

大規模 FEM 解析を目指した Linux と Windows

混在環境におけるグリッドコンピューティング

A grid computing system with Linux and Windows for large-scale FEM analysis.

三上市藏¹・宮辻和宏²・竹原和夫³・丹羽量久⁴

Mikami Ichizou, Miyatsuji Kazuhiro, Takehara Kazuo, and Niwa Kazuhisa

抄録: 近年、現有のコンピュータ環境をそのまま用いて、コンピュータ資源を共有するグリッドコンピューティングが注目されるようになってきた。本研究では、コンピューティンググリッドに焦点をあて、大規模有限要素解析システムの構築を目的に研究を行った。多くの PC が Windows 環境にあるので、これもクライアントとして使用するために VMware Workstation を使用し、ゲスト OS の Linux をクライアントにした。ジョブの実行には RSL を用いてスクリプトを作成し、使用した。Linux と Windows を両方使用したグリッドコンピューティングの環境の構築、ジョブの実行方法について述べた。

キーワード: グリッドコンピューティング

Keywords : Linux, Windows, Globus toolkit, VMware Workstation, Resource Specification Language, MPICH-G2

1. まえがき

近年、土木工学の分野において取り扱われる問題は大規模化・複雑化してきている。問題の規模が大規模になると単体のコンピュータではスーパーコンピュータでも処理できない。そこで、このような問題を処理する方法の一つとして、ネットワークで接続された複数のコンピュータを同時に使用するグリッドコンピューティング¹⁾が考えられる。

グリッドコンピューティングは大規模な演算処理を行うことを目的としたコンピューティンググリッド²⁻¹⁰⁾、膨大なデータを地理的に離れた場所に保存し、利用するデータグリッド^{11,12)}、抽象化したサービスとして提供するビジネスグリッドなどに分類^{13,14)}できる。本論文ではコンピューティンググリッドに焦点を当てる。その中でもコンピューティンググリッド技術を用いて構造解析を行うことを考える。

本論文では企業や研究機関などで特別な費用をかけずに大規模な構造解析を行うために、ローカルエリアネットワーク内に接続された現有の PC 群を利用してコンピューティンググリッドの環境を構築する。通常のクライアントでは OS として Linux が利用されているが、OS が Windows である PC が多いので、これらもグリッドコンピューティングシステムのクライアントと

して使用することを考える。すなわち、Linux と Windows のクライアントが混在するシステムを実現する

2. コンピューティンググリッドシステム

(1) ハードウェア

本論文では、研究室のイントラネット内にコンピューティンググリッドシステムを統括するサーバを 1 台とクライアントを 6 台設置して、グリッド環境を構築した(図-1)。グリッド環境を構成する PC のスペックの詳細を表-1 に示す。

OS はサーバに Linux (Redhat Linux Enterprise ES) を使い、クライアント 6 台のうち 3 台には Linux (Redhat Linux Professional WS) を搭載し、残りの 3 台には Windows (Windows XP Professional) を搭載した。Windows 搭載クライアントには仮想エミュレータ VMware Workstation 4.5 を導入してゲスト OS として Redhat Linux 9 を搭載した。サーバではクライアントよりも負荷の大きい処理を行うので、CPU を高速のものにした。ネットワークには Gigabit LAN ケーブルと Gigabit に対応した HUB を使用した。

(2) ミドルウェア

a) Globus Toolkit¹⁾

グリッド環境を構築するために The Globus Project が

1 : フェロー 工博 関西大学 教授 工学部都市環境工学科

(〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35, Tel : 06-6368-1121, E-mail : mikami.ichizou@civil.kansai-u.ac.jp)

2 : 学生員 関西大学大学院 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)

3 : 正会員 工修 JIP テクノサイエンス(株) 橋梁技術部 (〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 2 丁目 12 番 11 号)

4 : 正会員 工博 JIP テクノサイエンス(株) 事業開発部 (〒135-0016 東京都江東区東陽 2 丁目 4-24)

表-1 グリッド環境構成 PC のスペック

No	1	2~4	3~6
ホスト名	grid01	grid02~grid04	grid05~grid07
役割	サーバ	クライアント	
CPU	PentiumIV 3.4GHz	PentiumIV 2.8GHz	
RAM	2GB	1GB	
HDD	160GB	80GB	
ホストOS	Redhat Enterprise ES	Redhat Professional WS	Windows XP professional
仮想エミュレータ			VMware Workstation 4.5
ゲストOS			Redhat Linux 9
ネットワーク	Gigabit Ethernet		

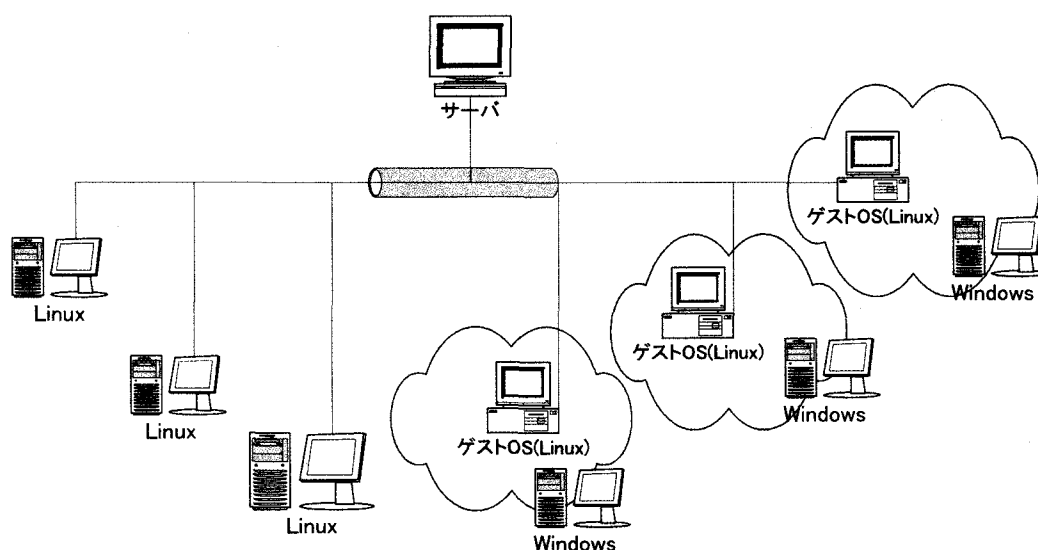


図-1 グリッドコンピューティング環境

開発したミドルウェア Globus Toolkit Version3.0を使用した。Globus Toolkit はグリッドコンピューティングのための資源管理機能、ユーザ認証機能、通信ライブラリなど基本的な機能を備えている。Globus Toolkit Version3.0の実装環境には root ユーザ、インストールや環境設定を行う globus ユーザ、一般利用ユーザを作成する必要がある。Globus Toolkit Version3.0 は Linux, Windows ともに対応しているが、Windows での利用は web サービスのみに限定され、telnet や FTP には対応していない。

Globus Toolkit をインストールする前に J2SE, Ant, Junit のソフトウェアをインストールしておく必要がある。

b) 認証局の構築¹⁾

Globus Toolkit を使用するには証明書を取得する必要がある。本研究では Globus Alliance の提供する Simple CA を使用してサーバ上に認証局 (Certificate Authority, 以下 CA) を構築した。Simple CA は、あくまで

もテスト用の位置づけなので、本格的な運用には向かないが、大規模なネットワークを使用しない小規模なグリッド環境であれば問題なく使用できる。

c) 証明書への署名¹⁾

Globus Toolkit を用いて構築したグリッドコンピューティング環境では、表-2 に示すユーザ証明書、ホスト証明書、LDAP 証明書、CA 証明書、プロキシ証明書の5つの証明書を使用してユーザの認証を行う。図-2 にこれらの証明書を用いて認証を行う流れを示す。まず、ユーザ秘密鍵を用いてプロキシ証明書を作成する。その際にプロキシ証明書内に新証明書と新秘密鍵の作成、ユーザ証明書の挿入が行われる。次にユーザ証明書と新証明書がサーバに送信される。渡されたユーザ証明書とサーバ内の CA 証明書を使用し、登録されているかを確認し、ユーザ証明書からユーザ秘密鍵に対する公開鍵を取り出す。取り出した公開鍵を使用し、新証明書の真正性を確認したら、真証明書から取り出した新秘密鍵を用いて

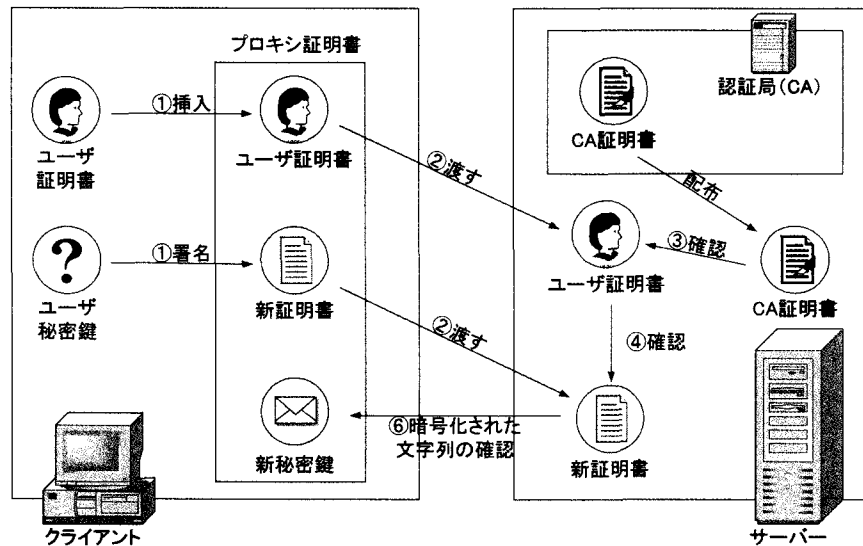


図-2 認証の流れ

表-2 証明書の説明

証明書名	説明
ユーザー証明書	クライアント用の証明書. この証明書は公開鍵であり, 対となる秘密鍵からなるプロキシ証明書を作成する
ホスト証明書	GRAM, GridFTPの認証にサーバ側で必要となる証明書
LDAP証明書	MDSの認証にサーバ側で必要となる証明書
CA証明書	上記の証明書を保障するために証明を行ったCAの証明書
プロキシ証明書	クライアントがサーバとの認証に使用する証明書. ログインコマンドを実行するとユーザー証明書, 新証明書, 秘密鍵を作成する. これらをまとめたもの.

クライアント側の新秘密鍵との真正性を確認し, 認証作業を終了する.

(3) アプリケーションソフトウェア

本研究では並列計算をグリッドコンピューティング環境で行うためのツールとしてMPICH-G2¹⁵⁾を使用する. MPICH-G2はGlobusToolkitのジョブ管理機能やセキュリティ機能を使用して, MPI(Message Passing Interface)アプリケーションを実行させることができる. MPICH-G2はサーバおよびすべてのクライアントにインストールし, 設定を行っておく必要がある.

3. ゲスト OS Linux の使用

前述したようにGlobus Toolkit Version3.0はLinux, Windowsの両方に対応しているが, Windowsに対してはwebベースのサービスにのみ限定され, telnetやFTPには対応していない. 本研究ではGlobusを用いた並列計算を行うために, Windows上にVMware Workstation 4.5を導入し, ゲスト OS Redhat Linux 9を使用する.

これにより, クライアントが6台構築される. VMwareのネットワーク接続形式はブリッジ接続を用い, ホストOSとは別の

IPアドレスをゲスト OS に与えることで, 外部からLinuxクライアントに直接接続できるように設定した. VMware Workstation version 4.5ではLinuxクライアントで使用するメモリの容量とハードディスクの容量を前もって決定しておく必要がある.

なお, VMware Workstationを使用するので, グリッドコンピューティングとしてLinuxクライアントを使用するのと並行して, Windows上で他の作業を行うこともできる.

4. ジョブの実行方法

Globus Toolkitを用いたグリッドコンピューティングではRSL(Resource Specification Language)で記述されたRSLファイルというスクリプトを作成し, ジョブを実行することで, 並列処理を行うことができる.

まず, MPIによって並列化の記述を施したプログラムを並列計算プログラムの用のコンパイラを用いてソースプログラムをコンパイルする. プログラミング言語にFortranを使用した場合は以下のようにmpif77またはmpif90を使用する.

```
# <MPICH_INSTALL_PATH>/bin/mpif77 -o
xxx.f
```

ただし, xxxはフォースプログラムファイル名である.

MPICH-G2を用いて並列処理を行うクライアントを登録するため, 使用するクライアントを示した"machines"ファイルを作成する.

```
machines ファイル
"grid01.civil.kansai-u.ac.jp" 1
"grid02.civil.kansai-u.ac.jp" 2
```

"machines" ファイルに基づいて、以下のコマンドを使用して基本となる RSL ファイルを作成する。

```
# <MPICH_INSTALL_PATH>/bin/mpirun  
-np N -dumprsl > ファイル名.rsl ; cat ファイル  
名.rsl
```

ただし、N は使用するクライアントの台数である。

作成された RSL ファイルは記述されている設定がすべてサーバと同じになっているので、サーバとクライアントとで Globus Toolkit のインストールディレクトリが異なる場合や入出力ファイルが異なる場合はそれぞれのクライアントごとに設定を修正する必要がある。

グリッドコンピューティング環境にシングルサインオンし、mpirun コマンドを使用して、ジョブを実行する。

```
# <MPICH_INSTALL_PATH>/bin/mpirun  
-globusrsl ファイル名.rsl
```

5. あとがき

本論文では企業や研究機関などで特別な費用をかけずに大規模な構造解析を行うために、ローカルエリアネットワーク内に接続された既存の PC 群を利用してコンピューティンググリッドの環境を構築した。並列処理を行うために Globus Toolkit を用いた。多くの PC が Windows 環境にあるので、これもクライアントとして使用するために VMware を使用した。

参考文献

- 1) 日本アイ・ビー・エムシステムズエンジニアリング(株):グリッドコンピューティングとは何か, Globus Toolkit ではじめるグリッドの基礎, ソフトバンクパブリッシング株式会社, 2004.4.

- 2) 柴田良一, 林憲一, 山方和昭, 澁谷寿夫: Sun ONE Grid Engine と KNOPPIX を用いた教育用 PC 群による大規模グリッド構築に関する基礎的研究, 情報処理学会第 66 回全国大会, 情報処理学会, pp.69-72, 2004.3.
- 3) 合田憲人, 夏目亘: Grid 計算環境上での数値最適化問題求解のためのアプリケーションスケジューリング, 情報処理学会並列処理シンポジウム JSP2002, 情報処理学会, pp.163-164, 2002.5.
- 4) 東原大記, 小坂隆浩, 福田晃: Grid 環境における負荷分散機能の実装, 情報処理学会第 65 回全国大会, 情報処理学会, pp.383-384, 2003.3.
- 5) 小船康予, 小坂隆浩, 福田晃: Grid 環境におけるスケジューリング方式の検討, 情報処理学会第 65 回全国大会, 情報処理学会, pp.385-386, 2003.3.6) 佐久間淳, 有年志貴, 安藤竜馬: さまざまな計算機によるネットワークでの FEM の分散処理の効率化とロバスト性, 日本機械学会論文集(A編), 日本機械学会, 66 巻 642 号, pp.21-26, 2002.2.
- 7) 谷村勇輔, 廣安知之, 三木光範: Grid 計算環境における遺伝的アルゴリズムの提案, 情報処理学会論文誌, 情報処理学会, Vol.43 NO.4, 2002.4.
- 8) 五味悠一郎, 荻島創一, 田中博: 大量ゲノムデータの多重配列整理によるグリッドコンピューティングの有用性の検証, 情報処理学会第 6 回全国大会, 情報処理学会, pp.77-80, 2004.3.
- 9) NAREGI 超高速コンピュータ形成プロジェクト:
<http://www.naregi.org/>
- 10) Bio grid Construction of a Supercomputer Network:
<http://www.biogrid.jp/>
- 11) 細川卓也, 高坂高弘, 遠里由佳子, 伊達進, 下條真司, 松田秀雄: データグリッド技術を用いた異種分子生物学データベースの連携手法, 情報処理学会 研究報告 pp.37-40, 2003.9
- 12) 秋山豊和, 山下浩次, 原隆浩, 加藤精一, 下條真司, 西尾章治郎: データグリッド環境における大規模データのパイプライン処理アーキテクチャの提案, 情報処理学会 研究報告 pp.9-15, 2004.1
- 13) IT 利用の革新 Rising GRID, FUJITSU JOURNAL No.268, pp.2-7, 2004.4
- 14) グリッド協議会:
<http://www.jpgrid.org/about/group.html>
- 15) MPICH-G2:
http://www.hpclab.niu.edu/mpi/g2_bullets.html