

課題名 (タイトル) :

ヒト上気道の気流計算

利用者氏名 : 世良 俊博

理研での所属研究室名 : 和光研究所 基幹研究所 先端技術基盤部門 生物情報基盤構築チーム

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

鼻腔は非常に複雑な形状をしており、吸入空気を適切な温度に加温・冷却する温度調節機能などの重要な機能を保持している。これらの機能に関連して、近年では CT や MRI などの医療画像から 3 次元実形状が再構築され、鼻腔内気流の CFD (Computational Fluid Dynamics) 解析が行われている。従来の解析では、鼻腔の極めて複雑な形状に応じて非構造格子および境界適合格子を用いる例が多く、その格子生成には高度なノウハウ、多大な労力や時間が必要とされている。そこで、本研究では、ボクセル格子法による鼻腔内熱流体解析を行い、鼻腔内の加温能力について検討を行った。

2. 具体的な利用内容、計算方法

計算モデルには、生体力学シミュレーション研究チームで取得した CT 画像から、理研 VCAD チームで開発した V-CAT を用いてセグメンテーションを行った上気道のモデルを用いた。得られたサーフェースデータから VCAD チームで開発された V-xgen を用いてボクセルサイズを 0.2mm としボクセル格子を作成した (総格子数は約 7300 万)。また、気流シミュレーションには、VCAD チームで開発している V-Sphere で動作するボクセル法を用いる。入り口条件として咽頭部位に吸気を模擬した定常流 (平均流量 : 230ml/s) を与えた。本研究では、鼻腔壁 (熱源セル、初期温度 34 度) と気流 (流体セル、初期温度 25 度) の間に 1 層分固体セルを配置し、熱源と流体の間の熱伝導 ($0.04[\text{W/mK}]$) を考慮した。

3. 結果

図 1 に壁面の温度分布を示す。壁面温度を固定していないため壁面温度に分布が生じ、熱源温度より壁面温度が低くなる部分が表れた。また、両鼻腔とも鼻前庭部や鼻弁部、下鼻道の入り口部分で

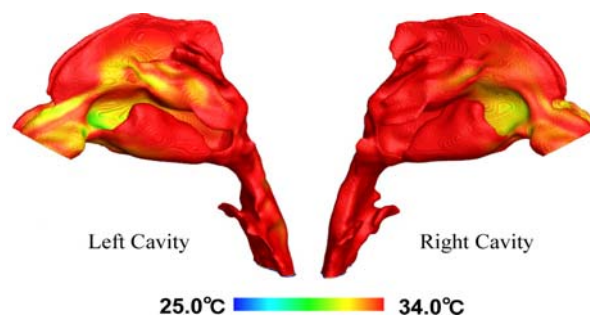


図 1 壁面温度分布

壁面温度が低くなる箇所が見られ、最大で壁面温度が熱源温度より約 3°C ほど低くなっている事が確認できた。それ以外の壁面温度は熱源温度とほぼ等しくなっており、吸入空気が壁面温度に影響を与えるのは特に鼻腔前半部分であった。

4. まとめ

ボクセル格子法を用いて鼻腔内熱流体解析を行い、吸入空気の影響で鼻前庭部や鼻弁部、下鼻道の入り口部分で壁面温度が低下する事を確認した。

5. 今後の計画・展望

鼻腔での熱交換は潜熱を大きな割合を占めるといふ報告があり、今後は考慮した相変化も考慮したモデルを構築する必要がある。

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

7. 一般利用で演算時間を使い切れなかった理由

8. 利用研究成果が無かった場合の理由

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】

- ・ G. Tanaka, S. Kimura, T. Sera, N. Kakusho, H. Yokota, K. Ono, and S. Takagi, Voxel-based simulation of airflow in the Nasal airways, Bioengineering 11, 2011/09, London
- ・ 太田和生、水谷崇志、荒木冬人、田中学、世良俊博、覚正信徳、横田秀夫、小野謙二、高木周、鼻腔内エアロ
ンディショニング機能のボクセル熱流体解析、日本機械学会 第 24 回バイオエンジニアリング講演会、2012/01、
大阪