

II-261 スーパーコンピュータによる流体シミュレーションの高速化とビジュアル化

高梨 和光^{*)}

1. はじめに

現在、コンピュータを用いた設計や製造技術CAD/CAMとによって製品開発が行われている。さらに、より付加価値の高い製品を開発するために製品の性能評価まで行うことができるCAE (Computer Aided Engineering)が用いられている。このCAEによって、製品開発における期間の短縮化だけでなく、予測手法としても応用することが可能になってきている。これらのCAD/CAM/CAEの中で重要な役割を受け持つものがシミュレーションである。シミュレーションは複雑な形状を有した場での現象を再現するが、このとき有限要素法が多く用いられる。この有限要素法は構造力学の分野で確立され、現在は流体力学、熱伝導、物質輸送、拡散等の流体分野に応用されてきている。

シミュレーションは様々なケースについて検討(数値実験)を行うことができ、大規模な模型実験に比べて検討に費やされる時間と費用を短くすることができるという特長を持っている。しかしながら、従来のシミュレーションでは、汎用コンピュータかエンジニアリングワークステーション上で動くために、必ずしもリアルタイムなレスポンスが期待できないだけでなく図化等の後処理に多くの時間と費用を費やさなければならぬ。このために、様々なケースについての検討を容易に行うことができない。ここでは流体シミュレーションのひとつである津波シミュレーションを用いて、スーパーコンピュータによる流体シミュレーションの高速化とビジュアル化について論ずるものである。

2. シミュレーションの高速化

一般に、シミュレーション手法として広く有限要素法が用いられている。これは解析スキームを問題に応じて変える必要がないために、一貫したシステム構築が可能であるからと思われる。ここでも、海洋関連のシミュレーションシステムの構築の便を考え有限要素法によって津波シミュレーションを行っている。

シミュレーションの結果をより短時間で得ようとする場合、スーパーコンピュータか並列コンピュータを用いることが考えられる。現在、並列コンピュータは研究途上で実用的なシステムとの連携が難しいと思われるので、ここではアレイプロセッサによって高速演算を行うスーパーコンピュータを用いて津波シミュレーションの高速化を検討する。このとき、スーパーコンピュータの自動ベクトル化コマンドが利用できる場合には、プログラムの変更をせずにシミュレーションの高速化を容易に行うことができる。さらに、高速演算を行うアレイプロセッサを十分に利用して高速な処理を行いたい場合にはシミュレーションプログラム内の回帰的な演算部分を少なくするチューニングと呼ばれる作業が必要になる。なぜなら、チューニングを行う前のシミュレーションプログラムでは各要素ごとの値を全体系に重ねあわすところで回帰的な演算が生じるので、スカラー命令とベクトル命令が同一ループ中に混在し、高速演算を行うアレイプロセッサを十分に利用できなくなるからである。

^{*)} 清水建設(株) 土木本部 設計部 〒108 東京都港区 三田3丁目13-16 三田43森ビル12階

ここでは、250km四方の解析領域を設定し、実時間10分までの日本海中部地震津波のシミュレーションによってコンピュータの性能を比較する。このとき、汎用コンピュータM380-Qでの性能を1としている。スーパーコンピュータVP50で日本海中部地震津波のシミュレーションを行った場合、アレイプロセッサを用いずに処理したスカラー実行性能で約2倍、自動ベクトル化コマンドによってアレイプロセッサを用いて処理した自動ベクトル実行性能で約8倍、各要素ごとの値を全体系に重ねあわすところで生じる回帰的な演算をスカラー命令とベクトル命令に分けて処理したチューニング実行性能で約10倍であった。このとき、シミュレーションに要した時間は約1分であった。このとき、チューニングを行ったシミュレーションのベクトル化率は約94パーセントである。このように、ベクトル化率が90パーセント以上であれば約5倍程度もの高速化が期待できることが明らかになった。

3. シミュレーションのビジュアル化

現象を把握するには、シミュレーション結果のカラー表示やシェーディング表示等のビジュアル化が有効である。しかしながら、シミュレーション結果をビジュアル化するのにミニコンピュータを用いるために膨大な時間を費やしていた。これは、ハードに関しては記憶容量が小さくかつ計算処理スピードが遅いこと、ソフトに関してはグラフィックコマンドが十分に整備されていないことによるものと思われる。この問題を解決する方法として、エンジニアリングワークステーションの延長上にある専用グラフィックワークステーションを利用したビジュアル化が考えられる。しかしながら、現段階では膨大な画像情報を取り扱うために、スーパーコンピュータと連携したシステムが最適であると思われる。

ここでは、スーパーコンピュータを利用したビジュアルシステムCGMSを用いてビジュアル化を試みている。このCGMSは科学技術計算分野における計算結果データの解析・表示を主目的とした3次元カラーラスタグラフィックシステムで、作業領域をオプションにより拡張領域にとることができるので3次元数値データ等の巨大データを処理することが可能である。さらに、静止画を自動的にビデオテープレコーダにコマ撮りすることができるので、時系列になっている膨大な数値データ、例えばシミュレーション結果を容易にアニメーションとしてビデオテープに記録することができる。

シミュレーションから得られた水位情報データと海底地形データからユーザーファイルを作成し、CGMSで地震発生から10分後の津波の様子をカラー表示とシェーディング表示をし、グラフィックコマンドを利用して、津波の波高に応じて色を濃くして表示する。この表示方法によって、津波の波高が大きくなるような危険な場所を明確に確認することができる。このとき、使用したプロセッサはスーパーコンピュータVP200で、ビジュアル化に費やした時間は約2分程度である。

4. おわりに

流体シミュレーションの高速化とビジュアル化がスーパーコンピュータによって得られることが確かめられた。しかしながら、このようなシステムではスーパーコンピュータをグラフィックワークステーションのメモリとプロセッサとして用いているために、コストがエンジニアリングワークステーションの数10倍になっている。そこで、今後は大容量低コストのメモリーやベクトル処理や並列処理等の高速ロジックを組み込んだカスタムVLSIを搭載したインテリジェントグラフィックワークステーションの開発が望まれる。

謝辞

本報告をまとめるにあたり、富士通(株)の方々にVP50、VP200とCGMSについて御協力をいただき記して感謝の意を表します。