

eServer p5の板材弾塑性解析への試用報告

澤田, 瑞樹
電気通信大学電気通信学研究科機械制御工学専攻

<https://doi.org/10.15017/1472516>

出版情報 : 九州大学情報基盤センター広報 : 全国共同利用版. 5 (2), pp.58-60, 2005-10. Computing and Communications Center, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

eServer p5 の板材弾塑性解析への試用報告

澤田 瑞樹*

概要 九州大学情報基盤センターに新たに導入された、IBM eServer p5 を試用させていただく機会を得たので、有限要素法による板材弾塑性解析プログラムを使い得られた知見を報告する。

1. 静的陽解法による板材弾塑性解析

板成形シミュレーションにおいてはこれまでシェル要素が用いられることが多かったが、解析精度向上への要求、特にスプリングバック量の予測精度を上げるために、板厚方向の応力を考慮できる三次元ソリッド要素も用いられている。しかし、三次元ソリッド要素を用いた場合には計算量が大幅に増加し、解析時間が膨大なものになってしまうという問題がある。このため、アルゴリズムの改良による計算時間の短縮を図ってはいるが、高速な計算機が利用可能であればそれを利用することが望ましい。このような状況で、九州大学情報基盤センターに新たに導入された IBM eServer p5 を試用させていただく機会を得たので、その体験を報告する。

弾塑性問題は非線形現象であり、増分的な手法を用いて解析する必要がある。その取り扱い手法としては、動的陽解法、静的陰解法および静的陽解法¹⁾があり、それぞれに特徴がある。この中で筆者は、前進型オイラー積分法を用いるため解の収束性に問題が無く、かつ静的な釣り合いの式を解く静的陽解法が板材の解析には適していると考えており、これを用いて研究を進めている。

静的陽解法ではその性質上、力の釣り合い関係を表す連立一次方程式を何度も解く必要があり、この部分が解析時間の大部分を占める。一般に、解くべき連立一次方程式の規模が大きい場合には、直接法よりも反復法が用いられることが多い。しかし、板材の解析においては、シェル要素に対する反復法の収束性の悪さが知られている。また、三次元ソリッド要素を用いる場合でも、板厚方向の分割数が板の面内に比べて非常に少ないため、節点のコネクティビティの関係から直接法を用いてもある程度の規模まで実用的な時間で解を得ることが出来る。このため、直接法によるスパースマトリクスソルバーである SPOOLES²⁾ を解析プログラムに組み込んで使用している。

2. 例題の記述と解析条件

eServer p5 を利用することで、研究を進める上で普段行っている解析に要する時間がどの程度短縮できるのか調査するため、図 1 に示す板材の引張り曲げ変形の解析(工具押し込み量 30mm)を行った。対称性を考慮して、1/2 領域の解析とした。材料の機械的特性値を表 1 に示す。ここで、 Y は初期降伏応力、 c 、 n および ϵ_0 は降伏後の応力 - ひずみ曲線を Swift の式で近似したときの各パラメータである。要素は 8 節点ソリッド要素を用い、板厚方向には 4 層に分割を行った。

*電気通信大学電気通信学研究科機械制御工学専攻 miz@yokouchi.mce.uec.ac.jp

分割様式を表 2 に示す。

解析に使用したプログラムは、静的陽解法による弾塑性大変形接触解析が可能で、プログラム本体は C++ により記述されている。解析プログラム本体は並列化されていないが、連立一次方程式求解部分に関しては、SPOOLES に組み込まれている pthread を用いた並列化機能を利用した結果を合わせて示す。

解析時間の計測は、今回試用させていただいた eServer p5 の他に、研究室で普段解析に使用している計算機で行った。計算機環境をコンパイラオプション等も含めて表 3 に示す。

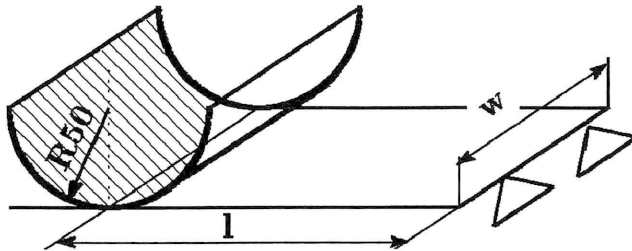


図 1 解析モデル (w:20mm, l:100mm, t:1mm)

表 1 材料の機械的特性値

E(GPa)	ν	Y(MPa)	c(MPa)	n	ϵ_0
220.0	0.3333	185.0	580.0	0.26	0.012

表 2 要素分割

	格子間隔	分割様式	要素数	自由度
Mesh-A	1.0mm	100 x 20 x 4	8000	31815
Mesh-B	0.5mm	200 x 40 x 4	32000	123615

表 3 計算機環境

CPU	OS / Compiler (compiler option)
eServer p5 (POWER5 1.9GHz)	AIX / XLC C/C++ ver. 7.0 (-O5)
Xeon 2.4GHz	RedHat 9 / Intel C Compiler ver. 7.1 (-O3)
PPC970 2.5GHz	MacOS X 10.3 / GNU C compiler ver. 3.3 (-O2)

3. 解析結果

2 節に示した例題を表 3 で示した各計算機環境で解析した際の総計算時間を表 4 に示す。また、eServer p5 上で SPOOLES に組み込まれている pthread による並列化機能を有効にした場合の、

Mesh-Bにおける1ステージ当たりの連立一次方程式求解部分の時間とCPU数の関係を表5に示す。

これまで研究室で解析に用いていた計算機に比べて、eServer p5では非常に高速に解析を実行することができた。このように大きな効果を得られたにもかかわらず、解析プログラム本体、およびMakefile等への変更はほとんど必要なかった。なお、XL C/C++の自動並列化機能を有効にして解析し、比較検討も行ったが、有意な差は見られなかった。

表4 総解析時間 (秒)

	Mesh-A	Mesh-B
eServer p5 (serial)	7245	159870
eServer p5 (4-CPU)	5310	98861
Xeon 2.4GHz	12610	350754
PPC970 2.5GHz	9028	235374

表5 連立一次方程式求解部分の並列化の効果 (秒)

CPU数	1	2	4	8
Mesh-B	19.9	13.4	7.9	5.6

4. 結言

IBM eServer p5を試用させていただき、以下のような知見、および感想を得た。

- これまで4日かかっていた解析が1日で出来るため、研究の進捗に良い影響をもたらすと思われる。
- コンパイラであるXL C/C++の標準への準拠度が高く、プログラムおよびMakefile等への変更はほとんど必要なかった。
- UNIXで標準的なツール(Emacs,Perl等)が利用可能であり、普段使用している環境と同様に快適に利用可能であった。

謝辞

このたび、「高性能演算サーバの無料お試しキャンペーン」という形で最新の計算機を利用する機会を与えていただいたことを深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 例えば、日本塑性加工学会編：“静的解法FEM—板成形”，コロナ社，2004
- (2) <http://www.netlib.org/linalg/spooles/spooles.2.2.html>