

Title	JAIST Campus Grid の構築について
Author(s)	井口, 寧; 松澤, 照男
Citation	Research report (School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology), IS-RR-2002-021: 1-15
Issue Date	2002-12-03
Type	Technical Report
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/8400
Rights	
Description	リサーチレポート (北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科)

JAIST Campus Gridの構築について

井口 寧, 松澤 照男

2002年12月3日

IS-RR-2002-021

北陸先端科学技術大学院大学

情報科学センター

〒923-1292 石川県能美郡辰口町旭台1-1

inoguchi@jaist.ac.jp, matuzawa@jaist.ac.jp

©Yasushi Inoguchi, 2002

ISSN 0918-7553

要旨

近年、インターネット上の計算機群を有機的に組織化し、物理的な計算機資源を意識することなく、膨大なコンピューティングリソースを仮想的に提供するための技術として、Grid 技術が活発に研究されている。本学は超並列計算機を始めとして常用ワークステーションまで情報科学センターが一括管理しており、グリッド環境を構築しやすい。また既に Grid を意識したプロジェクトが複数実施されており、高度な教育研究活動を支援するための仕組みとして、グリッド環境の整備が望まれている。

グリッド環境を整備することによって、ユーザーは Grid を通してジョブを投入するなど、一括してジョブを管理でき、利便性が向上する。また、自分の手持ちの計算機資源に限定されず、グリッド環境下の巨大な計算機リソースを容易に利用することが可能となる。更に遠隔地の計算機の利用にあたり、サイトごとの認証や分散環境下でのファイル管理が容易になる。

本稿では、Grid の背景を解説し、主要なグリッド関連プロジェクトを紹介する。キャンパスグリッド実現に向け、他大学の状況を紹介した上で、情報科学センターにおけるグリッド研究の取り組みについて検討する。特に本学の特徴である、超並列計算機や各フロアに分散されたローカルサービスシステム (LSS) 等をグリッド環境に組み込むための方策として、ことについて説明する。本学のグリッド環境構築に有用なミドルウェアである、Globus Tool Kit および Sun ONE Grid Engine の概要、および本学情報環境への適用方針について報告する。更に、膨大な計算資源である常用ワークステーション群をグリッド環境に組み込むための研究開発課題について考察する。

1 はじめに

近年、Gridに関して非常に活発な研究がなされ、本学においても先進的な研究環境を提供するために、Gridの研究基盤を整備する必要性が高まってきている。Gridとは、スーパーコンピュータや家庭のパーソナルコンピュータ(PC)等を高速なインターネットで結合することにより、仮想的な超大規模計算機網を構築しようという試みである。つまり、通常電気を使用する時、我々は単に電源プラグをコンセントに差し込むだけであり、その電気がどの発電所で発電されたものかは全く意識しない。計算資源も同様に、ネットワーク接続さえ行なえば、投入したジョブが大型計算機センターのスーパーコンピュータで実行されたか、ある家庭のPCで実行されたかにかかわらず、複雑な計算機網を意識せずに計算結果を得ることができる仕組みを目指すものである。

このような背景の中で、大学内や組織内のPCを利用したキャンパス規模のグリッドシステムが提案され、実際に構築されつつある。本学においても、ITプログラムによるVizGridプロジェクト[1]や知識科学研究科におけるBioGrid[2]など、Gridを利用した研究が計画・実施されている。また、本学には強力な超並列計算機やクラスタシステム、千台規模のユーザー用の常用ワークステーション群を有しており、グリッド環境を構築することによってこれらの利用効率を向上させることができれば、非常に強力で効率の良い情報環境を提供することが可能となる。

そこで、本報告では、情報科学センターが今後導入するグリッド研究基盤の整備方針について、現状を分析しながら今後の指針を検討する。第2章では、Gridの基礎概念を簡単に説明する。第3章で現在の代表的なグリッドに関連するプロジェクトや、その成果であるミドルウェアを紹介し、第4章で国内外のキャンパスグリッド構築の試みを解説する。第5章で、本学の特徴を検討し、本学の情報環境に適するグリッドミドルウェアを検討し、本学キャンパスグリッドの整備方針を示す。また、本学が有する同機種で膨大な計算資源である個人用常用ワークステーションをキャンパスグリッドに組み込むための研究開発課題について考察する。第6章はまとめである。

2 Gridの概要

2.1 Gridとは

Gridとは、送電線網の意味であり、我々が発電所を意識せずに電気を使うのと同様に、背景にある物理的な計算機を意識せずにコンピューティングリソースを利

用可能な、仮想計算機を構築するための基盤技術である。当初はPCクラスタを拡大したハイパフォーマンスコンピューティングが主なターゲット分野であったが、応用分野は拡大し、大型特殊実験設備の透過的な利用、分散ファイルの一元管理、計算機や装置の出力となる画像のリアルタイム伝送などにも広がっている。

Grid以前では、大きな計算ジョブを抱えている研究者は、ある大学の大型計算機センターのアカウント等を取得し、そこにファイルをFTP等で転送し、telnetによって、その計算機の特異なコマンドやJCL(Job Control Language)を用いることにより、大規模計算機資源を利用してきた。しかしながら、これらの作業は複雑でありながら、研究者が本来必要とする機能、つまり、あるプログラムを計算し結果を得る、という点には全く無関係な作業を必要としてきた。また、大型計算機センター等の全国共同利用施設以外にも、各個人の有するPCの余剰の計算時間など、有用な計算機資源は多く存在していながら、これらを公開するための仕組みが欠如しているため、現実問題としては公開された限られた設備しか利用できないのが現状であった。更に、セキュリティについても、SSLやsshなどの個別の暗号化技術、ケースバイケースのフィルタリング、登録制による課金など、複雑な操作が必要であった。

1990年代後半より、インターネットが急速に普及し、これまで孤立していた計算機同士が有機的に結合され、殆どどの計算機や実験装置類が事実上ネットワークに結合される状態となってきた。これとともに、従来のベクトル型スーパーコンピュータの性能の伸びに対してPCの性能が飛躍的に向上し、PCをクラスタとして利用するPCクラスタ技術が盛んに研究され、クラスタコンピューティングのためのSCoreなどのような様々なミドルウェアが開発された。Gridは、当初はこのようなPCクラスタの技術を一元管理する技術として発足したが、より一般的な概念として、インターネット上の様々な計算機資源や特殊実験装置を一元的に扱う技術に拡大され、研究開発が発展してきた。グリッド技術を用いれば、例えば分散配置されたPCを統合して仮想スーパーコンピュータを構築したり、家庭内遊休計算機資源の売買、電子顕微鏡などの大型特殊装置の遠隔利用やこれを用いた遠隔診断、分散ファイル管理などが可能になると考えられている。また、ユーザーの視点からは、データが物理的にどこにあるか意識せずにFTPなどの本来の計算に不必要な手続きを省略可能な仮想ディスク技術や、利用にあたり最初の一回のみの認証で全ての資源が利用可能なSingle Sign Onなどの技術が利用できる。このようなグリッド技術を用いることにより、研究者は本来の目的である計算ジョブの実行に専念でき、また遠隔地にある特殊実験設備を透過的に利用可能となる。

Gridを構築するための技術的な要素として、次のような要素技術を開発するこ

とが必要である。

- 通信
- セキュリティ
- 資源管理/割り当て
- プログラミング技術, ライブラリ
- アカウンティング
- データ整合性
- 障害対応

これらの要素技術を統合的し、透過的な計算機環境を構築するための Globus Tool Kit[3], 遠隔の大規模計算機を結合するための Stampi[4] や遠隔計算機にジョブの一部を分担させるための Ninf-G[5] などの研究がなされてきた。

2.2 Grid の利点

次に, Grid を導入した場合のユーザーの利点を挙げる。

- 非常に大きな計算機資源が利用できる
Grid に超並列計算機と講座の計算機 (lss5 など) を組み込んでいる場合, ユーザーが利用できる計算機資源の総計は, 「センターの超並列計算機+全講座の計算機」となる。講座の計算機は, 利用するユーザーが限られている。つまり, 講座の計算機 1 つに限れば占有できるが, 他の講座の計算機は例え空いていても利用することはできない。Grid に組み込んでいけば, 利用されていない (load が低い) 他の計算機が利用できるようになり, 計算機資源の効率的利用が可能になる。
- 個別の機器に login することなく, 一括してジョブ管理が可能
通常のジョブ管理では, 各計算機に rlogin してジョブの実行状況をモニタすることが多くなされてきた。グリッドインターフェースを用いると, 実際にジョブがどの計算機で実行されているかにかかわらず, 一つのインターフェースを通して管理できるので, 管理が容易になる。

- 計算機を個別に選択する必要がない通常のジョブ投入では、ジョブ投入前に計算機のCPU能力や負荷状況を確認して、実行する計算機を人間が選択している。グリッド環境下では、グリッドインターフェースを通してジョブを投入すれば、システムがCPU能力や負荷を計算し、最も適切な計算機を自動的に選択してジョブを投入する。ジョブ投入にかかる手間の軽減と効率化につながる。
- 分散ファイル管理が容易学外の計算機や、学内のシステムでもローカルなファイルを利用する場合、事前にFTPなどでファイルを転送し、処理後に結果を再度転送していた。グリッド環境が提供する分散ファイル管理を用いれば、これらのファイル管理を統一的に扱うことができる。
- 学外の大型計算機の利用の容易化学外の計算機を利用するためには、事前の利用申請などの複雑な手続きが必要であったり、学内とは異なるアカウントで利用する必要があった。学外と提携したグリッド環境が用意できれば、個別の利用申請をすることなく、学外の巨大な計算機資源を利用することができる。また、アカウントについても、グリッドアカウントへのSign Inを行なうことにより、各サイトごとに異なるアカウントとしてloginすることなく、それぞれのサイトの計算機を利用できる。

3 Gridに関する研究開発

3.1 研究開発の動向

Gridに関して、グリッド環境を構築するためのミドルウェア、遠隔地の計算機と協調処理をするツールライブラリ、セキュリティや分散データの管理技術、さらに、Gridを応用したアプリケーションなどさまざまな研究開発が行なわれている。本章では、これらの代表的な研究開発プロジェクトについて概要を紹介する。

3.2 Globus Tool Kit

Globus Tool Kit[3]は、グリッドコンピューティングのための基盤ソフトウェアとして開発され、様々な計算機上に移植されている。Globus Tool Kitの主な機能として、Security, Information Infrastructure, Resource Management, Data Management, Communication, Fault Detection, Portability が挙げられる。認証機構としては、公開鍵暗号を用いており、X.509証明書およびSSLプロトコルによる認証を採用し

ている。また、認証サーバ上に Globus Tool Kit ID とローカルユーザー ID の対応表を設けており、利用開始時に一回だけの証明で済ます Single-Sign On を実現している。

3.3 Stampi

Stampi[4] は、日本原子力研究所(原研)で開発された異機種並列計算ライブラリである。特徴として、並列計算機[内外]通信での通信機構の自動選択、ゲートウェイを介した間接通信の実現、動的なプロセス管理、データフォーマットの自動変換、および Stampi/Java の実現がある。実際に SC2000 において、本学の T3E-1200E, 原研の VPP, 独シュツツガルト大, 英マンチェスター大の T3E など, 日米独英 4ヶ国 6 台の超並列計算機を結合し, 放射能放出源推定実験を行なっている。

3.4 Ninf-G

Ninf-G[5] は産業総合研究所で開発されたミドルウェアであり、遠隔地の計算機資源やデータベースを利用する機能を提供している。クライアント/サーバモデルに基づく遠隔手続き呼出し (RPC) を用いて、ユーザーは遠隔地にある高性能計算機や世界中に配置された多数の PC 群、データベースなどの様々な計算機/情報資源を利用可能としている。また、プログラミング・インターフェースとして、C/C++, Fortran, Java, Lisp の API を提供し、ユーザーは使い慣れたプログラミング言語を利用することができる。Ninf-G の特徴として、ネットワーク・プログラミング部分のアプリケーション・プログラマからの隠蔽がある。つまり、サーバとクライアントとの接続の確立や引数情報の交換処理を明示的に指定する必要がなく、アプリケーション・プログラマは、通常の間数呼出しを、Ninf-G が提供する遠隔手続き呼出しのためのライブラリ関数に置き換えるだけで、ネットワーク・プログラミングを意識することなく、遠隔地にある高性能計算機を容易に利用することができる。

3.5 ITBL

ITBL[6] は、科学技術振興事業団および国内の国立研究所 5 機関が有するスーパーコンピュータを、SuperSINET などの高速ネットワークで結合し、大規模計算の共同利用を図るプロジェクトである。他のプロジェクトが PC クラスタなどをノードとしているのに対し、国立研究所が持つスーパーコンピュータをターゲットとしているところが特徴である。原子力研究所および理化学研究所によって、遠隔スーパーコンピュータを利用するための共通基盤技術の開発を行ない、これらの機関を

含む全ての機関で、ITBL を用いたアプリケーションソフトウェアの開発を行なっている。既に認証やデータ交換のための基盤ソフトウェアとこれを実現するためのプラットフォームが構築され、一部で稼働を開始している。

3.6 BioGrid

BioGrid[2] は、やはりスーパーコンピュータを利用したグリッド研究プロジェクトである。アプリケーションとしてバイオインフォマティクスをターゲットとしており、グリッド基盤技術、コンピューティンググリッド技術、データグリッド技術、オンライン解析技術、実証技術とビジネス化に取り組んでいる。バイオグリッドの特徴は、名称が示す通りバイオインフォマティクス関連のアプリケーションの Grid への適用を中心としているところにある。分子動力学、量子化学、生体組織シミュレーション、蛋白質立体構造解析、分子軌道法、生体高分子シミュレーションなどの開発が行なわれている。

4 キャンパスグリッドの構築例

4.1 キャンパスグリッド

大学内にある主要な計算機システムを Grid の制御下に置き、大学規模でグリッド環境を構築するキャンパスグリッドが提案され、構築されつつある。本章では、現在のキャンパスグリッドの構築例を紹介する。

4.2 東京工業大学

東京工業大学(以下、東工大)では Titech Grid と呼ばれるキャンパスグリッドが提案され、整備されつつある [7]。目標は、PC クラスタによる Commodity Grid を構築することによる、計算機資源のコストパフォーマンスの大幅な改善である。計画では、従来型のスーパーコンピュータがテラフロップス当り 2G 円~5G 円であるのに対し、Commodity Grid を用いることにより、テラフロップス当り 50M 円を目指している。

東工大のグリッドコンピューティング環境は、学術国際情報センター (GSIC) の大規模 PC クラスタを中心に、キャンパス内のサテライトや各専攻に分散した PC 群を、高速学内ネットワークである Super TITANET で接続するものである。構成は、GSIC 内に 256 プロセッサから成る PC クラスタを 2 台有しており、これが Titech Grid の中心となる。各サテライト内には 24 プロセッサ構成のクラスタを

有し、これらが14台設置され主要な計算機資源を提供している。この他、協力専攻内からPC群を組み込み、キャンパス全体で800プロセッサ以上、容量として3.3TByteの計算機資源を有している。Gridのミドルウェアとして、Globus Tool Kit, Condor, Ninf-Gを計画している模様である。

これらの計算機群は、学内の新ギガビットネットワークであるSuper TITANETで接続される。学外接続は、SuperSINETを経由し、サンディエゴスーパーコンピューティングセンターや産総研グリッド研究センターとの相互接続が考えられている。物理的な配置は、2つのキャンパス内の15箇所にまたがる、広域なエリアをカバーしている。

4.3 University of Houston

ヒューストン大学のGrid環境[8]は、複数の管理ドメインに分割され、それぞれのドメインは複数のクラスタから成っている。ドメイン間を接続するネットワークは、最近9百万ドル以上の予算を掛け、大幅にアップグレードした。Sun Grid Engineをそれぞれのドメイン内での資源管理のためのソフトウェアとして採用している。独自開発のEZGridは、globusを基礎として開発され、認証インターフェース、資源管理の機能を提供し、ジョブのスケジューリングや、Grid Engineを通じたジョブの投入を行なう。

主要なドメインとして、次の組織の計算機を結合している。

- HPCに主計算クラスタを配置する。
- AGLは、Gibabit Ethernet 接続された、48ノードのPentium III Linux PCクラスタと、25台のSparcワークステーションを有している。これらは教育と研究に利用されているマシンである。
- 機械工学科は、Myrinetで接続された16台のPentium IIIのデュアルプロセッサを接続する。
- 計算機科学科は、4CPUのSun Enterprise 450, 50ノードのSun Cluster, および他のLinux-PCを接続する。

現在構築途中にあり、当面の間、管理ツール、資源管理ツール、監視と分析ツールなどのグリッドミドルウェアをインストールが進行する。また、粉体力学、機械工学、バイオ関連のアプリケーションソフトウェアの開発や評価が予定されている。

4.4 University of Florida

フロリダ大学では、ワイヤレス・キャンパスグリッドを開発している [9]。移動型データベースのアクセスと処理，移動型ネットワーク，移動型協調処理，移動型商取引，ウェアラブルコンピューティングなどが研究課題である。ノート PC を Grid のノードと見立て、ワイヤレス環境下でのシームレスな処理の継続が課題である。

5 本学の取り組み

5.1 本学の特徴

本学情報科学センターは、強力な超並列計算機を有し、また各ユーザーの常用ワークステーションを本センターが直接管理しているため、グリッドコンピューティングを効率的に利用できる環境が整っていると言える。他の組織等では多数の PC を有していても、これらの管理部局がばらばらであるため、効率的に利用するためには、グリッド環境を構築する以外に、組織間の良好な関係を築いたり、様々な種類や管理ポリシーの計算機資源を統一的に扱うための仕組みの構築が不可欠である。これに対して、本センターでは、超並列計算機をグリッド環境の核として利用可能であり、学生や教職員のための常用ワークステーションをセンターで調達・管理しているため、管理ポリシーの統一、計算機の種類・の絞り込み、およびソフトウェアのインストール等が一元管理できる利点がある。

5.2 計算機資源

情報科学センターが管理している機材のうち、Grid に適合するものとして、超並列計算機システム、計算用途向けローカルサービスシステム (LSS)5、および常用ワークステーション群がある。超並列計算機システムは、Cray T3E-1200E (128CPU)、IBM SP/2 (288CPU)、Sun Fire 15k (32CPU)、および PC-Linux クラスタシステム (32CPU) がある。一方、各講座のフロアに配布するマシンとして、LSS5 (Sun Enterprise 250) や常用ワークステーションシステム (Sun Ultra5, Blade100, 等) があり、これらは1つ1つは単一 CPU システムであるが、台数が非常に多い。このうち、LSS5 は、各フロアには配布しているものの、特定のユーザーが利用するものではない。このため、フロアのユーザーから見ると、Grid に組み入れることによって、自分のフロアが占有して利用できなくなる代わりに、必要時に他のフロアの LSS を含む大容量のグリッド環境を手に入れることが可能となる。フロアの管理方針に合致すれば、強力な計算資源提供の手段となる。個人用の常用ワークステー

ション群は、各ユーザーが占有使用しているもので、原則的にはグリッド環境に組み込むことは適さない。しかしながら、休日や夜間など、時間帯を限れば利用可能な計算機資源である。台数が非常に多いので、利用方法によっては非常に高い計算能力を提供できる。

5.3 Grid用ミドルウェア

グリッド用ミドルウェアとして、先に挙げた Globus Tool Kit や Ninf-G を始めとして、大学・研究所や産業界から様々なものが提供されている。この中で、本学で利用可能かつ有用なものとして、Globus Tool Kit[3] および Sun ONE Grid Engine[10] が挙げられる。

5.3.1 Globus Tool Kit

Globus Tool Kit は、グリッド環境下の計算機資源の管理、ユーザー認証、ジョブ管理などを行なうミドルウェアである。現在の最新バージョンは、Ver. 2.2¹ であり、IRIX 6.5, Solaris 8, Linux, AIX 5.1 等が対応プラットフォームとなっている。

本学の Solaris8 の計算機は、32CPU から成る Sun Fire 15k, 各フロアの LSS5(Enterprise 250) や、多数の個人用常用ワークステーションがある。これらの殆んどは、ネットワークブートされており、ほぼ同一の OS イメージを有している。このため、技術的にはこれらの計算機群をグリッド環境に組み込むことは容易である。AIX については、本学には大規模データベース処理研究用システムとして 288CPU から成る SP/2 がある。しかしながら、このシステムが AIX 4.2 で動作しているのに対し、Globus Tool Kit が対応する AIX のバージョンが 5.1 なので、SP/2 上で Globus 2.2 を動作させることは、多少困難が伴う。T3E-1200E については、本学とメーカーが共同で Globus を移植開発する予定である。

情報科学センターの取組みとして、Sun Fire 15k 上にて Globus Tool Kit の導入に既に着手しているが、諸問題があり、まだ実用サービスには至っていない。Globus Tool Kit は、GSI (Grid Security Infrastructure), GRAM (Grid Resource Allocation Management), MDS (Monitoring and Discovery Service) など様々なサブプログラムの集合体であり、ユーザーやホストに対する認証局や証明書が必要な、非常に複雑な体系となっている。カバーする範囲は幅広いが、単純に学内グリッド環境(特に本学のように同一の NIS 環境)下で利用するには、多少オーバースペックである

¹ 近日中 (2003 年 1 月) にバージョン 3 の β 版がリリース予定である。

と言える。ただし、広く普及しつつあるソフトウェアなので、多種類の計算機や他組織のシステムと結合する際には、非常に有用であると考えられる。

5.3.2 Sun ONE Grid Engine

Sun ONE Grid Engine[10]は、サンマイクロシステムズ社の開発による独自のグリッド環境構築ミドルウェアである。Globus Tool Kitがフリーソフトウェアであり、導入や利用にかなりの技術レベルを要求するのに対し、Grid Engineは、グラフィックユーザーインターフェース(GUI)を持つなど、商用ソフトウェアとしての十分な完成度を有している。また、Globus Tool Kitもサポートしている。しかしながら、動作プラットフォームがSolaris (Sparc/Intel CPU) またはLinuxに限られている問題がある²。Sun ONE Grid Engineは、Globusのような汎用の基盤ソフトウェアを目指すよりも、クラスタコンピューティングや並列ジョブ実行など、サイト内のグリッド環境の構築を主目的としている点に特徴がある。

5.4 情報科学センターのグリッド環境整備計画

情報科学センターでは、上記のようなソフトウェアの状況を踏まえ、広域かつ幅広いプラットフォームに対応するためにGlobus Tool Kit、センターが有する多数のSolarisマシンを簡便に利用するためにSun ONE Grid Engineを利用する方針である。Sun ONE Grid EngineはGlobusをサポートしており、両者は乗り入れ可能だと考えている。

Globus Tool Kitは、センターが独自に各機器にインストールする必要がある。Sun Fire 15kについては、現在作業に取り組んでおり、サービス提供に必要な知見を得つつある。128CPUから成るT3E-1200Eシステムは、現在Globus Tool Kitの対応プラットフォームには含まれていないが、本学とベンダー側の協力により、Globus 2.2を移植できる見込みである。この他、本センターが提供する32CPUのPCクラスタシステムその他、学内の研究室所属の複数のLinuxクラスタシステムがある。これらについても、各講座と協議しながら、Globus Tool Kitを導入し、各システム間での計算機資源の効率的利用を行ないたいと考えている。

Sun ONE Grid Engineは、商用ソフトウェアであり、稼働プラットフォームがSolarisとLinuxに限られる問題があるものの、グラフィックユーザーインターフェースを有し、Globus Tool Kitに比べて簡便な利用が可能である特徴がある。図1に、ジョ

²White PaperにはAIXやHP-UXなどもサポートされるとの記述があるが、現段階で供給されるバイナリはSolarisとLinuxのみである。

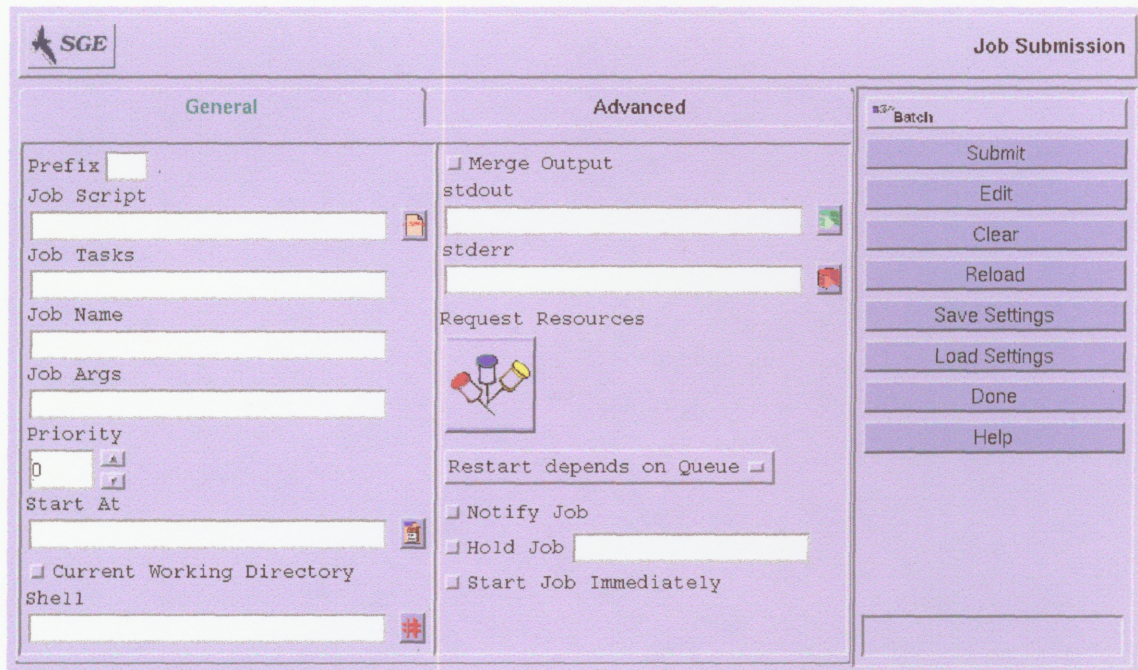


図 1: Sun Grid Engine のジョブ投入画面

ブ投入画面を示す。本学情報環境には Solaris を OS とする機器が多数有しており、台数ベースでは強力な計算能力を有している。

表 1 に、情報科学センターの現有計算機資源と、これらのミドルウェアの対応状況を示す。以上の 2 つのミドルウェアの特徴を利用し、これらを次のように目的別に分けて利用する。

Globus Tool Kit (GTK)

広範で強力なグリッド環境をユーザーに提供する。カバーできるプラットフォームが Solaris を含めて多種類にわたり、多くの計算機資源を組み込むことが可能である。また、広く用いられているため、他組織と結合する場合には非常に有用である。問題点として、利用は必ずしも簡便ではない。

Sun ONE Grid Engine (SGE)

使い易いグリッド環境を提供する。グラフィック ユーザー インターフェースを用いた簡便なジョブ投入や管理が可能であり、均一な環境下で、ユーザーに使い易いグリッド環境を提供できる。Solaris, Linux システムのみのインストールとなるため、組み込むシステムは限定される。しかしながら、本学は多数の Solaris システムを有しているため、対応プラットフォームの少なさは深刻な問題ではない。

	計算能力	GTK	SGE
Crau T3E-1200E	128CPU	開発予定	×
IBM SP/2	288CPU	△	×
Sun Fire 15k	32CPU	○	○
lss5	many (協力講座と共有)	○	○
Linux Cluster	32CPU, 学内に他のシステム有	○	○

表 1: 情報科学センターの計算資源とグリッドミドルウェアの対応状況

この他、日本原子力研究所等で開発された Stampi など、研究ベースのグリッドインフラストラクチャの整備、SuperSINET や ITBL にも接続・参加する計画である。

5.5 研究開発課題

5.5.1 本学情報環境の特徴と課題

本学情報環境システムには、超並列計算機や多数のサーバの他、一千台を超える個人用常用ワークステーションがあり、個人用常用ワークステーションのみで 1TFLOPS 以上の計算資源を有している。しかしながら、実用的なキャンパスグリッドが構築できたとしても、量として膨大な計算資源である個人用システムをグリッド環境に組み込むことは難しいと予想される。実際、東京工業大学の Titech Grid においても、専用の計算機を主な構成要素とし、Grid が本来目指す広範な計算機ノードを組み込まない、実験的システムに留まっている。キャンパスグリッドを真に実用システムとするためには、エンドユーザーが抵抗なく、グリッド環境に自分のワークステーションを組み込むことができるための仕組みが不可欠である。個人用のワークステーションをグリッド環境に組み込むことの抵抗感の原因として、メモリ負荷が原因の応答速度の低下と、自分の制御下でない他人のジョブが自分のシステムで動くことによる、不自由さ、不安さが主な原因であると考えられる。そこで、本学のキャンパスグリッドに適した技術開発として、メモリ管理機構とポリシー Grid を中心に開発する。

5.5.2 グリッドジョブを分離するメモリ管理機構

会話型処理を行なっているユーザー向けワークステーションをグリッド環境に組み込めない理由の一つとして、バックグラウンドで実行するグリッドジョブが原因

となる、会話型ジョブの応答速度の低下が考えられる。具体例をあげると、エディタを利用している場合、ユーザーがしばしば考え込むため、CPU 負荷は非常に低い。この低負荷を利用するため、グリッドジョブを実行すると、エディタのルーチンが主記憶からスワップアウトされ、主記憶はグリッドジョブによって占められてしまう。ユーザーが次に打鍵した瞬間、一旦スワップアウトされたルーチンがスワップインされてからエディット処理が再開されるため、ユーザーから見てカーソル移動などが遅く感じられる。

背後にあるグリッドジョブをユーザーに感じさせないためには、グリッドジョブが主記憶を使いすぎ、会話型ジョブをスワップアウトしないための、歯止めの仕組みを設ければ良い。実装として、メモリ管理のためのデーモンを実行する方法、カーネルのメモリ管理機構に変更を加える方法などが考えられるが、グリッドジョブと会話型ジョブを分離し、グリッドジョブがユーザージョブをスワップアウトしない機構の開発に取り組む。

開発したメモリ管理機構を、学内の個人用常用ワークステーションに適用し、ユーザーに対する応答速度などを評価する。実用上十分な応答速度を得ることができれば、学内全体の個人用常用ワークステーションをキャンパスグリッドに組み込み、1千台以上、1TeraFLOPS以上のキャンパスグリッドの構築を目指す。

5.5.3 ポリシー Grid

個人用常用ワークステーションをグリッド環境に組み込むことに対する抵抗感の別の原因として、自分のワークステーションで実行される他人のグリッドジョブを自由に制御できない不自由さ、不安さが考えられる。この結果、グリッドジョブを実行するユーザーと計算機を提供するユーザー間で、意思疎通がある範囲でしか、安心してグリッド環境を構築できない。グリッドジョブの範囲は研究室内に限られ、キャンパスグリッドの実態は「研究室内グリッド」となってしまう。

そこで、Gridの管理者が実行可能なジョブを一律に制御するのではなく、ユーザー自身が自らのポリシーに基づいて、実行可能なジョブを制御可能な、ポリシー Gridを開発する。ここで開発すべきことは、グリッドジョブの発信元、ネットワークトラフィックなどの利用可能な資源、自己のシステムからアクセスできる他システムの資源など、計算機の提供元のユーザーがポリシーを自由に定めることができ、このポリシーをグリッドジョブに適用可能とするための仕組みである。

更に、課金システムについても取り組む。現在のGridへの計算機の提供は Give&Take の関係であるが、研究科や研究室が有する PC クラスタなどの計算機資源をキャン

パスグリッドに積極的に組み込むためには、計算機の提供元に何らかのフィードバックが必要である。適切なフィードバックが成されるならば、一層広範な計算機をキャンパスグリッドに組み込むことができ、真の意味での JAIST 全体が一つの巨大な仮想計算機となる。

これらの研究開発を通して、自分のワークステーションを Grid に組み込みたいようになるための仕組みの確立を目指す。

6 まとめ

本報告では、近年注目されている グリッドコンピューティングについて簡潔にまとめた。グリッドコンピューティングのための技術や基盤ソフトウェアの開発動向について述べ、キャンパスグリッドの構築例を示した。本学情報環境の特徴を踏まえて、JAIST キャンパスグリッドの構築方針、問題点、研究開発課題、および解決の見通しを議論した。

本学の随所には、情報科学センターがサポートする機器が遍在し、統一的な環境や一元管理の仕組みが整っている。キャンパス規模のグリッド環境を構築するのに非常に良好な環境となっている。これらのシステムにグリッド環境を導入し、キャンパスグリッドを構築することにより、大規模で使いやすい仮想計算機環境をユーザーにサービスできる。

今後、この指針に従い、学内のグリッド環境を構築整備し、第一級の情報環境を提供する予定である。

参考文献

[1] <http://www.vizgrid.org/>

[2] <http://www.biogrid.jp/>

[3] <http://www.globus.org/>

[4] 今村 俊幸, 村松 一弘, 北端 秀行, 金子 勇, 山岸 信寛, 長谷川 幸弘, 武宮 博, 平山 俊雄, “ワールドワイドメタコンピューティングの試みについて”, 情報学研報, 2001-HPC-85, pp. 49-54, 2001.

[5] <http://ninf.apgrid.org/>

[6] <http://www.itbl.jp/>

- [7] <http://www.gsic.titech.ac.jp/TITechGrid/>
- [8] <http://www.cs.uh.edu/hpctools/CampusGrid.pdf>
- [9] <http://www.harris.cise.ufl.edu/>
- [10] <http://jp.sun.com/products/software/serverperf/gridware/>