

領域分割法による静電界の並列有限要素解析*

1 J-7

楠 俊成[†], 高阪 泉[‡], 藤井 治彦[§], 成田 誠之助[¶]
早稲田大學理工学部^{||}

要旨

領域分割法とは有限要素解析を並列計算機上で行なうときに用いる有効な手法のひとつである。領域分割法の特徴として挙げられることはアルゴリズムが簡単でしかも有限要素法の今までの資源をほとんどそのまま利用することができるという点である。

本研究では領域分割法を並列計算機 Cenju-3、AP-1000 上に実装し、静電界モデルの解析を行ない、高い並列効果を得ることができた。

1 はじめに

計算機の進歩とアルゴリズムの改良により今まで解析を行なうことができなかった大規模有限要素解析が可能となった。しかし近年は解析対象モデルがより大規模になり、またより複雑になる傾向がある。これにより使用するコンピュータの記憶容量の節約、また計算の高速化が問題となってきている。この二つの問題点を解決するために並列計算機を利用する研究が行なわれている。並列計算機とは従来の計算機がプロセッサをひとつだけ備えているのに対し、複数のプロセッサを備え、それらを並列に動作させることによってスピードの向上を狙う計算機である。このような並列計算機の利用に応じて有限要素法も並列処理に適したアルゴリズムを用いる必要がある。この要求にあったアルゴリズムのひとつが領域分割法である。

2 領域分割法

領域分割法とは解析領域をいくつかの部分領域に分割し、境界条件を利用して各部分領域ごとの計算を繰り返し行なうことにより解を求める手法である。本研究ではこの各部分領域ごとの計算を行なうときに有限要素解析、繰り返し計算を行なうときに Uzawa 法を利用する。Uzawa 法のアルゴリズムを簡単に述べると以下のようになる。

Step1 領域分割により新しくできた境界上の値の初期化

Step2 境界条件をセット

Step3 各部分領域の解析（有限要素解析）

Step4 境界上の値の更新

Step5 収束判定

収束していれば計算終了、そうでなければ Step2 にもどる

ここで注目すべきことは Step3 の部分領域ごとの有限要素解析は他の部分領域と依存がなく独立して行なうことができるということである。したがってひとつのプロセッサにひとつの部分領域の有限要素解析を割り当て、解析を並列に行なうことにより計算の高速化が期待できる。

3 評価

本手法を並列計算機に実装し評価を行なった。評価には NEC の Cenju-3 と富士通の AP-1000 を使用した。

例にとった解析対象モデルを図 1 に示す。領域は縦横 10 m × 10 m の二次元正方形領域で、AB、

*Parallel finite element analysis of static electric field using domain decomposition method

[†]Toshinari Kusunoki

[‡]Izumi Kousaka

[§]Haruhiko Fujii

[¶]Seinosuke Narita

^{||}School of Science and Engineering, Waseda University

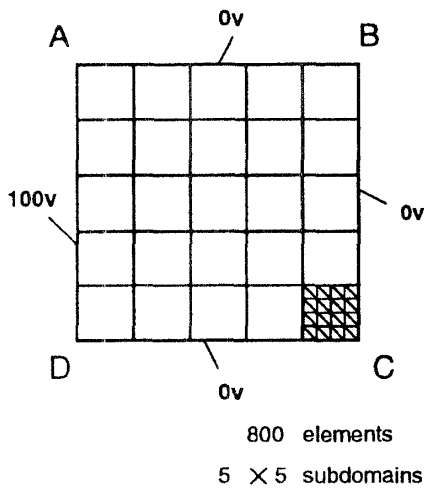


図 1: 解析対象モデル

BC、CD、DA間でそれぞれ基本境界条件 $\phi = 0v, \phi = 0v, \phi = 0v, \phi = 100v$ を与えた。また要素は、縦横それぞれ 20 分割し全部で 800 要素、領域は縦横それぞれ 5 分割し全部で 25 領域とした。

Cenju-3 と AP-1000 を用いてこのモデルの解析を行なったときの使用するプロセッサ数と計算時間の関係を図 2 に示す。この図 2 より使用するプロセッサ数を増やすにつれ計算時間が短くなっていることが分かる。今回は領域の分割法を縦横それぞれ 5 分割と固定したが使用できるプロセッサ数によって最適な分割法を用いればさらに計算時間の短縮をはかることができるであろう。

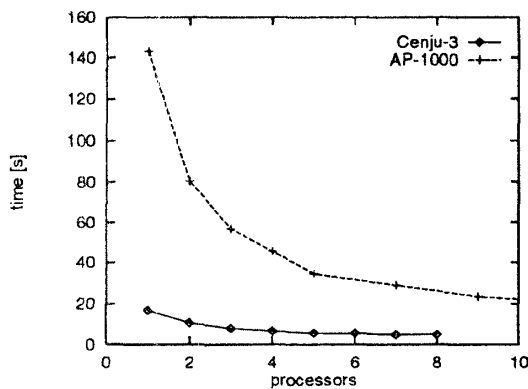


図 2: プロセッサ数と計算時間の関係

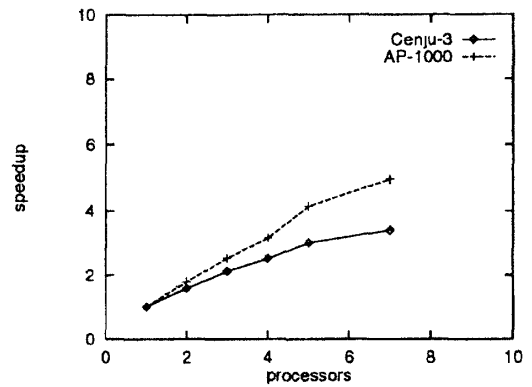


図 3: プロセッサ数とスピードアップの関係

次にプロセッサ数と計算時間の関係より使用するプロセッサ数とスピードアップの関係を求めると図 3 のようになる。スピードアップの点では全体の計算時間に対する同期待ちなどにより発生するオーバーヘッドの割合が減少すれば高いスピードアップを得ることができる。したがってそれぞれのプロセッサの負荷が均等になるように、そしてプロセッサ間の通信が減るように領域を分割すればより高いスピードアップが期待できるであろう。

4 まとめ

本研究では領域分割法を用いて有限要素解析の並列化を行ない、高い並列効果を得ることができた。今後は実モデルを対象に領域分割法による有限要素解析の並列化を進めて行く予定である。

参考文献

- [1] G.Yagawa,N.Soneda,S.Yoshimura, A large scale finite element analysis using domain decomposition method on a parallel computer,Computers and Structures, Vol.38,No.5/6,1991
- [2] Petter Bjørstad, Randi Moe,Rudi Olufsen, Eero Vainikko, Domain Decomposition Techniques in Parallelization of the 3-dimensional FRONSIM code,Parallel Programming and Applications,1995
- [3] C.H. Lai, Diakoptics,Domain Decomposition and Parallel Computing, The Computer Journal,Vol.37,No.10,1994