

令和 5 年 5 月 24 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K18209

研究課題名（和文）仮想胸腔鏡のみによる呼吸器外科手術の実現

研究課題名（英文）Technical development of virtual thoracoscopy assisted thoracic surgery

研究代表者

中村 彰太（Nakamura, Shota）

名古屋大学・医学部附属病院・講師

研究者番号：20612849

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：当該研究の最終目標は「仮想胸腔鏡のみによる呼吸器外科手術」の実現で、これを達成するための3つの基礎研究を施行した。仮想と実像を位置一致させる研究、仮想画像上の位置と実物大3D臓器モデル上の位置を比較する研究、体腔内全体を見渡せる技術開発を行った。位置同定と一致、タイムラグなど手術操作すべてを仮想画像で行うにはボトルネックが複数存在し、その解決のための基礎実験が生じ、これに時間を費やした。結果的に、仮想画像での模擬手術と臨床展開は研究期間内には達成できず、今後の継続課題となった。仮想画像と実像の位置一致と画像合成で「仮想胸腔鏡のみによる呼吸器外科手術」のためのナビゲーションシステム構築を目指す。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本基礎研究成果の統合により得られる仮想胸腔鏡での手術ナビゲーションシステムは、未だ実現されておらず、手術の低侵襲化のみならず、体内の観察を仮想画像のみで行うことが期待できる。この手術の臨床応用と評価による技術開発・発展へのフィードバックを通じて、社会的には技術開発の発展と呼吸器外科手術の安全性と治療成績向上が計れ、総じて国民生活の向上に寄与でき、これら仮想胸腔鏡のみによる手術のための必須の技術開発がなされた。

研究成果の概要（英文）：The ultimate goal of this study is to achieve 'Technical development of virtual thoracoscopy assisted thoracic surgery', and we conducted three basic research studies to achieve this goal. These studies include research on aligning virtual and real images, comparing positions on virtual images with those on a 3D organ model of actual size, and developing a technology that allows viewing of the hole entire chest cavity. There were several bottlenecks that arose for performing all surgical operations using virtual images, such as position identification, consistency, and time lag, and we spent time conducting basic experiments to solve them. As a result, simulation surgery using virtual images and clinical deployment could not be achieved during the research period, and became a future ongoing task. Our aim is to construct a navigation system for "Technical development of virtual thoracoscopy assisted thoracic surgery" by aligning virtual and real images and synthesizing images

研究分野：呼吸器外科

キーワード：呼吸器外科 内視鏡外科 ロボット外科 胸腔鏡 手術ナビゲーション 低侵襲手術

1. 研究開始当初の背景

現行の胸部悪性腫瘍の外科治療では、血管走行や病変部位について術前の CT 画像データを用いて 3 次元に再構築した仮想画面で立体的に把握することが可能で、これを参考に手術を計画している。しかしながら、実際に手術が始まると仮想画像ではなく肉眼または胸腔鏡による限られた視野(実像)で手術を施行している。

一方、医療用イメージング装置の発展は目覚ましく、研究代表者らは、術前 CT 画像データからあたかも胸腔鏡で腔内を観察しているかのような画像が得られる仮想胸腔鏡システムを世界に先駆け開発し、これを応用し呼吸器外科手術ナビゲーションシステムとして精力的に臨床展開に取り組んできた(平成 15 年度科研費若手 B (15K19933) により支援された「高度な画像認識技術を用いた手術ナビゲーションシステムの開発と臨床応用」という研究)。臨床展開できた症例では、導入療法前(未治療時)の腫瘍の存在範囲と理想的な切除ラインを仮想胸腔鏡画像に表示でき、術中には実際の胸腔鏡画像と同時的かつ並列してこれら仮想画像の表示が可能であった。つまり、実像では見えないものを仮想画像上に可視化させることにより腫瘍学的により安全な切除が可能となった。この研究をもとに仮想画像技術を発展させる**新しい呼吸器外科手術は、肉眼や胸腔鏡といった狭い視野(実像)に頼らない「仮想胸腔鏡画像のみによる呼吸器外科手術」の実現**である。これによりあらゆる角度と距離から危険な解剖学的構造物を把握でき、かつ胸腔鏡という異物の体内への挿入回数を減らすことができ、患者の安全はより守られる。本システムは、呼吸器外科領域のみならず他領域においても実現されておらず極めて革新的で、手術の安全性や腫瘍切除の確実性の向上のみならず、体内の観察を仮想画像のみで行うことが期待できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は「**仮想胸腔鏡のみによる呼吸器外科手術**」の実現である。このシステムでは、従来手術のような肉眼や胸腔鏡で胸腔内を観察してきた狭い視野(実像)は不要で、観察したい時にあらゆる角度と距離から胸腔内を仮想的に観察できる「仮想胸腔鏡画像のみによる呼吸器外科手術」を可能とする。

3. 研究の方法

本研究で実現する「仮想胸腔鏡のみによる呼吸器外科手術」では、虚脱肺の位置・鉗子操作・手術に必要な解剖学的構造物を術者の操作・意図した瞬間に表示させる必要がある。それらを実現するために、

- (1) 現行呼吸器外科手術ナビゲーションシステムのデータ蓄積による学習と精度向上
- (2) 「仮想胸腔鏡のみによる呼吸器外科手術」のためのナビゲーションシステム構築
- (3) 3D プリンターで作成した臓器モデルでの「仮想胸腔鏡のみによる呼吸器外科手術」

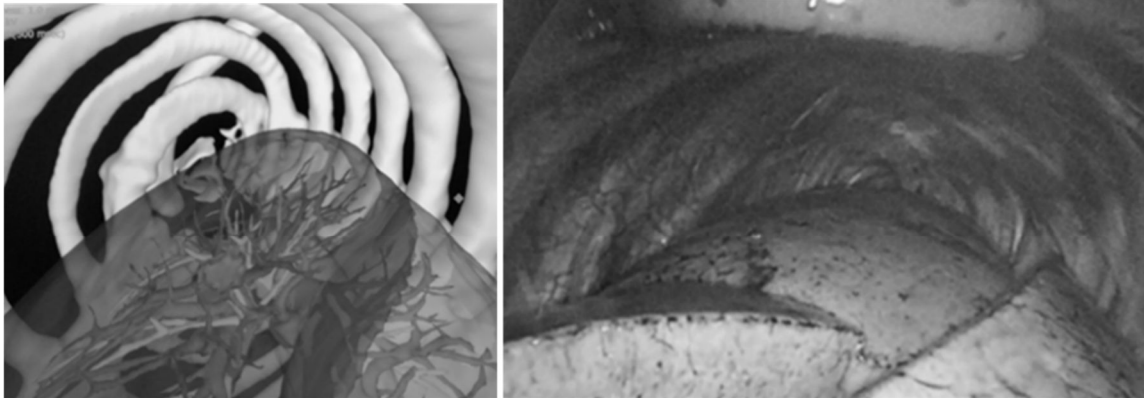
という3つの基礎研究項目を実施し、「仮想胸腔鏡のみによる呼吸器外科手術」の実現を目指す。また、3D プリンターによる患者固有臓器モデルと本システムを組み合わせ、シミュレーションを施行する。さらに、本システムはロボット支援下手術との親和性も高いと考えられ、技術を応用して臨床展開する。

4. 研究成果

当該研究の最終目標は「仮想胸腔鏡のみによる呼吸器外科手術」の実現で、これを達成するための3つの基礎研究を施行した。

- (1) 現行呼吸器外科手術ナビゲーションシステムのデータ蓄積による学習と精度向上
ナビゲーションシステムの正解データ蓄積のため、仮想胸腔鏡と実像の画像を位置一致させる研究を、名古屋大学医学部の生命倫理審査委員会で承認された介入研究として施行した。実像の特徴的な解剖を5つ決め、これを仮想画像上で一致させる作業を5例で施行した。うち後半の3例で視覚的に実像と同じ映像を得ることができた。この精度をより高めるには、この仮想画

像と実像（正解画像）を1000例以上で施行したデータベース構築が必要で、今後の課題となった。



仮想画像（左）と胸腔鏡画像（実像・右）の位置一致作業を繰り返し行った

(2) 「仮想胸腔鏡のみによる呼吸器外科手術」のためのナビゲーションシステム構築

仮想画像上の位置と実物大 3D 臓器モデル上の位置の比較を名古屋大学大学院情報科学研究科森健策らと共同で行った。3D 臓器モデルで示した部位が仮想画像上でも同じ正確な解剖学的部位に示されているか、タイムラグ測定を 5 例で 10 か所ずつ網羅的に施行した。位置同定の誤差は中央値で 0.6cm あり、タイムラグは感覚的にはほとんどなかったが、正確な測定を行えばラグがあると思われた。しかし手術操作すべてを仮想画像で行うにはボトルネックが複数存在することが判明した。

(3) 3D プリンターで作成した臓器モデルでの「仮想胸腔鏡のみによる呼吸器外科手術」

現行の実像での胸腔鏡手術では、鉗子等の出し入れの際に臓器損傷がないようカメラを遠景にして、安全確認を行って手術を完遂している。仮想胸腔鏡のみによる手術においても、体腔内全体を見渡せる技術は安全確保のため必要で、先行基礎研究として複数カメラを用いて胸腔内全体を見渡せる装置の開発を行った。愛知工業大学情報科学部北坂孝幸教授らと共同研究で行った。視野面積を最大化する複数カメラの角度、個数が判明し、これをもとに実物大 3D 臓器モデルで実証を重ねた。また、複数カメラの映像を応用し、遮蔽物を除去する技術開発を行い、特許出願中である。実像を用いない仮想胸腔鏡のみによる手術では必須の技術であり、今後の研究の基盤技術となる。

結果的に、仮想画像での模擬手術と臨床展開は研究期間内には達成できず、今後の継続課題となったが、基盤技術開発を行うことにより、no-incisional minimally invasive surgery の実現性がより確実とすることができた。仮想画像と実像の位置一致と画像合成で「仮想胸腔鏡のみによる呼吸器外科手術」のためのナビゲーションシステム構築を目指す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nakamura Shota, Goto Masaki, Chen-Yoshikawa Toyofumi F.	4. 巻 7
2. 論文標題 Fluorescence-guided thoracic surgery	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Visualized Surgery	6. 最初と最後の頁 18~18
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21037/jovs-20-166	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Shota Nakamura, Yuichiro Hayashi, Koji Kawaguchi, Takayuki Fukui, Shuhei Hakiri, Naoki Ozeki, Shunsuke Mori, Masaki Goto, Kensaku Mori, Kohei Yokoi	4. 巻 12
2. 論文標題 Clinical application of a surgical navigation system based on virtual thoracoscopy for lung cancer patients: real time visualization of area of lung cancer before induction therapy and optimal resection line for obtaining a safe surgical margin during surgery	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of thoracic disease	6. 最初と最後の頁 672-679
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21037/jtd.2019.12.108	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 手術補助具および手術支援システム	発明者 中村彰太、芳川豊史、北坂孝幸、林雄一郎、森健策	権利者 東海国立大学機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-181155号	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------