

Development of Computational Mechanics System for Large Scale Analysis and Design (ADVENTURE Project)

設計用大規模計算力学システムの開発

プロジェクトリーダー 吉 村 忍

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
教授

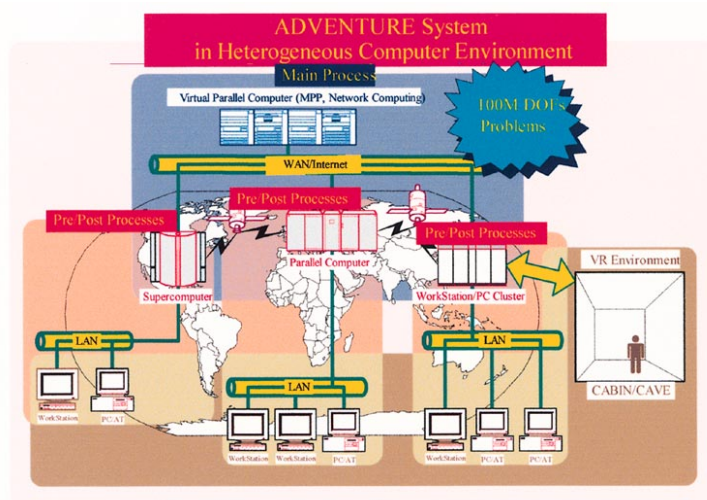


図1. ADVENTURE システムイメージ



図2. 没入体験型仮想現実感システム CABIN

1. 研究の目的

間もなく21世紀を迎える人類が直面する様々な重要課題を解決するにあたって、自然物や人工物の振る舞いをより一層高精度に予測し、その結果に基づいて適切に設計したり、対処することが求められている。これまでに固体の変形、熱や流体の流れ等の力学現象を定量的に評価することを目的として、汎用の計算力学システムが多数開発され、これらのシステムはいまや現代産業化社会において欠くことのできない基盤技術となっている。しかし、これらは一昔前の逐次処理計算機を前提として開発されたために、21世紀の主流である数百～数千個のプロセッサから構成される超並列計算機上では極めて低い並列化効率しか得られない。その結果、計算機のピーク性能が向上しても、数10万自由度規模のモデルによる解析が上限となっている。

本プロジェクトでは、汎用的な解析能力を保持しつつ、2002年頃に登場するピーク性能30～100テラフロップス($\approx 10^{12}$ FLOPS)級の計算機を活用して、1千万～1億自由度の大規模モデルを用いて任意形状の実用力学問題(たとえば固体の変形解析)を1時間～1日で解き、さらに最適化・満足化設計も可能な計算力学システムを開発する。そのために、解析の部分(メイン)はもちろん、モデル作成(プレ)や解析結果の可視化(ポスト)処理にも超並列アルゴリズムを開発し、実装する。また、ニューラルネットワークやファジィ理論、遺伝的アルゴリズム、仮想現実感手法を活用することにより、ユーザーフレンドリネスを向上させる。

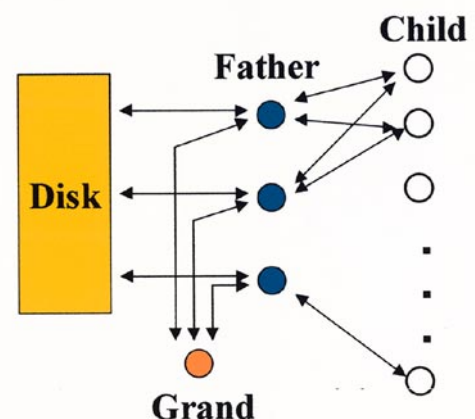


図3. 超並列計算機上の階層型領域分割法のデータフロー(○はプロセッサを表す)

2. 研究の内容

(1) システムの特徴・仕様

本プロジェクトでは、任意形状の1千万～1億自由度級モデルによる解析能力(高速・高精度)を有しつつ、汎用システムとしての多様な解析機能(線形・非線形、定常・非定常、最適化)次世代ソフトウェアシステムとしての優れた移植性、拡張性、保守容易性、使い易さを追求したシステムの開発を目指している。たとえば、プレ、メイン、ポスト処理のすべてに超並列アルゴリズムを導入するが、言語にはC/C++、通信にはMPI、OSとしてはUnix/Linuxという将来性があり、かつ汎用性の高い環境のみを用い、またメイン部分には図3に示されるような階層型領域分割法という通信負荷の低い並列アルゴリズムを用いる。このため、超並列計算機はもちろんのこと、WSやPCをEthernet等で接続したクラスター環境も含めたヘテロジニアス環境でもほとんど変更なく稼動する。さらに、モデル作成およびメッシュ生成部分(総称してプレ)にファジィ理論やオブジェクト指向などのソフトコンピューティング技術を適用し、徹底的な自動化を推進しているため、1千万～1億自由度クラスの問題を百～1千自由度規模の問題を解く程度の労力で容易に解析することができる。また、標準インターフェースとしては、PC/Windows環境を想定しており、必要に応じて図2に示すような没入体験型仮想現実システムCABINを用いることもできる。なお、現在は、メイン部分の主たる実行環境として東京大学大型計算機センターのSR2201(1024PEs、ピーク性能0.3テラフロップス)を用い、プレ、ポストの並列計算には、対話的な利用が必須なのでVT-Alpha(533MHz) Linuxを25台(今後順次増強予定)接続したPCクラスタを用いている。

(2) 研究計画

1997-98年度

静的線形問題は1千万自由度、非線形や非定常問題は百万自由度をターゲットとして、プレ、メイン、ポストのプロトタイプを作成し、基本技術を実証する。

1999-2000年度

プロトタイプシステムの統合化を行う。平行して静的線形問題は1億自由度、非線形や非定常問題は1千万自由度をターゲットとして、システムを開発する。

2001年度

最終的なシステムの統合化を行い、システムの性能評価、マニュアルの整備を行う。

(3) 解析事例

1998年度の中間的な成果として、図4には、並列4面体メッシュ生成システムによって生成した1千万自由度級メッシュを示す。上述のPCクラスターによって約7分で生成することができる。図5には、階層型領域分割法のために、130万自由度級メッシュを2段階の階層構造に自動分割した例を示す。領域サイズをほぼ均等にしかも領域間境界上の節点数が最小になるように分割することにより、メイン部の解析時間を短縮することができる。図6には、SR2201(1024PEs)を用いた弾塑性解析によって得られた表面の応力分布を並列ポスト処理システムによりCG表示した結果を示す。十分に細かなサイズの要素を用いることにより、複雑な応力集中の様子(応力値は赤>黄>緑>青)を正確に捕らえられている。今後、解析自由度を拡大し、さらに複雑な形状の解析に取り組む予定である。

3. 研究の体制

期 間：1997年8月 - 2002年3月

構 成：プロジェクトリーダー：吉村忍(東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授)コアメンバー：3名、研究協力者：23名(うちポスドク2名)
サブプロジェクト構成：全体4名、全体設計4名、メイン20名、プレ3名、ポスト3名(重複あり)

実施場所：東京大学大学院新領域創成科学研究科 文京区本郷7-3-1



図4. 1千万自由度級4面体メッシュ

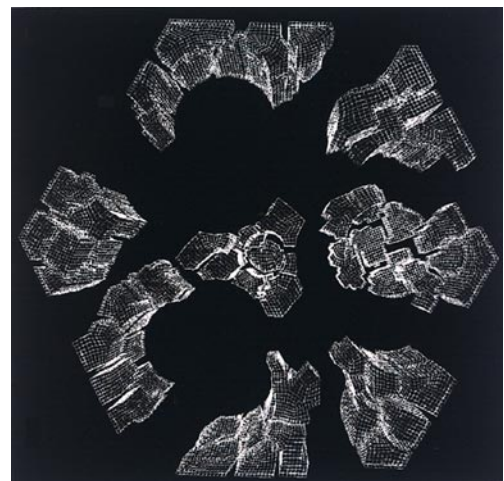


図5. 130万自由度級6面体メッシュの階層型領域分割

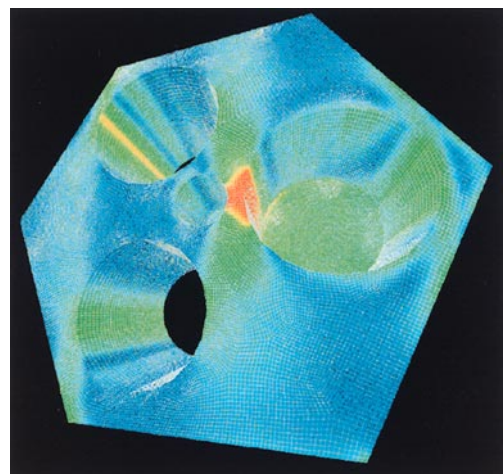


図6. 130万自由度級メッシュの弾塑性解析結果(相当応力分布)