

2024 年度年次報告書

生命と情報

2024 年度採択研究代表者

馬込 望

筑波大学 大学院理工情報生命学術院

大学院生

大規模魚群のメカニズム解明と社会実装のための革新的解析システム構築

研究成果の概要

魚群のメカニズム解明には、数値解析などの情報科学技術が有力な手段となりつつあるが、大規模魚群を精密かつ柔軟に解析し、それを社会実装に結びつける統一的な方法論は確立されていない。本研究では、この課題に対応するため、(A) 多数の局所領域に対する動的な高精度化、(B) 大規模並列計算のための汎用フレームワークの構築、(C) データサイエンスによる計算コスト削減の数理基盤の導入、という3要素を統合的に扱う解析基盤の創成を目指す。

初年度となる2024年度は、(A)(B)に関する基礎的な手法構築を実施した。(A)では、本研究基盤のB-spline重合メッシュ法におけるB-splineメッシュ構築を効率化し、プログラムの保守性を高めるため、Bezier extraction operatorによる基底関数生成法を導入した。これにより、計算効率の向上とプログラム保守の簡素化が実現し、並列計算アルゴリズムとの整合性も確保された。さらに、同手法を非定常流体解析へと拡張し、移流項および非圧縮性近似に起因する数値不安定性に対してSUPG/PSPG安定化法を適用した。3次元Cavity flowや2次元Couette流などの代表的問題を用いた数値検証により、ソルバーの妥当性と重合メッシュ法による局所的高精度化の効果を確認した。

(B)では、分散メモリ型並列環境におけるB-spline重合メッシュ法の実装を進め、グラフ構造に基づく領域分割法の理論構築と実装・評価を行った。本手法は、重合メッシュのような複雑な構造にも対応可能な高い汎用性を示し、有限要素法の多様な基底関数にも同一枠組みで適用可能であることを確認した。また、バケット探索による重複領域の高速検出や、精緻化された大規模メッシュに対応した省メモリ型グラフ生成アルゴリズムの開発も実施し、今後の大規模解析に向けた基盤を整えた。