

Title	適応細分化格子の動的負荷分散による流れ場の並列計算
Author(s)	古山, 彰一
Citation	
Issue Date	1999-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/875
Rights	
Description	Supervisor: 松澤 照男, 情報科学研究科, 博士

適応的細分化格子の動的負荷分散による流れ場の並列計算

古山 彰一

北陸先端科学技術大学院大学

1999 年 1 月 14 日

論文の内容の要旨

本論文では、適応格子法を並列計算機に実装するための手法について考察を行なった。

数値計算を用いて圧縮性流体解析を行なう場合、数値的不連続面でシャープな解を与える手法が必要とされる。TVD 法は数値的不連続面でシャープな解をあたえつつ、連続領域では高精度な解を提供する手法であり、これは 1980 年代初頭に Harten によって提案され、今なお圧縮性流体解析の手法として一般的に用いられている。

TVD 法を始めとして、一般的な数値解析法は格子点（離散点）上での解を求めることから、さらに高い精度の解を得るために格子数を増やす必要がある。しかし、格子数を増やすことで計算コストは大きくなる。計算コストをできるだけ大きくしないで高い精度の解を得るためには、高い精度を得たい領域のみに格子を増やす手法が考えられる。広く使われる手法としては、物体周りの流れ場解析等で、物体より下流に対して細かい格子をはり、物体後方で解を精度良く求める手法である。このようなある程度定常的で、流れ場の大まかな様子が予測できる場合は細分化格子を必要な場所に張れば良い。しかしながら、物理現象が非定常である場合、高い精度が必要な領域が時間とともに変動するため、効率の良い細分化格子の生成はよく考える必要がある。局所的な細分化格子法を非定常問題に適用した手法はバーガーらによって提唱されている。この手法は Adaptive Mesh Refinement (AMR) method と呼ばれ、格子の細分化手法として、物理量の勾配の大きい領域を探しだし、この条件に合う領域の格子を細分化する手法である。この手法は、高い精度が必要な場所で、必要な分だけの細分化格子を与えるため計算コストの面で非常に優位である。

並列計算を行う際に一般的に用いられる手法として領域分割法があげられる。この手法は計算領域を複数の小領域に分割しそれらの小領域を各 P E にわりあて独立に計算を進め、必要なタイミングでデータを交換しあい、計算を進める手法である。特に分散メモリ計算機環境では一般的な並列化技法である。AMR 法をこの手法を用いることで並列計算機上に実装する場合、以下の考慮すべきことがある。

1. 負荷量の問題。
2. 通信量の問題。

1 つめの負荷量の問題は、AMR 法の場合、特に重要な要素である。一般的に AMR 法は非定常問題に適用されるため、細分化格子が生成される領域は計算ステップが進むにつれて変動する。そのため、並列化手法として一般的に用いられる領域分割法を用いた場合、各 P E の負荷量を分散するためにど

のように計算領域を各 P E に分担させるかが問題となる。2 つめの問題は並列計算を行う場合に生じる付加的なプロセスである。このプロセスのコストを小さく保つことが並列計算でのパフォーマンス向上を図るために必要である。

このような背景の中で、分散メモリ型の並列計算機上で領域分割を用いた場合の手法については木下らの研究があげられる。この手法では、P E 数よりも多くの小領域に計算領域を分割しこの領域を動的に各 P E が担当し計算を行うという手法である。分割数を多くすればするほど負荷の分散平均的に行われるが、通信量の問題がネックとなった。

本論文では、具体的には、負荷を分散するために、各 P E の担当する領域が時間ステップが進むにつれて変動する動的な領域分割法について検討を行なった。この手法を用いることで、それぞれの P E はあらかじめ与えられた計算領域のみ計算対象とすればよく通信量を削減する事が可能となる。また、時間ステップが進むにつれてメッセージ通信の複雑さの問題が出るが、これは、領域分割のしかたにある程度の制限を加え対処する。この制限は、動的な領域の分割方向を次元のみに固定し、この複雑さを抑えるものである。また、並列計算を行う際に、通信自体のコストが非常に高いため、できるだけこの処理を効率よく行うために、再領域分割を行う最適タイミングについても検討を行った。このような検討を、分散メモリ型の並列計算機 CrayT3E で P E 数を 8 としておこなった。比較的局所的な領域に細分化格子が集中する段差付き管内流れの問題で速度向上比にして 6 倍以上のパフォーマンスを得ることに成功した。

キーワード： 並列計算、動的負荷分散、領域分割法、適応格子法、圧縮性流体