

課題名 (タイトル) :

生体力学シミュレーションソフトウェアの研究開発
Software Development for Biomechanical Simulations

利用者氏名 : ○杉山 和靖*、野田 茂穂*、Xiaolong Wang*

所属 : *情報基盤センター 計算工学応用開発ユニット

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

生体力学を対象とするシミュレーションは、治療効果の事前予測、生命現象の本質の理解、病気のメカニズムの解明など、医療分野、生命科学分野での活用が期待されている。本課題の目的は、柔軟な構造物、膜を含む連続体レベルの生体力学の諸問題を扱うためのシミュレーション技術の開発、整備である。特に、IPA 研究員 Xiaolong Wang の研究課題「Cellular-scale numerical analysis of the dynamics and oxygen transfer in capillary systems for unraveling microcirculation related human diseases」において、赤血球膜を介したガス交換を考慮した血流シミュレーションの研究を進めている。

2. 具体的な利用内容、計算方法

本研究での HOKUSAI の利用内容は、(i) 血流解析コードの開発、動作確認、(ii) 界面での濃度跳躍を伴う物質移動の計算手法開発である。

(i) では、埋込境界法に基づき、血球膜と周囲液体との動力的相互作用を扱い、非圧縮性流体の計算アルゴリズムで時間更新する計算コードを使う。本年度は、並列化コード開発におけるテスト計算や、任意の血管形状でのプリ・ポスト処理の動作確認での利用にとどまっている。

(ii) では、濃度の移流拡散反応方程式を扱う。界面では、拡散による物質移動と濃度跳躍が比例関係とする境界条件を課す。界面運動を数値的に扱う場合、埋込境界法が頻繁に用いられるものの、跳躍を許す問題に埋込境界法を適用すると、数値解の精度が界面付近で悪くなり、格子解像度を上げた場合の数値解の収束性が低くなってしまふことが知られている。本課題では、界面付近での平滑化処理を伴う埋込境界法の代わ

りに、界面からの距離を用いて境界条件と支配方程式を展開し、それらを数値的に解く埋込界面法の手続きにならうことで、解の収束性を高める計算法の開発を進めている。特に、濃度跳躍と界面の変形・移動を考慮して定式化を行ない、HOKUSAI を用いて手法の検証を進めた。数値誤差と格子幅を調べた結果、埋込境界法では収束精度が一次以下であったのに対して、本手法では概ね二次精度であり、解の収束性が高くなることを確認した。

来年度は、物質移動の計算手法を血流解析コードに組み込み、システムを用いて本計算を実施する予定である。

平成 27 年度 利用研究成果リスト

【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】

杉山和靖, スーパーコンピュータによる一次血栓シミュレータの開発, 機械の研究, Vol. 67, pp. 789-791 (2015.8)

【国際会議、学会などでの口頭発表】

Sugiyama, K., Development of multiscale thrombosis simulator on the K computer, 9th Aso International Meeting, (2015.5) Kumamoto.

Sugiyama, K., Massively parallel computing of the initial stage of thrombus formation, 6th International Conference on Computational Bioengineering, (2015.9) Barcelona, Spain.

Sugiyama, K., Multiscale blood flow simulations on massively parallel computers, 7th European-Japanese two-phase Flow Group Meeting 2015, (2015.10) Zermatt, Switzerland.

【その他 (プレスリリース、学術会議以外の一般向けの講演など)】

杉山 和靖, スパコンを駆使して血流シミュレーション, 第 37 回基礎工学部公開講座, (2015.7), 大阪大学 豊中キャンパス.

杉山 和靖, 超並列計算機上でのマルチスケール血流シミュレーション, 第 10 回スーパーコンピュータ「京」と創薬・医療の産学連携セミナー, (2016.1), グランフロント大阪, 大阪.

杉山 和靖, 野田 茂穂, 医療応用を目指した血流シミュレーション法, 第 8 回 EFD/CFD 融合ワークショップ, (2016.2), 秋葉原コンベンションホール, 東京