

遊休計算資源の活用を想定した動的緩和法による
グリッドコンピューティングの構造解析への適用

関西大学大学院	学生員	宮辻 和宏
JIP テクノサイエンス	正会員	竹原 和夫
関西大学工学部	フェロー	三上 市藏
関西大学工学部	非会員	二宮 淳

1. まえがき

グリッドコンピューティング¹⁾とは地理的に分散したコンピュータ資源を共有して利用する技術である。近年のネットワーク技術の向上により実現可能な技術となり、HPC の新たな手法として注目されてきている²⁾。グリッドコンピューティングの中でも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は、最も古くから研究されているグリッドコンピューティングであり、医療分野や生物化学の分野で多くの研究が行われている。グリッドコンピューティング環境の構築には Linux などの UNIX 系 OS をプラットフォームとするのが都合がよいが、現在の市場を考慮すると既存の WindowsPC を遊休計算資源³⁾として活用したい。さらに Web 閲覧や事務処理など通常の Windows における作業を中断することなく、バックグラウンドで遊休計算資源として使うことができれば、大規模な数値計算などに非常に有効な手段となる。

本研究では、研究室の LAN 内に仮想的にグリッドコンピューティングの環境を構築する。クライアントの OS には Linux と Windows の 2 種類を用いる。次に動的緩和法を適用した有限要素法による並列計算プログラムをグリッド環境に実装して、WindowsOS を計算資源とした場合の今後の適用性について検討する。

2. グリッドコンピューティング環境

表-1 構築した仮想グリッドコンピューティング環境

	サーバ	クライアント	クライアント
CPU	PenIV(3.4GHz)	PenIV(2.8GHz)	PenIV(2.8GHz)
RAM	2GB	1GB	1GB
HDD	160GB	80GB	80GB
OS	Redhat ES	Redhat WS	WinXP Pro

本研究では研究室のイントラネット内に仮想的にグリッドコンピューティング環境を構築した⁴⁾。認証を行うサーバを 1 台、Linux のクライアントを 3 台、Windows のクライアントを 2 台準備した。スペックを表-1 に示す。ミドルウェアには Globus

Toolkit 2.4.3⁵⁾を用い、並列計算ツールとして Globus Toolkit 上で動作する MPI の実装である MPICH-G2 を Linux クライアントに設定した。Windows クライアントには仮想エミュレータ VMware を搭載し、ゲスト OS として Linux 環境および Globus Toolkit を設定した。ゲスト OS で利用できる RAM は VMware 内で決定できるが、今回は 1GB のうち 412MB を割り振ることとした。

3. 数値計算手法

要素は 8 節点 6 面体要素とし、解析対象を図-1 に示すように添字 m を用いて Ω_m と Ω_{m+1} に分割する。節点 n における x, y, z 方向の変位を $\{\delta\}_n = \{\delta_x, \delta_y, \delta_z\}_n$ 、作用外力を $\{f_{g,ext}\}_n = \{f_x, f_y, f_z\}_n$ とする。時間は間隔 Δt で分割する。まず要素について有限要素法の考え方から要素剛性マトリクス $[K_e]$ を求める。

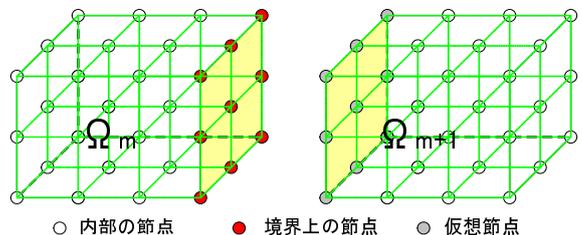


図-1 領域分割

$$[K_e] = \int \int \int [B]^T [D] [B] dV \dots\dots\dots (1)$$

時刻 $(p - 1/2)\Delta t$ において $[K_e]$ に $\{\delta\}_n$ を乗じ各要素毎の節点力 $\{f_{e,int}\}_n$ を求める。

$$\{f_{e,int}\}_{n,p-1/2} = [K_e] \{\delta\}_{n,p-1/2} \dots\dots\dots (2)$$

キーワード: グリッドコンピューティング, 遊休資源, Windows, 動的緩和法, 有限要素法
連絡先: 〒 564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 Tel 06-6368-1111/ Fax 06-6368-0940

並列計算を行うため領域 Ω_m と Ω_{m+1} に式 (2) を適用して、節点力 $\{f_{g,int}\}_{\Omega_m}$ と $\{f_{g,int}\}_{\Omega_{m+1}}$ を得る。このとき境界上に図-1 に示すような仮想節点（添字 $n, dble$ ）を生成し、 Ω_{m+1} 側の繰返計算に用いる。

$$\left\{ \begin{array}{l} \left[\{f_{g,int}\}_{n,p-1/2} \right]_{\Omega_m} \\ \left[\{f_{g,int}\}_{n,bou,p-1/2} \right]_{\Omega_m} \end{array} \right\} = \sum_{\Omega_m} \{f_{e,int}\}_{n,p-1/2} \quad \left\{ \begin{array}{l} \left[\{f_{g,int}\}_{n,p-1/2} \right]_{\Omega_{m+1}} \\ \left[\{f_{g,int}\}_{n,dble,p-1/2} \right]_{\Omega_{m+1}} \end{array} \right\} = \sum_{\Omega_{m+1}} \{f_{e,int}\}_{n,p-1/2} \quad (3)$$

節点 n のつりあいに慣性項と減衰項を付加し、変形すると次式が得られる。

$$\left\{ \dot{\delta} \right\}_{n,p} = \frac{1}{1 + 0.5C \frac{\Delta t}{m}} \cdot \left[(1 - 0.5C \frac{\Delta t}{m}) \left\{ \dot{\delta} \right\}_{n,p-1/2} + \frac{\Delta t}{m} \left(\left\{ f_{g,ext} \right\}_{n,p-1/2} - \left\{ f_{g,int} \right\}_{n,p-1/2} \right) \right] \dots\dots\dots (4)$$

ここに m は質量、 C は減衰係数である。次に変位速度 $\left\{ \dot{\delta} \right\}_n$ を時刻 p において中央差分表示し、変形すると次式が得られる。

$$\left\{ \delta \right\}_{n,p+1/2} = \left\{ \delta \right\}_{n,p-1/2} + \Delta t \left\{ \dot{\delta} \right\}_{n,p} \dots\dots\dots (5)$$

最後に境界上の節点変位 $\left\{ \delta \right\}_{n,bou}$ と $\left\{ \delta \right\}_{n,dble}$ の更新を行う。更新は境界上の節点変位のみを通信し、両者の平均を用いる方法とする。

$$\left\{ \delta \right\}_{n,p+1/2} = \frac{\left\{ \delta \right\}_{n,bou,\Omega_m} + \left\{ \delta \right\}_{n,dble,\Omega_{m+1}}}{2} \dots\dots\dots (6)$$

計算は式 (1) ~ 式 (6) を繰返し、解が収束するまで行われる。

4. 数値計算結果

本プログラムをグリッド環境に実装し、線形弾性解析を行った。図-2 に示す解析モデルの節点数は 1760、要素数は 790 である。並列計算のための領域分割は長手方向に 2 から 4 分割とした。2 分割における収束後の変形図を図-3 に示す。グリッド環境において Linux をクライアントにした場合の台数と解析時間の関係を図-4 に示す。参考のため図-4 に同じ条件のもとで SCore 型 PC クラスタ型並列計算機による結果も併記した。これよりグリッド環境においても台数増加に伴って解析時間が短縮されていることがわかる。またここでのグリッドは LAN 環境下で行われるため、専用通信回線を用いる PC クラスタに比べ解析時間が長くなっている。

さらに図-5 に Linux と Windows のクライアントを用いて、2 台の各組合せにおける解析時間を示す。図よりどのような組合せでもほとんど解析時間に差は見られないことから、本手法によれば Windows をクライアントに用いても計算資源として利用できそうである。

5. あとがき

詳細は講演当日に譲る。

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，2004.4.
- 2) 土木工学における計算力学手法の新展開(SACOMCE) 講習会テキスト，土木学会応用力学委員会，同計算力学小委員会，2005.8.
- 3) 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.
- 4) 西村直志：グリッドコンピューティングと並列計算，計算工学チュートリアル，日本計算工学会，Vol.10 No.3，2005.7.
- 5) <http://www.globus.org/>

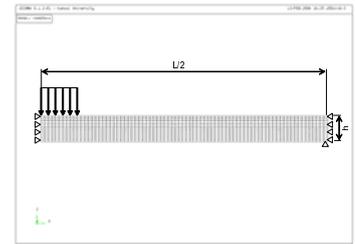


図-2 解析モデル

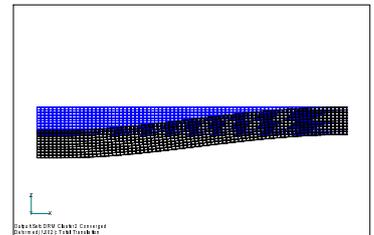


図-3 変形図

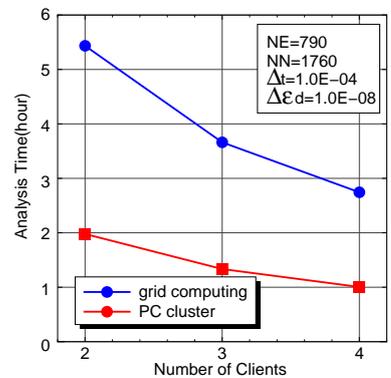


図-4 解析時間 (その 1)

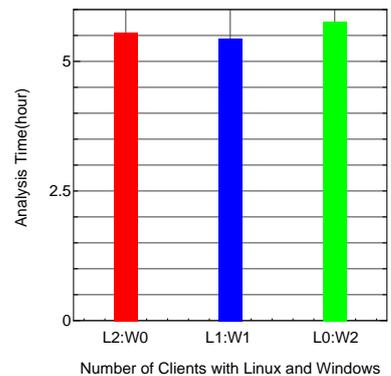


図-5 解析時間 (その 2)