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

| | |
|---|---|
| Title | Natural Element Method に適した並列アルゴリズムの開発 |
| Author(s) | 沼形，健児 |
| Citation | |
| Issue Date | 1997-03 |
| Type | Thesis or Dissertation |
| Text version | author |
| URL | http://hdl.handle.net/10119/1045 |
| 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

# Natural Element Method に適した 並列アルゴリズムの開発

沼形 健児

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1997 年 2 月 14 日

**キーワード：** Natural Element Method, 並列計算, 領域分割法.

流体の運動を調べる方法として、オイラーの方法とラグランジュの方法が存在する。オイラーの方法は、流れを場としてとらえる立場である。空間に固定された領域の点を各瞬間に通り過ぎる流体の速度、圧力などの物理量を調べることによって、流体の運動を調べる方法である。一方、ラグランジュの方法では、流れの場を固定しないで流体を粒子の集まりとみなし、その個々の流体粒子の運動を追跡する。流れ全体の運動をそれらの流体粒子の総体としてとらえることで解析を進める方法である。

流体の数値解析では、解析領域にメッシュによって離散化して近似解を求める。オイラーの方法ではメッシュは空間に固定され、ラグランジュの方法では各節点の運動にしたがってメッシュも移動する。従って、ラグランジュの方法では、タイムステップのが進むにつれて、メッシュの大きさや形状が変化していくので、その度にメッシュの張り変えが必要になる。しかも、流体の大きな変形が伴うような問題の場合には、メッシュが潰れてしまい解析が進められなくなるような場合もある。メッシュが固定されるオイラーの方法では、このような問題は起こらない。

以上のような理由から、オイラーの方法による数値解析の方が盛んに行なわれている。しかし、移動境界や自由表面などの問題に対してはラグランジュの方法も行なわれている。それは、時間進行に対して変化する解析領域の境界を直接追跡しながら解析を進めることが出来るという利点があるからである。

Jean Braun らによって新しく提案された Natural Element Method（NEM）もラグランジュの方法による数値解法である。NEM では、Delaunay triangulation と呼ばれる要素分割方法を用いている。これにより、大きな変形を含む問題に対してもゆがみの少ないメッシュで解析を進めることが可能である。また、補間方法には NEM 独自の Natural

Copyright © 1997 by Kenji Numagata

Neighbour Interpolation が用いられている。この補間方法は、高い精度で補間することが出来ることや、要素の辺上で微分が定義できるなどの利点を持っている。

Jean Braun らは、比較的単純な流れである Stokes 流れの解析に NEM が適用できることを示している。そこで今回の研究では、まず、より複雑な Navier Stokes 方程式へ NEM を適用することを試みた。方程式の離散化には、分離型解法の 1 つである流速修正法を用いた。Delaunay triangulation では、節点の追加や削除が比較的簡単にできることに着目し、ラグランジュ的手法である NEM で節点の分布を常に適切に保ちながら解析を進めることが出来ると考えた。以上の方法の有効性を検討するために、例題として円柱周りの流れを解析した。ただし、これを静止流体中を円柱が進む問題として扱った。その結果、節点の分布を制御することで、適切なメッシュを保ちながら計算を進めることが出来た。また、解析結果はレイノルズ数 1000 におけるカルマン渦のきっかけとなる渦が発生し、本解析方法が有効であることを確認した。

しかし、その解析を行なってみて、NEM では線形補間を用いて、有限要素法における分離型解法に比べてより計算時間がかかることがわかった。その原因として、解くべき行列が線形補間を用いる場合よりも複雑なものになることがあげられる。その結果、その行列を解くために計算時間が大幅にかかってしまうのである。また、補間値やその微分を求める過程においても多くの計算を必要としている。

そこで、並列計算を行ない計算時間を短縮することを試みた。並列化の方法には領域分割法を用いた。NEM では、タイムステップ毎にメッシュをかえるので、その度に領域分割も更新することが必要となる。その際に、各領域を受け持つプロセッサの負荷についても考慮して、領域を分割できれば、更に計算時間を短縮することが出来る。今回は解析領域全体の情報を全てのプロセッサに持たせ、各々が領域を多数の細かな領域に細分し、その中からいくつかの細分領域を選びだすことで領域分割を行なうという方法をとった。

これを並列計算機 CM-5 を用いて実装し、その速度向上比と各プロセッサの負荷を調べて検討を行なった。その結果、NEM の領域分割法による並列計算が有効であることを示し、更に高速化が期待できることを示唆した。