

論文審査の結果の要旨

氏名 三村 泰成

最近、「Grid コンピューティング（以下 Grid と称す）」と呼ばれる新しい計算機運用モデルが注目されている。これは 1 つの機関だけで計算資源を独占するのではなく、広い地域に配置された計算資源を結びつけ、広域的に分散／並列計算を行うモデルであり、現在テストベッドを構築・維持するという形で欧米を中心に盛んに研究が推し進められている。これらの研究は Grid 環境の整備が目的であるが、一方で、実際の科学技術計算への応用研究は、まだ数が少ないのが現状である。そこで本研究では Grid 環境上に人工物設計支援環境を実現することを目指している。人工物(システム)の設計には多くの知識と経験が必要とされ、多くの人とソフトウェアが協調しなければならない。Grid 環境は高度な分散協調環境であり、設計支援環境を実現することで Grid の可能性を引き出すことが期待できる。

Grid 環境は従来の計算機環境にはない多くの課題を内在しているが、コンピュータによる設計支援についても解決せねばならない課題が多い。本研究では、まず、Grid 環境、設計支援環境の現状を分析し、それに適した利用形態と実現のための要件を提示し、それらを実現する形で研究を進めた。

本論文は、以下の 7 つの章から構成されている。

第 1 章は序論であり、本研究の背景と位置付けをまとめている。

第 2 章では、まず、Grid 環境の現状とその問題点について述べられている。それらの分析の結果、Grid 環境では「依存性の少ない仕事を非同期に安定して実行する」ような利用形態が望ましいことが提示された。工学設計は分散実行できる仕事を多く含んでいるおり、この利用形態に合致する。しかしながら Grid 環境上で工学設計を実現するためには、まず、支援システムを実現することが必要である。そこで本章では、「要件 1: Grid 環境に適した最適化手法の開発」、「要件 2: 物理現象を把握するための解析ツールの整備」、「要件 3: 評価計算の非同期実行環境の実現」という 3 つの要件が提示された。

第 3 章は、要件 1 を満たすべく新たに開発された最適化手法について述べたものである。非線形数理計画問題は傾斜法での解探索が効率的であるとされているが、不安定な Grid 環境では機能しない可能性が高い。一方、確率論的手法はロバスト性に優れているものの、精度と効率が極めて悪い。本章ではこれらの中間的な手法である「2 次計画交叉(QPX)」、「平滑化スプラインを用いた適応

的応答曲面法(ARSSS)」が新たに提案され、テスト関数を用いて検証することで、Grid 環境での利用に適していることが示された。

第4章では、要件2を満たすために、Grid 環境で最適設計を実現するためのツールの整備と自動解析の実現について述べられている。広域環境では用いられるツールのライセンスが問題となるが、本研究ではオープンソースである設計用大規模並列有限要素法解析システム ADVENTURE を用いてこれを回避している。

第5章は、要件3を満たすために、Grid 環境上の最適設計システムの実現について述べたものである。Grid 環境では、ハードウェア、ソフトウェアの障害が発生しても仕事を続けることができねばならない。本研究では、まず、Grid 環境下で障害が発生しても、それらを回避しつつ安定して評価計算を非同期実行できるシステムが実現された。最適化エンジン(QPX, ARSSS)はこれらを利用して実現される。実際に運用された Grid 環境は、「マルチクラスタ環境(複数のPCクラスタ)」と「ITBL 環境(複数の大型計算機)」である。マルチクラスタ環境では、遠隔呼び出しツールとして GridRPC である Ninf が用いられ、コネクティングロッドの最適設計を実現することでシステムの有用性が検証された。ここでは同志社大学と東京大学に存在する PC クラスタを用いて実験を行い、実際にネットワークの接続を切断することで耐故障性に優れていることが示された。ITBL 環境では、ジョブマネージャに対して「ジョブの投入と結果の監視」作業を非同期に実行することで評価計算の非同期実行を実装され、原子力研究所の PrimePower (関西研) と Origin3800 (那珂研) を用いて最適設計システムを実現することでその有用性が示された。

第6章では、コネクティングロッドの極限設計を例に取り、非同期分散最適化エンジンと評価計算の分散処理を組み合わせた具体的な問題設定が検討された。これにより、Grid 環境のような高度な分散環境で、どのような最適設計が実践できるが実証された。

第7章は結論であり、本研究で得られた成果をまとめた章である。

以上を要するに、本論文は、Grid 環境における高度な工学設計支援環境を実現することを目指し、その実現までに越えねばならない問題を分析し、その解決策を明確にした上で、実際に最適設計システムを構築することで、その実現可能性を明らかにしたものである。用いられたツールや方法論はすぐに標準化できるようなものではないが、Grid 環境という高度な分散環境において、実際に稼働可能なシステムを構築することで分散設計環境モデルを提示し、Grid 環境に必要な機能や要件を明らかにした点で価値が高い。今後の人工物や人工システムの設計支援環境及び Grid 研究の発展に寄与するところが少なくない。よって本論文は博士(環境学)の学位請求論文として合格と認められる。