

Title	Zonal法を用いた3次元分岐管内流れの並列計算
Author(s)	渡辺, 丈展
Citation	
Issue Date	2002-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/1618">http://hdl.handle.net/10119/1618</a>
Rights	
Description	Supervisor:松澤 照男, 情報科学研究科, 修士

# Zonal法を用いた3次元分岐管内流れの並列計算

渡辺丈展 (010127)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2002年2月15日

キーワード: Zonal法, 並列計算, 領域分割法, 非圧縮性流体, MAC法.

## 1. 背景

近年、計算機の発達により数値流体力学 (CFD:Computational Fluid Dynamics) の分野ではより多くの問題を扱う事が可能になった。CFD シミュレーションの全体の処理過程を考えた場合、3つの処理に分けることができる。格子形成を中心とする前処理、ソルバーによる計算、得られた結果の可視化を中心とする後処理である。格子形成を主とする前処理、ソルバーによる計算、得られた結果の可視化を中心とする後処理がある。前処理のうち最も重要な部分を占める格子形成については、その労力がCFDシミュレーションが様々な複雑な流れ場に対して適用されるにつれて大きくなっている。

一般にCFDによるシミュレーションが行われる場合、解析空間は多数の格子点で離散化される。そこで離散化に用いられる計算格子には、構造格子と非構造格子がある。構造格子は格子点が規則正しく並んでおり、非構造格子には規則性を要求されない。

格子点が固体力学関連の数値計算に比べて流体運動の強い非線形性のために計算に多大な時間を要し、さらに膨大な格子点を必要とするような流体計算においては構造格子は格子の取り扱い、記憶容量の節約の点で有利である。しかし、構造格子を分岐管のような複雑形状物体に設定をしようとした場合には、格子の直交性の保持から精度のよい構造格子を設定すること自体が困難となる。また非構造格子を用いる場合は、記憶容量、計算時間のコストの点で問題がある。これらの問題は複雑形状の格子形成が単一の格子系で行われてきた事による。現状では物体形状が複雑化するのに伴い、複数の格子系を組み合わせた方法を取らざるを得なくなっている。

藤井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う重合格子法であり、格子設定の簡略化に適している。重合格子では各々の格子は独立に分布できるため、複雑な形状に対しても適用が可能であり応用性が高い。重合格子での領域間の接続方法にはいくつか手法があるが、Zonal法では、領域間の物理量の接続に解強制置換法 (Fortified Solution Algorithm) を用いる。こ

のためそれぞれの領域は独立に計算される。そして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、または内挿を行う。

例えば分岐管モデルのシミュレーションを行う場合、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、シミュレーションの前処理である格子形成の苦勞を、解析者は軽減される事になる。これまで Zonal 法を用いた分岐管の流れの解析には古山らによる研究があるが、2次元のものである。3次元モデルによる解析は井上らによる研究があるが領域間での格子点不一致の問題においては改良すべき点がある。

先に述べたが複雑な流れ場の解析においては、計算により多くの格子点が必要となるため計算機に要求される計算性能と記憶容量が大きくなる。このような大規模な解析を行うには並列計算機システムが有効であり、大規模なシミュレーションにおいても実用時間内に結果を得ることが可能である。しかし、並列計算機を用いて効率的に結果を得るためには用いる手法にあった並列アルゴリズムを使用しなければならないという問題があるため、並列 CFD シミュレーションについて多くの議論がなされている。

## 2. 目的

本研究では、Zonal 法の適用例として3次元分岐管内流れの解析を行う上で領域分割法を用いた並列計算について議論する。そしてそこから Zonal 法を用いて3次元モデルで流れ場を解く場合に適した並列化アルゴリズムを開発し実装を行う。

## 3. 計算スキームと並列化手法

直管を組み合わせて分岐管の分岐部位を表現するために Zonal 法を用いた。数理モデルの解析には Zonal 法の特性に対しての親和性から、非圧縮性流体の解析に広く利用されている MAC(MAKER And Cell) 法を用いた。MAC 法は有限差分法であり、速度と圧力の分離解法である。またタイムステップに対応した精度で解を得ることができる。並列計算を行う上で用いた並列化手法では領域分割法を基にした。

## 4. 結果

実装には Cray T3E 上で通信ライブラリ Message Passing Interface (MPI) を用いて行った

予備実験として Zonal 法を用いたキャビティ流れの解析を行い、Zonal 法の機能を確認した。

並列計算機上で、Zonal 法を用いた3次元分岐管モデルの解析をおこなった。

分岐管モデルの計算では物理的に妥当な解析結果をいくつか得ることができた。

並列計算機上でいくつかのパターンを変えて計算を行ったところ、得られた最大効率は 0.78 だった。