

課題名 (タイトル) :

Numerical Simulation of airflow in a human lung

利用者氏名 : 石峯康浩

所属 : 社会知創成事業 次世代計算科学研究開発プログラム
次世代生命体統合シミュレーション研究推進グループ
臓器全身スケール研究開発チーム

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

次世代計算科学研究開発プログラムの一環として医療の発展に貢献すべく推進中である次世代生命体統合シミュレーションにおける研究である。臓器全身スケール研究の一端として、呼吸器系の計算を行い、肺内部における有害微粒子の挙動解明、気道閉塞プロセスの理解の推進、効率的なドラッグデリバリーシステムの開発などに貢献することが期待されている。

2. 具体的な利用内容、計算方法

非圧縮流体流れ用の流体ソルバーを肺内部での気流のシミュレーションに最適化させて利用した。本ソルバーは、3次元のナビエ・ストークス方程式を、SMAC 法に基づいて差分化した離散式に基づいている。そして、直方体格子で構成される計算領域において、VOF 法を適用することで、肺の複雑形状を表現した。大規模並列計算に対応できるように、理化学研究所の VCAD システム研究プログラムで開発された V-Sphere 上で動作するように構築されている。また、本年は、我々のチームで血流シミュレーション用に開発した超弾性体の挙動を解析できる数値モデルの肺気流シミュレーションへの適用作業も行った。

3. 結果

本年度は、ソルバーの信頼性を確認するため、肺末梢部の形状に近い比較的シンプルな系で計算を行った。すなわち、肺胞部分を球、それに繋がる細気管支を円柱とした幾何形状を構築して、その内部の流れを計算した結果、ほぼ期待通りの

結果を得られる段階に達した。

4. まとめ

肺内部における気流の予察的な数値シミュレーションを実施し、良好な結果を得た。

5. 今後の計画・展望

大型放射光施設 (SPring-8) を用いて計測を行ったマウスの高分解能 4D in vivo CT で得られる肺末梢の形状データ等を利用して、より現実的な形状内部での流れについて検討する予定である。

6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況 (どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか) や、継続して利用する際に行う具体的な内容

本年度は、ソルバーが肺内部の流れの計算に適用可能かの評価を中心に進めたので、来年度以降、継続利用をして、より現実的な流れのシミュレーションを実施し、具体的な現象の解析を行う予定である。特に、肺胞の膨張・収縮によって引き起こされる肺末梢部の流れを定量的に評価できる段階に達したいと考えている。

平成 22 年度 RICC 利用研究成果リスト

【国際会議などの予稿集、proceeding】

Ishimine Y., Sera T., Noda S., Suzuki S., Wada S., and Takagi S., Numerical Study of Alveolar Duct Flows in Peripheral Airways, 6th World Congress on Biomechanics Abstracts, 373, 2010.

Ishimine Y., Sera T., Noda S., Suzuki S., Wada S., and Takagi S., CFD Simulations of Airflow in Human Alveolar Ducts, Conference Abstracts VPH2010, The First Virtual Physiological Human Conference, 310-311, 2010.

【国際会議、学会などでの口頭発表】

石峯康浩・世良俊博・野田茂穂・鈴木慎吾・和田成生・高木周、呼吸で生じる末梢気道内流れに関する CFD 解析、日本機械学会 2010 年度年次大会、2010 年 9 月名古屋市

石峯康浩・世良俊博・野田茂穂・和田成生・杉山和靖・高木周、ボクセルベースの肺気流シミュレーション、2011 年理研・生体力学シミュレーションシンポジウム、2011 年 3 月和光市

【その他】

石峯康浩・世良俊博・野田茂穂・和田成生・杉山和靖・高木周、呼吸器系における気流の大規模計算、次世代スーパーコンピューティングシンポジウム 2010 および第 1 回戦略プログラム 5 分野合同ワークショップ、2011 年 1 月神戸市（ポスター発表）

石峯康浩・世良俊博・野田茂穂・和田成生・杉山和靖・高木周、ボクセルベースの数値モデルによる呼吸器内部における気流の流体解析、第 3 回 バイオスーパーコンピューティングシンポジウム、2011 年 2 月神戸市（ポスター発表）