PCクラスタ型並列計算機のための有限要素法を適用した動的緩和法による大規模非線形解析手法の適用

関西大学工学部　フェロー　三上 市藏
JIPテクノサイエンス　正会員　○竹原 和夫
関西大学大学院　学生員　狩野 哲也
関西大学大学院　学生員　濱谷 秀一
関西大学工学部　学生員　芹原 俊輔

1．まえがき

著者らは先に有限要素法を適用した動的緩和法 (Dynamic Relaxation Method) の定式化を行い，PCクラスタにおける並列計算処理を行った[1)]．しかし，そこでは弾性微小変位解析を行ったもので，動的緩和法が有効になる非線形問題への適用はなされていない．そこで，この手法を幾何学的非線形に拡張した定式化を行っている[2)]．ここではこの非線形解析手法にMPIを用いて並列化を施し，PCクラスタ型計算機に適したFortranプログラムを開発し，種々の事例について計算を行った．

2．動的緩和法の並列計算

先の研究[2)]において定式化した理論に基づいて，Fortran言語を用いてコード化を施す．まず単一PCで動作する一般的なプログラムを作成し，並列化を施すDOループスポットを見つけ出す．動的緩和法では要素剛性マトリクスを求め，全体剛性マトリクスを作成することなく反復計算に移行するので，要素のつりあいの計算を簡単に並列化することができる．ここでは特に解析者が並列化を意識する必要はない．同じく動的つりあい式[1)]についても簡単に並列化を行うことができる．各PCで計算された情報の命令授受にはMPICH/SCore[3)]の内部テーブルサブルーチンMPI_BCASTを用いる．このようなPCクラスタ管理運用を補助するシステムソフトウェアにはSCore[3)]を採用する．

表-1 Cluster Spec

	Server	Client	Client	Client
Number of PC	1	3	10	10
CPU	PentiumIII 1.13GHz	PentiumIII 600MHz	PentiumIII 850MHz	PentiumIII 1GHz
RAM	2GB	1GB	1GB	1GB

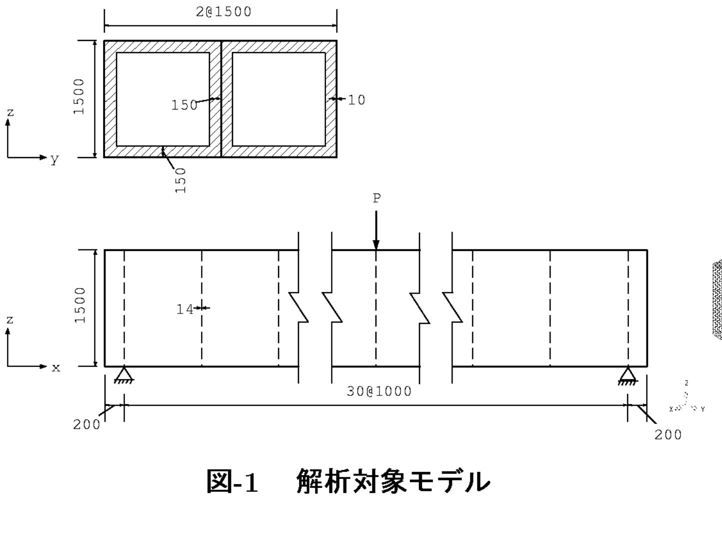

図-1　解析対象モデル

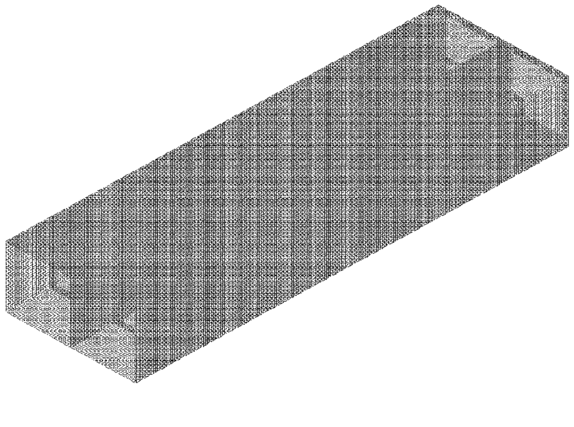

図-2　メッシュ分割図

キーワード: 動的緩和法，PCクラスタ，有限要素法，幾何学的非線形

連絡先: 〒533-0006 大阪府吹田市山手町 3-3-35 Tel 06-6368-1111/ Fax 06-6368-0940

表-1 に構築した PC クラスタのスペックを示す．PC 台数は 24 台であり，これらを 100BaseTX イーサネットで結合した．OS には RedHat Linux 7.0 を用いた．また試算に用いた解析対象モデルを**図-1** に，メッシュ分割図を**図-2** に示す．節点数と要素数はそれぞれ 149,421 と 149,281 である．

3．解析手法の効果

動的緩和法は個々の計算が簡単な代数計算で行われる．特に全体剛性マトリクスを作成する必要がないことから記憶容量（メモリ）が非常に少なくてすむ．現行プログラムのメモリ量から解析可能な節点数を試算した結果，1GB で 1,800,000 節点程度と推定される．これに対し直接法では非常に多くのメモリ量を必要とするが，その大きさはモデルの構成方法によって異なる．単に板要素のみで構成されるモデルよりも板要素を組み合わせた立体要素のモデルがより多くのメモリ量を必要とし[4]，例えば立体要素モデルであればその解析可能節点数は，1GB インコアで 60,000 節点程度と推定される．以上のことと PC クラスタ型並列計算機が分散メモリ型であることから，膨大な節点数の解析が可能になると考えられる．

ところが，PC クラスタを用いた並列計算では通信の問題が発生する．この問題は台数増加に伴って大きくなる傾向にあり，理想的には PC 台数を 2 倍にすれば解析速度も 2 倍になるはずである．この問題の他に現状では以下のような原因があるため理想に近づかないと考えられる．

- プログラムにおける並列不可能部分の存在（①）
- 各 PC の計算能力の違いによる待ち時間の発生（②）

動的緩和法では，要素剛性の組み立てと動的つりあい式の算出などほぼ全てを並列化可能であるので，①の影響は非常に小さいといえる．**図-3** にプロセッサ数と計算時間との比較を示す．横軸はプロセッサあたりの節点数としている．これより 20 台での解析の場合には各 PC の演算能力の違いから待ちが発生し，結果的に低いスペックでの並列計算と同じ時間になっていることがわかる．以上のことより台数増加に伴う計算速度向上の低下は，通信に大きな原因があると考えられる．**図-3** より速度向上率が台数増加率と一致していないが，これらの差はほぼ通信時間と考えてよい．

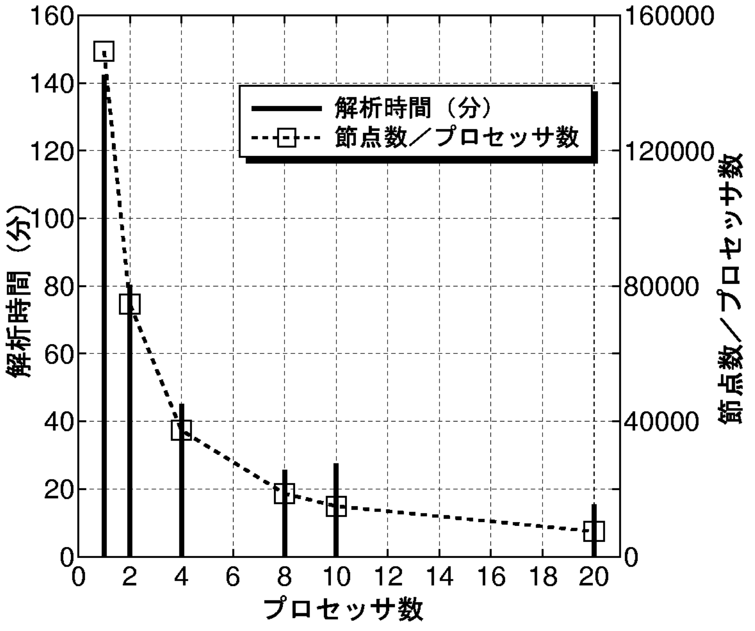

図-3　並列化効率

4．おわりに

有限要素法を適用した動的緩和法による非線形解析手法を PC クラスタでの並列計算に適用した．詳細は講演当日に譲る．

参考文献

1) 三上市藏，竹原和夫，狩野哲也，濱谷秀一：有限要素法を適用した動的緩和法による PC クラスタ型並列計算処理，第 57 回年次学術講演会概要集，土木学会，pp.301-302，2002.9.
2) 三上市藏，竹原和夫，狩野哲也，濱谷秀一，芹原俊輔：PC クラスタ型並列計算機のための有限要素法を適用した動的緩和法による大規模非線形解析手法の開発，第 58 回年次学術講演会概要集，土木学会，2003.9.
3) 石川裕，佐藤三久，堀敦史，住元真司，原田浩，高橋俊行：Linux で並列処理をしよう，2002.7.
4) MSC.Nastran 一般 Q&A 集 第 2 版，2001.11.