

課題名 (タイトル) :

Numerical Simulation of airflow in a human lung

利用者氏名 : 石峯 康浩

理研での所属研究室名 :

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、肺気道から肺胞、さらには肺胞から肺胞を取り巻く毛細血管への酸素/二酸化炭素のガス交換を連成させる肺呼吸・肺循環統合シミュレータを開発し、呼吸器系と循環器系の統合的な理解を目指している。

2. 具体的な利用内容、計算方法

臓器全身スケール研究開発チームにて開発した構造流体連成シミュレーションモデルに改良を加え、肺胞と肺胞管から構成される肺末梢部における弾性変形、ならびにその結果、生じる気流の解析を行った。本年度は、さらに、肺胞周りの毛細血管内の血流も同時に計算できるよう機能の拡張を行った。数値モデルは、非圧縮性流体の計算スキームとして一般的な SMAC 法に基づくものである。ただし、構造体の弾性変形を考慮に入れるため、応力計算では、左コーシー・グリーン変形テンソルを導入して弾性応力も計算している。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、複雑形状を表現している点が大きな特徴となっている。また、京速スパコン「京」で利用することを想定して、超並列計算用にチューニングも行っている。

3. 結果

本年度は、京速スパコン「京」での利用に向けた並列化効率の向上を念頭に、ウィークスケールリングのテスト計算に適した形状モデルを作成し、RICC 上でも計算を実施した。その結果、期待される結果が得られた。

4. まとめ

肺内の弾性変形とそれによって引き起こされる気流ならびに血流の連成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

来年度以降、大型放射光施設 (SPring-8) による高分解能 4D in vivo CT で得られたマウスの肺末梢の形状データ等を利用して、より現実的な形状に関する解析を実施する予定である。

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、並列化性能の向上を主眼とした作業を行ったが、来年度以降は、呼吸生理学的により意義の深い計算を実施し、閉塞性の肺疾患等の病態の理解に貢献できる成果を得たいと考えている。

平成 23 年度 RICC 利用研究成果リスト

【国際会議、学会などでの口頭発表】

石峯康浩・世良俊博・杉山和靖・野田茂穂・和田成生・高木周、肺におけるガス交換のための構造-流体連成シミュレーション、第 25 回数値流体力学シンポジウム、2011 年 12 月 吹田市

石峯康浩、京速スパコンによる呼吸生理研究への取り組み、日本生体医工学会専門別研究会、2012 年 2 月、京都市 (予定)

【その他】

石峯康浩、ZZ-LUNG 肺呼吸・肺循環シミュレーション、次世代生命体統合シミュレーション・ソフトウェア研究開発成果報告会、2011 年 12 月 東京都 (ポスター発表)

石峯康浩、肺呼吸・肺循環シミュレーション用数値モデル ZZ-LUNG の紹介、次世代ナノ統合シミュレーション・ソフトウェアの研究開発 (ナノ統合) / 次世代生命体統合シミュレーション・ソフトウェアの研究開発 (ライブ) 公開シンポジウム、2012 年 2 月 神戸市 (ポスター発表) (予定)