JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	Zonal法を用いた並列３次元分岐管シミュレーションプログラムの開発
Author(s)	井上，純一郎
Citation	
Issue Date	2000-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	none
URL	http://hdl.handle.net/10119/1332
Rights	
Description	Supervisor:松澤 照男，情報科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

Zonal 法を用いた並列 3 次元分岐管シミュレーションプログラムの開発

井上 純一郎

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2000 年 2 月 15 日

キーワード: Zonal 法、並列計算、非圧縮性流体、MAC 法.

1 研究の背景

近年の計算機の発達により、数値解析の分野ではますます多様な問題を扱うようになっている。特に複雑な流れ場や構造解析で用いられる事も多い。さらに、超並列計算機を用いて並列計算を行なうことによって、精度良く高速に解を得られるように、その計算手法やアルゴリズムの研究が進められている。

数値流体解析において計算空間に格子を設定する場合、構造格子と非構造格子がある。従来的な手法として複雑形状のモデルに格子を設定する場合、精度の良い構造格子の設定が難しいため、非構造格子を用いるのが一般的であるが、メモリ量、計算時間のコストの点で問題がある。

構造格子は膨大な格子点を必要とするような流体計算には、格子の取扱い、メモリの節約の点で有利である。しかし、分岐管のような複雑形状物体を対象とした場合には、格子の直交性の保持の問題から、精度の良い構造格子を設定すること自体が困難となる。

藤井 [1] によって提案された Zonal 法は、複雑な形状の計算領域を複数の単純形状領域にわけて計算を行なう手法であり、格子設定の簡略化に適している。これは、領域間の物理量の接続に解の強制置換を用いた重合格子法であり、それぞれの領域間を独立に計算し、境界値や重なりあう部分でのデータは、必要に応じて交換、または内挿を行なう。分岐管モデルのシミュレーションを行なう場合、この Zonal 法を用いる事で分岐部位での構造格子が容易に張れるようになり、解析の準備段階となる格子の作成の苦労を、解析者は軽減される事になる。今後ますます解析対象となる計算空間が大規模かつ複雑化していく事が考えられるため、格子作成が容易になるのは非常に意味が大きい。

Copyright © 2000 by Inoue Junichirou

これを用いた２次元モデルの各種形状管内流れの解析は、古山ら [2] による研究があり物理的に妥当な結果が得られているが、実際の流れ場を詳細に検討するためには、３次元での解析は不可欠である。現在まで、３次元非圧縮粘性流れ場への適用はほとんど報告されておらず、管内流れ場への適用はまだない。

2　本研究の目的

本研究では、Zonal 法を実装した３次元シミュレーションプログラムの開発を行ない、非圧縮粘性流における分岐管流れ場の数値解析を行なった。

また３次元モデルでの流体解析は多大な計算時間を要するため、並列化による計算時間の短縮は必須である。そこで領域分割法に基づいた並列アルゴリズムの検討を行ない、通信ライブラリである Message Passing Interface（MPI）[3] を用いて並列計算機 SGI Cray T3E 上に実装した。

3　Zonal 法と計算スキーム

本研究で用いる Zonal 法は、領域間の物理量の接続に解の強制置換を用いた重合格子法である。それぞれの領域間を独立に計算し、境界値や重なりあう部分でのデータは、必要に応じて交換、または内挿を行なう。分岐管モデルのシミュレーションを行なう場合、この Zonal 法を用いる事で分岐部位での構造格子が容易に張れるようになる。

数値モデルの解析には、Zonal 法の特性に対しての親和性から、非圧縮流体の解析に広く利用されている MAC(Maker And Cell) 法 [4] を用いた。

MAC 法は有限差分法であり、速度場と圧力場に分解して時間進行法で解析する手法で、時間刻みの幅に対応した精度で非定常解を得ることが出来る。

4　実験と成果

予備実験として、Zonal 法を使用しない管内流れとキャビティ流れの解析、及び Zonal 法を使用したキャビティ流れの解析を行なった。３次元モデルでの計算スキームと Zonal の正確さを検証するのが目的である。

そしてパラメータの値を変えながら、Zonal 法を適用した３次元分岐管モデルの解析を行なった。

また多大な計算時間を要する事ため、Zonal 法における領域分割法に基づいた並列アルゴリズムの検討を行ない、並列計算機 SGI Cray T3E 上に実装した。

以上の実験から本研究では以下のような成果が得られた。

1. MAC 法のみを用いた３次元キャビティ流れと管内流れの解析で、物理的に妥当な結果が得られた。

2. Zonal 法を実装したプログラムでの３次元分岐管流れの解析で、物理的に妥当な結果が得られた。

3. Zone ごとに計算領域を分割することで計算の並列化を行ない、計算時間の短縮がはかられた。

参考文献

[1] Kozo Fujii,"Unified Zonal Method Based on the Fortified Solution Algorithm",J.of Comp.Phys.,Vol.118,pp.92-108,1995

[2] 古山彰一, 松澤照男, 藤井孝蔵, 國藤進,"Zonal 法を用いた分岐部位流れの解析", 第 11 回数値流体力学シンポジウム講演論文集,pp.433-434,1998

[3] Message Passing Interface Forum, A Message-Passing Interface Standard, URL http://www.mpi-fourum.org/, Jun12,1955

[4] 棚橋隆彦, ＣＦＤ数値流体力学, アイピーシー, pp.433-, 1993