

次世代 HPC インフラとしての GRID

The GRID: An Advanced Infrastructure for High-end Computing

関口智嗣*

*産業技術総合研究所

Satoshi Sekiguchi

*National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

E-mail:s.sekiguchi@aist.go.jp

1 はじめに

GRID (グリッド)とは現在、国際的に鋭意研究開発が進められている次世代のインターネット利用技術である。グリッド技術はコンピューティング技術の発展とネットワーク技術の発展ばかりではなく、これらの技術が社会的にも普及し、従来のコンピュータが占有的資産であり排他的に用いる時代から、情報資源は共有的で Give & Take により活用される資産であるという認識の変革の中で注目を集めている技術である。

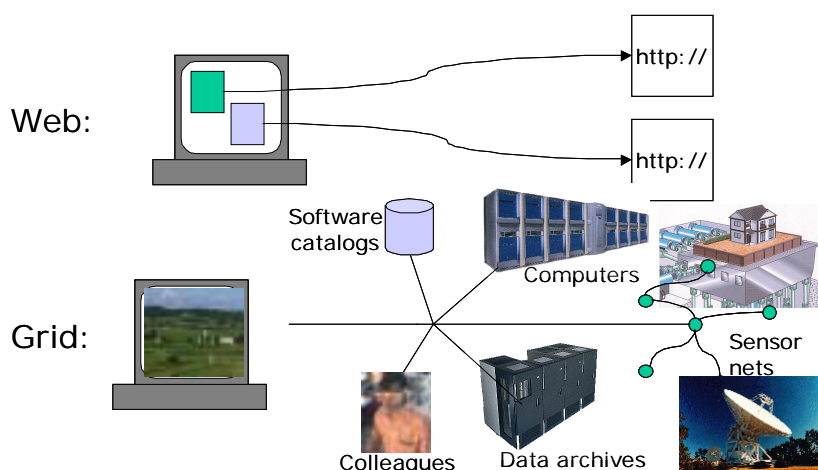
HPC (ハイパフォーマンスコンピューティング) 最近では高度コンピューティング技術として High-end Computing と称されることが多いが、大規模で高性能なコンピュータシステムに関する技術はこれまで、科学、技術、安全保障等における革新的技術革新に貢献し、自動車、半導体、環境エネルギー等の幅広い製品や社会活動におけるツールとして機能してきた。最近では、社会経済面においてもビジネス系の応用において用いられるサーバ技術の多くはHPC技術と共有されているものが多い。次世代HPCを支える大規模で高性能なコンピュータシステムはデバイスやアーキテクチャといった単体の技術革新では実現されず、複数の計算処理を行うコンポーネントを高速ネットワークで接続する技術が必須である。特に汎用CPUを高速なシステムネットワークで接続したクラスタ技術とグリッド技術は特に注目を集めている。諸外国においては国々を挙げての大型プロジェクトが盛んになってきている。米国においては2001年度予算においてクラスタ技術を含むハイエンドコンピューティングに\$255M、グリッドを含むハイパフォーマンスコンピューティングに\$630M、ディペンダブルシステムに\$98Mの研究開発投資が行われる予定である。ASCIは別枠で\$299Mである。アルゴンヌ国立研、NASA、イリノイ大、カリフォルニア大サンディエゴ校、ロスアラモス国立研究所、NIST (米国標準技術局)、フロリダ大、ブルックヘブン国立研等参加機関は多種多様である。欧州においてはグリッドを中心にした研究開発に Euro 200M 規模の投資が予定されている。

グリッド技術についてはその生い立ちが「スーパーコンピュータを高速なネットワークで繋いで大きな計算をするためのシステム」であったことから、現時点でもそのような誤解を招いているようである。本稿ではグリッド技術とは「何であって」「何でないか」を明らかに

しつつ、現状と技術動向について述べる。特に、Global Grid Forum を通じて国際標準化の活動が行われている。ここでは欧米だけでなく、日本のグリッド技術の貢献が認知されており、今後とも国際共同研究開発体制により世界のトップ集団として技術を先導できる可能性のある分野である。

2 グリッドの概要

IT革命の掛け声の下にインターネットが急速に普及してきた。携帯電話インターネット契約者は2,600万を越えている(2000年12月現在)。さらに、各家庭においても高速なインターネット接続としてISDN、ADSL、CATVにより、512Kbpsやそれ以上の速度で常時接続が可能となっており、加入者数は100万を越えている。これらを相互に接続するためのインターネットバックボーンも国内では10G級、国際間も1G級へと高速化を遂げている。これまではWorld Wide Web (WWW)がキラーアプリケーションとしてインターネットの普及に大いに貢献してきた。それ以前のネットワークではTELNET、FTPといった接続するための基本的なソフトウェアしかなかったが、WWWにより誰でもがネットワークにアクセスしてコンテンツを求めることができるようになった。グリッドはこうした高速ネットワークの普及を背景に、地理的に分散した多様な情報資源を統一的に扱うためのアクセス手段を提供するものである。WWWにおいてはHTML文書へのアクセス手段を提供してきたが、これはどちらかというと静的に与えられたデータに対するアクセスであった。これに対して、グリッドはネットワーク上のコンピュータ、記憶装置、可視化装置、大規模実験観測装置やといったハードウェアの情報資源や人的資源に対する高性能、柔軟かつ安全なアクセス手段を提供することを目指している(Figure 1)。これらの情報資源を必要なときに必要な資源に必要なだけアクセスし、自分の手元の端末を通して自由自在に操ることができるものである。



Slide: by courtesy of Ian Foster

Figure 1: The Grid: The Web on Steroids

グリッドと他のTELNET/FTP、World Wide Webとグリッドについてアクセス対象、形態、プロトコルの簡単な比較を行っておく。

- TELNET/FTP: (対象) TELNET/FTP でログインしたコンピュータ(サーバ)のみ。原則アカウントが必要。(形態) コンピュータそのものを対象として遠隔地から操作するこ

とが主たる目的。処理はすべてサーバで行う。(プロトコル) telnet, ftp。

- World Wide Web: (対象) あらかじめ用意された HTML 文書、および CGI 等による若干の動的処理。原則、アカウントは不要。(形態) クライアント - サーバ。サーバとクライアントで処理を分担。(プロトコル) 主に http。
- グリッド: (対象) ネットワークに接続されたコンピュータ、記憶装置、可視化装置、大規模実験観測装置等。セキュリティレベルに応じた認証機構。(形態) クライアント - サーバ、サーバ - サーバ、サーバ - エージェント、クライアント - エージェント等多様 (プロトコル) grid-RPC、grid-FTP、MDS 等

WWW が TELNET/FTP 等を包含したようにグリッドは WWW「も」プロトコルとして扱えるようになる。すなわち、これらは相互に対立した概念ではなくシームレスに拡張された概念である。その意味で、グリッドが狙っている機能の一部はすでに既存の技術として実現されている。しかし、グリッドは Figure 2 にあるように、様々な OS で稼働する様々な計算プラットフォームと多様な超高速ネットワークで接続される多種の情報資源を統一的なツールやインターフェースで扱うことを目指している。したがって、グリッド技術は共通横断的なグリッド用ミドルウェアの構築であると言っても良い。まさにこのことは WWW において個々の要素技術としては新規性がなかったものの、統一的な取り扱いとしてプロトコルを定めたことにより大ブレイクしたのと状況は酷似している。したがって、ミドルウェアは国際標準を目指しつつ、上位への API ならびに下位とのプロトコルと API の制定における覇権争いが重要である。しかしながら、このような大規模になったグリッド技術においてはもはや単独のソフトウェアパッケージによりすべてを支配することや、今からまったく新たにミドルウェアパッケージを作ることは困難である。

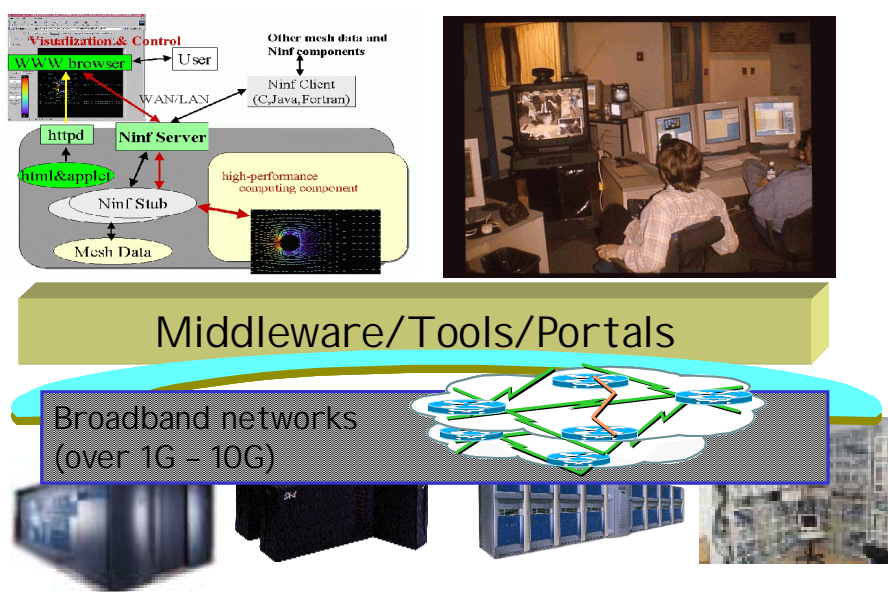


Figure 2: Grid Middleware Layer

3 グリッドの応用例

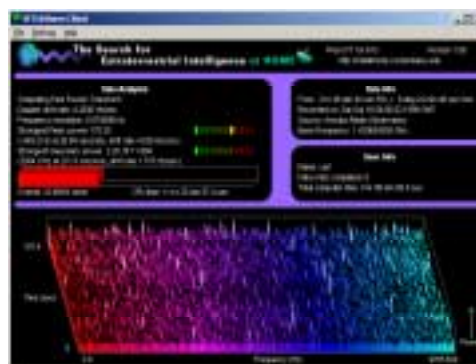
グリッド技術の研究開発はミドルウェア、プロトコルや周辺のツール群が中心であるが、もちろん応用技術の研究開発も重要である。すなわち、グリッドの利用シナリオを例示することでミドルウェアに必要な機能が整理される。主なシナリオとして下記の5種類を掲げる。

3.1 Metacomputing

世界中のスーパーコンピュータを同時に複数台使用することでこれまで実現できなかった超大規模計算を行う Metacomputing (Figure 3)。実験ではドイツ、イギリス、アメリカ、日本、台湾のスーパーコンピュータを ATM の専用線や一般のインターネット接続により同時に使用することが可能となった。通信のためのソフトウェアは MPI (Message Passing Interface) のインターネット拡張を施した PACX-MPI を用いた。しかし、時刻を合わせて各地のスーパーコンピュータを同時に使用することはあまり現実的ではない。インターネットにおける時間遅れを回避するための具体的な方策を開発する必要があり、これは非常に挑戦的な課題である。

3.2 Volunteer computing

世界中のPCなどの余剰時間を使ってこれまでできなかった発見的計算を行ってみる Volunteer computing (Figure 4)。SETI@Home や Entropia など遊休資源の一般からの提供を元にした計算手法が新しい。また、CONDOR-G のように 2500 台の PC を使用して NUG30 と呼ばれる探索型の大規模な問題を解くことができた。



Slide: by courtesy of Ian Foster

Figure 3: Metacomputing challenge Figure 4: Volunteer computing (SETI@Home)

3.3 Access Grid

遠隔地の共同研究者と同じ画面イメージ、同じ計算結果等を共有して高度な協働研究を行う Access Grid (Figure 5)。従来のテレビ会議システムとは画質、臨場感、共有ファイル等のいずれを取っても挑戦的な応用である。Multicast ネットワークによる大規模なバックボーンを構築している。SC2001 に併設して SCGlobal という Access Grid を用いた大規模実験が予定されており、産総研も Access Grid Node を構築している。

3.4 Data Intensive Computing

高エネルギー実験装置、実大規模3次元振動台、高感度望遠鏡等の超大型実験施設から得られるデータを遠隔地からアクセス、処理を行うことで大規模科学を遂行する Data Grid (Figure 6)。一般に Data Intensive Computing と呼ばれ、大規模かつ地理的に制約があり

移動することのできない実験観測装置等から得られる大容量データを処理して解析を加える場合、高速なネットワークでデータを配信し、大容量ストレージに格納する。現在、最もグリッドらしい応用のひとつである。2005年に完成予定のCERNのLHCから年間1ペタバイト以上のデータがイベントとして得られることになっており、これに世界中の物理学者が解析に取り組む予定であり、欧州ではData Grid、米国ではGriPhyNと呼ばれる大規模なプロジェクトとなっている。



Figure 5: Access Grid

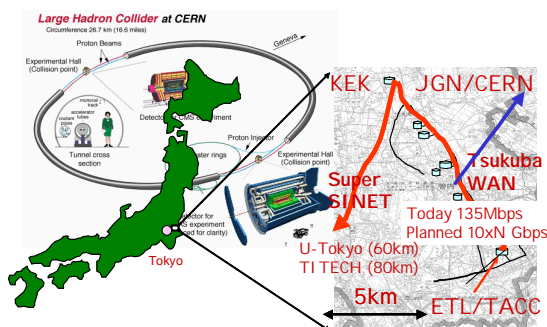


Figure 6: Data Grid

3.5 Grid ASP/Grid RPC

スーパーコンピュータや高性能PCクラスタなどに整備された高精度・高機能ライブラリ、アプリケーションソフトなどがある短時間だけ利用するような grid ASP (Figure 7)。

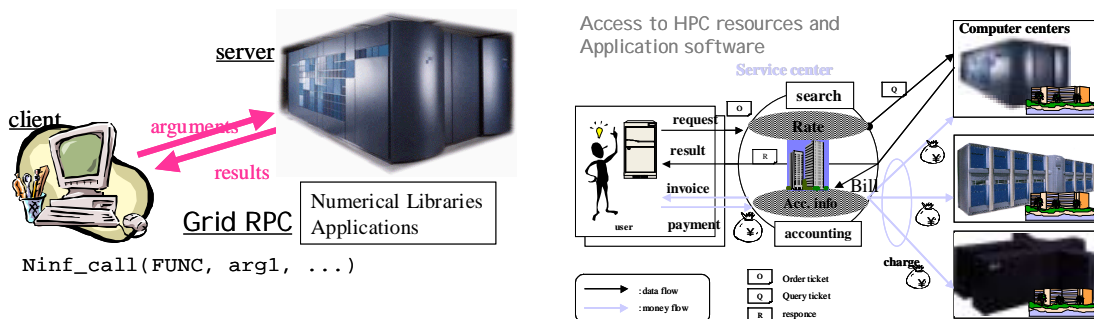


Figure 7: grid RPC and grid ASP

Grid-RPC は産総研の Ninf と呼ばれるインターネットを経由した遠隔実行の標準化ならびに拡張である。Ninf と同時期に開発されていた米国テネシー大の Dongarra 氏らのグループと共通のコンセプトである部分を grid-RPC として標準化を目指している。この基本機能を用いて、grid ASP (Application Service Provider)の構築が可能となる。例えば自作のプログラムであればその一部を遠隔ライブラリ呼び出しとして実行し高速かつ高精度な計算が可能となる。または、特定のパッケージ化されたアプリケーションを Web Browser から呼び出し、必要なパラメータを与えるだけで自動的に最適な計算機資源を選択し結果を戻すことができる。ここで、コストの概念を入れることで、スーパーコンピュータのように時間単価が高価だが高速なものやPCクラスタのように安価に計算を実行する選択が可能となる。なお、grid ASP は高速性が得られることだけがメリットではなく、高品質なソフトウェアの維持コストが低減すること、稀にしか用いられない関数ライブラリ等を集中管理でき即座に使えること

などがある。

4 おわりに

グリッド技術について「スーパーコンピュータを繋いで云々」や「余っているパソコンを繋いで云々」という側面だけから「特段の新規性がない」とか「社会的に現実味がない」という批判がある。確かに、個々のアプリケーションシナリオを検討してみると既存の技術の組合せで実現可能なものが多いことも事実である。実際、PACX-MPI などそのままでグリッド技術と呼ばれないかもしれない。しかし、個々のアプリケーションを個々に作成していたのであれば、アプリケーション毎に認証モジュール、データ授受プロトコル、リソースデータベース、スケジューラ等を作る必要がある。ネットワークを利用して、様々な情報資源にアクセスして利用しようとするれば共通に利用できる基盤を整備しておくことが、ソフトウェアの開発や維持に貢献する。その横断的に考えた共通基盤とその実現がグリッド技術である。

グリッド技術の標準化と国際的協力関係の下、共同でグリッド技術に関する情報交換を行うフォーラムが設置された。これまで、Grid Forum として米国を中心に5回開催された。この間、ヨーロッパにおいて eGrid が立ち上がり、また2000年6月に Asia-Pacific における Grid インフラとしての ApGrid が立ち上がった。欧米での Grid の立ち上がりとそれぞれに巨額な予算が手当てされ、その勢いはアジア太平洋の各国にも欧米いずれかへの所属を迫るものであった。しかし、ApGrid により、アジア太平洋諸国は独自の国際学術ネットワークである APAN を中心にひとつのテストベッドを構築することとなった。こうして、米・欧・亜の3極体制を整えることにより、日本を含めたアジア・太平洋地区からの Grid に対する技術発信を行う橋頭堡を築くことができた。これらは Global Grid Forum において世界における統一的なグリッドインフラを議論し制定する場へとつながっている。

謝辞 本稿執筆の機会を与えていただいた東京大学荒川忠一教授、理化学研究所姫野龍太郎博士に感謝いたします。産業技術総合研究所、東工大、高エネ研、筑波大他、日頃よりグリッド技術について熱心に取り組んでいる共同研究者各位に謝意を表します。

参考 URL

- ・ GLOBAL GRID FORUM: <http://www.gridforum.org/>
- ・ Asia Pacific Grid: <http://www.apgrid.org/>
- ・ Ninf project: <http://ninf.apgrid.org/>
- ・ GLOBUS project: <http://www.globus.org/>
- ・ NetSolve <http://www.cs.utk.edu/netsolve/>
- ・ APAN: <http://www.apan.net/>
- ・ PACX-MPI: <http://www.hlr.de/organization/pds/projects/pacx-mpi/>
- ・ CONDOR: <http://www.cs.wisc.edu/condor/>
- ・ SC2001: <http://www.sc2001.org/>
- ・ SC Global: <http://www.Netscglobal.org/>