

# 「理論の望遠鏡」－国立天文台の天文学専用 スーパーコンピュータシステム

和田 桂 一

〈国立天文台 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉

e-mail: wada.keiichi@nao.ac.jp

国立天文台はすばる望遠鏡や野辺山電波望遠鏡群をはじめとする多くの望遠鏡を有していますが、もうひとつ毛色の変った「望遠鏡」を持っていることはあまり知られていません。それが、「理論の望遠鏡」、すなわち天文学データ解析計算センター<sup>1</sup>（以下、計算センター）にあるスーパーコンピュータ群です。理論シミュレーションは、物理学に基づいた計算機シミュレーションにより、理論モデルの検証や観測データの解釈、さらには新たな現象や理論の発見を目指す研究手法です。さまざまな物理過程が複雑に関連し、その空間的、時間的スケールの広がりも膨大な天体現象をシミュレートするためには、強力な（高速、大記憶容量）スーパーコンピュータが必要です。ここで、計算機を「望遠鏡」と呼んでいるのにはわけがあります。観測家が望遠鏡を通して宇宙の情報を得るように、理論家は、計算機中の「疑似宇宙」を「観測」し、理論の検証をしたり、観測データとの比較によって遠くの宇宙で起こっている現象を理解したりします。同様の性能のスーパーコンピュータは、各大学の大型計算機センター（最近では、〇×情報基盤センターなどと名前を変えているところが多いですが）にもあります。しかし、それらの計算機はさま

ざまな分野の研究者が自由に使うことができるのに対し、国立天文台のスーパーコンピュータは、利用を天文学および関連分野の研究に限り、さらに計算機資源（計算時間、ディスクスペース）を「ピアレビュー」方式によって研究者に分配している点が大きく異なります。「理論の望遠鏡」を使いたい研究者は、一人もしくは複数で「プロジェクトグループ」をつくり、研究課題についての科学的目的、意義、準備状況、研究計画等を書いた「プロポーザル」と呼ばれる提案書を提出します。そのプロポーザルを、観測家も含めた審査員数名が審査します。その採点に基づきプロポーザルの採否が決定されます。このようなプロポーザルは年に2回募集されています。この方式は、すばるなどの共同利用望遠鏡でとられているのと同様です。昨年度は、約60のプロジェクトが採択されました。また、大型計算機センターの汎用スーパーコンピュータが計算時間、ディスク使用量に応じた利用料金を徴収しているのに対し、国立天文台では、スーパーコンピュータも含めた計算機システムの利用に対して一切課金をしていません。これは全国の天文学、宇宙物理学の研究者に等しく計算機資源を提供するという精神に基づいています<sup>2</sup>。さて、現在のスー

1 <http://www.cc.nao.ac.jp/>

2 筆者が大学院の学生であった90年代のはじめくらい（そんなに昔ではありませんね）までは、スパコン（といっても今の高速なPCにも劣る程度）を使うには、1時間あたり1万円程度の使用料金がかかり、貧乏な研究室では学生が何10時間も計算に使うわけにはいきませんでした。そこで、多くの院生は大型計算機センターでプログラム相談やオペレータとして「バイト」をし、その対価として計算時間をもらっていました。私の場合、それに加え、国立天文台野辺山や宇宙科学研究所の観測用のスーパーコンピュータの余った時間を理論計算に開放する制度を利用させていただきました。重い磁気テープを抱えて出張していたのを思い出します（今のようにネットワークが発達していなかった）、コンピュータメーカーが違くと、エディタもジョブスクリプトも可視化方法も違ってて面倒なものでした。



図1 スーパーコンピュータ Fujitsu VPP5000 (右上), MUV の GRAPE クラスタ (左), および 4次元デジタル宇宙シアター (右下).

パーコンピュータシステムは、2001年1月から稼働しています。天文学専用の共同利用計算機システムとしては、世界最高の演算能力を備えています。このシステムは大きく分けて2つのサブシステムからなります (図1)。

- 1) ベクトル並列スーパーコンピュータ：富士通 VPP5000, 総浮動小数点演算能力：0.5 TFLOPS<sup>3</sup>, メモリ容量：0.96 Tbyte
- 2) 重力多体問題専用計算機 GRAPE-5 および GRAPE-6 クラスタ, 総浮動小数点演算能力：4.6 TFLOPS

この他に、大量の計算データを保管するための「大容量テープアーカイブ装置」(SONY Petasite 60 TByte), 計算結果をグラフや立体映像、動画に加工し、結果の物理的な理解を助ける「可視化装置」(SGI Power Onyx2), 各種端末装置、大型カラーブ

リントなどの出力装置があります。2) の GRAPE クラスタは、国立天文台三鷹キャンパスの本館地下に設置させているため、MUV (Mitaka Underground Vineyard) とニックネームで呼ばれています。また、三鷹キャンパスは、10 Gbps の高速専用回線「スーパー SINET」および SINET で、全国の主要研究機関と結ばれています。利用者は国立天文台のゲートウェイマシンにログインし、自由に計算センターの計算機資源にアクセスすることが可能です。これらのシステムで得られた研究成果の一部は、台内に設置された4次元デジタル宇宙プロジェクトの3次元シアターで迫力ある立体映像として観望会、特別公開の折などに上映され、人気を博しています<sup>4</sup>。VPP5000 及び

MUV システムを利用できる研究者に国籍、所属機関などの制限はありません。ただし、各プロジェクトグループの研究代表者は、「国内の研究機関に所属する」研究者である必要があります。大学院生でも研究代表者になることができます (指導教官/教員と相談してください)。これまで採択されたプロポーザルは天文学の広い分野に渡っています。本特集では、主な分野のこれまでの成果と将来展望について、ユーザにレビューをお願いしました。分野は便宜的に、宇宙論および銀河団、相対論、銀河、星形成、惑星形成、活動的銀河中心核、磁気流体、太陽のように分けました。稼働状況は、VPP5000 システムで平均 90%、MUV システムで 30-50% 程度です<sup>5</sup>。VPP5000 では、32 プロセッサを用いる並列キューが良く使われています。稼働率が 90% を越える、というのは、ほぼ

3 1TFLOPS = 1秒間に1兆回の浮動小数点演算数

4 <http://th.nao.ac.jp/~4d2u/>

5 MUV システムは運用方法が VPP5000 とは異なるために単純には比較できませんが、まだプロポーザルを受け入れる余地があります



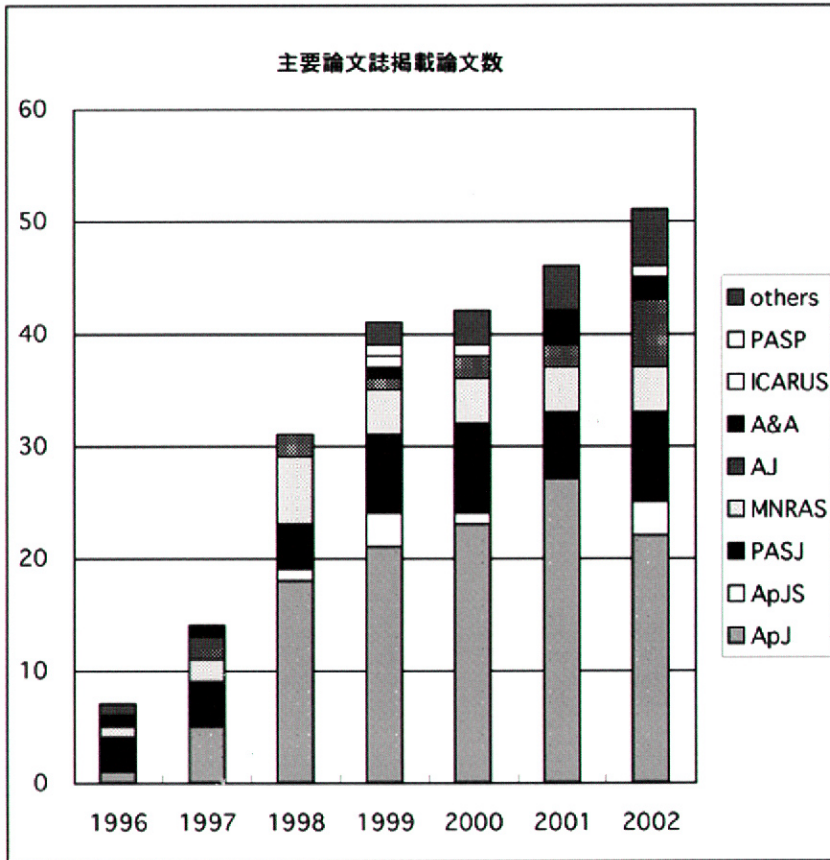


図2 計算センターを利用して生み出された成果. 主要雑誌に掲載された論文数の変遷.

常時実行待ちのジョブがある状態で、時には自分のジョブが実行されるまでに数日間かかることもあります。天文学会年会前、年度末には特に混雑します。最後に、研究成果の実績として、主要雑誌に掲載された論文数の統計データを示します(図2)。1996年度から急激に伸びていますが、これは現システムの前のスーパーコンピュータ(富士通VPP300)の計算機共同利用の開始と対応しています。この間、着実にユーザが増え、成果が上がってきていると言えます。論文50本/年というのは、例えば「すばる」のデータを使って出版された論文数に相当します(2002年度)。現在のパワーユーザは、VPP300時代からのユーザが多く、大学院生な

ど若い世代の参入が求められます。計算センターでは、言語、可視化ソフトなどの使い方についての定期的な講習会の他に、シミュレーション初心者向け講習、実習を行う、GRAPE早春の学校(2002年度)や、「天体とスペースプラズマのシミュレーションサマーセミナー」(2003年、千葉大学との共催)などを通して、ユーザ層の拡大に努めています。「理論の望遠鏡」も計算能力や利用者のスキルが上がるにつれ、新たな「宇宙」を覗くことができるようになってきました。今後計画されている大型観測装置が生み出す観測データの理論的理解のためにも、その重要性はますます高まることでしょう。