

肺葉切除術後の呼吸機能評価のための 3次元画像ベースの生体シミュレーション

平野 靖^{*1}・木戸 尚治^{*1}・上田 和弘^{*2}

Three-Dimensional Image-Based Biomedical Simulation for Estimation of Respiratory Function After Lobectomy

Yasushi HIRANO^{*1}, Shoji KIDO^{*1}, and Kazuhiro UEDA^{*2}

Abstract— In this paper, the authors present methods to estimate respiratory function after lobectomy. Lobectomy is a common surgical care for lung cancers. By lobectomy, whole lung lobe containing cancer is resected. Although this causes low recidivation rate, there is risk to lead to low respiratory function after lobectomy because of deformation of bronchus. The set of the methods presented in this paper consists of a method to generate virtual post-operative CT images, a method to simulate air-flow in bronchus by computational fluid dynamics simulation, and a method to deform bronchus region for virtual stenting. Applying these method to clinical CT images, effectiveness of the methods was shown.

Keywords— computational fluid dynamics simulation, deformation simulation, virtual surgery, CT image

1. はじめに

近年、医用画像を入力とした血流や気道内の気流などのコンピュータシミュレーションの重要性が増してきている [1-12]. このようなシミュレーションは、非侵襲的 (人体を傷つけないこと) であり、条件を変えたシミュレーションを何度でも行うことができる。さらに、臨床で撮影された医用画像をシミュレーションに用いることにより、個別化医療にも役立てることができる。コンピュータを用いた流体の挙動のシミュレーションを数値流体力学 (Computational Fluid Dynamics, CFD) シミュレーションと呼び、医用画像を入力とすることによって血流や呼吸機能を評価するために有効である。これまでも CFD シミュレーションに関する研究は、動脈瘤と狭窄への仮想ステント挿入 [1], 冠状動脈の血流解析 [2], 左心房の血流解析 [7], 左肺動脈右肺動脈起始症 (右主気管支、気管下部および食道が圧迫される可能性がある奇形) に対する気流解析 [3], 気管に対するステント留置術

前後の気流解析 [4], および肺葉切除術 (肺がんを有する肺葉を切除する手術) 後に変形した気道領域に対する気流解析 [5], 心臓モデルを用いた脳血液循環の数値モデル [6] など、特に血流と気道内の気流の解析に関するものが活発に行われている。

肺葉切除術は肺がんに対する一般的な外科的治療方法であるが、後述するようにこの手術によって呼吸機能障害が生じる危険性があるために、術後の呼吸機能の程度を予測することが重要である。このような予測に関する研究は、残存する肺葉 (後述) の体積を基に予測するものがあるのみであるが [8], この研究では気道の変形は考慮されていないため、たとえ残存する肺葉の体積が十分に大きくても、気道の変形による呼吸機能障害は予測できない。また、気道内の気流の状態を評価するためには流体シミュレーションを行うことが有効であるが、このようなシミュレーションは人工的に生成された気道モデルに対するもの [9,10], 正常な気道に対するもの [11], あるいは狭窄を伴う気道に対するもの [3,12] などはあるが、肺葉切除術などによって大きく変形した気道に対するものは報告されていなかった。そこで、本稿では、肺葉切除術を施行された後の呼吸機能の予測を、コンピュータによる変形シミュレーションと流体シミュレーションによって行う手法を紹介する。さらに、呼吸機能が低下することが予測される場合に、仮想的なステ

^{*1} 山口大学大学院創成科学研究科 山口県宇部市常盤台 2-16-1

^{*2} 山口大学大学院医学系研究科 山口県宇部市南小串 1-1-1

^{*1} Yamaguchi University, 2-16-1 Tokiwadai, Ube, Yamaguchi

^{*2} Yamaguchi University, 1-1-1 Minamikogushi, Ube, Yamaguchi

Received: 29 June 2016, Revised: 16 August 2016, Accepted: 24 August 2016.

ント留置術をコンピュータ上でを行い、呼吸機能の改善の程度を予測する手法を提案する。これらの手法は、医学(放射線学, 外科学), 画像工学, およびシミュレーション工学の融合によって、肺葉切除術後の呼吸機能の程度を客観的かつ定量的に予測する手法を提案するという点に意義がある。医師の判断は、その医師の経験によって左右される上、定量的な予測は難しい。本研究の手法はこの問題を解決するものである。なお、これらのシミュレーションは実際の患者を撮影したCT像に基づくものであり、個別化医療の支援が可能となる。

本稿では肺葉切除術に関するシミュレーションを対象とするが、肺葉切除術の他に区域切除術あるいは部分切除術(肺葉よりも小さい単位(肺区域あるいは肺区域の一部)での肺がん切除手術)でも、本稿のシミュレーションを適用可能であると考えられる。日本胸部外科学会が学会会員の施設に対して行った調査によれば、2008年における肺がんに対する27,881例の手術のうち、肺葉切除術、区域切除術、あるいは部分切除術の手術数の合計は26,965例であり、肺がんに対する手術の96.7%に及ぶ[13]。本稿で示したシミュレーションによって、これらの患者に生じる呼吸機能障害のうち、気道の変形によって生じるものを予測し、手術計画や治療計画の立案に役立てることが可能であると考えられる。

2. 肺葉切除術, およびステント留置術

肺は左側が2つ、右側が3つの肺葉(lobe)という領域に分割でき(Fig.1), それぞれの肺葉間では一般的には空気や血液の直接的な流通はない。初期の肺がんに対して行われる手術としては、肺がんが生じた肺葉を切除する手術である肺葉切除術(lobectomy, Fig.2)が選択されることが一般的である。肺葉切除術は再発の可能性が低いという利点があるが、残った肺葉が胸郭(肋骨と横隔膜に囲まれる領域であり、肺や心臓などを内包する空間)を埋めるように膨張する際に気管支や血管が不自然に変形すること(Fig.3)によって呼吸機能障害や血流障害などが生じる可能性がある。そのため、術前にこれらの障害が生じる可能性の有無や、障害の程度を予測することが重要である。

また、呼吸機能障害は気管支の一部が細くなること(狭窄)によって生じる。狭窄を解消することによって呼吸機能を改善するために、ステントと呼ばれる金属あるいは樹脂製の器具を狭窄部分に挿入する手術が行われることがあり、これをステント留置術と呼ぶ。

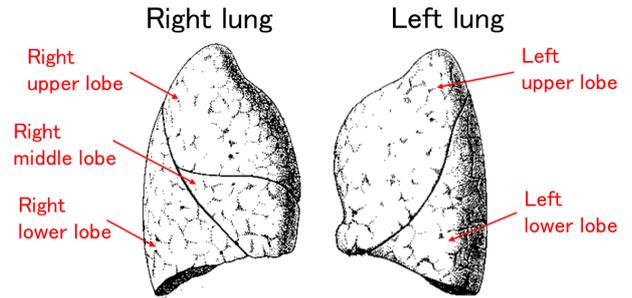


Fig. 1: Structure of lung [14]

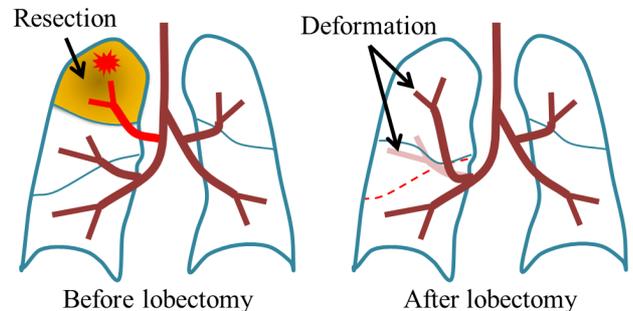


Fig. 2: Deformation of blood vessels and bronchi caused by lobectomy

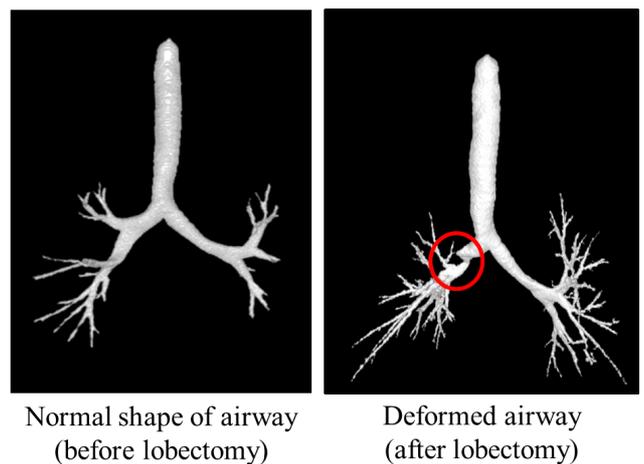


Fig. 3: Deformed airway (indicated by a red circle)

3. 計算機シミュレーションによる術後予測

本研究では、以下の3つの予測を行うためのシミュレーションを行う。

- ① 肺葉切除術前のCT像から仮想的な肺葉切除後のCT像を生成し、肺葉切除術による呼吸機能の変化を予測
- ② ①の結果、肺葉切除術によって呼吸機能の低下が予測される場合に、仮想的な気道ステント留置術を実施し、呼吸機能の改善が可能であるかを予測
- ③ 呼吸機能が不良である患者の肺葉切除術後のCT像を用いて仮想的な気道ステント留置術を行い、呼吸機能の改善が可能であるかを予測

これらの予測を実現するために、①では肺葉切除術後のCT像を仮想的に生成するための画像の変形シミュレーション(仮想肺葉切除術)、および気道領域(気管および気管支)内の空気の流れをコンピュータ内で再現するための流体シミュレーションが必要となる。また、②と③では仮想的に気管支内にステントを挿入することによって気管支領域の径を増加させるシミュレーション(仮想ステント留置術)と流体シミュレーションが必要となる。それぞれのシミュレーションを以下で説明する。

3.1 仮想肺葉切除術

仮想肺葉切除術では、肺葉切除術の半年から1年後の肺の構造をシミュレーションすることを目的としている。通常、肺葉切除術では5つの肺葉のうち肺がんが存在する1つあるいは複数の肺葉を切除する。残った肺葉は半年から1年経過するまでに胸郭を満たすように膨張する。仮想肺葉切除術は、有限要素法(Finite element method, FEM)による肺の外形の生成[15]と肺野領域内のCT値の補間からなる[16]。FEMにおいて、肺野領域のヤング率は0.8kPa、ポアソン比は0.3とした。

なお、生体の変形シミュレーションとしては、本稿で紹介する肺葉切除術後の肺の変形シミュレーションの他に、肺の呼吸性変形のシミュレーション[17]や心拍動のシミュレーション[18]などもある。呼吸性変形や心拍動のシミュレーションではシミュレーション対象の物体の大きさはほとんど変わらず、形状のみが変わるのに対して、肺葉切除術後の肺の変形シミュレーションでは、対象とする物体の大きさと形状の両方が大きく変化する。そのため、本稿でのシミュレーションでは非線形解析や接触解析を行う必要があり、変形対象臓器のモデル化や計算時間の大幅な増加などの面でシミュレーションの難易度が高いという特徴がある。

3.2 気道領域内の流体シミュレーション

文献[19,20]による方法で気道領域を抽出した(Fig.4)後、気道内での流体シミュレーションを行うことによっ

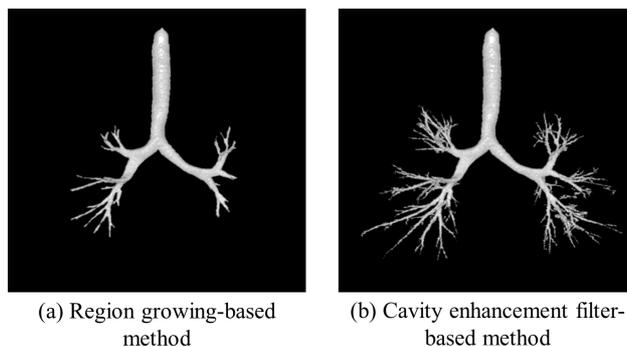


Fig. 4: Example of the extracted airway region

て、呼吸機能の評価を行う。文献[19,20]による方法は、空洞強調フィルタ(Cavity enhancement filter)を使用した手法であり、従来から頻りに用いられている領域拡張(Region growing)法をベースにした手法と比較して末梢の気管支を抽出できる特徴を持つ。気道領域はFig.4のように気管と第4~5分枝程度までの気管支が抽出されるが、今回のシミュレーションでは、区域支(第3~4分枝程度)程度まで抽出できていれば十分であるので、マニュアル操作によって、区域支よりも末梢側の気管支領域を削除する。さらに気管支壁領域の三角形ポリゴン集合への変換、および気道内空気領域の多面体セルへの分割を行った後に流体シミュレーションを行う[5]。流体シミュレーションには、OpenFOAM[21]を用いる。ただし、境界条件等は以下のように設定する。これは、変形しない気道領域に気管上部から空気を送り込むことを模擬したものである。

- ・ 流入口：気管上部であり、圧力は一定である。
- ・ 流出口：気管支の末梢部であり、圧力は0である。
- ・ 気管支壁には摩擦がある。
- ・ レイノルズ数は2,200とする。

3.3 仮想ステント留置術

この仮想ステント留置術では、CT像から抽出された気道領域中の狭窄部分を自動的に検出し、狭窄部前後の気道領域の断面積を基に仮想ステント留置術後の狭窄部の断面積を決定する。具体的には、まず、気道および各気管支枝の中心線上の各画素に直交する平面の断面積を測定し、ヒストグラムを作成する。次に、そのヒストグラムに対して判別分析法[22]によって狭窄候補領域を検出するためのしきい値を決定し、非狭窄候補領域の平均断面積が狭窄候補領域の平均断面積よりも2倍以上大きければ狭窄であると判断する。この狭窄部分の断面積を非狭窄部分の平均断面積と等しくなるように気管支領域を変形させることによって、仮想ステント留置を行う。

4. 実験, および結果

4.1 実験データ

実験には, 以下の3つのデータセットを用いた.

データセット 1: 肺葉切除術後(右上葉を切除)の1症例のCT像, および肺血流シンチグラフィにおけるアイソトープカウント.

データセット 2: 肺葉切除術前後の同一患者のCT像

データセット 3: 肺葉切除術後に呼吸機能が低下しなかった2症例 (Case 1,2) と, 低下した2症例 (Case 3,4) のCT像. Case 1,2, および 4 は肺葉切除術によって右上葉を切除され, Case 3 は右上葉および右中葉を切除された.

なお, データセット 1 における肺血流シンチグラフィとは放射性薬剤を静脈注射することによって肺機能を定量的に評価する検査である. この検査におけるアイソトープカウントが肺機能に比例する. また, データセット 3 における呼吸機能は医師によって評価された.

4.2 実験結果

データセット 1 に対して気道領域内の流体シミュレーションを行い, 左右の主気管支(気管から分岐し, 左右の肺に接続する気管支)の断面での空気の流量を測定した. その結果, 左右の主気管支の流量の割合は, 0.88 : 0.12であった. 一方, アイソトープカウントの値は0.82 : 0.18であり流体シミュレーションの結果と概ね一致した.

データセット 2 に対する FEM による肺野領域の変形結果を Fig.5 に示す. 初期状態 (Fig.5(a)) では右肺野領域から右上葉領域が削除されており, 右中葉領域と右下葉領域を FEM によって変形した (Fig.5(b)). 肺葉切除術の半年後に撮影された CT 像から抽出された肺野領域 (Fig.5(c)) を再現できていることが確認できる. 次に, 肺葉切除術前の残存肺野領域内の CT 値を基に, 変形後の肺野領域内の CT 値を補間によって求めた結果を Fig.6 に示す. 胸郭の上部に空洞が残っているものの, CT 値の補間は適切に行われていることが確認できる. しかし, Fig.6(b) に赤丸示したように胸腔の外部へ肺野領域が膨張していることが分かる.

データセット 3 から気道領域を抽出し, 気管支壁上の圧力, および気道内の空気の流れを流線で表示した結果を Fig.7 に示す. 赤色は圧力が高いあるいは速度が速いことを示し, 青色は圧力が低いあるいは流速が遅いことを示す. 呼吸機能が低下しなかった Case 1 および 2 は圧力が低く, 流速が遅いことが分かる. また, 左右の主気管支の流量が同程度であることが分かる. 一方で, 呼吸機能が低下した Case 3 および 4 では, Case 1 および 2 と比較して圧力が高く, また右主気管支への空気の流れがほとんどないことが分かる.

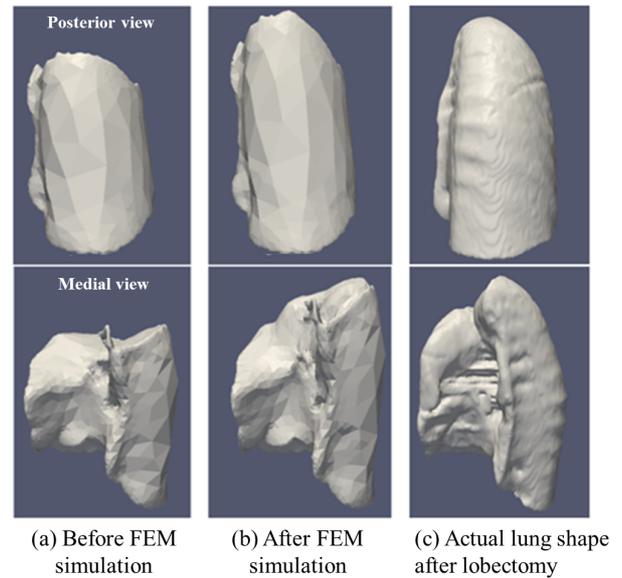


Fig. 5: Example of the lung regions after FEM simulation

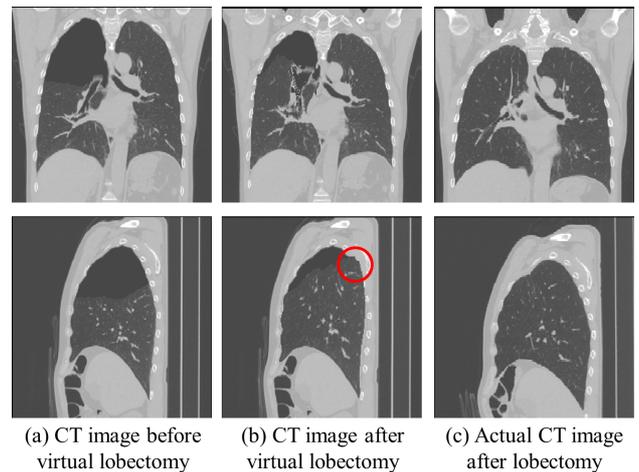


Fig. 6: Example of the CT images after virtual lobectomy

仮想ステント留置術後の気管支領域を Fig.8 に示す. Fig.8(a) は仮想ステント留置術を行う前の気管支領域であり, Fig.8(b) は行った後である. 赤色で径が増加した領域を示す. 狭窄が生じている部分が特定され, 気管支径が増加していることが確認できる. 定量的に仮想ステント留置術の効果を確認するために, 気道領域内の流体シミュレーションを行った. Fig.9(a) は仮想ステント留置術を行う前の流線であり, Fig.9(b) は行った後の流線である. 仮想ステント留置術後では, 術前と比べて流線の数が増加していることが分かる. また, この症例は, 右上葉 (CT 像や模式図などでは左側に存在) を切除しているため, 肺葉切除術による気管支の変形は右主気管支に

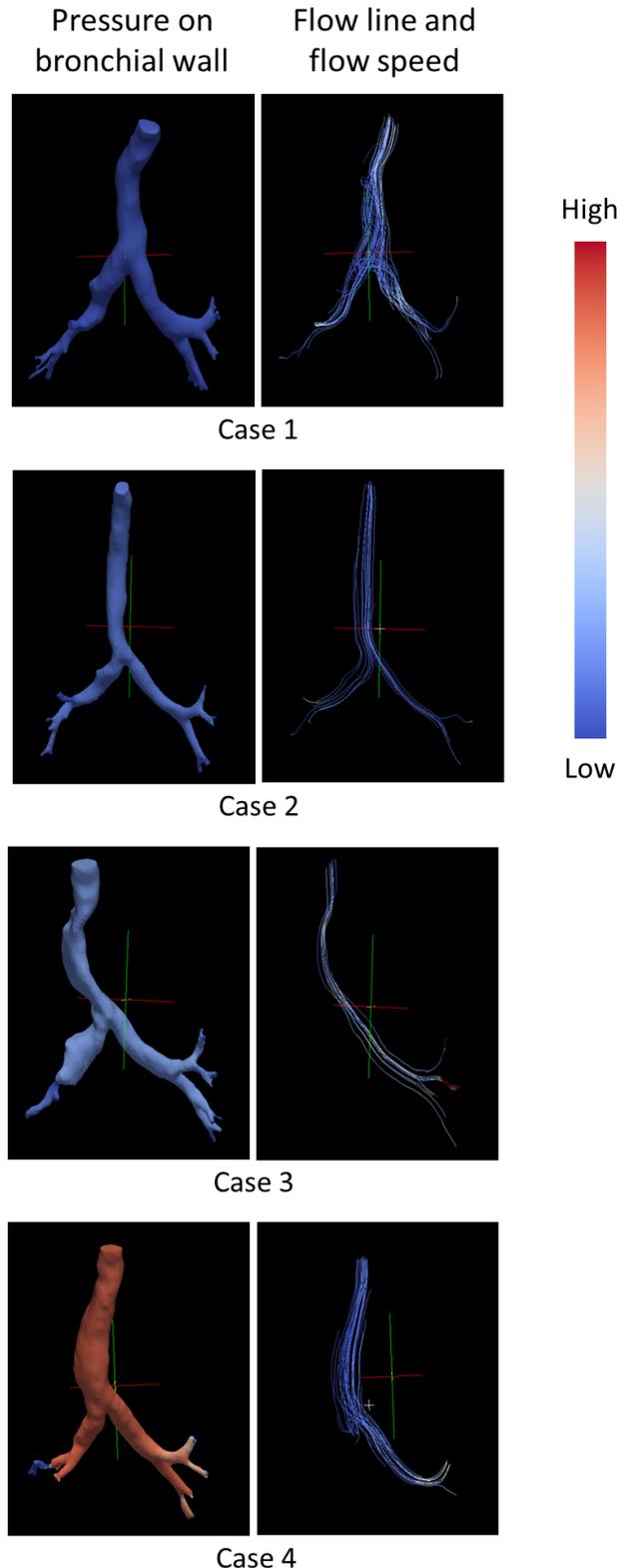


Fig. 7: Estimation results of respiratory function using CFD simulation

大きく現れている．そのため，仮想ステント留置術前は右主気管支 (Fig.9 では左側に表示されている) にはほとんど空気が流通していない (Fig.9(a) が，術後には空気の流通が回復していることが示された．また，仮想ステント留置術によって左主気管支の気管支壁にかかる圧力は 41.6%に低下し，右主気管支壁にかかる圧力は 36.2%に低下した．

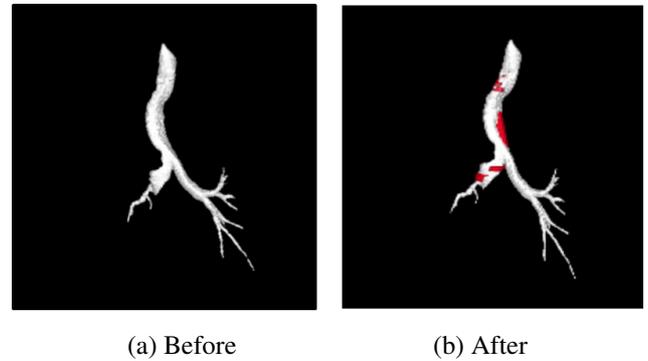


Fig. 8: Results of virtual stenting

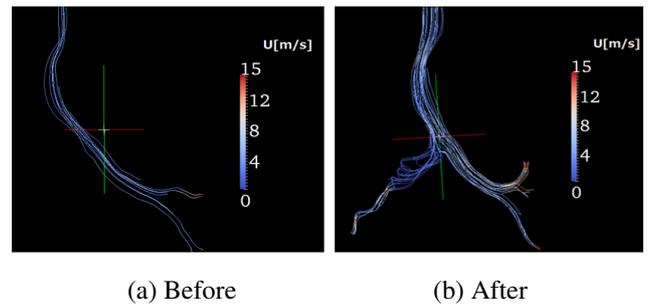


Fig. 9: Estimation results of respiratory function using CFD simulation after virtual stenting

5. 考察

データセット 1 に対する流体シミュレーションによる左右の主気管支における流量比が，左右肺のアイソトープカウント比とほぼ一致したことから，本稿で提案する呼吸機能評価方法がある程度の信頼性を持つことが示唆される．ただし，肺血流シンチグラフィーにおける右肺の血流量低下の原因が，本稿で流体シミュレーションに使用したレベルの気管支の変形が原因であるのか，あるいはさらに細い末梢の気管支にあるのかは臨床的には確認されていない．

データセット 2 に対する FEM による肺野領域の変形では，概ね適切に変形が行われているが，一部で変形のか過不足が見られた．そこで，胸腔のモデルを作成し，

肺野領域が胸腔の外部に膨張しないようにすることが考えられる。また、FEMの利点の一つとして、シミュレーション対象の物体の物性値を明示的に与えることが可能であり、これによって実際の変形を高精度に近似できる。これまで、さまざまな研究者や研究機関が肺のポアソン比やヤング率などの物性値を測定している [23-25]。これらの物性値を検討し、本稿でのシミュレーションに最適な値を決定することによって、シミュレーションの精度の向上が期待できる。

データセット 3 に対する実験では、流体シミュレーションの結果と医師による呼吸機能評価の結果が、定性的な評価ではあるが一致した。本稿での実験では、気管上部に一定の圧力を加えることによって空気の流入を実現している。実際の呼吸では、吸気時には肋間筋と横隔膜が胸腔を広げることによって肺内部の圧力が大気圧よりも小さくなるため空気が流入し、呼気時には肋間筋と横隔膜が弛緩状態になることによって胸郭が収縮するため空気が流出する。また、この際に気道の変形が生じる。より精密なシミュレーションを実現するためには、気道領域の流入口および流出口に対する圧力の与え方、および気道領域の変形を考慮する必要がある。

データセット 3 における仮想ステント留置術では、気道領域の変形シミュレーションによって空気の流れが良好になることが流体シミュレーションに示された。とくに、仮想ステント留置術前には右主気管支への空気の流入は見られなかったが、術後には流入が示された。なお、このシミュレーションに対しても臨床的な定量評価が必要である。

6. むすび

本稿では、仮想肺葉切除術と仮想ステント留置術を紹介し、これらによって実際の肺葉切除術後やステント留置術後の呼吸機能をコンピュータによって予測できる可能性を示した。これまで、医師の経験に基づく知識で肺葉切除術後およびステント留置術後の肺機能の程度が定性的に予測されていたが、本研究は術後の呼吸機能を、医学、画像工学およびシミュレーション工学の融合によって、客観的かつ定量的に得る方法を提案するものであり、これにより新しい知見を開くものである。今後、多症例による評価、さらなる定量評価、および左右肺あるいは各肺葉の呼吸機能を直接的に評価できる臨床検査の結果との比較などが必要とされる。

謝辞: 本研究は日本学術振興会科学研究費補助金新学術領域研究 (26108009) による支援を受けた。

参考文献

- [1] J. Egger, S. Grosskopf, C. Nimsky, T. Kapur, B. Freisleben, Modeling and visualization techniques for virtual stenting of aneurysms and stenoses, *Computerized Medical Imaging and Graphics*, Vol.36, Issue 3, pp.183-203, 2012.
- [2] K. Kim, J. Doh, B. Koo, J.K. Min, A. Erglis, H. Yang, K. Park, H. Lee, H. Kang, Y. Kim, S. Lee, H. Kim, A novel noninvasive technology for treatment planning using virtual coronary stenting and computed tomography-derived computed fractional flow reserve, *JACC Cardiovasc Interv.* Vol.7, No.1, pp.72-81, 2013.
- [3] S. Qi, Z. Li, Y. Yue, H.JW van Triest, Y. Kang, Computational fluid dynamics simulation of airflow in the trachea and main bronchi for the subjects with left pulmonary artery sling, *BioMedical Engineering OnLine*, Vol.13, 2014 (doi:10.1186/1475-925X-13-85).
- [4] T. Shih, H. Hsiao, P. Chen, C. Tu, T. Tseng, Y. Ho, Study of Pre-and Post-Stent Implantation in the Trachea Using Computational Fluid Dynamics, *Journal of Medical and Biological Engineering*, Vol.34, No.2, pp.150-156, 2014.
- [5] 内田 圭亮, 平野 靖, 木戸 尚治, 石井 克哉, 佐藤 潤, 肺葉切除術後の CT 像に対する呼吸シミュレーション, 第 33 回日本医用画像工学会大会, OP2-4, 2014.
- [6] H.Zhan, N. Fujiwara, M.Kobayashi, S. Yamada, F.Liang, S. Takagi, M. Oshima, Development of a Numerical Method for Patient-Specific Cerebral Circulation Using 1D-0D Simulation of the Entire Cardiovascular System with SPECT Data, *Annals of biomedical engineering*, pp.1-13, 2015.
- [7] T. Otani, A. Al-Issa, A. Pourmorteza, E. R. McVeigh, S. Wada, H. Ashikaga, A computational framework for personalized blood flow analysis in the human left atrium, *Annals of Biomedical Engineering*, 2016 (DOI:10.1007/s10439-016-1590-x).
- [8] K. Ueda, T. Tanaka, T.S. Li, N. Tanaka and K. Hamano: Quantitative computed tomography for the prediction of pulmonary function after lung cancer surgery: a simple method using simulation software. *Eur. J. Cardiothorac Surg.*, Vol.35, No.3, pp.414-418, 2009.
- [9] T. Gemci, V. Ponyavin, Y. Chen, H. Chen, R. Collins: Computational model of airflow in upper 17 generations of human respiratory tract, *J Biomech*, Vol., 41, No.9, pp.2047-2054, 2008.
- [10] A.F. Tena, J.F. Francos, E. Álvarez & P. Casan: A three dimensional in SILICO model for the simulation of inspiratory and expiratory airflow in humans, *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, Volume 9, Issue 1, pp.187-198, 2015.
- [11] S.Taherian, H.R,Rahai, T. Waddington: CFD Modeling and Analysis of Pulmonary Airways/Particles Transport and Deposition , *Proc. 41st AIAA Fluid Dynamics Conference and Exhibit*, AIAA 2011-3270, 2011.
- [12] Z.M.Salleh , N.H.Johari , K.Osman, J.Haron, M.Rafiq: Simulation of stenosis effect on airflow pattern in trachea and main bronchi, *Proc. 2010 International Conference on Science and Social Research (CSSR 2010)*, pp.347-352, 2010.
- [13] http://www.jpats.org/modules/investigation/index.php?content_id=6 「呼吸器外科 2008 年学術調査結果」.
- [14] H. Feneis, (山田英智 監訳, 石川春律・廣澤一成訳), 図解解剖学事典, 医学書院, p.149, 1974.

- [15] 空尾 英樹, 平野 靖, 木戸 尚治, 胸部 CT 像に対する FEM による仮想肺葉切除後の肺野形状の作成, メディカルイメージング連合フォーラム 2014, pp.73-76, 2014.
- [16] 堀 翔太郎, 平野 靖, 木戸 尚治, 胸部 CT 像に対する FEM による仮想肺葉切除術後の CT 像の作成, 第 34 回日本医用画像工学会大会, PP25, 2015.
- [17] 今村拓哉, 伊井仁志, 原口亮, 中沢一雄, 和田成生, 計算力学モデルと生体画像解析による左心室壁変形速度場の評価, 第 27 回バイオエンジニアリング講演会講演論文集, pp.537-538, 2015.
- [18] El,Karami, S. Gaede, T-Y. Lee, A. Samani: A biomechanical approach for in vivo lung tumor motion prediction during external beam radiation therapy, Proc. SPIE 9415, Medical Imaging 2015: Image-Guided Procedures, Robotic Interventions, and Modeling, 941512, 2015.
- [19] Y. Hirano, R. Xu, R. Tachibana, S.Kido, A Method for Extracting Airway Trees by Using a Cavity Enhancement FilterS, Proceedings of The Fourth International Workshop on Pulmonary Image Analysis, pp.91-99, 2011.
- [20] 平野 靖, 徐 睿, 橋 理恵, 木戸 尚治, 空洞強調フィルタとその気管支領域抽出手法への応用, Med Imag Tech, vol.30, No.1, pp.33-42, 2012.
- [21] OpenFOAM ホームページ. <http://www.openfoam.com>
- [22] 大津 展之: 判別および最小 2 乗規準に基づく自動閾値選定法, 1980 年電子情報通信学会論文誌, Vol.J63-D, No.4, pp.349-356, 1980.
- [23] 理化学研究所力学特性データベース. <http://cfd-duo.riken.jp/cbms-mp/database.php>
- [24] J. P. Butler, M. Nakamura, H. Sasaki, T. Sasaki, T. Takishima, Poissons' ratio of lung parenchyma and parenchymal interaction with bronchi, Jpn J Physiol, Vol.36, No.1, pp.91-106, 1986.
- [25] T. Zhang, N. P. Orton, T. R. Mackie, B. R. Paliwal, Technical note: A novel boundary condition using contact elements for finite element based deformable image registration, Med Phys, Vol.31, pp. 2412-2415, 2004.

平野 靖



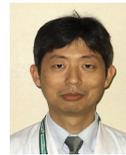
1995 年名大・工・電子情報卒. 1997 年同大大学院博士前期課程 (電子情報学) 修了. 1999 年同大大学院博士後期課程 (情報工学) 修了. 2000 年同大大学院工学研究科助手. 2002 年同大情報連携基盤センター助手. 2004 年同大情報連携基盤センター助教授. 2010 年山口大大学院医学系研究科准教授. 2016 年山口大大学院創成科学研究科准教授. 博士 (工学). 3 次元画像処理とその医用画像への応用に関する研究に従事. 日本医用画像工学会会員, 日本生体医工学会, 電子情報通信学会, および IEEE 各会員.

木戸 尚治



1988 年大阪大・医卒. 1992 年同大学院博士課程修了. 大阪大医学部付属病院, 市中病院勤務を経て. 1999 年より山口大学工学部知能情報システム工学科教授. 2006 年より同大学院医学系研究科応用医工学系学域教授. 2016 年より同大学院創成科学研究科 (工学系学域) 知能情報工学分野教授. 博士 (医学・工学), 専門はコンピュータ支援診断, 胸部画像診断学. 日本医学放射線学会, 日本医用画像工学会, 電子情報通信学会, 北米放射線学会などの各会員.

上田 和弘



1994 年山口大・医卒. 1999 年同大学院博士課程修了. 2011 年より山口大学医学部附属病院第一外科講師. 専門は呼吸器外科. 日本外科学会専門医, 日本呼吸器外科学会評議員, 呼吸器外科専門医.