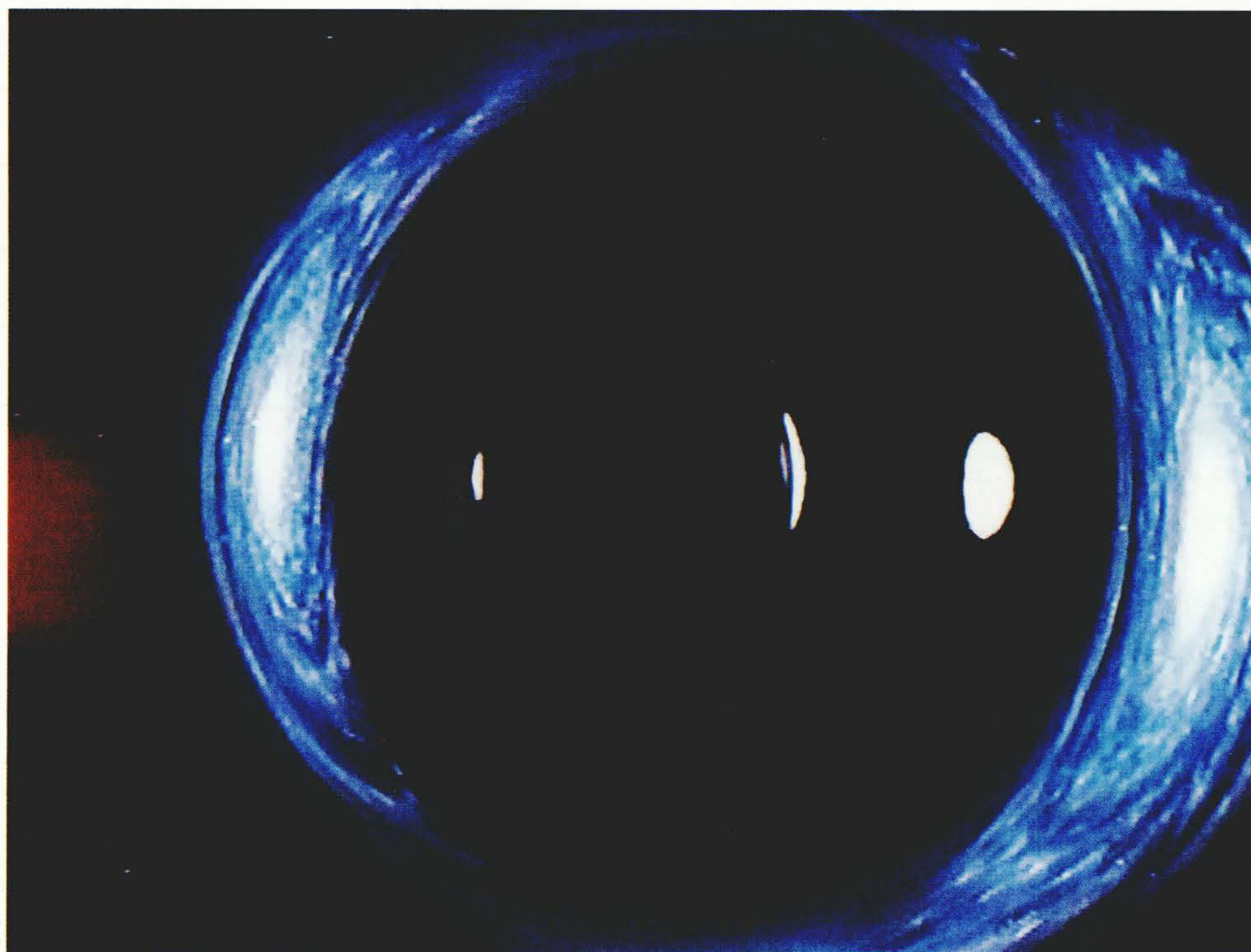


東京大学大型計算機センターにおける スーパーコンピューティング環境

Supercomputing Environment of the Computer Centre of the University of Tokyo

香田健二* *Kenji Kôda*

荒井 稔** *Minoru Arai*



ブラックホールのシミュレーションとコンピュータグラフィックス 画面の中心にブラックホールがあり、後からくる光が重力の影響で曲げられて、あたかもレンズが置いてあるように見える。

注：筑波大学山下義行講師の作成になるもので、東大大型計算機センターニュース1991年9月号に掲載されたものである。また、日本放送協会のテレビ番組「スペースオデッセイ」で放映された動画の一コマである。

1983年11月、東京大学大型計算機センター(以下、東大大型計算機センターと言う。)に国産初のスーパーコンピュータHITAC S-810/20が導入された。以来、1988年1月にはHITAC S-820/80へ、1993年2月にはHITAC S-3800/480へとそれぞれ代替わりしてきている。初導入以来10年、この年月はそのまま

国産スーパーコンピュータの発達史でもある。

東大大型計算機センターでは約7,000人のユーザーが登録されており、これら不特定多数のユーザーに対して特定用途向きのスーパーコンピュータを、公平にサービスすることが運用設計上の最大の課題である。

* 文部省統計数理研究所(元東京大学大型計算機センター) ** 日立製作所 公共情報事業部

1 はじめに

わが国でスーパーコンピュータが誕生してから、はや10年が経過した。この間、スーパーコンピュータの適用範囲は、科学技術計算分野を主体として着実に広がりつつある。

今やスーパーコンピュータは、数多くの大学、研究機関、産業部門などに導入され、科学技術の進歩と産業の発展に必要不可欠な存在となった。

東京大学大型計算機センター(以下、東大大型計算機センターと言う。)では、1983年11月、わが国初の国産スーパーコンピュータHITAC S-810/20(以下、S-810/20と略す。)を導入した。

ここでは、東大大型計算機センター10年間のスーパーコンピュータの運用、および利用状況の変遷を紹介し、不特定多数のユーザーがスーパーコンピュータを有効かつ簡易に利用できるようなくふうしている点を述べるとともに、今後の展望について考察する。

2 スーパーコンピュータ10年史

2.1 スーパーコンピュータの変遷

東大大型計算機センターは、国内の大学機関の共同利用センターであり、約7,000人のユーザーが登録されている。

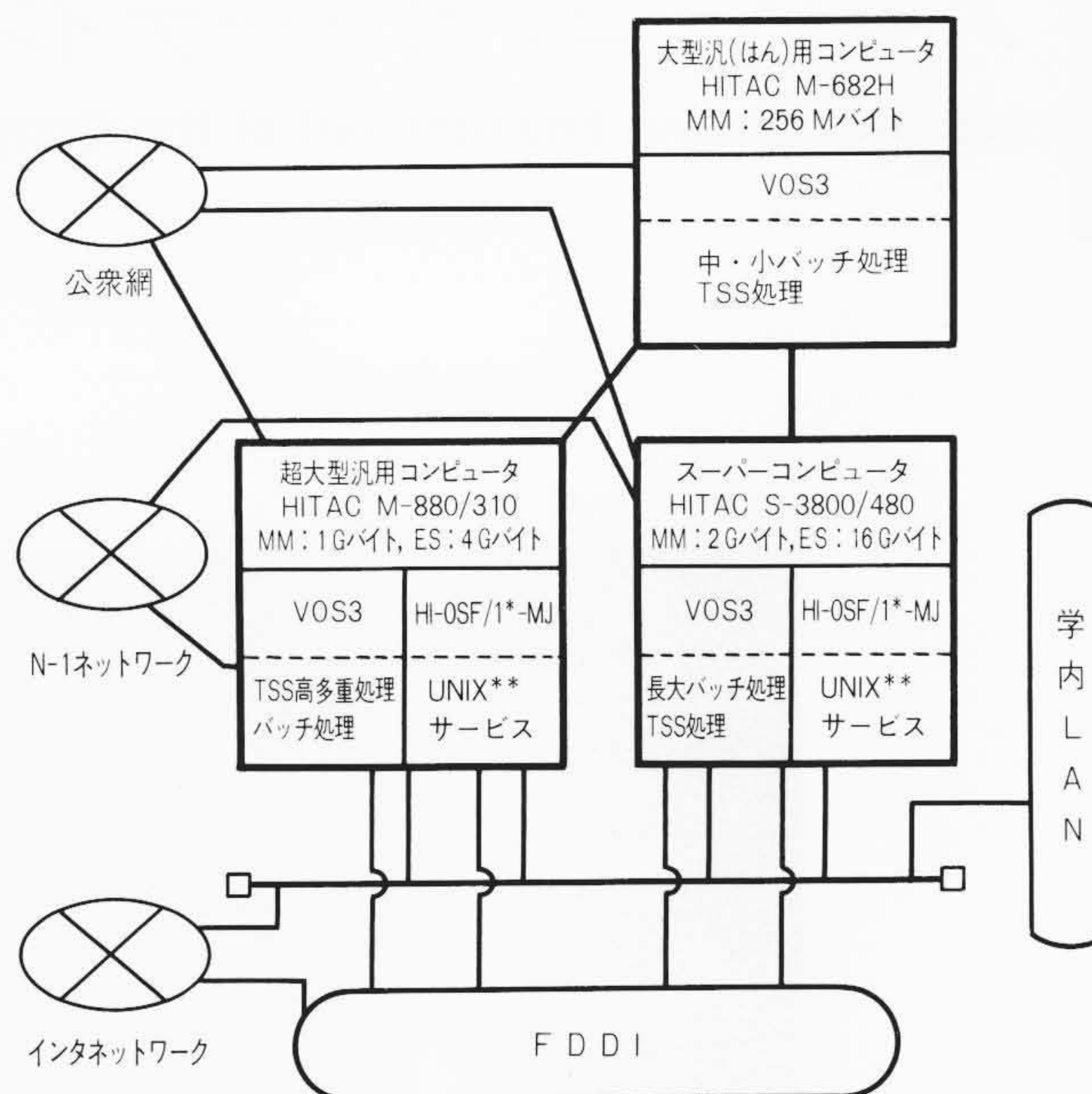
1993年4月時点での東大大型計算機センターの核となるシステムは、HITAC M-682H, HITAC M-880/310 およびHITAC S-3800/480(以下、S-3800/480と略す。)のコンピュータシステムで構成し、それぞれCTCA(Channel to Channel Adapter)やLANなどで相互に結合されている。東大大型計算機センターシステムの概略構成を図1に示す。

東大大型計算機センターでは、1983年11月にS-810/20を導入し、以来1988年1月には、S-810/20をHITAC S-820/80(以下、S-820/80と略す。)へ、1993年2月には、S-820/80をS-3800/480へレベルアップして現在に至っている。

10年前と比較すると、処理性能は約40倍、主記憶装置の容量は32倍になっている。これに伴って、1ジョブで利用可能な主記憶容量および拡張記憶容量を大幅に増加させてきた。これは、より大型のジョブを処理したいというユーザーのニーズにこたえてきたものであり、今後ともこの傾向は続くものと思われる。

2.2 スーパーコンピュータの利用状況

東大大型計算機センターでのスーパーコンピュータの



注：略語説明ほか

MM (主記憶装置), ES (拡張記憶装置)

VOS3 (Virtual-storage Operating System 3)

FDDI (Fiber Distributed Data Interface; 100 Mビット/sの高速ネットワーク)

TSS (Time Sharing System)

* OSF/1 (OSF/1はOpen Software Foundation, Inc. の商標である。)

** UNIX (UNIXオペレーティングシステムは、UNIX System Laboratories, Inc. が開発し、ライセンスしている。)

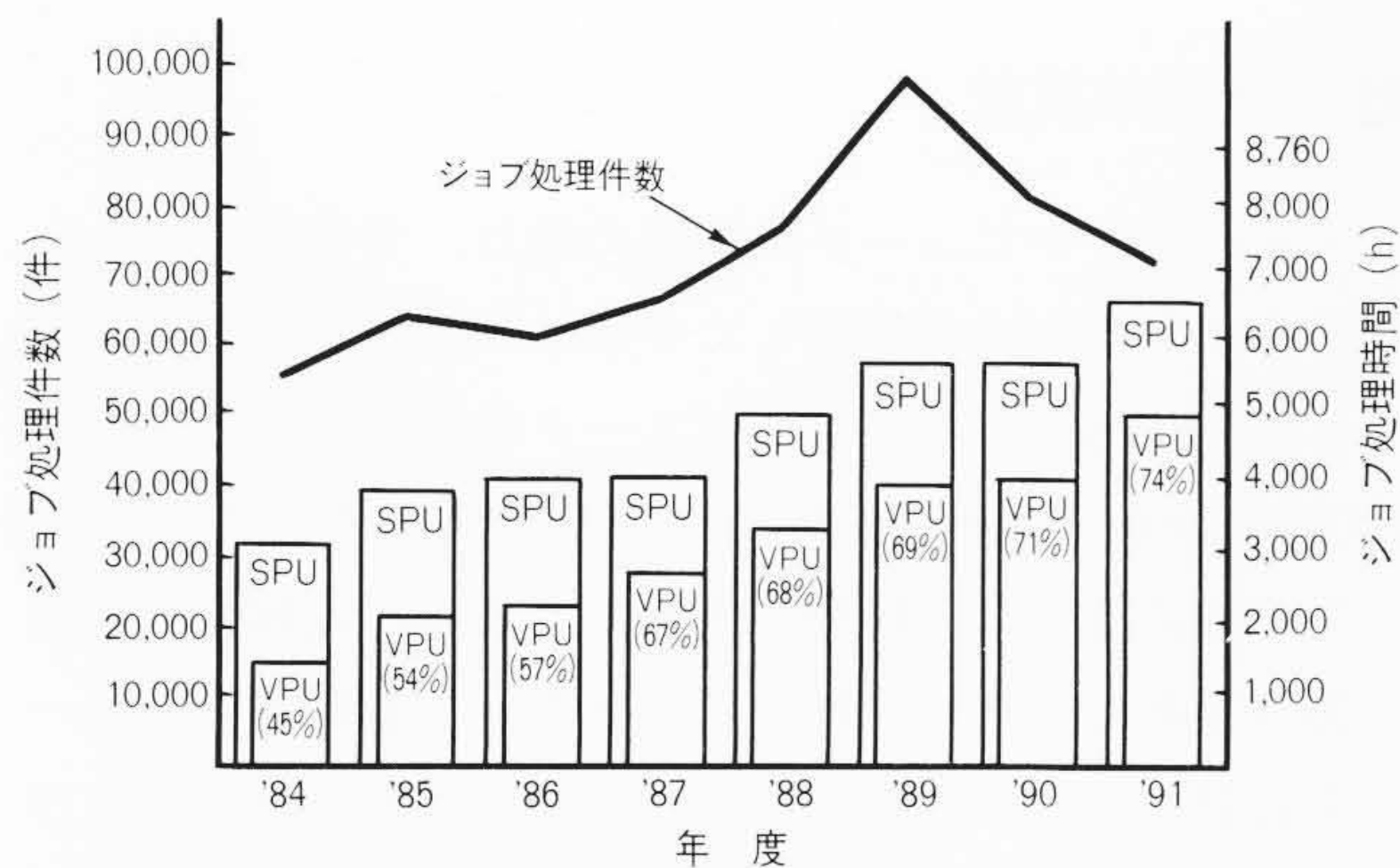
図1 システムの運用構成完成予定図 東大大型計算機センターの核となるシステムは、三つのコンピュータがCTCA(Channel to Channel Adapter)とLANで相互に結合されている。

利用分野は、気象・海洋・物性・流体力学・材料力学・船舶・物理化学・土木工学・熱力学など、理学系や工学系の多岐にわたっている。

過去10年間の年ごとのジョブの処理件数と、総SPU(スカラープロセッサ使用)時間、VPU(ベクトルプロセッサ使用)時間およびVPU利用率を図2に示す。

ジョブ処理件数は1989年をピークに減少してきているが、総SPU時間、総VPU時間は減少していないことから、個々のジョブが大型化してきていることがわかる。1989年から総SPU時間が伸びているが、これは自動運転の導入によって運用時間が延長されたためである。

VPU利用率は、ユーザーがスーパーコンピュータの能力をいかに効率よく利用しているかをみる指標であり、年々増加する傾向にある。これは、ユーザーがスーパーコンピュータに対するノウハウを蓄積してプログラムをチューニングしている効果と、FORTRANの自動ベクト



注：略語説明ほか SPU時間（スカラープロセッサ使用時間）
VPU時間（ベクトルプロセッサ使用時間）
（ ）内は、VPU使用率（=VPU÷SPU）

図2 スーパーコンピュータでのジョブ処理状況の推移
ジョブ処理件数は'89年度をピークに減少傾向にあるが、総SPU時間、総VPU時間は増加傾向にある。

ル化機能の強化によるものである。

東大大型計算機センターの利用状況で特徴的なことは、年末から2月にかけてのジョブの混み具合である。例年この時期になると、待ちジョブ数が100を超え、実行待ち時間が1週間以上となってしまう。S-3800/480の導入で、この混み具合が少しでも緩和できることを期待している。

3 不特定多数ユーザーへのサービスでのくふう

約7,000人もの不特定のユーザーが自由にスーパーコンピュータを利用するためには、より簡易に、より有効に利用できる環境を提供するくふうが必要である。

3.1 スーパーコンピュータ利用の簡易化

(1) ユーザー管理の一元化

東大大型計算機センターは、スーパーコンピュータを含めた複数のシステムで構成しているが、その利用に際しては、日立製作所のVOS3 (Virtual-storage Operating System 3) のLCMP (Loosely Coupled Multi Processor) 機能を利用することにより、導入当初からユーザー管理と課金管理を一元化している。

(2) 種々のネットワークからの利用

全国の研究者から簡単に利用できるように、種々のネットワークからの直接利用を可能としている(表1参照)。

(3) 動画像作成の容易化

S-820/80からサポートされた動画像出力装置を利用して、演算された膨大なシミュレーション数値結果を動画像として簡易に作成・記録し可視化を実現している。実際に作成された画像の例を27ページの写真に示す。

表1 ネットワークの種類 全国の大学、研究所からさまざまなネットワークを介してスーパーコンピュータが利用できるようにしている。

ネットワークの種類	プロトコル	回線	利用形態
インタネットワーク	TCP/IPなど	高速デジタル回線または専用回線	インタネットワークからの利用 TELNETによるリモートログイン、FTPによるファイル転送を使用できる。
公衆網	無手順	電話回線またはDDXパケット網	パーソナルコンピュータなどにより、外線・内線電話で利用 TSSを使用できる。
N-Iネットワーク	N-Iプロトコル	パケット網または専用回線	国内大学・研究所のホストコンピュータどうしを接続 リモートジョブエントリ、TSSを使用できる。
RJE	HITIC手順	専用回線	国内の大学、学内から利用 RJEを使用できる。

注：略語説明 RJE (Remote Job Entry)
TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)
DDX (Digital Data Exchange)
FTP (File Transfer Protocol)

(4) UNIX^{*1)}環境の提供

ユーザーが利用するシステムごとに利用方法を覚え、使い分けていくのは非常にたいへんなことである。大多数のユーザーは、研究室にある複数のWS (Work Station) で、必要な計算だけをスーパーコンピュータで行っているのが実情である。

ふだん使いなれているUNIX環境でスーパーコンピュータを利用してもらうために、S-3800/480ではOSF/1^{*2)}準拠のHI-OSF/1-MJオペレーティングシステムを搭載しUNIX環境を用意している。

(5) WSの分散有効利用

東大大型計算機センターのユーザーが使用するプログラム言語は、ほとんどがFORTRANである。そのため、S-3800/480と同一言語仕様のFORTRANコンパイラおよびチューニングツールをクリエイティブステーション3050でサポートし、スーパーコンピュータを使用しなくてもWS上でプログラムのデバッグおよびチューニングができる環境を提供している。

3.2 スーパーコンピュータの有効利用

(1) 総枠制御ジョブスケジューリング

スーパーコンピュータを有効利用するためには、メモリやCPUなどの限られたコンピュータ資源をどのよう

※1) UNIX：UNIXオペレーティングシステムはUNIX System Laboratories, Inc.が開発し、ライセンスしている。

※2) OSF/1：OSF/1は、Open Software Foundation, Inc.の商標である。

に割り当て、効率的にジョブスケジューリングをしていくかが重要である。

総枠制御とは、ユーザーの利用するメモリサイズの申告値をもとに、そのジョブがシステムの総枠内であればスケジューリングし、総枠値を超えるようならば、総枠内の別のジョブをスケジューリングする機能を言う。これにより、ユーザージョブの利用可能なメモリサイズを大きくすることができた。

(2) ジョブスケジューリング機能の強化

総枠制御以外のジョブスケジューリング方式として、待ちジョブ数による自動イニシエータ制御も行っている。しかし、他の資源であるCPUの負荷やジョブ特性を考慮したスケジューリングは、まだ実現できていない。S-3800/480はマルチプロセッサ方式であるため、多くのプロセッサを利用するジョブとそうでないジョブとを混在制御するための機能も必要であり、東大大型計算機センターの運用を含め今後の課題である。

(3) ベクトル化プログラムライブラリの提供

東大大型計算機センターのユーザーが、より有効にスーパーコンピュータの恩恵を享受できるよう、メーカー提供のベクトルプログラムライブラリだけではなく、ユーザーのベクトルプログラムライブラリを公募し、公開利用している。

(4) 有効利用のための啓蒙(もう)活動

高速処理できるスーパーコンピュータでも、ベクトル化率が低いと高速処理機能を十分に使いこなすことができない。

性能を引き出すプログラミング技法や、拡張記憶装置の効果的な利用法など、ユーザーが有効にスーパーコンピュータを利用するために、センターニュース、電子掲示板(BBS^{※3)}、定期講習会などを通じて啓蒙活動を行っている。

※3) BBS: BBSとはBulletin Board Systemの略称で、センター(東大大型計算機センター)からのお知らせやセンターの利用方法などを計算機の中に格納し、端末に表示できるようにしたシステムである。

4 今後の展望

スーパーコンピュータの将来の姿は、多数のプロセッサをネットワークで接続した並列コンピュータであるとする意見がある。並列コンピュータを用いれば、1台で100時間かかる演算を100個のCPUで処理することによって単純計算では1時間で処理できるが、並列化できない部分もあってそう単純にはいかない。並列コンピュータを有効に利用するためには、利用者に並列処理を実行してもらうためのアルゴリズムの開発が課題であり、メーカーは効率的にプログラミングできるツールの提供が課題である。

さらにスーパーコンピュータと同様に、並列コンピュータでもCPU資源の空きをみての有効なスケジューリング手段と、実行時のシステム負荷によって最適な並列度を選択できるようなオブジェクト生成技術が必要になる。

一方、数値計算の規模が大きくなるにつれて得られる計算結果も膨大なものになってくる。これを、人間が理解しやすいようにビジュアル化し、効率よく処理できるシステムが必要である。東京大学と日立製作所は、現在、動画像処理機構と高速マルチメディアLANとを結合し、遠隔地からも動画像処理が行えるシステムを構築中である。

5 おわりに

ここでは、東大大型計算機センター10年間のスーパーコンピュータの運用、利用状況の変遷、不特定多数のユーザーに対してスーパーコンピュータを有効に利用できる環境の提供などについて述べた。

東大大型計算機センターのスーパーコンピュータが、全国の研究者に与えてきた影響は多大なものがある。10年後のスーパーコンピュータをイメージすることはたいへん難しい。現在のスーパーコンピュータの処理能力が、研究者のデスクトップで実現でき、東大大型計算機センターに超高速スーパーコンピュータがあるならば、研究内容が質的に変化していることだけは確実なことと言える。

参考文献

- 1) 東京大学大型計算機センター編: 年報, No.14~22 (1984~1992)
- 2) 山下: 東京大学大型計算機センター・センターニュース, Vol.23, No.5, p.53~68(1991)

- 3) 石田, 外: 東京大学大型計算機センター・センターニュース, Vol.24, No.5, p.47~53(1992)
- 4) 香田: 東京大学大型計算機センター・センターニュース, Vol.25, No.1, p.57~76(1993)