

パラレルCAEの強度解析への応用

浅井 徹^{*1}、山本昌治^{*2}、依田康宏^{*2}

Application to the Stress Analysis by Parallel CAE

Tohru ASAI, Masaharu YAMAMOTO and Yasuhiro YODA

Industrial Technology Division, AITEC^{*1} Research and Development Division, AITEC^{*2}

設計者向け CAE (Computer Aided Engineering) では解析が困難なモデルに対し、解決手法としてパラレル CAE に着目し、小規模な並列計算システムを構築した。また、STL 形式等を本システムの入力データに変換するプログラムを作成し、他の設計者向け CAE ソフトとの性能比較や割り出しテーブルモデルの解析を行った。その結果、設計者向け CAE とほぼ同じ計算結果が算出されることが確認でき、システムを拡張することにより設計者向け CAE では解析困難なモデルに対する解析の可能性を見出した。

1. はじめに

近年、機械部品の設計段階における解析技術のニーズが高まっている。境界条件等を対話形式で入力するだけで解析結果を簡単に得られる設計者向け CAE の普及が進んでいるが、微細な形状を有するモデルや大規模なモデル等高い精度が要求される解析には対応しきれない。

そこで、問題点を解決する一つの手段として複数台の計算機を使って並列計算を行うパラレル CAE に着目し、計算時間や複雑形状に対する計算可能性を中心とした実用性に関する調査を行った。

2. システム構成

本研究で構築したパラレル CAE のシステム構成を図 1 に示す。並列計算するための分割処理や結果出力といった解

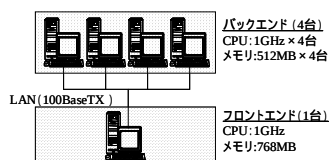


図1 システム構成

析作業に必要な処理を主に担当するフロントエンド用マシンを1台、実際の計算部分を担当しているバックエンド用マシンを4台用意し、これらを 100BaseTX の LAN で接続した。

各計算機に OS として Linux (Red Hat Linux 7.3J) を、並列有限要素法ソフトにはオープンソースとして配布されている ADVENTURE¹⁾を導入した。このソフトでは、複数台のコンピュータによる分散並列処理を行うことにより1台のコンピュータでは処理できないような数百万から数千万自由度の問題を処理することができる。しかし、入力対象としている CAD ファイルの種類やポストプリセッサ処理に一部難点があるため、利便性を上

げるための方策を検討した。

2.1 変換プログラムの作成

ADVENTURE では、入力可能ファイルは一部の IGES 形式のみである。そこで対象範囲を拡大するために、CADCEUS/NASTRAN や COSMOS/Works 用のメッシュデータから ADVENTURE 用のメッシュデータへファイル変換するプログラム、および STL 形式から ADVENTURE 用表面パッチデータへファイル変換するプログラムを作成した。これにより、設計者向け CAD や CAE で作成したデータを IGES 形式に変換することなくそのまま本システムで利用可能となる。

2.2 ポストプリセッサ機能の強化

ADVENTURE には他にも合成変位量や断面図の表示ができないといった難点がある。そこで、解析結果データを抽出・加工し、VRML ファイルに出力するプログラムを作成し、ポストプリセッサ機能の強化を図った。

3. 解析内容

3.1 他の CAE ソフトとの比較

本システムの性能を調べる方法として、本システムと他の商用 CAE において同じモデルを解析、比較する方法をとった。なお、商用 CAE として当研究所に導入している COSMOS/Works および CADCEUS/NASTRAN を比較対照とした。

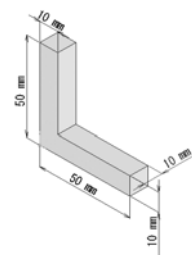


図2 L字型梁モデル

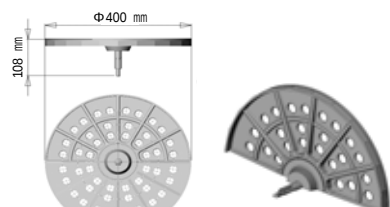
まず、図2に示すようなL字型の梁モデルを使い、「計算台数と計算時間の関係」および「節点数と計算時間の

^{*1}工業技術部 機械電子室 ^{*2}基盤技術部

関係」について調べた。ADVENTURE では解析モデルを複数領域に分割し、それをもとに並列処理を行うため、1 領域あたりの要素数によっても計算時間に違いが発生する。よって、「計算時間と計算台数の関係」を調べるにあたって、1 領域あたりの要素数による違いについても調べた。また、「節点数と計算時間の関係」については同じモデルにおいて要素サイズを変えて節点数を変化させることにより、計算時間との関係を調べた。

3.2 実在モデルの解析

単純な形状だけでなく、図3に示すような割り出しテーブルの解析も行った。この割り出しテーブルはSolidWorksで作成されたものである。モデルの対称性を考慮してこの半分のモデルをSTL形式に変換し、変換プログラムを通して本システムにて解析を行った。



(a) 全体モデル (b) 解析モデル

図3 割り出しテーブル

4. 解析結果

4.1 他のCAEソフトとの比較

計算台数と計算時間の関係をグラフにしたのが図4である。台数が増加するにつれて計算時間は反比例して短くなっていった。また、最も計算時間が短くて済む1領域あたりの要素数は30要素であった。

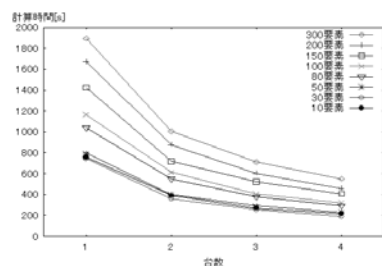


図4 計算台数と計算時間の関係

そこで、計算台数を4台、1領域あたりの要素数を30要素で統一し、節点数と計算時間の関係を調べたのが図5である。

この結果、本システムではCOSMOS/Worksに比べて計算時間の面で劣り、また同程度の規模のモデルまでしか解析できなかった。しかし、設計者向けCAEではメモリ限界により約60万節点までのモデルしか解析できないのに対し、本システムでは計算台数を増やすなどシステムを拡張することにより、さらに大きいモデルの解析が可能であると思われる。

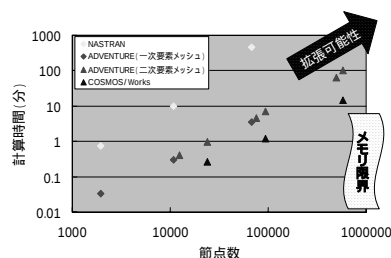


図5 節点数と計算時間の関係

4.2 実在モデルの解析

本システムとCOSMOS/Worksを用いて割り出しテーブルの解析を行った。解析計算により得られた応力分布図、および変位量分布図を図6、7に示す。両者ともほぼ同じ応力分布図や変位量分布図を得られることができ、形状の複雑なモデルに対しても本システムで十分対応できることが確認できた。

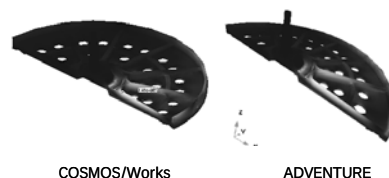


図6 割り出しテーブルにおける応力分布図

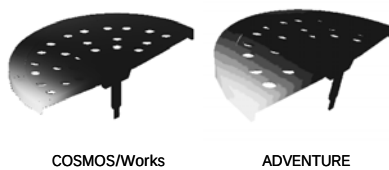


図7 割り出しテーブルにおける合成変位量

5. 結び

膨大な計算量を必要とする解析に対応する方法として、複数台の計算機を使用した並列処理による解析システムを構築し、設計者向けCAEとの性能比較及び実在モデルの解析を行った。設計者向けCAEでは解析可能な節点数に限界があるが、パラレルCAEではシステムを拡張することにより設計者向けCAEでは解析困難な100万節点を超える大規模な解析にも対応でき、複雑な形状の解析にも十分対応できるものと思われる。

本システムではオープンソースを利用しているためソフトウェア面におけるコストは低く済む反面、複数の計算機を使用するためハードウェア面でのコストがかかる。しかし、既存の設備されている遊休計算機や空きメモリを有効活用することにより全体として安価で大規模な解析環境が構築できるものと思われる。

文献

1)ADVENTURE プロジェクト：

<http://adventure.q.t.u-tokyo.ac.jp/>