

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 太田 高志

修士（理学）太田高志提出の論文は「An Object-Oriented Framework for Scientific Computations – advantages in parallel computational fluid dynamics – (科学計算のためのオブジェクト指向フレームワーク – 並列計算における利点–)」と題し、本文6章および付録2項から成っている。

並列計算は数値流体力学（Computational Fluid Dynamics: CFD）にとって重要な手段であり、そのためのプログラム開発に関しては様々な言語、コンパイラ、ライブラリを用いた並列化が行われている。従来、このような並列計算のためのプログラム開発は単なる作業と見なされ、プログラム設計に関する有効な方法論は存在しなかった。すなわち、個々のプログラムはそれぞれの性格を有しており、それらを用いて並列計算を行う際、従来の方法によればその都度計算プログラムに並列化のための処理を施さねばならず、効率が悪い上に、結果の正確性やプログラムの互換性も低下しがちである。数値的解析プロセス全体の構築に対して、並列計算も含めた統一かつ効率的な設計指針を与えることができれば、CFDの役割はさらに強化し得るのみならず、一般的な科学計算への寄与も大きい。

このような観点から、著者は、従来の「既存プログラムの並列化」とは異なったアプローチであるプログラム設計の方法論を提案し、それに沿った具体的なプログラムを実現するための手段としてのプログラミングフレームワークの設計、開発を行っている。具体的には、全体として並列性を有するアルゴリズム設計を行うこととし、その指針のもとに、逐次、並列計算を統合するプログラム構造の抽出が行われている。フレームワークは、流れ場、計算スキーム、境界条件等、主要な概念を持つモジュール（オブジェクト）とそれらの関連を規定しており、それらの組み合わせによって、提案された設計指針に沿ったプログラム全体の構成が実現される。このアプローチでは、計算と並列処理が分離でき、分離したモジュールの設計によって、個々のモジュールの変更が他の部分へ影響しないので、可搬性を保ちながら機能拡張を行うこと等が可能となる利点がある。

第1章は序論で、CFDにおける並列計算の現状と、その問題点を概観し、それらに基づいて本論文の目的、意義および独自性を明確にしている。

第2章では著者の提案によるフレームワークを用いた並列流体計算プログラム設計の基本概念について説明している。その主たるアプローチは、計算スキームの並列性を前提と

して、計算で使用されるデータ類とそれを対象とする処理をそれぞれ独立したモジュール（オブジェクト）とすることであり、その設計のために適切な抽象概念の抽出が必要であることが述べられている。

第3章では上記設計概念を実現するためのフレームワークの具体的記述が行われている。すなわち、まず、フレームワーク設計の必要性とその性格を定義する設計思想を述べ、続いてフレームワークの各局面の設計について詳細な解説を行っている。

第4章では、本フレームワークを用いて構築された流体計算プログラムの並列実行による計算例と性能評価を示している。

第5章では、計算コードの再利用性、可搬性および計算性能に関する問題点について述べ、本フレームワークによる対策を検討している。同時に、全数値解析プロセスを構成するための格子生成や結果の可視化を含めた統合的計算環境に対して提言を行っている。

第6章は結論で、上記各章における考察の総括を行い、著者の提案するフレームワークの利点を強調している。

付録Aでは本フレームワークによるプログラムと通常の並列化プログラムとの比較をプログラミングコストの面から行い、付録Bには本論文で用いた C++言語による計算性能測定用プログラムを、他の比較用プログラムと併せて収録している。

以上要するに、本論文は並列計算を含めた流体計算プログラム設計に対する方法論を提示し、それを具現するための手段として、オブジェクト指向による並列流体計算フレームワークの設計を行い、具体的な実現例を示すことにより、その利点、重要性を検証したものであり、その成果は科学計算、特に数値流体力学（CFD）に重要な指針を与え、航空宇宙工学に貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。