

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25750183

研究課題名(和文) 触診機能と機械的切除ラインナビゲーション機能を備えた低侵襲肺がん切除システム

研究課題名(英文) Minimally invasive palpation and resection device for partial resection of lung cancer

研究代表者

安藤 岳洋 (ANDO, Takehiro)

東京大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：90648700

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、胸腔鏡下肺がん切除術の確実性と簡便性の向上を目指して、触診による診断装置と切除ラインに沿って正確に切除を行う治療装置の両方を兼ね備えたデバイスに関する研究である。具体的には、感圧導電ゴムによる硬さ計測の安定性向上、位置計測手法の提案、新しい肺がん部分切除デバイスの開発を行った。感圧導電ゴムによる硬さ計測の安定性向上では、電極構造を工夫することにより接触を安定させ、導電ゴムの計測精度を向上させることに成功した。新しい肺がん部分切除デバイスの開発では、既存のステープラとほぼ同等の締結力を有する試作機を開発することに成功した。

研究成果の概要(英文)：This research aimed to develop a new thoracoscopic stapler that has both diagnostic function by palpation and resection function by flexible stapler for partial resection of lung cancer. First, we improved robustness of measurement of pressure-sensitive conductive rubber by changing structure of electrodes. We also developed a prototype of new stapler for partial resection of lung. Our stapler achieved almost the same fastening force comparing to existing surgical stapler.

研究分野：医療工学

キーワード：手術デバイス 肺がん ステープラ 触診

## 1. 研究開始当初の背景

本研究は、胸腔鏡下肺がん切除術の確実性と簡便性の向上を目指して、触診による診断装置と切除ラインに沿って正確に切除を行う治療装置の両方を兼ね備えたデバイスの開発を目的とする。上記の目的を達成するために、1)触診方法の定量的な検証、2)実用的な触診デバイスの試作、3)診断装置との位置関係をハードウェア的に拘束してナビゲーションする治療機器の試作を行う。本研究で提案する機器は、簡便な構成でありながらも、診断・ナビゲーション・治療のすべてを行うことが可能である、他に例のない独創的な機器である。これが完成することにより、手術手技が大幅に簡便になるとともに、腫瘍発見および切除の確実性が高まる。

これまでに触診や手の触覚に関する研究は数多く行われてきた。それらの研究では、センサ単体の感度としては非常に性能の高いものが開発されてきたが、押し当て方や測定環境の違いによって誤検出があるため、腫瘍の診断性能としては不十分であった。触診デバイスを医療機器として実用的なものにするためには、センサ性能の向上だけでなく、どのような押し当て方をすると誤検出が起こるかを解析し、腫瘍の診断性能が向上するデバイスの制御方法を検証することが必要である。

また、たとえ腫瘍を発見できたとしても、切除する過程で取り残しが発生する可能性がある。現在、様々なナビゲーション装置が開発されているが、腫瘍位置との関係は機械的に拘束されていないため、切除の正確さは医師の技量による。さらに、肺の部分切除を行う際は、直線状の切除器具を用いて組織の一部を切除しなければならないため、必然的に手術の難易度が高まってしまう。この問題を解決するためには、腫瘍との位置関係を拘束しながら簡便に切除を行える新しいデバイスが必要である。

## 2. 研究の目的

以上に挙げた問題点を踏まえ、本研究では肺がんの診断から切除までを総合的に補助するデバイスの開発を目的とする。これを達成するために、研究期間内には1)腫瘍の発見精度を向上させる触診方法の検証、2)胸腔鏡下手術で可能な実用的なデバイスの開発、3)診断装置との位置関係をハードウェア的に拘束してナビゲーションする治療機器の試作を行う。

触診方法の検証では、人がどのように触診をしているかを定量的に解析し、様々な押し当て方や制御の仕方を検討することで、腫瘍の発見精度を向上させる構造・手法に関する知見を得る。その知見を基にして、胸腔鏡下手術で使用可能な触診デバイスの試作を行い、東京大学医学部呼吸器外科の協力のもと、動物実験または臨床でその有効性を評価する。さらに、試作した触診デバイスを例として、

ハードウェア的に診断部分との位置関係を拘束することで、切除ラインをナビゲーションする治療機器を試作する。そして、診断から治療までを一つのデバイスで行うことの有効性や問題点等を検証する。

## 3. 研究の方法

本研究では、1)触診方法の基礎検証、2)胸腔鏡下手術用触診デバイスの開発、3)切除ラインのナビゲーション機構の検証を行うことにより、肺がんの部分切除をより簡便に行うための機器の試作を行う。

触診方法の検証では、人が触診を行う際に指先をどのようにコントロールして腫瘍を発見しているかを検証することにより、デバイスの制御方法を検討する。次に、その結果を基に、胸腔鏡下手術で使用可能なデバイスを開発する。開発した触診デバイスを応用して、ハードウェア的に切除ラインをナビゲートし切除を行う機構を試作し、本研究で提案する手法の実現可能性を探る。

## 4. 研究成果

### (1) 感圧導電ゴムによる硬さ計測の安定性向上

これまで、我々の研究室では感圧導電ゴムを用いた触診デバイスについて研究を行ってきた。しかし、感圧導電ゴムは接触状態によって計測結果に大きなばらつきが発生し、定量的な硬さ計測に使用することが困難であることが指摘されていた。これを解決する方法について検証を行った。まず、接触状態を安定化するために、導電性接着剤を用いて導電ゴムと電極を接着することを試みた。しかし、その結果、導電性接着剤を用いると感圧導電ゴムが全く反応しなくなるという現象が起きた。これを受けて、導電性接着剤を用いるのではなく、電極構造を工夫することにより接触を安定させ、導電ゴムの計測精度を向上させることに成功した。

### (2) 位置計測手法の計測

肺表面を広範囲にスキャンするためには、術具と臓器の相対位置を計測する必要がある。そこで、術具の位置計測手法についても検証を行った。ここでは光学式の変位センサを触診デバイスに組み込むことで位置計測を行う手法を提案した。実験の結果、赤色の光(波

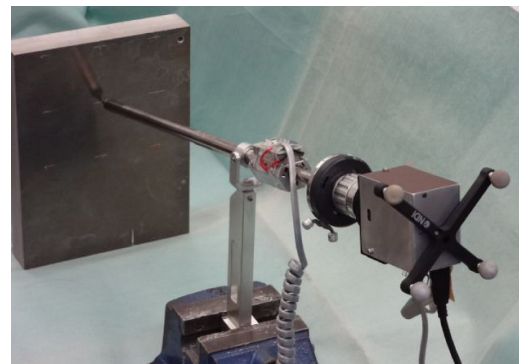


図 1 慣性センサを用いた位置計測装置

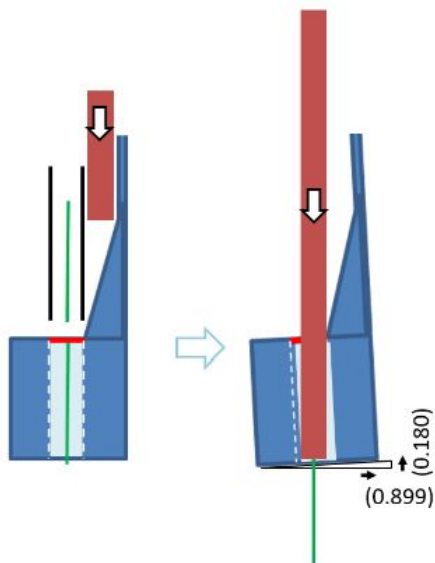


図 2 開発したステープラの機構

長 650nm 程度)では正常に計測を行えなかったものの、青色及び緑色(波長 450nm、530nm



図 3 開発したステープラ

程度)の光では、実際の肺においても計測が可能であることが示された。さらにこのセンサと慣性センサを組み合わせることで、胃パンの腹腔鏡術具の位置計測を安価にかつ簡便に行えるシステムを開発した(図 1)。

### (3)新しい肺がん部分切除デバイスの開発

現在の肺がんの部分切除デバイス(ステープラ)は、先端が直線状であるため、必要以上に切除してしまう場合や腫瘍に近すぎる場合が頻繁に起きうる。そこで、新しい機構のステープラを開発した。本試作では、組織の把持と組織の縫合、新しい針の補充に焦点を当てて開発を行った。

一次試作機では針打ちと針補充に関する動作確認を行った。

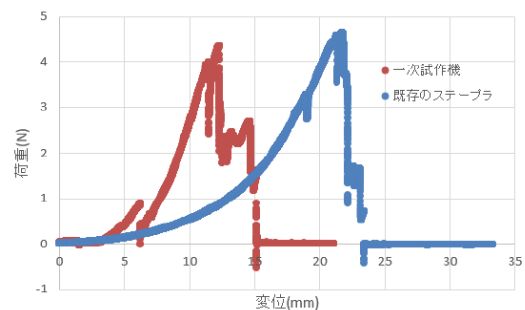
図 2 に開発したステープラの動作の様子を示す。針を補充するルールと針を打ち出すルールが隣同士で並んでおり、押し出す板(図 2 で茶色の部品)が押し込まれると、針が補充されると同時に青い部品によって打ち出される側に移動され、通常のスチープラのように送り出される。図 3 に実際に開発した

試作機の写真を示す。

開発した試作機が実際に動作可能か評価を行った。組織に見立てた 1mm 厚の豚肉を 1~4 枚重ね、それぞれの厚さで組織の縫合が可能かどうか検証した。縫合の強度を定量的に計測するために、引っ張り試験機にて縫合した組織を剥離する方向に牽引し、最大の締結力を計測した。

実験の結果、1mm~4mm のそれぞれの厚さの組織において縫合を行うことが可能であることが示された。図 4 に締結力の測定結果を示す。比較のために既存のスチープラによって縫合を行った場合の締結力も計測した。実験の結果、開発したスチープラの締結力は、既存のスチープラとほぼ同等であることが示された。

図 4 締結力の計測結果



## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

Ando T, Kubota A, Kobayashi E, Sakuma I (2014) A new tool tracking system for laparoscopic surgery based on inertial sensor. Int J Comput Assist Radiol Surg 9:s346-347.

T. Ando, H. Kiyomatsu, E. Kobayashi IS (2015) In vivo evaluation of a new tool tracking system for laparoscopic surgery based on inertial sensor. Int J Comput Assist Radiol Surg 10 (Suppl :S54-55. doi: 10.1007/s11548-015-1213-2

中村亮介、安藤岳洋、小林英津子、佐久間  
一郎 “ステープラ型肺がん部分切除デバイ  
スに関する研究” 2015年度精密工学会春  
季大会 プログラム&アブストラクト集  
46 ページ

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称：手術器具位置姿勢計測装置

発明者：美和 高光、安藤 岳洋、伊藤 雅昭、

西澤 祐吏

権利者：株式会社システム・ジェーピー、安  
藤岳洋、国立研究開発法人国立がん研究セン  
ター

種類：特許

番号：特許 2014-139101

出願年月日：2014年6月18日

国内外の別：国内

取得状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

安藤 岳洋 (ANDO, Takehiro)

東京大学大学院工学系研究科附属医療福  
祉工学開発評価研究センター・助教

研究者番号：90648700

### (2)研究分担者

( )

研究者番号：

### (3)連携研究者

( )

研究者番号：