

所内用の電子計算機

《情報基盤センター》

21世紀初頭の社会において必要不可欠な道具が、コンピュータと通信技術であろう。研究者にとってもまた、観測や実験、データの取得、その解析、シミュレーション、あるいは、論文の執筆、掲載する写真や図版の作成、それらを送るメールなど、ありとあらゆる場面で、コンピュータは不可欠の研究支援ツールとなっている。各地に分散する理化学研究所の事業所や施設が一体的に運営できるのも、テレビ会議などネットワーク技術のおかげである。

このように非常に便利な情報環境は、現代の研究者にとっては当たり前のことであり、それが存在しない環境など想像もつかない。しかし、その無からの始まりは、わずか50年前であった。

当時の理研における組織名は「電子計算機室」であり、1964（昭和39）年に今はない板橋分所に、最初のコンピュータOKITAC5090H-Mが導入された。初代の室長は宇宙線研究の宮崎友喜雄主任研究員であり、そこから推察できるように、研究のために計算機を使うことがその目的・動機であった。その後、中型計算機FACOM270-30（1969年）に続き、IBM互換メインフレーム時代（1980-1992年）を経て、スーパーコンピュータを含むネットワークコンピューティングの時代となった。

1997（平成9）年に理研の組織名は電子計算機室から情報環境室に変わったが、このあたりで、科学技術計算のためだけでなく、所内ネットワークやデータベースなど、あらゆる職種の人々がコンピュータに触れ、またそれを使いこなす時代になったといえる。理研のスパコンは、VPP500（1994年）からVPP700E（1999年）となり、1999年には情報基盤棟が竣工した。

2003年には、独立行政法人化の過程で情報基盤センター（姫野龍太郎センター長）が設置された。2004年にVPP700Eの運用が終わり、複数のPCを超高速ネットワークで結合したPCクラスタを主体とした、複合型スパコンの時代を迎えた。RSCC（2004年）を経て、2009年にRICCが稼働を開始した。そして2015年、1ペタFLOPSという高速状態で実に3万4000コア（計算単位）超という超並列スパコンHOKUSAIの時代を迎えた。それが、創立百周年を迎えた理研の情報基盤の心臓部であり、さらに2017年下半期にはHOKUSAIの第2期システムとして、数ペタFLOPS級システムの導入を予定している。

第1節 共同利用機器

前 史

1960（昭和35）年5月に行われた1961年度新設希望共同利用機器の調査に、

宇宙線研究室から、電子計算機FACOM-202型他（概算総額6000万円）が提出された。共同利用機器委員会では電子計算機を最優先A-1に分類し、研究課題・予算委員会と主任研究員会議に早期発注の提案を行った。研究課題・予算委員会では、予算措置を理事側に付託して早期発注を了承した。共同利用機器委員会は、電子計算機の世話人に宮崎主任研究員を選任し、電子計算機購入に関する懇談会を開いて機種、設置場所、オペレータ等について検討することを依頼した。これを受け電子計算機購入に関する懇談会が開催され、機種はFACOM-202型、設置場所は計算機室30坪と準備室20坪の新設または改造が必要で、オペレータ2名以上との結論が出された。

これは理研で、電子計算機導入を最初に検討した時の経過であるが、残念なことに電子計算機の導入は、予算額が大きいこともあって懇談会の結論は実現されなかった。

翌1962年度には、共同利用機器委員会の専門委員会として電子計算機小委員会を設置し、研究室へのアンケート調査を基に、電子計算機購入のための1963年度概算要求原案を作成した。この原案は、長岡治男理事長の大蔵折衝の過程で購入から賃貸借方式に変更となったが、1963年度予算に電子計算機賃借料2カ月分（375万円／月）が認可され、電子計算機の導入は1960年の新設希望調査から約4年の歳月を費やして実現することとなった。

初代計算機の導入と電子計算機室の発足

1963年度予算の内示後、電子計算機小委員会は導入機種の検討を開始し5月にはOKITAC5090A-Dシリーズ（沖電気工業（株）製）の実績を評価して、当時国産機の中で最速で、記憶容量も最大のOKITAC5090H-Mの複合システムを導入することとした。導入したシステムの概要を表1に示す。

このシステムを1964年2月までに設置する予定で、設置場所となった板橋分所の宮崎主任研究員室と会議室を改装し、受電設備および空調の工事を終えたものの、肝心の計算機が間に合わず、M型は4月初め、H型は5月末の搬入となった。さらに、システムの安定性や基本ソフトウェアの問題などがあり、レンタル開始時期はM型が11月まで、H型は10カ月先の1965年9月まで延期された。このシステムは当時の大学や公的研究機関に設置されていたシステムとして、原子力研究所（IBM7044）、気象庁（IBM704）に次ぐ大規模なものであった。

電子計算機の運用組織は、1964年度に電子計算機運用のための人員枠が認められ、6月には電子計算機室という名称の使用が理事会で承認されたものの、宇

表1 OKITAC5090H-Mシステム概要

H型本体	演算速度	30 μ s（固定小数点加減）
	記憶容量	12k語（1語2進42桁）
M型本体	演算速度	400 μ s（固定少数点加減）
	記憶容量	4k語（1語10進12桁）
周辺機器	磁気テープ、カードリーダ、カードパンチ、紙テープリーダ、ラインプリンター	

宙線研究室を主管研究室とする共同利用機器という位置付けだった。1965年4月に電子計算機室室長として宮崎主任研究員の兼務が発令され、電子計算機室として正式に動き出した。1966年9月には電子計算機室の体制も整い、当初計画した運転状況が実現したが、実際に電子計算機室が組織規程に盛り込まれたのはずっと遅く、1969年5月のことであった。

機種更新と和光への移転

初代電子計算機の機種更新については、1965年5月より検討を開始し、1966年6月にソフトウェアの整備状況等を考慮して、IBM360/40を候補機種に選定した。しかし、政府関係機関には国産機をとという政策への配慮と、計算機室の和光移転がかなり遅れるなどの状況の変化により、1968年5月には先の結論を白紙に戻し、機種の再検討が行われた。

再検討の結果、中型の科学技術計算機FACOM270-30システム（富士通（株）製）2台に決定し、さらに大規模計算処理のために、富士通（株）社内的大型計算機F230-60システムを、10時間／月程度バックアップとして使用することとした。F270-30は1969年3



FACOM230-60（富士通（株）提供）

月に稼働開始したが、集積回路（IC）を用いた計算機で、ゲルマニウム・トランジスタを用いた初代の計算機に比べて故障率が低く、安定した運用が可能であった。F270-30は宇宙線や放射線のデータ処理に長い間貢献し、システムのうち1台は1981年11月まで約13年間稼働した。

この2代目の計算機F270-30は、計算機室が板橋分所から和光（当時の大和）研究所へ移転した1969年2月に和光に導入された。計算機室の和光移転に際しては、研究本棟とは独立の計算機棟の要求を行ってきたが実現できず、研究本棟地下の実験室用の部屋を改造して計算機室とした。この計算機室は、1999年11月に情報基盤棟が竣工して計算機室が移転するまでの約30年間、計算機更新のたびに拡張や改修を繰り返しながら計算機室として使用した。2代目計算機の導入後の翌1970年4月には、電子計算機室長に精密工学研究室の谷口紀男主任研究員が就任（兼務）した。

大型計算機の導入

1971年1月には電子計算機委員会が発足し、共同利用機器委員会下の電子計算機小委員会に代わって電子計算機の検討を行うこととなり、導入後3年目となる2代目計算機F270-30の機種更新の検討を開始した。当時、一部の国立大学の大型計算機センターでは文部省関係以外の研究機関を締め出す傾向にあり、加えてF230-60によるバックアップも飽和状態に近かったため、所内の計算機利用者からは大型機導入の要望と、図形処理や会話型処理等の新しい利用形態を希望する声が多かった。1972年度の概算要求で、これらの要望に沿った大型計算機シ



FACOM230-75（富士通（株）提供）

ステム予算を提出し、予算内示で1973年3月の1カ月分のレンタル費用（1670万円）と更新のための撤去・搬入および設備費が認可された。

電子計算機委員会では作業部会として、機種検討委員会を設置して検討を行い、1972年9月からF230-60（主記憶128k語、1語36bit）の無償借用、1973年3月からはF230-60マ

ルチシステム（主記憶256k語）とF270-30（主記憶65k語）の暫定使用、1973年度中のF230-60からF230-75への移行という案に決定した。

F230-75システム（主記憶256k語、1語36bit）は、1974年1月に運用を開始したが、1台の計算機で複数のプログラムを同時実行する多重プログラム方式の計算機運用は、初めての経験だった。F230-75システムは多重プログラム方式を活かし、オペレータに実行を委ねるクローズドバッチ処理、利用者自らが入出力を行うオープンバッチ処理、計算機室から遠い宇宙線研究室（板橋）とサイクロトロンの実験室でのリモートバッチ処理、自室へ持ち込んだ端末での会話型処理と多様な形態で利用された。1979年時点で、計算機を利用している研究室は全48研究室のうち40研究室に上り、加えて人事、経理の事務部門でも早い時期から計算機の利用を開始した。

F230-75は1974年1月の導入後、1975年度に主記憶を320k語に、1977年9月に主記憶を448k語に、1978年1月に主記憶を768k語に、磁気ドラムを4倍に、磁気ディスクを1.5倍に増強し、運転状況の改善を図りながら1981年12月の撤去時まで8年間運用した。特に1978年の主記憶増設後から撤去まではCPU稼働率が80%を超え、実行待ち時間が長くなり、ジョブの混雑した状況が続いた。F230-75は朝オペレータが計算機を起動し、夜8時に停止（実際にはジョブの終了を待って停止していた）する9時から20時の運用で、プログラムをカードに穿孔し、カードリーダーから入力してジョブを実行した。また、計算機の利用は有料でCPU利用時間とfileサイズに応じて課金した。

F230-60の大型計算機時代を迎えた1972年、電子計算機室室長に、結晶物理研究室で結晶解析のための計算機プログラムUNICSの開発を主導した桜井敏雄副主任研究員が就任した。F230-75が2年目の運用に入った1975年7月には、旧理論物理研究室で「秩序・無秩序現象の計算機実験」や数値シミュレーションの研究を行っていた荻田直史研究員が室長に就任した。

第2節 汎用大型計算機

IBM互換のメインフレーム時代

電子計算機委員会は、F230-75が高い稼働率であることや電子計算機のレンタ

ルは5年が目途であること等を考慮して、1978（昭和53）年度に入り、機種更新の検討を開始した。種々な議論の結果、今後の需要予測・施設管理の面からも、「計算機棟建設」がぜひ必要との認識で、「計算機の更新と計算機棟建設」を同時進行させ、計算機の更新をスムーズに行うという方針が出されたが、1979年度の概算要求では両者共に認められなかった。

その後の議論で「計算機棟建設」を最優先させることとし、計算機更新については、当面システムのアップグレードで対処する方針とした。システムのアップグレードでは、ファイルの増強と端末回線の増設に加えて、TSS（Time Sharing System）重点システムを併設することとした。TSSとは大型計算機を時分割多重方式で利用することをいい、研究室に設置した複数のTSS端末で、あたかもリアルタイムで大型計算機を利用しているような環境を構築できた。

1980年5月には富士通（株）製のM-180 II ADがTSS重点システムとしてF230-75に併設され稼働を開始した。このシステムの導入によりTSS利用への関心が一挙に高まり、TSS利用は当初の予想を2倍近くも上回る結果となった。同時に日本語処理の準備作業も始まった。

1980年度末には、諸般の事情から計算機棟の建設が不可能となったので、電子計算機委員会では「計算機の更新に専念する」との方針変更が行われ、1982年度概算要求での機種更新予算獲得を目標としつつ、当面、既定予算内で可能な処置として、IBM互換機のM-200システムへの更新を行うこととした。

M-200は1981年12月より稼働を開始した。M-200ではM-180 II ADでの経験を活かして、TSS端末利用環境整備と日本語処理が重要な目標であり、研究本棟1階に新たに端末室を設けTSS端末を集中設置したほか、希望研究室にもTSS端末を分散設置した。当初、M-200に接続された端末数は30台であった。

M-200への更新は既定予算内で実施したが、1982年度の概算要求で、1月から3月までの3カ月分の計算機賃貸借予算増が認められ、次機種検討委員会が発足した。機種選定にあたっては、「現有機とのソフトウェア互換性」、「IBM互換性」を基本方針として作業を進め、その結果、富士通（株）製の最上位機種



M-180 II AD（富士通（株）提供）



M-200（富士通（株）提供）



M-380（富士通（株）提供）

FACOM M-380の導入が決まった。

M-380は1982年12月末に搬入され、1983年1月より運用を開始した。導入したM-380（主記憶32MB）は、F230-75に比べて処理速度が約5.7倍（Gibson-Mix）となった。M-380は導入後も周辺機器接続用チャンネルの増設、ディスクや端末の増強などを行い、処理能力の改善を行った。特に、1986年1月からはVM機構（仮想計算機機構）による二重オペレーティングシステム（以下、OS）の運用を開始し、従来のIBM互換OS（OS/4 F4 MSP）と同時に、CPUの5%と主記憶容量4MBを割り当てて、UNIX系OS（UTS/M）の運用を開始した。UNIX系OSは、もともとはAT&T社ベル研究所で開発されたもので、2016年時点の現在、スーパーコンピュータやクラウドコンピューティング、PCサーバ等、多くの計算機のOSとして利用されているLinux系OSの元となるOSである。1980年代後半から、世の中のOSの主流はIBM互換から徐々にUNIX系OSへと移りつつあった。

1986年には、現行レンタルの範囲内での機種更新が検討され、1987年1月よりM-780/10S（主記憶容量96MB）が稼働を開始した。これはCPU性能でM-380の約1.7倍に当たる。さらに、1987年12月にはM-780/10にアップグレードが図られ、ディスク容量40.3GB、CPU性能でM-780/10Sの約1.5倍となった。これらのM-780でもM-380と同様にVM機構による二重OSの運用が行われた。このように性能の改善を図ったものの計算需要に対するCPU不足の解消は進まず、大規模計算ジョブが投入後2週間も待たされることもあった。

1986年には、現行レンタルの範囲内での機種更新が検討され、1987年1月よりM-780/10S（主記憶容量96MB）が稼働を開始した。これはCPU性能でM-380の約1.7倍に当たる。さらに、1987年12月にはM-780/10にアップグレードが図られ、ディスク容量40.3GB、CPU性能でM-780/10Sの約1.5倍となった。これらのM-780でもM-380と同様にVM機構による二重OSの運用が行われた。このように性能の改善を図ったものの計算需要に対するCPU不足の解消は進まず、大規模計算ジョブが投入後2週間も待たされることもあった。

M-780/10は1991年12月に撤去し、1992年1月からはM-1800/20の運用を開始した。M-1800/20はCPU能力でM-780/10の約2.5倍で、1974年1月に導入したF230-75に比べ、約36倍の性能となった。また、VM機構による二重OSの運用も行われた。しかし、M-1800/20への更新で処理速度が向上したにもかかわらず、CPU不足の解消には至らず、メインフレームよりコストパフォーマンスの良いワークステーションの導入等が議論されている。この間の議論については、次の「ネットワークコンピューティング」の項で述べる。

M-780/10が稼働していた1988年4月に、長年計算機の運用を支え続けてきた

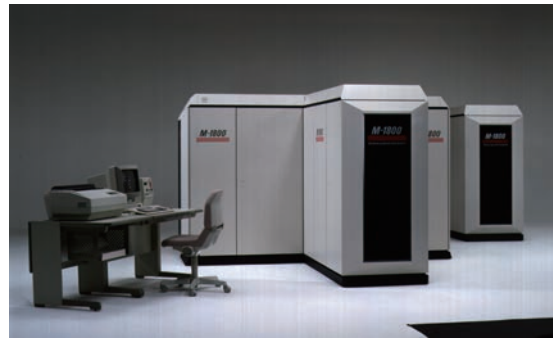


M-780（富士通（株）提供）

情報科学研究室の相馬嵩副主任研究員が電子計算機室室長に就任し、夜間運転の開始、CPU料金の値下げ、大型計算機の更新とワークステーションの導入、ネットワークの整備等に尽力した。

M-1800/20は1994年1月にM-1800/10にダウンサイズして、IBM互換OSのみで運用した。これはスーパーコンピュータ導入とワークステーション化への移行に伴う縮小で、M-1800は1995年2月に運用を終了しIBM互換の汎用大型計算機の利用は終わった。

IBM互換OSの汎用大型計算機Mシリーズの時代は、他システムとの併設であったM-180 II ADとM-1800/10を除き、M-200からM-1800/20まで約12年間続いた。ちなみに、先の大型計算機時代や、Mシリーズが続くメインフレームとよばれた汎用大型計算機時代の計算機更新は、研究者の利用時間に配慮し、年末年始に撤去搬入を行った。さらに、システムの安定度も向上しており、定期保守時間を削減して利用時間の拡大を図った。



M-1800（富士通（株）提供）

また、全てのMシリーズ運用では予算補填のために、CPU利用時間とfileサイズの利用者課金を行った。

第3節 ネットワークコンピューティング

ネットワークコンピューティングの提言

話はM-780/10の当時にさかのぼるが、1990（平成2）年3月に電子計算機中期計画検討小委員会がまとめ、5月に電子計算機委員会から主任研究員会議に答申された「電子計算機中期計画」の冒頭に、「近年、研究における電子計算機の役割が急速に増大しつつあり、従来比較的疎遠であった研究分野にも、積極的に利用しようとする傾向が目立ってきている。その意味で計算機環境の整備は、研究効率の向上という観点から、今や全所的な問題と言えよう」とその問題意識を述べるとともに、「バッチ処理を第一世代、センターの強力なパワーマシンに多くのTSS端末が直接ぶら下がったシステムを第二世代とすれば、第三世代は構内に設置されたLAN（Local Area Network）に研究室にあるミニコン、ワークステーション（WS）やパーソナルコンピュータ（パソコン、PC）、さらにセンターの大型計算機が接続された分散処理システムとなろう」と次世代をネットワークコンピューティングの世代と位置付けている。

このような方向を具体化する動きが電子計算機委員会で始まったのが翌1991年7月のことで、9月に「理化学研究所次期コンピュータシステム」という文書にまとめ上げている。このシステムは理研の研究を基底で支えていくもので、「超高速計算が効率よく行えること」、「ターンアラウンドが短いこと」、「使い易いこと」の諸条件を満たすことが目標であった。その概要を以下に挙げる。

1. 超高速スーパーコンピュータを設置する。
2. 高速ネットワークを理研全域に張りめぐらせる。
3. 大量のデータ処理や図書、事務等のデータベース使用のための大容量ファイルサーバを設置する。
4. 各研究室その他に、その場に最も適したコンピュータ（ワークステーションやミニコンピュータ）を置く。平均として所員3人に1台程度を設置する。

これは先の中期計画を絞り込んで、理研のシステムとしてその骨格を明確にしたものであったが、予算の裏付けはなく、予算要求をにらんでのものであった。

1992年6月に電子計算機委員会の下に次期機種検討ワーキンググループが設置され、同年12月には以下の基本案の答申を、電子計算機委員会に行った。

答申案では更新予算は現行予算の範囲内で実施することとし、メインフレームを縮小し、並列処理スーパーコンピュータとコストパフォーマンスの優れたワークステーション群を導入することとした。導入時期は1993年末とし、全てネットワーク接続するとした。主な構成は以下のとおりである。

- メインフレーム（縮小）
- 並列処理スーパーコンピュータ
- 高速ワークステーションシステム（電子計算機室10台程度）
- ファイルサーバ
- 高速ワークステーション（希望研究室）
- 端末用ワークステーション（電子計算機室および希望研究室）

ワーキンググループは、この案の実現に向けて本格的な導入手続きを開始する準備に入ったが、1993年度の補正予算でスーパーコンピュータの導入が認められたため、このワーキンググループは全員がスーパーコンピュータ導入ワーキンググループに吸収されてしまい、1993年12月の答申の実現は延期された。

スーパーコンピュータの導入

1993年末の次期システムの導入は延期されることになったが、次機種検討ワーキンググループでの次期システムの検討は継続され、1993年7月には電子計算機委員会に対し第2次答申が出された。前回答申との大きな違いは、補正予算でスーパーコンピュータが導入されるため、並列処理スーパーコンピュータは不要となり、次期システムに使える予算が半分近くに削られたことで、メインフレームの保持をこの時点で諦めている。第2次答申の概要は以下のとおりである。

1. メインフレームのM-1800を1994年1月1日より2分の1に縮小し、同年11月30日までの間保持する。1994年12月以後理研としては、メインフレームは保持しない。
2. 次期計算機はワークステーションを中心とした分散処理システムとし、基本的構成は次のようなものを含み、理研所内のFDDI（Fiber Distributed Data Interface）を基幹とする所内ネットワークで相互に接続されているものとする。
 - 会話処理サーバ
 - バッチ処理サーバ
 - ファイルサーバ
 - 高速グラフィックワークステーション
 - 特殊アプリケーションプログラム処理用サーバ
 - データベース用サーバ
 - 端末用ワークステーション群

- 各種ソフトウェア

この第2次答申の実現は補正予算によるスーパーコンピュータの導入で後回しとなったが、予算の関係からメインフレームの縮小は計画どおり実施され、1994年1月1日からメインフレームの大型計算機M-1800/20は縮小され、M-1800/10となった。

第4節 ベクトルパラレル型スーパーコンピュータ

一方の補正予算によるスーパーコンピュータの導入作業は、日米スーパーコンピュータ貿易摩擦の影響もあり、政府アクションプログラム実行推進委員会の定めた「スーパーコンピュータ導入手続」に従い、市場調査、意見招請、仕様書作成、入札公示などの諸手続を進める必要があった。ちなみに1990（平成2）年4月のアクションプログラム実行推進委員会決定では、この手続の対象を300MFLOPS以上の理論演算性能を有するスーパーコンピュータとしている。

理研ではこの手続は初めてであり、1993年6月1日に理事長通達で、スーパーコンピュータ導入計画推進室を設置し準備を進めた。他機関のスーパーコンピュータ調達では1年以上の期間を要しているため、年度内導入を目指して補正予算成立直後の1993年6月末に、市場調査のための「資料招請に関する公表」を官報に公告し、7月中旬に導入説明会を開催し手続を開始した。この時求めた要求要件の概要は、システムの浮動小数点演算性能を評価するLINPACKベンチマークプログラムの実行演算性能が12GFLOPS以上、主記憶容量3GB以上、ディスク容量は50GB以上で主記憶装置との間の転送速度は毎秒10MB以上、毎秒数MB以上のデータ転送速度を有するTB級セカンダリストレージ装置、フロントエンドワークステーション、自動並列化または自動ベクトル化機能等である。この導入説明会には18社が参加し、さらに在日アメリカ大使館が傍聴した。

スーパーコンピュータ導入ワーキンググループは、この資料招請、意見招請を基に仕様を決定し、1993年10月中旬に入札公告の官報公示を行い、10月末の入札説明会実施、12月の開札、1994年2月末導入と何とか年度内の導入に至った。また、スーパーコンピュータ導入手続は、最低価格方式ではなく総合評価方式が義務付けられており、ワーキンググループでは評価基準の策定や性能評価基準のためのベンチマークプログラムの選定等、今までにない作業を行った。また、ワーキンググループメンバーの数名はベンチマークプログラムの実行立ち合いのため海外へ赴いた。

この入札へは3社から提案があったが、ベンチマークテスト直前に1社が辞退し2社による入札となり、富士通（株）が落札し、年度末にベクトルパラレル型スーパーコンピュータVPP500/28（44.8GFLOPS、主記憶7.16GB）システムが導入された。このシステムのOSはUNIXベースのUXP/Mであり、M380、M780、M1800での仮想計算機上のUTS利用経験が大いに役立った。VPP500システムは、導入直後に28PEから30PEにPE（Processing Element）を増設し、

表2 VPP500システム概要

VPP500本体	演算速度	44.8GFLOPS (1.6GFLOPS/PE×28)
	主記憶容量	7.16GB (256MB/PE×28)
DISK容量	総容量125GB	45GB×1、20GB×4
アーカイブ装置	Sony File Bank	10TB (37GB/Tape×270) DTF Tape
その他	1993年3月に2PE増設、48GFLOPS、主記憶7.68GB	

VPP500/30 (48GFLOPS、主記憶7.68GB) に増強した (表2)。

VPP500システムは理研では初めてのベクトル並列型の計算機であったため、利用者は計算機性能を引き出すためにプログラムのベクトル化や並列化に対応する必要があり、アルゴリズムの再検討なども必要となった。VPP500システムは1994年2月末に導入され、3月から6月までの4カ月間を調整、試用期間として利用者に開放し、7月から正式運用を開始した。また、利用者課金はfileサイズ課金を行った。

VPP500システムはGSP (Global System Processor)、CP (Control Processor)、PEで構成され、GSPがフロントエンド機能として、プログラム開発環境とPEで実行するジョブのクロス・コンパイラ環境を提供した。ジョブの実行はGSPで作成しコンパイルしたプログラムを、バッチジョブ制御機能NQS (Network Queuing System) を利用して、CP経由でPEにジョブを受け渡す形で行った。VPP500のPEはベクトル演算機能を有する演算装置で、各PE間が400MB/Sのクロスバーネットワークで接続され、一つのシステムとして稼働した。このシステムでは最大で28PE並列 (後に30PE)、主記憶容量5.6GB (1PE当たり200MB) のジョブクラスを設け、1ジョブでシステムの最大能力が利用できる計算環境を用意した。

VPP500システムは研究本棟地階の計算機室に設置したが、初めての水冷システムであったため、水冷チラーの設置場所の確保や配管の敷設、漏水対策など新たな対応が必要であった。



VPP500

ネットワークコンピューティング

スーパーコンピュータの導入手続きが終了したことで、1993年7月の次機種検討ワーキンググループ第2次答申の実施が具体化した。スーパーコンピュータVPP500に併設していたM-1800/10の運用が、1995年2月末で終了して、汎用大型計算機のメインフレーム時代が終わるとともに、同年4月からはM1800/10に替えて、分散処理システムの運用を開始した。ネットワーク基盤の整備と併せて、1990年度「電子計算機中期計画」で述べられた第三世代のネットワークコンピューティングの時代を迎えたことになる。

導入した分散処理システムは、UNIXベースのOSで稼働するDEC社のワーク

ステーション主体のサーバ群で、対話処理サーバ、バッチ処理サーバ、大容量ディスク装置（100GB）、特殊アプリケーションサーバ、端末用ワークステーション、X端末、各種媒体用周辺装置、リモートプリンタで構成した。また、研究棟端末室からは遠隔となる東地区の仁科記念棟と南地区の生物研究棟には、リモートI/O端末とリモートプリンタを設置した。

対話処理サーバ（DEC7000/740）は4CPUで、主記憶が2GBであり、対話処理時にCPUの負荷バランスを均等にするロードバランス機能を有し、100人程度のユーザが同時にログインしても、応答時間に影響が出ないように配慮した。バッチ処理サーバは、大規模計算用サーバ（DEC3000/900 [SPECint92 189.3 : SPECfp92 264.1]）1台と中規模計算用サーバ（DEC3000/700 [SPECint92 162.6 : SPECfp92 230.6]）8台で構成し、大規模計算はCPU上限が24時間で、利用可能メモリが967MBで多重度1、中規模計算はCPU上限が2時間と12時間の2種類で利用可能メモリ236MB、多重度はそれぞれ8と4のジョブクラスで運用した。また、対話処理サーバにもメモリ上限256MB、多重度3のジョブクラスを用意した。各利用者の実行条件は、1クラス当たり1ジョブで全クラスの同時投入本数が5本であった。これら分散処理システムのサーバや端末は全てネットワークに接続され、導入した端末用ワークステーションが30台、X端末が50台に上り、本格的なネットワークコンピューティングの幕開けとなった。分散処理システムの利用はVPP500と同様にfileサイズ課金を行った。

この分散システムを導入した翌年度の1995年1月に、電子計算機室室長にはライフサイエンス研究情報室の菅原秀明室長が就任し、翌1996年2月1日には計算科学研究室の戎崎俊一主任研究員が室長に就任（兼務）した。

電子計算機室から情報環境室へ

情報通信技術（ICT：Information and Communication Technology）の発達とともに、電子計算機室の業務は、科学技術計算のための電子計算機の構築・運用ばかりではなく、所内ネットワークの構築・運用や電子メール計算機、ホームページサーバ、データベースサーバの運用、セキュリティ対策の支援等に拡大した。VPP500/30と分散処理システムの併設運用を行っていた1997年4月には、室名を電子計算機室から情報環境室へと改名し、1964年度から33年間の長きにわたり使用してきた電子計算機室の名称に別れを告げた。表3に主要計算機の一覧をまとめた。

また、同年4月24日には理事長通達「情報環境施設の設置について」が制定され、5月1日付で施行された。その内容は、「理化学研究所に情報環境の整備による計算機を利用した研究の効率的な推進と事務の合理化を図るため、情報基盤施設〔HPC（High Performance Computing）施設、ネットワーク、図書館〕を置く」というものである。情報環境施設の下に情報環境室、研究業務部、総務部が所管する計算機関係業務を、HPC施設担当、ネットワーク担当、図書館担当、事務合理化担当、庶務担当として集約一体化したもので、総括責任者として、戎崎主任研究員（情報環境室室長兼務）が就任（兼務）した。

表3 主要計算機一覧

導入年月	機種名	演算能力
1964. 4	OKITAC5090M	固定小数点加減 400 μ s
1964. 5	OKITAC5090H	固定小数点加減 30 μ s
1969. 3	FACOM270-30	固定小数点加減 1.8 μ s (推定 85KFLOPS)
	FACOM270-30	固定小数点加減 1.8 μ s
1972. 9	FACOM230-60	固定小数点加減 1.26 μ s (Gibson-Mix 1.667 μ s、推定 440KFLOPS)
1973. 3	FACOM230-60MP (2CPU)	固定小数点加減 1.26 μ s (Gibson-Mix 1.667 μ s) \times 2
1974. 1	FACOM230-75	固定小数点加減 108ns (Gibson-Mix 0.267 μ s、推定2.8MFLOPS)
1980. 5	M-180 II AD	Gibso-Mix 0.311 μ s (推定 2.4MFLOPS)
1981. 5	M-200	Gibso-Mix 0.106 μ s (推定 9.6MFLOPS)
1982.12	M-380	Gibso-Mix 0.047 μ s (推定 16MFLOPS)
1986.12	M-780/10S	Gibso-Mix 0.028 μ s (推定 36MFLOPS)
1987.12	M-780/10 (改造)	Gibso-Mix 0.022 μ s (推定 47MFLOPS)
1991. 3	M-1800/20	Gibso-Mix 0.0088 μ s (推定 132MFLOPS)
1993.12	M-1800/10 (改造)	Gibso-Mix 0.0168 μ s (推定 66MFLOPS)
1994. 2	VPP500/28	44.8GFLOPS (1.6GFLOPS/PE)
1994. 3	VPP500/30 (増設)	48GFLOPS
1995. 3	DEC7000/740	SEPCfp92 294.6
	DEC7000/900	SEPCfp92 264.1
	DEC7000/700 (\times 8)	SEPCfp92 230.6 (\times 8)
1999. 2	VPP700E/128	307.2GFLOPS (2.4GFLOPS/PE)
2000. 1	VPP700E/160	384GFLOPS
2004. 3	RSCC (RIKEN Super Combined Cluster)	
	PC Cluster (1024CPU/512node)	6.2TFLOPS (Xeon3.06GHz、InfiniBand 8 Gbps)
	PC Cluster (256CPU/128node)	1.55TFLOPS (Xeon3.06GHz、InfiniBand 8 Gbps)
	PC Cluster (256CPU/128node) (\times 3)	4.65TFLOPS (Xeon3.06GHz、Myrinet 2 Gbps)
	NEC SX-7/32	282.5GFLOPS
2009. 8	RICC (RIKEN Integrated Cluster of Clusters)	
	PC Cluster (8192core/2048CPU/1024node)	96TFLOPS (Xeon5570 2.93GHz、DDR InfiniBand16Gbps)
	PC Cluster (800core/200CPU/100node)	9.3TFLOPS (Xeon5570 2.93GHz、DDR InfiniBand16Gbps)
	PC Cluster (256core/64CPU/32node)	3 TFLOPS (Xeon5472 3 GHz、DDR InfiniBand16Gbps) + MDGRAPE-3 (64TFLOPS、2 TFLOPS \times 32)
	PC Cluster (36core/18CPU/1 node)	239GFLOPS (Itanimu 9140M 1.66GHz、NUMAlink)
2015. 4	HOKUSAI GreatWave	
	Fujitsu FX100 (24560core/1080CPU/1080node)	1.092PFLOPS (SPARC Xifx 1.9575GHz、Tofu interconnect 12.5GB/s)
	PC Cluster (720core/60CPU/30node)	26.4TFLOPS (Xeon E5-2670 v3 2.3GHz、FDR infiniband 56Gbps) + GPU (NVIDIA Tesla K20X \times 120card、単精度474、倍精度 157.2TFLOPS)
	PC Cluster (120core/8CPU/2 node)	2.4TFLOPS (Xeon E7-4880 v2 2.5GHz、FDR InfiniBand 56Gbps)

総主記憶容量	DISK容量	アーカイブ容量
4k語 (1語BCD12桁+符号)	—	—
12k語 (1語2進42桁)	—	—
64k語 (1語2進16桁)	内蔵DRUM 256k語	—
32k語 (1語2進16桁)	内蔵DRUM 256k語	
128k語 (1語2進36桁)	DRUM 5.12MB DISK 233.6MB	—
256k語 (1語2進36桁)		—
256k語 (1語2進36桁) →320K→448K→768K	DRUM 6MB→24MB DISK 233.6MB→1.03GB →1.22GB	—
6MB	3.2GB	—
16MB	8GB	—
32MB	13.48GB→15.26GB→34.12GB	1984.2 Catrige Library System (CLS) 47GB (150MB/Tape)
96MB	34.12GB→40.3GB	CLS 47GB
256MB	120GB	Magnetic Tape Library (MTL) 402GB (210MB/Tape)
64MB	60GB	MTL 135GB
7.16GB (256MB/PE)	125GB	Sony File Bank 10TB (37GB/Tape)
7.5GB		
2GB	84GB	—
1GB		
256MB (×8)		
256GB (2GB/PE)	4.2TB	STK Redwood SD-3 200TB (50GB/Tape) →250TB
320GB		
2TB (内蔵DISK74.7TB)	20TB	High Performance Storage System 200TB
256GB (内蔵DISK18.7TB)		
768GB (内蔵DISK56.1TB)		
256GB		
12TB (内蔵DSIK554TB)	550TB	High Performance Storage System 4PB
2.3TB (内蔵DISK25TB)		
1TB (内蔵DISK24TB)		
512GB		
33.7TB	2.2PB	IBM GPFS (General Parallel File System) + TSM (Tivoli Storage Manager) 7.9PB
1.8TB (+GPU 720GB)		
2TB		

初代スーパーコンピュータの更新

1997年3月の主任研究員会議電子計算機将来計画検討委員会の答申を受け、電子計算機委員会ではスーパーコンピュータの更新の検討を開始した。大型計算機の次期システムについては、5年を目途に更新を検討することとしていたが、現行システムは、スーパーコンピュータVPP500/30システムと分散処理システムの併設であり、かつVPP500システムは補正予算で導入したために、予算を縮小して両システムを運用してきた経緯があり、次期システムは予算も含めて検討を行う必要があった。幸い1998年度予算で新スーパーコンピュータシステムを2カ月間賃貸借で導入する予算が認められたため、1997年度前期にはスーパーコンピュータ作業部会を開催して、次期スーパーコンピュータについての検討を始め、入札手続きを開始した。

予算成立には理研の要望に加えて、1995年2月の閣議決定「高度情報通信社会推進に向けた基本方針」に基づいて、研究情報基盤関係省庁連絡会議により策定された「研究開発活動の情報化実施指針」において、「研究開発活動の情報化の取り組みの基本方針」として「研究機関内の情報通信基盤として、高性能コンピュータ等の情報機器や所内ネットワーク（LAN）等の整備を推進する」と明記されたことや、1997年5月に日本学術会議が勧告した「計算機科学研究の推進について」等の影響も大きかった。

前回のスーパーコンピュータ調達と同様に、スーパーコンピュータ導入のアクションプログラム手続きに従って、1998年7月開札予定で1997年7月に資料招請公告を行い、仕様書原案作成、意見招請、仕様書作成、1998年4月15日に入札公告の諸手続きを実施した。この時点でのスーパーコンピュータ手続き対象計算機の論理演算性能は5GFLOPS以上で、理研が求めた要求性能は論理演算性能256GFLOPS以上、LINPACKベンチマークプログラムの実行演算性能が200GFLOPS以上であった。次期システムでは、スーパーコンピュータに予算を集中して計算環境を強化することとし、分散システムで実施していたアプリケーションについては、特殊アプリケーションサーバとして旧分散システムと同一アーキテクチャのサーバを用意し対応することとした。

次期スーパーコンピュータシステム導入手続き最中の1998年1月1日付で、日産自動車（株）総合研究所シニアリサーチャーの姫野が情報環境室室長に就任した。



VPP700E

入札の結果、次期システムはVPP500システム後継機のVPP700Eシステム（128PE）となり、VPP500システムと分散処理システムの運用を1998年12月25日で終了し、1999年2月1日より、新スーパーコンピュータシステムVPP700Eシステムの運用を開始した。VPP700Eシステムは128PEのベクトル並列型計算機で、旧VPP500システムに比べて、演算性能が6.4倍（307.3GFLOPS）、主記憶容量が33倍（256GB）、ディスク容量が67倍（6.7TB）、アーカイブ容量が10

倍（100TB）のシステムとなった。

新システムはVPP700Eシステムを主体に、フロントエンド計算機、ファイルサーバ、アーカイブシステム、リアルタイム可視化装置、特殊アプリケーションサーバ（SUN、DEC）で構成された。また、1999年3月には1998年度補正予算で4次元可視化装置（SGI Onyx2 Reality Monster、16CPU、16GB）を導入し、視覚や触覚などさまざまな感覚を利用することで、利用者と計算機がインタラクティブにシミュレーションが可能な環境を整え、リアルタイム可視化装置の導入とともに可視化環境等の充実を図った。



4次元可視化装置

VPP500システムは直接水冷方式による冷却であったが、VPP700Eシステムは空冷方式の冷却であり、VPP700Eの導入のために空調機の増設が必要であった。

情報基盤研究部の設置と情報基盤棟の竣工

1998年度の補正予算では、長年の懸案であった計算機棟建設の予算が認められ、翌年度の竣工に向けて建屋建設の準備を開始した。新建屋にはスーパーコンピュータ以外にも、リアルタイム可視化装置や4次元可視化装置が移転するため、それらの装置を利用したプレゼンテーションや、ディスカッション用の4Dシアターやビジュアライゼーションルーム設置を検討し、可視化環境の充実を図った。また、CPU稼働時間、ジョブ処理数共にシステムの限界に達していたスーパーコンピュータVPP700EのPEを、移転に合わせて増設し、実行環境の改善を図ることとした。また、VPP700E導入時に新設した空調機は、新しい建屋へ移設し利用することとした。

計算機棟の竣工とスーパーコンピュータの移転、増設を控えた1999年4月に、情報環境室は、研究組織として新たに設置された情報基盤研究部の情報環境室となった。情報基盤研究部は、旧計算科学研究室と旧情報環境室を主体とし、計算科学技術推進室、イメージ情報技術開発室、情報環境室の3室で構成され、旧情報環境室の業務はそのまま情報環境室が引き継ぎ、加えて、図書館と事務合理化の計算機関連業務も所管した。この情報基盤研究部の設置により、通達組織として設置していた情報環境施設は廃止された。

1999年11月に念願の情報基盤棟が竣工し、竣工後の情報基盤棟は1階が電気機械室、コンピュータ室、4Dシアター、ビジュアライゼーション室の計算機関連施設で、2階が情報環境室、端末室、システムエンジニア室、3階が安全管理室と講習会室、4階には計算科学技術推進室、イメージ情報技術開発室、事務部門の一部が入居した。

スーパーコンピュータVPP700Eは新棟への移設とともにPEを128PEから160PEへ32PE増設し、論理演算性能383GFLOPS、主記憶容量320GBと1.25倍に増強した。

第5節 クラスタ型スーパーコンピュータ

情報基盤センターの設立とクラスタ計算機への挑戦

VPP700Eを導入した1999（平成11）年当時、PCの高性能化と低価格化は目覚ましいものがあり、情報環境室では小規模なLinux（PC）クラスタを構築し性能評価を開始した。PCクラスタとは、複数のPCをネットワークで結合したハードウェアとオープンソースのソフトウェアで構成したもので、一つの並列計算機として動作するシステムであり、価格性能の高さから、スーパーコンピュータシステムとして使用され始めていた。Linuxクラスタを計算機センターで運用することが可能かどうか模索する中で、2001年には「ものづくり情報技術統合化研究プログラム」の計算サーバとして、Intel社のPentium4 CPU 64台で構成するクラスタを導入した。

OSにはRed Hat Linux 7.1、システムソフトウェアとしてSCore4.2を採用し、計算機センターにおけるLinux（PC）クラスタ運用を想定して試験運用を開始した。このわずかPC64台のシステムが、2001年11月の「TOP500スーパーコンピュータ・リスト」において、LINPACK性能115.7GFLOPSとして350位にランクされたことは、その後のスーパーコンピュータ更新に大きな影響を与えた。

2002年度にはスーパーコンピュータ作業部会を設置して、スーパーコンピュータ更新に向けた検討を開始した。スーパーコンピュータ導入のアクションプログラムに従って、資料招請や意見招請を行い、次回更新では予算は現行予算を継承し、価格性能に優れたLinuxクラスタを主体に、現行利用者や大容量の主記憶を必要とする計算を考慮した中規模のベクトル計算機、フロントエンド計算機等で構成する複合型システムを仕様とした。

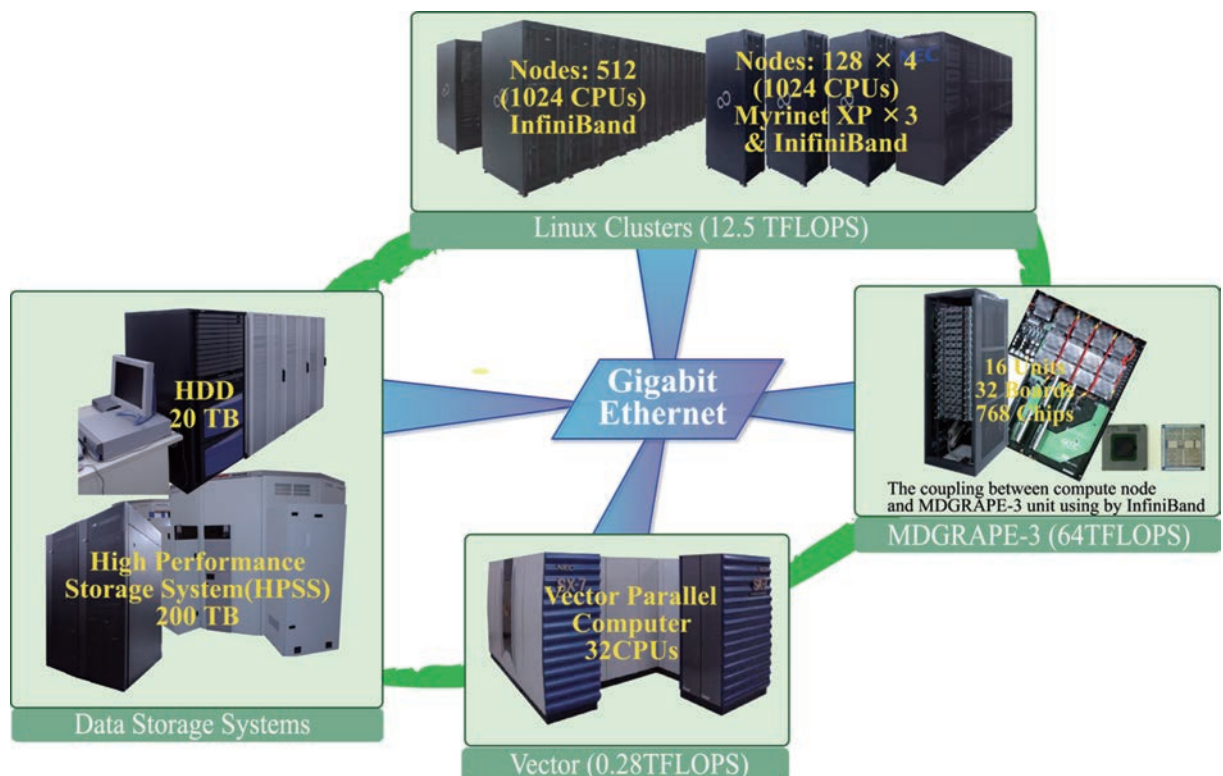
2003年度2月末の新システム導入を目指して手続きを進めている最中の2003年10月に、理研の独立行政法人への移行に伴う組織改革で情報基盤研究部は廃止となり、旧情報基盤研究部情報環境室を主体として情報基盤センターが設置され、初代情報基盤センター長には旧情報環境室室長の姫野が就任した。大型計算機やネットワーク等の情報基盤については、情報基盤検討委員会を設置し、大型計算機についてはその下にスーパーコンピュータ作業部会を設置して検討することとし、旧作業部会がそのまま作業を継続した。情報基盤センターには総括チーム、和光チーム、横浜チーム、関西チーム、技術開発ユニットが置かれ、スーパーコンピュータ等のHPC運用業務は、スーパーコンピュータの設置場所である和光チームが所管して全所に向けたサービスを実施した。

情報基盤センターでは2003年度には、Linuxクラスタ等の普及や次期システム更新に備えて、MPI（Message Passing Interface）並列プログラミング講習会の開催を開始し、並列計算機上でプログラムの並列化を行う場合に必要となる通信ライブラリMPIによる並列計算の促進を図るとともに、並列プログラミングのチューニングに関する相談窓口設置や講習会も開始した。

新スーパーコンピュータシステムに

ベクトル並列型のVPP700Eは2004年1月末で運用を終了し、2月末にはLinuxクラスタを主体とした複合型の新スーパーコンピュータシステムに更新した。新スーパーコンピュータシステムは富士通（株）が落札し、1ノード（1PC相当）にIntel社のXeon3.06GHzプロセッサ（CPU）を2個搭載したものの512ノードを、8GbpsのInfiniBandインターコネクトネットワークで接続したLinuxクラスタ1システム（6.2TFLOPS、総主記憶容量2TB）、同じく128ノードのクラスタ1システム（1.55TFLOPS、総主記憶容量256GB）、128ノードを2GbpsのMyrinet XPで接続したLinuxクラスタ（1.55TFLOPS、総主記憶容量256GB）3システム、日本電気（株）製の共有メモリ型ベクトル計算機SX-7/32（32CPU、282.5GFLOPS、主記憶容量256GB）、フロントエンドサーバ、コンパイルサーバ、20TBのファイルサーバ、200TBのテープアーカイブ装置（HPSS：High Performance Storage Systems）で構成された。

これらの機器はGigabit Ethernetで相互接続し、さらに理研で開発した分子動力学専用計算ボード（MDGRAPE-2）を20枚搭載したLinuxクラスタ（1.7TFLOPS）が接続され、スカラ・ベクトル・専用計算機の複合システム理研スーパー・コンバインド・クラスタRSCC（RIKEN Super Combined Cluster）を構成した。RSCCは専用計算ボード搭載クラスタを除くLinuxクラスタ4システム（2048CPU）を使用したLINPACKベンチマークプログラムで8.728TFLOPSの性能となり、2004年6月のTOP500スーパーコンピュータ・リストで世界第7位、国内では地球シミュレータに次いで2位にランクされた。



RSCCシステム構成図

RSCCシステムは、全てのクラスタのフロントエンド計算機を一つのシステムとすることで、開発環境とジョブ実行環境を共通とし、かつ、異なる機種のコンプライアをシームレスに利用可能とし、機種ごとに異なるバイナリファイルを統一するなど、大型計算機センターにおける計算機利用に革新的な変革をもたらした。このシステムは2005年4月に富士通（株）と共同で理研スーパー・コンバインド・クラスタ「次世代大型計算機センターのモデル」として第34回日本産業技術大賞・文部科学大臣賞を受賞した。

RSCCの運用では、スーパーコンピュータ課題審査委員会を新たに設置し、RSCCの利用希望者は申請時にそれぞれの研究に必要なCPU時間を見積もり、このCPU時間に見合う研究内容であるかを事前審査することとした。CPU時間が見積もれない場合や、それほどCPU時間を必要としない利用のために、全CPU時間の1%未満の利用であれば簡易利用として情報基盤センター長が随時審査を行い、1%を超えるものに関しては、一般利用としてスーパーコンピュータ課題審査委員会で年4回審査を行った。また、大規模計算のためにCPUを予約して週末に優先的に利用する特別利用や、一定期間クラスタの一部を占有して利用する占有利用を設け、審査を行った。

クラスタ計算機の更新

RSCCは2004年3月から2009年6月末まで運用したが、この間のPCのCPU高性能化やLinuxクラスタの台頭などにより、導入当初世界7位であったTOP500ランクは2007年11月には213位となり、翌2008年6月のTOP500リストではランク外となった。

RSCCの次期スーパーコンピュータの導入については、2007年初めにスーパーコンピュータ作業部会を発足し、研究・開発で将来的に必要なリソースの見積もり調査などを行い、新システムの要求仕様をまとめ、具体的な設計を行った。新システムではこれまでRSCCで培ってきた技術やノウハウを踏襲し、継続的なサービスを行うとともに、①実験データ処理や実験研究者のサポート強化、②次世代スーパーコンピュータに向けたアプリケーション開発環境、③新しい計算技術への挑戦、という三つの目標を立てた。新システムはRSCCを発展させたもので、異なる計算リソースを一つのシステムとして利用可能にした複合システムであり、演算性能のみならず利便性の向上を目指して設計した。

新スーパーコンピュータの入札は当初2009年3月末納期で進めていたが、CPU製造メーカーの次期CPU製造工程の遅れ等により、応札に関心を表した各社から3月末納入が困難との見解が示され、納期を7月末に変更して再入札を行った。

2009年8月に稼働を開始した新スーパーコンピュータシステムRICC（RIKEN Integrated Cluster of Clusters）は、インターコネク트에Double Data Rate



RICC

(DDR) InfiniBand (16Gbps) を使用した超並列のPCクラスタ (1024ノード、2048CPU、8192core、96TFLOPS、主記憶12TB)、各ノードにGPGPU (General-purpose computing on graphics processing units) アクセラレータ (NVIDIA Tesla C1060) を1枚ずつ搭載した多目的PCクラスタ (100ノード、200CPU、800core、9.3TFLOPS、主記憶2.3TB)、理研で開発した分子動力学計算専用ボード (MDGRAPE-3) 32枚 (64TFLOPS) を接続したMDGRAPE-3クラスタ、512GBの共有メモリを利用可能な大容量メモリ計算機 (3TFLOPS、主記憶1TB) で構成した。また、磁気ディスク装置が550TB、テープ・アーカイブ装置が4PB (うちRICCには2PB割り当て) のストレージ環境を構築した。ちなみに、RSCCのテープ・アーカイブ装置に保存されていたデータ1.2PBをRICCの新しいテープ・アーカイブ装置に移行する作業は、2008年12月から6カ月間かけて行った。

RICCでは、RSCCで利用していたジョブスケジューラを機能強化し、利用課題ごとに割り振られた実行優先度や、過去のジョブ実行履歴を参照して資源を公平に分配するフェアシェア機能、大規模ジョブの実行待ちで空いている資源を有効に利用するために待機ジョブの順序を入れ替えるバックフィル機能を導入し、システム全体のスループットの向上を図ると同時に、大規模並列ジョブの実行を考慮した運用を可能とした。

第6節 超並列スーパーコンピュータ

超並列スーパーコンピュータの導入

RICC更新のためのスーパーコンピュータ作業部会は、RICC稼働の2年後の2011 (平成23) 年度には発足し検討を開始したが、日進月歩で進化する計算機やシステムに追随し、最新の計算資源や計算環境を提供することと、更新のためにまったくシステムを使えない期間をなくすことを考慮して、次期スーパーコンピュータは、総予算はそのままでシステムを2段階に分けて導入する更新案を提案した。理研ではこれまでは大型共同利用計算機の電子計算機は一つのシステムを、おおむね5年周期で更新し運用してきたため、この新提案は情報基盤検討委員会のみならず、2013年4月の理事会でも審議された。

新しい導入計画に従って第一期のスーパーコンピュータを2015年1月末納期で入札手続きを開始したが、論理性能の要求仕様は予算を2分割したにもかかわらず1PFLOPSに達した。さらに、2年程度遅れて導入される第二期システムは、数PFLOPSを想定し第一期システムと一体として運用する設計とした。

第一期スーパーコンピュータ・システムの設計の要旨は以下のとおりである。

1. 強力な汎用 CPU とメモリとインターコネクトを用いた超並列演算環境の提供
2. GPU を用いて単一ノードで強力な演算性能を発揮できる計算環境の提供

3. 大規模な共有メモリ空間を持つ計算環境の提供
4. 高速ファイルIOが可能な広帯域ファイルシステムの提供
5. 大容量・低消費電力で利便性の高いアーカイブシステムの提供
6. 並列計算やファイルIOでボトルネックが発生しにくい低遅延・広帯域ネットワークの提供

さらに、第二期スーパーコンピュータ・システム導入までは、既存のRICCシステムを半分に縮小して第一期システムと並行して運用することとした。

資料招請、意見招請を経て納期が2015年3月末に変更になったが、4月には、論理性能1 PFLOPS超で34000コアを超える超並列スーパーコンピュータを含む第一期システムHOKUSAI GreatWave (HGW) が運用を開始した。導入したシステムは以下のとおりである。なお、ここでのコアとは計算を受け持つ最小単位のこと。

1. 超並列演算システム：スーパーコンピュータ「京」と互換性のある直接水冷方式のFujitsu PRIMEHPC FX100を1080ノード（1080CPU、34560コア、1 PFLOPS、主記憶33.7TB）
2. GPU搭載クラスタ：4GPUを搭載可能なSGI C2010G-RP演算サーバ30ノード（60CPU、720コア、26.4TFLOPS、主記憶1.8TB）、別途調達したGPU（NVIDIA Tesla K20X）をノード当たり4枚、合計120枚搭載（単精度474TFLOPS、倍精度157.2TFLOPS）
3. 大規模共有メモリ計算機：1TBのメモリを搭載したFujitsu PRIMERGY RX4770M1 サーバ2ノード（2.4TFLOPS、主記憶2TB）
4. 広帯域ファイルシステム：Fujitsu Exabyte File System (FEFS) による並列分散ファイルシステムにより190GB/sの広帯域を実現した、実容量2.2PBのNetApp5600からなるストレージ
5. アーカイブシステム：IBM GPFS（General Parallel File System）＋TSM（Tivoli Storage Manager）によりHSM（Hierarchical Storage Management）構成した、ディスク容量300GB、テープ容量7.9PBのシステム
6. 低遅延・広帯域ネットワーク：InfiniBand FDRをFBB（Full Bi-section Bandwidth）で構成した高速ネットワーク

7. その他：ログインノード、制御ノード、ジョブ管理ノード、ログ管理ノード等

RICCからHOKUSAIへの更新では、竣工後15年が経過し老朽化していた受電設備の更新と受電容量増強のための増設を2012年度補正予算で実施した。この電源設備更新に合わせ、スーパーコンピュータ全体を無停電電源装置で保護することは取りやめ、ストレージのみ無停電電源装置で保護する運用に切り替えた。これは予算不足と設置スペースの都合でのやむを得ない選択であった。また、老朽化したコンピュータ



HOKUSAI

室の空冷式空調機20台を撤去し、水冷式空調機6台に変更するとともにHGWシステムのための直接水冷設備を導入した。冷却設備では井戸水の利用や外気冷却の利用などエネルギー対策も考慮した。

以上、2016年までの理研所内共同利用大型電子計算機の歴史について述べた。コンピュータは科学技術研究の場において日常的に使われるようになり、シミュレーションやデータ解析などコンピュータを利用した科学技術研究の方法が、理論科学、実験科学と並んで重要な研究手段となっており、コンピュータは必要不可欠な研究基盤設備となっている（章末の表4に1964年以降今日に至るまでの組織と計算機についてまとめた）。

第7節 ネットワーク状況

所内ネットワークの状況

ここまで、主として電子計算機について記載し、ネットワークについてはあまり触れていないが、ネットワークは計算機利用の上で切り離すことができない基盤であり、理研では電子計算機室、情報環境室、情報基盤センターが運用を行ってきた。ネットワークはあまりにも一般的な設備になっているので、ここでは理研のネットワーク導入の初期と現況についてだけ説明する。ネットワークの速度や形態は大きく変わってきたが、大型計算機やサーバはその時々最適な速度で所内ネットワークに接続し、国内理研拠点のどこからでも、さらにはインターネット経由でも利用できる環境を整備している。

先に1990（平成2）年5月の電子計算機中期計画の中で、電子計算機の世代として第一世代はバッチ処理、第二世代はセンターの強力なパワーマシンの下に多くのTSS端末が直接接続されたシステムで、第三世代はネットワークコンピューティングとの答申がなされたことを紹介した。研究本棟1階に端末室を設けた1980年代前半のM-200、M-380システムが、ここでいう第二世代であった。

端末用専用ケーブルを用意する必要のない通信用の伝送路を利用した端末接続は、初期には電話回線を利用した音響カプラによるデータ通信が行われ、その後モデムによるデータ通信の時代となり、大型計算機には受信用のモデムプールを用意して、研究室のパーソナルコンピュータを、モデムと電話回線経由で大型計算機に接続し、TSS端末として利用した。

理研に本格的な所内ネットワークが導入されたのは、1988年3月で、所内電話交換機をデジタル交換機へ更新するのに合わせて、デジタル交換回線LAN（Local Area Network）、Apple Talk（Phone Net）LAN、イーサネット（10BASE5）LANの3種類のネットワークを導入した。

デジタル交換回線LANは一般にいうモデム通信のことで、研究室に配備したデジタル多機能電話機は、電話機能に加えモデム機能とモデムインターフェース（RS-232-C）を有しており、研究室のパーソナルコンピュータをデジタル多機能電話機に接続するだけで、当時の大型計算機M-780/10や電子メー

ルサーバあるいは内外の共同研究先サーバの端末として通常通話と同時に利用できた。また、計算機間接続にも利用されたが、データ伝送速度は50-19200bps (Bit Per Sec) と低速であり、イーサネットLANの隆盛とともにモデム通信は廃れた。デジタル交換回線LANの特徴をまとめると、新たに通信ケーブルを敷くことなしに所内のほとんどの場所で相互にデータ通信が行えること、当時の大抵のパーソナルコンピュータやワークステーションは標準でモデムインターフェースの通信ポートが用意されており、ケーブルを用意するだけで利用可能なこと、さらに1台のデジタル多機能電話機でデータ通信と通常通話が同時に行えることが挙げられる。

MACの利用

Apple Talkは、Apple社が販売したパーソナルコンピュータシリーズMacintosh（以下、MAC）で使用されたネットワーク通信プロトコルである。Apple Talkネットワークは、プリンタ共有やファイル共有のためのネットワークを、Phone Netという電話線を使用したネットワークとして、あるいはEtherTalkというイーサネット（Ethernet）ケーブルを利用したネットワークとして構築でき、両者はゲートウェイ機器を介することで相互通信が可能である。当時、理研ではプレゼンテーション資料作成能力の高さやグラフィックユーザインターフェースの良さから、MACを利用する研究者が多く、いくつかの研究室で独立にPhone NetによるApple Talkネットワークが構築されており、所内Apple Talkネットワーク構築の要望が出ていた。所内Apple Talkネットワークは、デジタル多機能電話機用ケーブルの空き芯線を利用して各研究室にPhone Netを展開し、コントローラに集約され、中継機器を使用して幹線の所内イーサネットLANに接続する形で、広域Apple Talkネットワークとして構築された。立ち上がり時で、約20研究室の30台を超えるMACと数台のサーバ、何台かのLaser-Writer（当時高価であったレーザープリンタ）が接続された。現在ではApple Talkプロトコルは廃れ、MACも通常のインターネットプロトコルであるTCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) に切り替わった。

イーサネットLAN

イーサネットLANは現在のネットワークの基となるネットワークで、同軸イエローケーブル（10BASE5）にトランシーバとよばれる機器（MAU：Medium Attachment Unit）を接続し、トランシーバとパーソナルコンピュータを、AUI（Attachment Unit Interface）インターフェースのトランシーバケーブルで接続する形式で、パソコンやサーバをネットワークへ接続した。理研では当時すでに電子計算機室と情報科学研究室間、ライフサイエンス研究情報室、リングサイクロトロン棟内の3カ所でイーサネットLANを独自に使用していたが、これを吸収拡張する形で当時の主要な建屋の研究本棟、国際フロンティア中央研究・実験棟、線型加速器棟、リングサイクロトロン棟にまたがるイーサネットLANを構築した。イーサネットLANの同軸イエローケーブルは最長500mの

制限があったため、研究本棟では1本の同軸ケーブルを2フロアにまたがって敷設し、電子計算機室のある地階から6階へ敷設した幹線同軸ケーブルに、リピータやブリッジとよばれる機器で接続した。また、東地区の線型加速器棟へは光ファイバケーブルにより延長し、線型加速器棟とリングサイクロトロン棟へネットワークを延伸した。

この当時のイーサネットLANでは、インターネットプロトコルであるTCP/IPプロトコルの機器が多く接続されたが、高エネルギー物理学系のコミュニティでは、DEC社のオペレーティングシステムVAX/VMSで使用するDECnetプロトコルを使用して、国内外をつなぐHEPnet-J（高エネルギーネットワーク日本）へ参加した計算機も多かった。HEPnet-Jは創立百周年時点では、TCP/IPプロトコルに移行して運用が継続されている。

イーサネットLANはこの後、ネットワーク技術の驚異的な進歩に合わせて、幹線は光ケーブルを利用した高速なFDDI（Fiber-Distributed Data Interface）、ATM（Asynchronous Transfer Mode）、Gigabit Ethernet、10 Gigabit Ethernetへと変遷し、計算機接続のインターフェースはトランシーバ接続のAUIからUTP（Unshielded Twisted Pair）ケーブルのRJ45モジュラージャックへ移り、各居室へRJ45用の情報コンセント設置へと変遷した。さらに、最近ではより手軽な無線LAN接続も増加し、無線LANのアクセスポイントを構内に配置している。ネットワークは新建屋の竣工ごとに拡張が行われ、さらに国内拠点の立ち上がりごとに拠点LANが導入され、国内理研拠点LANを一つの広域LANとして全理研ネットワークを構築し、現在に至っている。また、ネットワークの速度は10Mbpsから100Mbps、1Gbps、10Gbpsとより高速なものに移ってきた。

創立百周年時点の理研ネットワークは、仙台LAN、筑波LAN、和光LAN、東京LAN、横浜LAN、名古屋LAN、大阪LAN、神戸第一LAN、神戸第二LAN、播磨LANの各拠点LANを、大学共同利用機関法人情報システム研究機構国立情報学研究所（NII）が運用する国内ネットワーク網SINET5に接続し、構築している。理研の各拠点を拠点近郊のSINET5データセンターノードにそれぞれ接続し、NIIがSINET5上で運用する仮想大学ネットワークを利用して全理研ネットワークを構築し、国内拠点を一つのネットワークとして運用している。また、インターネットへもSINET5経由で10Gbpsの高速度で接続している。

表4 組織・計算機年表

