで済み、なんらユーザには負担がかからないばかりでなく、システム運用効率も全く低下することがない。

本ジョブ・ジョブステップ・スケジューラはバグの除去と小さな改良とによって、実運用以来今までの間に、ほぼ所期の目的どおりのものに成長した。これからは本ジョブ・ジョブステップ・スケジューラによって起動されるシステム周りのツールの処理の高速化を図り、SHP を中核とする NS システム全体の処理効率を一段と高める作業に入らなければならない。いま検討中の主要なものは次の 3 つである。

は次の 3 つである。

(1) スワッピング処理の高速化のために、スワッピングファイルとして高速入力ファイルの使用を可能なものとする。

(2) SHP1 専用ディスクファイルと FEP-SHP2 共用ディスクファイル間で必要となるファイル複写処理に、SHP1-FEP 共用ディスクファイルを介在させないで処理ができるようにする。

(3) SHP1 専用ディスクファイルに出力された数値シミュレーション結果の生データを直接、グラフィックまたはイメージ・ディスプレイに図形または画像表示させる。

おわりに当り、本ジョブ・ジョブステップ・スケジューラの開発に必要な資料の提出を頂いたファコム・ハイタック(株)ならびに富士通(株)に対し、特に多くの討論を頂いた森重博司氏に対して、末筆ながら感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 計算研究室；電子計算機使用法 (1961)
- 2) 計算課；航空宇宙技術研究所計算センタ利用手引，航技研技術資料 N-24 (1979)
- 3) 三好；航空宇宙技術研究所におけるアレイプロセッサシステム，FACOM ジャーナル，Vol.5, No.3, pp.37-43 (1979)
- 4) 中村，石塚，吉田；航技研 FACOM 230-75 アレイプロセッサシステムセンタルーチンの作成，航技研資料 TM-344 (1978)
- 5) 末松，吉田，土屋，畑山；主記憶有効利用のための諸方策および航技研システムへの適用検討，航技研資料 TM-419 (1980)
- 6) 末松，中村，吉田，原田，三好；FACOM 230-75 の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)
- 7) 末松，吉田，中村，三好；FACOM 230-AP システムのシステムシミュレーション，航技研報告 TR-590 (1979)
- 8) 土屋，末松，吉田，畑山；計算機システムにおけるジョブ処理用新スケジューラの提案，航技研報告 TM-444 (1981)

- 9) 畑山, 吉田, 末松, 土屋, 小松 ; 次期航技研
計算機システムの運用計画, 航技研資料
TM-430 (1981)
- 10) 土屋, 末松, 畑山 ; 次期航技研計算機システ
ム用ジョブ制御マクロの設計, 航技研資料
TM-444 (1981)
- 11) 土屋, 畑山 ; 航技研計算機システム用トラン
ザクション・プロセッシングシミュレータ,
航技研資料 TM-543 (1985)
- 12) 数理解析部 ; NS システム利用の手引, 航技
研技術資料 (近刊予定)

航空宇宙技術研究所報告 977号

昭和63年6月発行

発行所 航空宇宙技術研究所
東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1
電話三鷹(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12三河ビル

Printed in Japan