

TSUBAME 共同利用 平成 30 年度 学術利用 成果報告書

利用課題名 マルチ GPU による心血管系の血流の数値シミュレーション
英文: Numerical simulation of blood flow in cardiovascular system by multi-GPU

利用課題責任者
水藤寛

所属
東北大学材料科学高等研究所

邦文抄録

安定化有限要素法は、複雑な境界形状を持つ領域での 3 次元非圧縮性 Navier-Stokes 方程式の数値計算に広く用いられているが、その GPU による高速化には、実装上いまだ困難な点が多い。そこで本研究課題ではマルチ GPU による大規模計算が行える TSUBAME の計算機環境を利用し、安定化有限要素法による 3 次元非圧縮性 Navier-Stokes 方程式のマルチ GPU 並列解法を構築する。そして大動脈における血流の数値シミュレーションを行い、その結果から治療に役に立つ血流速度や内圧や壁面せん断応力などの特徴量を解析する。大動脈における様々な病態のメカニズムを血流の違いという視点から調べることを目指している。

英文抄録

In this research, we aim to develop multi-GPU parallel solution method for 3D incompressible Navier-Stokes equations discretized by the stabilized finite element method and perform numerical simulations of blood flow in the human aorta. We aim to investigate the mechanism of various pathological conditions in the aorta from the viewpoint of the difference in blood flow.

Keywords: Multi-GPU, Stabilized FEM, Navier-Stokes Equations, Iterative Solvers

背景と目的

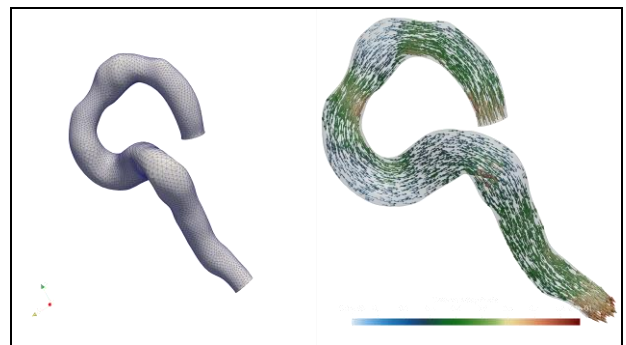
本研究で扱う 3 次元非圧縮性 Navier-Stokes 方程式の数値計算の主な対象は、大動脈における血流計算である。大動脈内の血流は、大動脈瘤や大動脈解離などの生命に関わる疾患と深く関係しており、その病態のメカニズムを血流の違いという視点から調べることは、社会的にも大きな意義を持っている。多数の症例に対する効率的な計算を実現するため、安定化有限要素法による 3 次元非圧縮性 Navier-Stokes 方程式のマルチ GPU 並列解法を構築することを目的とする。

概要

Navier-Stokes 方程式を安定化有限要素法によって離散化した連立方程式のマルチ GPU 並列計算の解法に BiCGSafe 法を用いている。CPU 並列計算においては BiCGSafe 法の計算効率が良いということがよく知られているが、GPU 並列計算において検証された例はあまりない。マルチ GPU を使用した BiCGSafe 法のソルバーを実装し、その有効性を検証し、有限要素により血流の数値シミュレーションを行う。

結果および考察

血流の数値シミュレーションに用いた大動脈の形状と計算結果の例を図に示す。



まとめ、今後の課題

マルチ GPU を使用した BiCGSafe 法のソルバーを実装できた。また、開発した BiCGSafe 法のソルバーを用いて有限要素により血流の数値シミュレーションを行うことができた。今後の課題として開発したプログラムを複数分岐がある複雑形状の大動脈の流れのシミュレーションに応用していく。