

グリッドコンピューティングの技術動向

Technical Trends on Grid Computing

産業技術総合研究所 グリッド研究センター

伊藤 智 satoshi.itoh@aist.go.jp

グリッドコンピューティング

グリッドコンピューティング（あるいは単にグリッド）は、複数の分散した情報資源（計算機、データベース、観測装置、会議室など）を複数の人で共有することができる仕組みを提供する。電気・水道・ガスなどと同様に、情報コンセントに接続するだけでいつでもどこでも必要なときに必要なだけ情報資源を利用することができる新たな社会インフラとしてグリッドは期待されている。その実現に向けて、グリッド技術の研究開発と標準化策定が、現在も並行して進められている。

本稿では、現在のグリッドのさまざまな利用例を元に、グリッドにおける技術要素と、その標準化動向について述べる。

標準化と実装

現在、グリッド技術の標準化はGGF（Global Grid Forum）¹⁾にて進められている。GGFは、1999年に米国を中心に始まったGrid Forumにヨーロッパ、アジア諸国が加わり2000年11月に組織されたグリッドに関する唯一の国際的標準化団体である。

GGFには7つのエリア^{☆1}があり、エリアごとに設置されたワーキンググループ（WG）とリサーチグループ（RG）が標準化活動の主体である。WGは仕様書、ガイドライン、推奨事項といったドキュメントの提供を目指し、非常に特定の技術に焦点を当てている。RGでは勧告を出すには時期尚早なテーマについて、長期的に議論

を進めている。年に3回の頻度で会合が開かれており、今年の3月には第7回目の会議GGF7がアジアで初めて東京で開催された。

GGFで標準化に向けた活動が進められる一方で、ソフトウェアの開発は個別のプロジェクトで進められている。Globus Toolkit²⁾はある種のデファクト標準として有名である。Globus Toolkitは、米アルゴンヌ国立研究所と南カリフォルニア大学を中心に、米国の大学、IBM社、マイクロソフト社といった企業も参加するGlobusプロジェクトチームによって開発されている。2002年10月にリリースされたGlobus Toolkit 2.2が最新版である。

2002年2月にカナダのトロントで開催されたGGF4において、GlobusプロジェクトとIBM社がグリッド基盤の新しいアーキテクチャOGSA（Open Grid Services Architecture）を提案して以来、グリッドのコミュニティには大きな変化が訪れている。OGSAはSOAP、WSDLなどのWebサービス技術を基本とし、グリッドのすべての機能をサービスとして提供するコンセプトである。以降、1年に渡って、議論が急速に進められ、OGSAの基本部分であるOGSI（Open Grid Services Infrastructure）についての仕様の第1版がこの3月にGGFへ提出された。また、図-1に示すように、OGSAをベースにしたグリッド技術の標準化を検討するWGが数多く設立された。

Globusプロジェクトでも、OGSAに対応したミドルウェアGlobus Toolkit 3.0（GT3）の開発を進めている。2003年1月にはOGSI部分を実装したGT3 α版を公開している。Globusのほかにも、欧州のUNICOREプロジェクトなどがOGSAの実装を行っている。OGSAの

☆1 エリア名称: (1) Applications, Programming Models and Environments, (2) Architecture, (3) Data, (4) Security, (5) Information Systems and Performance, (6) Peer-to-Peer, (7) Scheduling and Resource Management

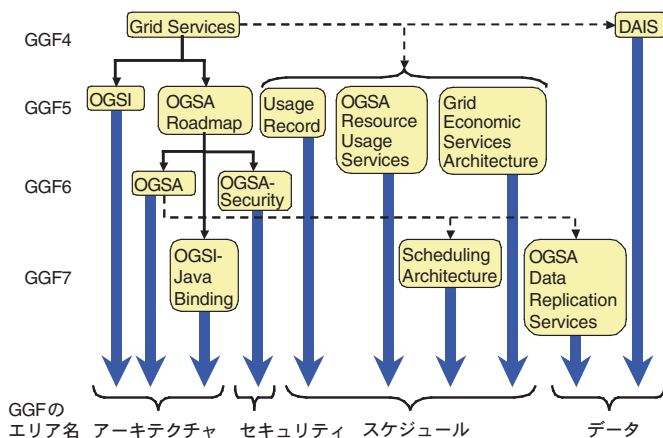


図-1 GGF 内における OGSA に関連した主要な WG

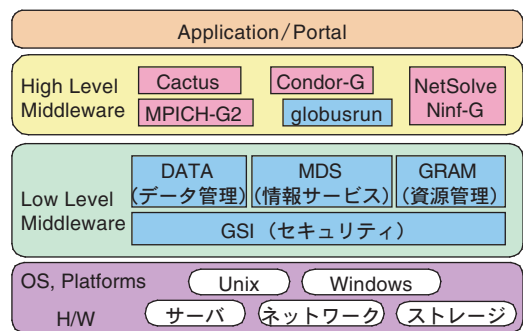


図-2 Globus Toolkit 2.2 とその周辺技術。青色の部分が Globus Toolkit のコンポーネント。桃色の部分が Globus Toolkit と連携を図っている他のプロジェクトによるソフトウェア

詳細については、本特集の「Web サービスと OGSA」を参照されたい。

OGSA についての標準化とソフトウェアの実装は進行中の作業であり、グリッドを道具として利用したいプロジェクトにとって、OGSA はまだ使える状況には至っていない。多くのグリッドプロジェクトでは Globus Toolkit 2.2 が現役である。Globus とその周辺技術のソフトウェアレイヤを図-2 に示す。

グリッドの活用と技術要素

グリッドのミドルウェアとしては、Globus Toolkit がある種のデファクトとなっているが、Globus Toolkit だけを用いてグリッドを運用するのはそれほど容易ではない。その理由は、図-2 に示すように、Globus Toolkit がプラットフォームに直結した資源管理、資源情報サービス、データ管理の機能といった、グリッドにおけるプリミティブな機能だけを用意しているためである。現在米国では、グリッドのためのミドルウェアをパッケージ化する NMI (NSF Middleware Initiative) プロジェクトが進められている。他のグループで開発されているさまざまなツールをコンポーネントのように組み合わせて利用することによって、効率的で簡便なグリッド環境の構築と運用が可能となる場合が多い。本章では、グリッドのさまざまな利用のケースを示しつつ、グリッドの要素技術を紹介する。

■メタコンピューティング

グリッド環境で接続された計算機を複数利用し、1 台では扱えない大規模な問題を解く試み、すなわちメタコンピューティングは、グリッドの注目を集める利用方法である。

MPI (Message Passing Interface) を用いた複数の

計算機間での並列処理は、メタコンピューティングの 1 つの実施方法である。HLRS (High Performance Computing Center Stuttgart) で開発された PACX-MPI や、米アルゴンヌ研究所などで開発された MPICH-G2³⁾ は、複数計算機間での MPI を実現するミドルウェアの例である。これらのミドルウェアの多くは、計算機内ではベンダ提供の MPI を用い、計算機間は TCP/IP により通信を実装している。これらのミドルウェアを用いることにより、MPI で開発された並列プログラムを、大きな変更を加えずに、グリッド環境で稼働させることができる。

最近では、Globus Toolkit を用いてグリッド環境を構築しているグループが多いため、MPICH-G2 のように、Globus との連携を図り、Globus の資源管理やセキュリティを利用するミドルウェアが増えてきている (図-3 参照)。

ヘテロな計算機群での並列計算実現を目的とした問題解決環境に Cactus がある。元々は、相対性理論の数値解法実現のために開発されたものであるが、多くのユーザグループと企業からのサポートがあり、PC からスーパーコンピュータまでさまざまなプラットフォームで利用可能となり、適用分野も拡大してきた。この Cactus もまた、MPICH-G2 を介して Globus へ対応するようになっていく。

Globus Toolkit は現在 OGSA への対応を進めているため、MPI を実現するミドルウェアも GT3 および OGSA への対応を進めていくと予想される。メタコンピューティングの分野では実行性能の高さが求められるため、GT3 への性能面へのフィードバックが期待される。

■ハイスループットコンピューティング

多数の処理をグリッド上の計算資源に分散し、高速に実行する方法は、グリッドの最もシンプルな活用方法

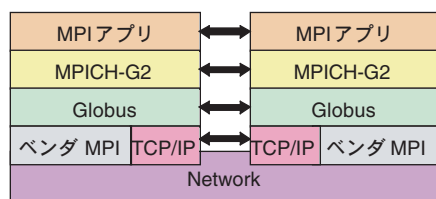


図-3 MPICH-G2 と Globus の関係

である。具体的な実現方法としては、多数のジョブをスケジューリングして複数の資源に投入する方法と、RPC (Remote Procedure Call) と呼ばれる、遠隔の計算機に処理を依頼する方法が挙げられる。

Globus Toolkit にも、ローカルな資源に対してジョブを作成する機能はあるが、RSL (Resource Specification Language) と呼ばれる煩雑な API でジョブの情報を指定しなければならない。また、資源を複数同時に確保する機能 (DUROC: Dynamically Updated Request Online Co-allocator) はあるが、資源間におけるジョブの負荷分散を行うスケジューリング機能はない。ローカルな資源に対するジョブマネージャと、資源間の動的負荷分散を行うスケジューラを Globus と組み合わせることが、ハイスループットコンピューティングの簡便な実現方法である。

ローカルなジョブマネージャとしては、プラットフォームコンピューティング社の製品である LSF (Load Sharing Facility) や、元々 NASA のために開発され商品化も進んでいる PBS (Portable Batch System) などがある。一方、Globus の上位に位置し、資源間の動的負荷分散を含めたスケジューラとしては、ユーザ要求と資源のマッチングを図る米ウイスコンシン大学開発の Condor-G や、課金情報とジョブの終了期限などを条件として資源探索とスケジューリングを行う豪モナシユ大学開発の Nimrod/G などがある。これらも Globus の資源管理機能との接続が可能である。

今後もさまざまな付加価値を持ったスケジューラが開発されるに違いないが、他のソフトウェアとの接続やサイト間の連携をスムーズに行うため、標準化は避けて通れない。ジョブの記述言語や、リソースの共通的な記述方法などが、OGSA をベースに議論され始めている。

一方、グリッド環境上での RPC (GridRPC) を用いることにより、グリッド環境に接続されたスーパーコンピュータ、専用計算機など、希少な計算資源の共有、お

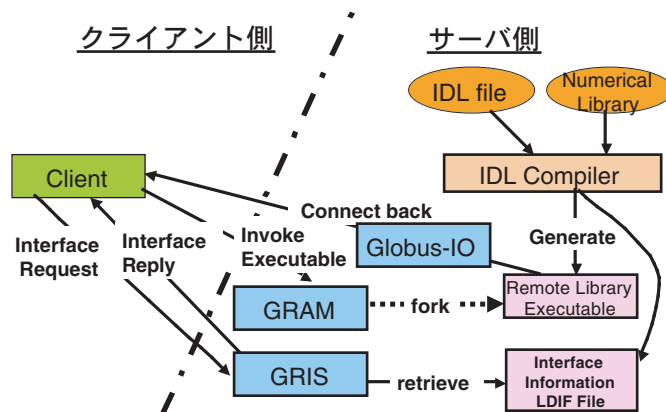


図-4 Globus を利用した Ninf-G アーキテクチャ。青色の部分が Globus のコンポーネント⁴⁾

よび複数資源への分散実行による処理高速化などを図ることができる。GridRPC を用いると、マスタースレーブ型の並列/分散プログラムを開発することも可能であり、前節で述べたメタコンピューティングも実現することができる。

GridRPC としては、産総研を中心とするグループによる Ninf-G⁴⁾ と、米テネシー大学の Dongarra らのグループによる NetSolve が代表的である。Ninf-G も NetSolve も、Globus のコンポーネントとの連携が可能のように設計されている。図-4 に、GRIS (Grid Resource Information Service)、GRAM (Grid Resource Allocation & Management)、Globus-I/O など、Globus の機能を利用した Ninf-G のアーキテクチャを示す。

Ninf-G と NetSolve に共通するコンセプトを中心に、GridRPC の API 仕様が策定されている。昨年の 10 月以降、GGF6 と GGF7 の 2 回の会議で連続して GridRPC の BOF が開かれ、仕様の国際的標準化に向け WG が設立された。

■メガコンピューティング

アイドル状態にある世界中のパソコンを利用して、さまざまなデータ解析が進められている。SETI@home や (株) NTT データによる Cell Computing はその具体例である。これらの詳細については、本特集の「PC グリッドの現在と展望」を参照されたい。

■グリッドポータル

前節まで、計算が主体のグリッドを紹介してきたが、グリッドの環境やアプリケーションによって、プログラミングや実行方法がさまざまである。シミュレーションの結果を得たいユーザにとっては、このような煩雑さを避けたい場合が少なくない。ポータルは、一度のログインで複数のサイトへのアクセスを可能にするシングルサインオンなどを活用し、グリッド上のさまざまな資源、



サービスの利用を簡便にすることができる。最もユーザーサイドに近いグリッド技術である。

計算資源そのものへのアクセス手段を提供するポータル例としては、NPACIのHotPageが挙げられる。グループ内の計算資源の利用状況を見て、ジョブを空いているマシンに容易に投入することができる。

計算資源そのものではなく、機能へのアクセスを提供するポータルもユーザーにとっては有用である。産総研TACCで公開が始まったQCGrid/Gaussian Portalは量子化学計算ユーザー向けのポータル例である。

ポータルは、単なるサービスの入り口ではなく、スケジューリング、過去の計算結果の検索や比較、複数のサイトのサービス連携などの機能を加えることによって、さらに利便性を向上することができる。

Webサービスの世界でもポータルに関する技術開発は進められており、WSIA (Web Services for Interaction Applications)、WSRP (Web Services for Remote Portals)、WSXL (Web Services eXperience Language) など、さまざまな仕様が共存している状態である。グリッドがOGSAベースになるに従い、グリッドポータルの技術も将来的にはWebサービスにおけるポータル技術を用いていくと予想される。グリッドのコミュニティでは、Webサービスにおけるポータル技術の標準化動向をにらみつつグリッドポータルを構築していくことになるだろう。

■データグリッド

高エネルギー物理学や天体物理、バイオインフォマティクスなどの分野では、測定されたデータの共有に対するニーズが高い。観測装置の数が少ないが得られるデータが膨大な場合や、装置の数が多くても測定対象が非常に多いためにデータが膨大となる場合には、解析に大勢の研究者の協力が必要となる。このように、情報資源として膨大なデータに焦点を当てたグリッドをデータグリッドと呼ぶ。

具体的にデータグリッドを構築しているプロジェクトの例としては、CERNなどの実験物理を中心とした欧州の研究機関によるDataGridプロジェクトや、米国内の大学および公的研究機関を中心に、高度物理学におけるデータ解析技術の研究開発を進めるGriPhyN (Grid Physics Network) プロジェクトなどがある。国内でもバイオインフォマティクスや高エネルギー物理学の分野について、グリッドのプロジェクトが進められている。これらの詳細は本特集の「バイオグリッドプロジェクト」「スーパーコンピュータネットワークの構築」と「高エネルギー物理学におけるグリッド技術の応用」を参照されたい。

科学技術の分野では、データサイズが大規模でWrite

Onceという性質を持っている場合が多い。大規模であるが故に、1個所に集中できず、分散ファイルとして取り扱うニーズがある。この特徴を活かしたグローバル分散ファイルシステムとして、Gfarm (Grid Data Farm) システムがある。Gfarmシステムの開発は、産総研、高エネルギー加速器研究機構 (KEK)、東大素粒子物理国際研究センター (ICEPP)、東工大の共同研究からスタートした。この4月に、Gfarmバージョン1.0β版をWebサイト (<http://datafarm.apgrid.org>) にて公開した。

一方で、グリッド上でのデータベースの取扱いについても研究開発が進んでいる。英国e-サイエンスセンターやIBM社、ORACLE社が中心となり、リモートデータベースへのアクセスと分散統合処理を行うミドルウェアを開発しているのがOGSA-DAI (Open Grid Services Architecture Data Access and Integration) プロジェクト⁵⁾である。OGSA固有のコアサービスとしてDB (RDBとXMLDB) へのリモートアクセス手段の提供を目的とし、現在、GT3α版上で稼働するソフトウェアをリリースしている。

ソフトウェアの実装とともに、GGFでの標準化も並行して進められている。DAIS (Database Access and Integration Services) -WGは、リモートデータベースへのアクセスと分散統合処理のための仕様を定めることを目的としている。GGF7では、リモートデータベースへのアクセスの仕様をほぼ固めたところであり、今後、分散データベース問合せやアクセスセキュリティ、データの転送などに議論が移っていくと予想される。

ビジネスの分野でも、大規模なデータ処理、データ共有はニーズが高い。石油などの地球資源探索、衛星写真や航空写真を利用した地図情報処理、市場分析やサービス向上のための顧客データ管理などは代表的な例である。ビジネスにおけるデータグリッドの活用は海外においても始まったばかりであるが、商用ソフトウェアがAVAKI社から提供されるなど、今後の発展が期待される。

■アクセスグリッド

アクセスグリッドは、グリッド上のヒューマンインタラクション支援を目的とした、米アルゴンヌ国立研究所が中心のプロジェクトおよびソフトウェア。遠隔地の研究者と視覚・聴覚のイメージを共有することにより、高度な共同研究を行うことができる。

従来のテレビ会議システムに対し臨場感が良いほか、コモディティPCとソフトウェアで実現している点が大きく異なる。このため、画面やカメラ、マイクの数容易に増やすことができ、任意の規模のアクセスグリッドノードを構築できる。また、IPマルチキャストと広帯

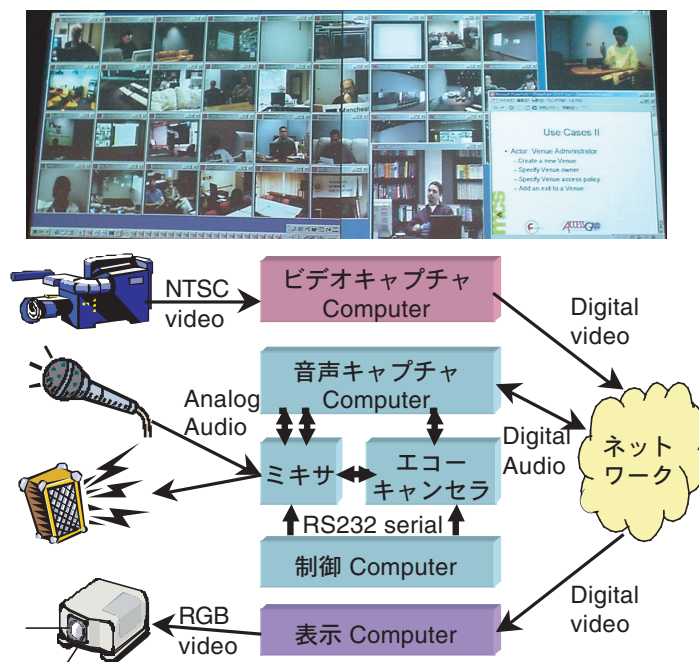


図-5 アクセスグリッドの基本コンポーネントとアクセスグリッドを用いた会議の様子

域のバックボーンを用いることにより、高いスケーラビリティを実現しており、数十以上の地点でのコラボレーションが可能となっている。図-5 にアクセスグリッドの基本コンポーネントとアクセスグリッドで得られた映像の例を示す。

2001 年 11 月デンバーで行われた SC2001 では、アクセスグリッドを用いたある意味グローバルな国際会議 SC Global が併設され、北米だけでなく、ヨーロッパ、アジア（日本からは産総研、東工大、九大）などから 40 以上のサイトがネットワーク越しに参加した。複数のサイトの参加者によるパネルディスカッションなど、グリッドならではのプログラムが催された。以後、GGF、iGrid などの国際会議でもアクセスグリッドは活用され、会議場に行かずとも遠隔地から会議に参加することが可能になってきた。SC2002 では開催されなかったが、SC2003 では SC Global が開催予定である⁶⁾。

活用が盛んになり、In-SORS 社や（株）グリッド総合研究所など、アクセスグリッドのソフトウェアやノードの販売を始める企業が現れた。

アクセスグリッドのソフトウェアとして、これまでの AG 1.X に代わる Access Grid Toolkit 2.0 が開発中であり、現在、β版が公開されている。また、GGF の ACE (Advanced Collaborative Environments) -WG で

は、アクセスグリッドなどの知見を反映させた Security Requirements 文書が作成されている。

今後の動向

現在、グリッド技術の標準化は OGSA を中心に進んでいる、というのが素直な印象である。さまざまな大学、研究所、ソフトベンダ等が OGSA を支持し、新しい基盤の上での開発が始まっている。Globus Toolkit を対象に連携を行ってきた多くのソフトウェアも、OGSA への対応が迫られている。OGSA/GT3 へとグリッドのミドルウェアが移行するにあたり、GT2 を用いたグリッドの実績はある種のリファレンスとなり、機能向上、性能向上が図られていくことが期待される。

謝辞 日頃、グリッド技術の最新状況についてご教示いただくグリッド研究センターのメンバに感謝します。

参考文献

- 1) GGF, <http://www.globalgridforum.org/>
- 2) Globus Toolkit, <http://www.globus.org/>
- 3) MPICH-G2, <http://www3.niu.edu/mpi/>
- 4) Ninf-G, <http://ninf.apgrid.org/>
- 5) OGSA-DAI, <http://www.ogsadai.org.uk/>
- 6) SCGlobal, <http://www.sc-conference.org/sc2003/global.html>
(平成 15 年 4 月 28 日受付)

