

構造解析オープンソースソフト FrontISTER (フロントイスター)の大規模並列解析戦略

奥田 洋司

東京大学 人工物工学研究センター

[アブストラクト]

文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」プロジェクトが、東京大学革新的シミュレーション研究センターを中核拠点として推進されている。本プロジェクトにおける「次世代ものづくりシミュレーションシステムの研究開発」のサブテーマである、「大規模アセンブリ構造対応構造解析ソルバーの研究開発」の状況や大規模並列解析の戦略を紹介する。

この研究開発の成果により、複数の部品から構成される大規模なアセンブリ構造体を“まるごと解析”できると同時に、非線形解析、接触解析など実務上のニーズの高い機能を充実、発展させた構造解析システムの実現を目指している。本システムでは、階層型メッシュデータと階層型アルゴリズムを用いることにより、既存の構造解析システムでは実行が不可能であった最大100億自由度の規模の解析を想定している。

[キーワード]

構造解析、並列有限要素法、アセンブリ構造、階層型メッシュ

[講演要旨]

1. はじめに

ものづくりにおける設計フェーズ、テスト時における物理現象の究明、製造工程における固体力学現象の解析において、構造解析シミュレーションは不可欠のものとなっている。更なる解析精度の向上とシミュレーション全体にかかる工数の削減のため、解析モデルの簡略化を最小限に抑え、より実機に近い形での解析の実用化が望まれている。本研究開発では、さまざまな非線形性を伴う定常および非定常現象について、実際の製品の形態である複数のパーツやブロックから構成されるアセンブリ構造をまるごと解析可能な大規模並列構造解析システムを開発を行っている。FrontISTER は、並列有限要素解析ミドルウェアと、その上に構築される非線形構造解析ソフトウェアによって構成される。並列有限要素解析ミドルウェアについては、10億～100億メッシュ規模までの大規模解析を実現するため、並列環境におけるメッシュ細分化機能、アセンブリ構造に対応した階層型アルゴリズム、などが検討されている。非線形解析ソフトウェアについては、接触解析、大変形、非線形材料特性など、既存の商用プログラムと同レベルの機能充実化を目指している。また、マルチコア、メニーコア環境における並列化戦略についても検討を行っている。

2. 階層型データに対応したアセンブリ構造解析

アセンブリ構造対応の構造解析システムを実現するために、並列有限要素解析ミドルウェアにおいて、解析時に構造を構成するパーツの結合を有限要素法のメッシュベースで実現するために自由度消去型のMPC (Multipoint Constraint: 多点拘束) 機能を有している。また、将来の大規模並列計算機への対応として、現状では計算不可能な100億メッシュ規模の構造計算を実現するために、階層型データ管理機能、反復法ソルバーのマルチグリッド型加速の設計を進めている。

3. 大規模ノード数、多数コア対応アルゴリズム

ノード間並列に、従来からよく用いられている MPI を用いるという戦略に変わりはない。そこにおいて最も重要な点は、データの局所化と負荷の均等化であり、同時に(反復法の前処理において)収束の加速のた

めにある程度の大域的な処理を考慮する。一方、最近の並列計算機の全体としての性能向上は、メニーコア化によるノード性能向上によって実現されている。計算に使えるコアが増えることで、演算能力は 2 倍、3 倍と増加していくが、有限要素法において支配的な演算である疎行列・ベクトル積は、メモリのバンド幅によって制限を受けるため、コア数が増えると並列化率は落ちていく。そこで、GPGPU を含むメニーコア環境でのパフォーマンス向上のために、行列を記憶する形式としてブロック CRS (Compressed Row Storage) などのフォーマットやキャッシュを活用した高速化アルゴリズムの検討を行っている。

4. おわりに

ここで紹介した FrontISTR は、その先行プロジェクトであり、既に公開[1]されている構造解析ソフトウェア FrontSTR Ver2.02 および構造解析基盤ソフトウェア HEC-MW Ver2.01 を基に開発されている。FrontISTR としての公開は 2010 年 6 月の予定である。

[1] <http://www.ciss.iis.u-tokyo.ac.jp/rss21/theme/multi/heckernel/index.html>

以上