

米国に於ける大学共同利用

スーパーコンピュータ・センターの状況

京都大学大型計算機センター 島崎 真昭 (Masaaki Shimasaki)

1. はじめに

スーパーコンピュータについて長年の歴史を有する米国であるが、従来米国ではスーパーコンピュータは主に国立研究機関に設置されていた。しかし、スーパーコンピュータの進歩、一般化に伴い、米国大学研究者のスーパーコンピュータ利用、体制の整備を求める要望が組織化され、例えば NSF での「科学・工学に於ける大規模計算」に関するパネルの報告書〔1〕が出された。これについては、文献〔2〕のなかでも触れた。その後 NSF により大学共同利用のスーパーコンピュータ・センターの設立が計画され、1986年に入り新センターが次々と稼働しはじめた。筆者は1986年 5月26日より 8月25日迄、文部省短期在外研究員として、米国およびカナダに出張する機会を得た。その間主としてカーネギー・メロン大学(CMU)計算機科学科 D. Scott 教授のグループに滞在し、プログラム意味論・方法論の研究に従事したが、その前後に NSF による米国の大学共同利用のスーパーコンピュータ・センター、並びに米国およびカナダの比較的新しい情報科学関係の研究所数箇所を訪問した。今回訪問したセンター、研究所は新設のものが多く、建物も完成直後とか、一部内装工事中の所もあり、また新しい機器も続々到着中という所が多く、創設期の活気に溢れていた。これらの経験を基に米国の大学共同利用スーパーコンピュータ・センターの状況を紹介する。また米国・カナダの計算機科学研究の一端にも触れる。

2. NSFによる米国大学共同利用スーパーコンピュータ・センター

2.1 NSFによるスーパーコンピュータ・センター計画

米国大学研究者のスーパーコンピュータ利用の必要性，体制の整備を求める要望に応じて、NSFにOASC (Office of Advanced Scientific Computing)が設立され、

1)スーパーコンピュータ・センター計画、

2)スーパーコンピュータ・アクセス・ネットワーク計画

が立案・実施に移されている。1)については、新センター設立迄の1984—1985年は、はNSFがスーパーコンピュータを持つ機関より一定の計算時間を購入し、大学研究者に割り当てていたが、

表1 米国におけるスーパーコンピュータ・センター一覧

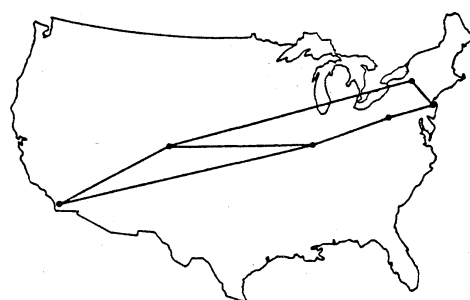
(文献〔3〕より引用、Pittsburgh Supercomputer Centerは新しく、本表に含まれていない。○印はNSFによるセンター)

Table 1.
Supercomputer centers: organization and objective.

Center	Funding Source	Hardware	Operated by	Objective
○ Center for Supercomputing Research and Development	Department of Energy, National Science Foundation, State of Illinois, University of Illinois	Cedar	University	Advance the state of supercomputing in engineering and architecture, software, and algorithms and applications.
Supercomputing Research Center	National Security Agency	Undetermined	Institute for Defense Analyses	Develop parallel processing algorithms and systems for solving national security problems. Basic research in parallel algorithms. Research, development, and evaluation of parallel architectures.
○ John von Neumann Center	National Science Foundation, consortium members	Control Data Corp., ETA Systems	Consortium	Provide supercomputing facilities for the national academic research community.
○ San Diego Supercomputer Center	National Science Foundation, State of California, consortium members, vendors	Cray Research	Consortium	Provide convenient access to supercomputer facilities and related user services in support of basic research. Educate a large population of students in the effective use of supercomputers.
○ National Center for Supercomputing Applications	National Science Foundation, State of Illinois, University of Illinois, vendors	Cray Research	University	Provide a comprehensive computing environment of individual workstations networked to supercomputers to facilitate basic research. Foster creative frontier research across many disciplines.
○ Cornell	National Science Foundation, State of New York, vendors	IBM, Floating Point Systems	University	Explore the use of parallel processing for scientific computing.
Supercomputer Computations Research Institute	Department of Energy, State of Florida, Florida State University	Control Data Corp., ETA Systems	University	Establish an interdisciplinary research program in computational science using supercomputers.

1986年に入り、表1〔3〕中○印で示す新センターが次々と稼働し始めたのである。日程の都合もあり、今回コーネル大学のセンターは訪問できなかったが、それ以外のNSFのスーパーコンピュータ・センターを訪問したので、それらの様子を次節以下に簡単に紹介する。なお各センターは各々目標や計画に個性を持ち、多様性がある。

2) ついては、図1（文献〔4〕より引用）に示すNSFバックボーン・ネットワークが形成されている。現在56Kbpsの回線によっているが、将来は1.544Mbpsの回線を使用する計画になっている。



NSF backbone network
56Kbps,
JVNC, Cornell, PCS, NCSA, SDSC
NCAR

図1 NSF backbone network

2.2 サンディエゴ・スーパーコンピュータ・センター (San Diego Supercomputer Center, SDSC)

SDSCはカリフォルニア大学サンディエゴ校にある。キャンパスはサンディエゴ市北方約10マイルのLa Jolla（ラホイヤ）の町にあり、広々したキャンパスである。センターのコンソーシアムを構成する機関にはUC San Diego, UCLA, UC Berkeley, スタンフォード大学, カリフォルニア工科大学, ハワイ大学等19機関が含まれている。運営の実務はGA Technology Inc.により行われている。システム構成は以下の通

りである。

CRAY X-MP/48

4CPU 合計 840 MFLOPS (ピーク値)

主記憶 8M語 64ビット/語 (64MB)

ローカルディスク 10GB (今年中に 20GB)

SCS-40 (CRAY X-MPコンパティブル)

1CPU 44MFLOPS (ピーク値)

主記憶 4M語 64ビット/語 (32MB)

ローカルディスク 3GB

共用ファイル (IBM 4381制御)

35GB

カートリッジ・テープ

入出力・通信制御システム

DEC VAX 11/785 × 2, 11/750

使用 OS はカリフォルニア大学ローレンスリバモア研究所で開発された CTSS (Cray Time-Sharing System) である。遠隔地の大学からのアクセスのため、ネットワークの整備にも力を入れており、SDSC ネットとして、コンソーシアムを構成する大学との間に高速回線 (56 kbps) 又は衛星通信回線 (Kuband) を保有している。又 ARPANET, MFENET, BITNET, NSFNET にもアクセス可能であり、TYMNET や公衆回線からのアクセスも可能となっている。

日本のベクトル計算機との比較は必ずしも容易でないが、メーカーから会話型ベクトライザに相当するソフトウェアが提供されておらず、ソフトウェア会社の製品の導入を検討中のようなようであった。ライブラリの充実にも力を注いでおり、著名パッケージライブラリのベクトル版の開発も行われていた。地域の大学よりセンターに学生インターンを

パートタイムの形で受け入れ、ソフトウェア開発や組織的なベンチマークテスト実施に参加させ、スーパーコンピュータ利用法修得により単位を認めることが行われ、ソフトウェア開発に強力な援軍になっているようであった。

センターシステムは1986年1月より運用されているが、センター自身の建物は6月にほぼ完成し、筆者が訪問したときは、内装工事の仕上げを急いでいるところであった。利用者向け広報ニュースの名前は“Gather/Scatter”で1986年6月号はVol.2, No.6.である。

2.3 国立スーパーコンピューティング応用センター (National Center for Supercomputing Applications, NCSA)

このセンターはイリノイ大学アーバナ・シャンペーン校にある利用者向け共同利用センターである。センターシステムはCRAY X-MPシステムで、OSとしてCTSSを使用していて、SDSCと共通する点も多かったが、このセンターでは32M語のSSD (Solid State Storage Device)が接続されていた。利用者向けのセンターということで、IRS (Interdisciplinary Research Center)が設立され、新しい研究、計算技術に関する実験や情報交換を行い易くすることを目的としている。スーパーコンピュータ利用に於けるプログラミング環境、ワークステーションの検討に力を入れようとしており、SUN, DEC, VAX, IBM AT/RT, Macintosh等のワークステーションが寄付による分も含め135台以上導入されていた。

2.4 スーパーコンピューティング研究・開発センター (Center for Supercomputing Research & Development)

このセンターはやはりイリノイ大学アーバナ・シャンペーン校にあ

って、次世代スーパーコンピュータの研究・開発を目標として、Cederプロジェクトの名のもとに、ハードウェア、システムソフトウェア（特に言語処理系）、数学ソフトウェア・応用の部門が密接な協力態勢を組んで研究を行っている。Cederプロジェクト〔5〕ではベクトルプロセッサのマルチプロセッサシステムの研究・開発を行っている。基本のプロセッサはAlliant FX/8である。FX/8自身は8個のCE（Computational Element）を有している。1個のCEを有するFX/1の処理速度は4.45MIPS, 11.8 MFLOPS（ピーク値）。FORTRANコンパイラは8個のCEを利用する目的コードで生成する。OSはUnix4.2 BSDベースのConcentrixである。Cederプロジェクトではスイッチ回路を構成し、8台のAlliant FX/8を接続して、1台の計算機として構成する計画で、ハードウェア、ソフトウェア、アルゴリズムの研究が進行中であつた。現在米国では多数台の演算装置を用いるマルチ・プロセッサの研究が盛んで、種々の方式が試みられている。次世代のスーパーコンピュータとして、どの方式が主流になるかは議論のあるところであるが、ベクトル計算機能とマルチ・プロセッサ方式とを結合した方式は有望な候補の一つと考えられる。この点、我国では未だ実働機種がなく、アルゴリズムの研究が実行できない状態で、米国に対する立遅れが懸念される。

2.5 ピッツバーグ・スーパーコンピュータ・センター (Pittsburgh Supercomputer Center, PSC)

このセンターはCMUとUniv. of Pittsburghとの共有になっている。センターシステムはCRAY X-MP/48, 8M語の主記憶, 128M語のSSDとDEC VAXのフロントエンドで構成されている。OSはCRAY社のCOSである。システムはウェスティングハウスのビルの一部をリースして設置され、

管理されている。両大学には利用者向け端末を設置したセンターがあり、プログラム相談に応じる態勢もとられている。このセンターは1986年1月に設置が認められたもので、PSCニュース Vol.1, No.1は1986年5月発行という新生の段階である。

2.6 ジョン・フォンノイマンセンター (John von Neumann Center, JVNC)

JVNCは主に東部地域にある13の大学、研究機関(MIT, Harvard, Brown, Columbia, New York, Rutgers, Princeton, 高等研究所, Rochester, Penn, Penn State, Arizona, Colorado)のコンソーシアムのためのセンターで、プリンストン郊外にある。センターの建物が出来るまで、CDC社のCYBER 205(暫定機種)でサービスを行い、1986年6月にセンターにCYBER 205を搬入し、7月中旬に建物が完成している。筆者が8月中旬に訪問したとき、一部の機器は現調中であった。暫定機種の構成は次の通りである。

CDC CYBER 205 Model 642, 800 MFLOPS (ピーク値)

主記憶 4M語

ディスク 10GB

フロントエンドの機種はVAX 8600 Cluster.

計画によると1987年3月にはETA-10/4を設置し、合計ピーク値で、“10GFLOPS”を目ざしている。システム構成は

ETA-10/4 10GFLOPS (合計ピーク値)

4CPU 各CPU当り主記憶4M語

128M語(1GB)の共有記憶装置と2個のベクトルプロセッサ

1987年7月にはETA-10/4をETA-10/8にグレードアップし計算能力、主記憶量を2倍にする計画とのことである。

ETAシステム詳細は必ずしもよくわからないが、アーキテクチャ的にはCYBER 205と上位互換になっているようである。CRAYや我国のベクトル計算機と異なり、仮想記憶方式を採用している。

JVNCのもう一つの特徴はコンソーシアムを構成する大学との間の高速ネットワーク（図2）であって、その通信速度はいわゆるT1速度と呼ばれる1.544Mbpsである。ただし、Arizona, Coloradoとは衛星通信による56Kbpsの通信速度による接続となっている。DARPAプロトコル（TCP/IPおよび関連アプリケーションプロトコル）が用いられている。このためのソフトウェア開発も行われ、86年5月から6月にかけて接続が完了、稼働している。

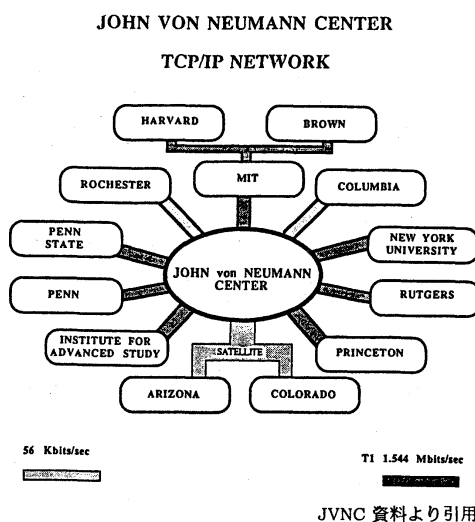


図2 JVNCのTCP/IPネットワーク

これは遠隔地利用者にJVNCが隣室にあるかの如き接続サービスを提供することを目指している。

3. 北米における計算機科学の研究の一端

日程の都合もあり、訪問した大学、研究機関は限定されたものだったが、以下のものが含まれている。カリフォルニア大学バークレー

校，スタンフォード大学，カリフォルニア大学サンディエゴ校，イリノイ大学アーバナ・シュンペーン校，ウォータール大学（カナダ），カーネギー・メロン大学（CMU），マサチューセッツ工科大学（MIT）プリンススト大学，ニューヨーク大学。紙数の関係もあり，比較的新設の研究所等を中心に簡単に紹介する。

スタンフォード大学 CSLI (Center for Study of Language and Information) [6] は比較的新しい研究センターで，その名称からわかるように基礎的な言語学・情報意味論の研究を目標としており，他大学，研究機関との共同研究も大きな比重を占めている。

ウォータール大学は世界に先駆けて教育用主記憶常駐型 FORTRAN コンパイラ WATFOR を開発する等従来より計算機科学研究は盛んであったが，その ICR (Institute for Computer Research) はカナダの第五世代計算機研究計画の一翼を担っており，建物も新築中であった。Computer System, Software Portability, Computer Communications Network, VLSI 等 12 の粗結合のグループが ICR を構成している。LSI の製造設備も有し，LSI の研究から，分散処理，ワークステーション，ソフトウェア，AI の研究迄含まれている。

CMU は大学としては比較的小規模の部類に入ると思われるが，その計算機科学科は充実していて，MIT，スタンフォード大学とともに，全米有数の計算機科学科とされており，実際ファカルティーには著名研究者が綺羅星の如く名を連らねている。紙数の関係や話題が専門的になりすぎるとも考えられるので，学科の紹介は割愛させて頂くが，CMU には情報関係として，計算機科学科，Robotics Institute の他，ITC (Information Technology Center)，UCC (University Computer Center)，CDEC (Center for the Design of Educational Computing)，SEI (Software Engineering Institute)，Pittsburgh Supercomputer

Center (Univ. of Pittsburghと共有) があって、活発に活動している。ITCはCMUとIBMとの共同事業で、大学における研究・教育に必要な計算機環境の研究・開発を目標としており、IBM PC/RTをベースにしたワークステーションにAndrew System Software [7] が開発されていた。そのシステムではCAIソフトウェアの開発が行い易いように工夫され、幾つかの教育用ソフトウェアのデモもあった。SEI [8] は米国政府も関与するソフトウェア工学に関するInstituteで、研究開発のみならず、大学と政府、産業界との間の技術的な“橋渡し”も目標としている。1990年迄の五ヶ年間で技術スタッフを250名迄にする計画になっていて、Mellon Instituteの近くに大規模な建物を新築中であった。現在は仮住いであるが、ソフトウェア技術者の作業環境の問題を検討し、ショーケースを作り上げることも目標の一つになっていて、ワークステーションといった機器の充実の他、環境にも細かい配慮が種々施されていた。SEIのプロジェクトの中には、プログラム言語Adaに基づくソフトウェア環境の評価、AI技術のソフトウェア工学への応用、ソフトウェアのライセンス問題、インターフェース記述言語に関するプロジェクト等がある。

MITのLCS (Laboratory for Computer Science)は伝統のある研究所であり、理論、ハードウェア、ソフトウェアの研究が行われているが、今回はデータフロー計算機方式のデモンストレーションも見ることがあった。

ニューヨーク大学のクーラント研究所は応用数学、Ada言語処理系の研究で優れた実績を有しているが、最近の話題としては、Robotics Lab.やUltracomputer Lab.が活発に研究活動を行っている。Ultracomputerプロジェクトは1979年よりスタートしていて、メモリ共有型のMIMD型の並列計算機の研究を行っている。現在のプロトタイプは8個

のPE (Processor Element)からなるが，将来多数個のPEの構成を目標としている。並列処理のため“Fetch-and-add”操作をベースにしていることが特徴になっている。IBMのRP3'の設計はNYUのUltracomputerの設計をベースにしているといわれている。

4. む す び

現在いわゆる先進国の多くは財政赤字等のため，緊縮財政を余儀無くされ，科学関係も一般に厳しい状況である。本報告で述べたのは北米における状況の一端を伝えるにすぎないが，それでも厳しい環境にもかかわらず，計算機科学研究や計算機利用に対する積極的な姿勢，雰囲気を感じて頂けたのではないかと期待する。短期間ではあったが充実した研究環境にて研究に従事でき，また何箇所かでのセミナー講演や討論，資料収集を行って，見聞を広め，多数の研究者に会えたことは，筆者にとって大変有意義であった。

謝辞 今回の出張に際し，御配慮頂いた京都大学大型計算機センター長 長尾 真教授，研究開発部長 星野 聰教授を始めとする関係各位，ならびに筆者の滞在・訪問を快く受け入れて頂いたCMU Scott教授や各機関の関係者に深謝します。

〔文献・資料〕

- 〔1〕 P. D. Lax (Chairman): report of the panel on Large Scale Computing in Science and Engineering, NSF, December, 1982.
- 〔2〕 島崎真昭：対称三項行列の固有値の並列探索、数理解析研究所 講究録 514, pp.219-230, 1984.
- 〔3〕 Developments and Software Requirements of the Emerging National Supercomputer Research Centers, IEEE Software,

- Vol. 2, No. 6, pp. 55-67, 1985.
- [4] D. M. Jennings, et al: Computer Networking for Science,
Vol. 231, pp. 943-950, February, 1986.
- [5] D. J. Kuck, et al: Parallel Supercomputing Today and the
Cedar Approach, Science, Vol. 231, pp. 967-974. February,
1986.
- [6] CSLI Monthly, Vol. 1, No. 1 (March), No. 2 (April), 1986,
Stanford University.
- [7] J. H. Morris et al: ANDREW : A Distributed Personal
Computing Environment, Comm. ACM Vol. 29, No. 3, pp. 184-201,
1986.
- [8] M. R. Barbacci, A. N. Habermann, M. Shaw: The Software
Engineering Institute: Bridging Practice and Potential,
IEEE Software, Vol. 2, No. 6, pp. 4-21, 1985