

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*

理研での所属研究室名 :

*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。

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) 移動を伴う膜界面と、濃度跳躍を伴う物質移動との連成手法の開発、(ii) 血球から血しょうへの酸素放出を伴う、血流計算である。

2016 年度までに、透過性膜の移動を伴う濃度輸送を扱う埋込境界法を定式化した。一次元問題を対象とし、有限差分法により離散化を行い、あたかも負の拡散として振る舞う濃度跳躍を正しく捉えられることを確認した。本年度は、より一般的な多次元問題への適用を可能とするため、これまでに開発を行った埋込境界法の拡張を進めた。

3. 結果

(i) の結果について、図に、界面での跳躍を伴う濃度分布の例を示す。膜は円形とする。時刻ゼロにおいて、膜は伸びた状態 $R/R_0 = 2$ にあり、膜の内、外における濃度は、それぞれ、 $c = 1$, $c = 0$ と与える。時刻の経過に伴い、膜の半径は小さくなり、 $R(t)/R_0$ に漸近してい

く。濃度は移流拡散方程式に従い、膜界面では、ダルシー則に従う膜透過速度があり、物質移動は、対流流束と膜拡散係数を含む拡散流束の和で表される。図は、濃度分布を示し、記号は開発した埋込境界法による結果、実線は半理論的に求まる解である。両者の整合性より、本手法の妥当性を確認した。

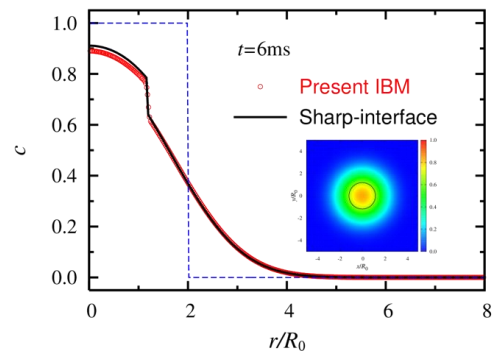


図 4 界面での跳躍を伴う濃度分布

(ii) の結果について、(i) で開発した手法を、血流解析コードに導入し、血流計算を行い、膜透過係数と血球の膨潤率の変化に関して、データの取得を進めてきた。

4. 今後の計画・展望

来年度は、物質移動を伴う血流計算を継続して行い、酸素放出を伴う血球の動力学に関する知見を得るとともに、大規模な血流計算を実施する予定である。

平成 29 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, Gong, X., Wang, X., Huang, H., 高木 周, 透過膜物質移動に対する埋め込み境界法, 日本流体力学会年会 2017 講演論文集, (2017.9), No. 286.