

平成21年 6月11日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19760171

研究課題名（和文） 新概念の手術訓練システムの開発

研究課題名（英文） Development of the operation training system

研究代表者

太田 祐介（OTA YUSUKE）

千葉工業大学・工学部・准教授

研究者番号：20367311

研究成果の概要：若年医師などの技術向上を補助する装置として、変形量に伴う力感覚を操作者（被手術訓練者）へ返す手術訓練システムの開発を行う。大変形を伴う臓器などの力覚を正確に教示するためには、臓器の機械的な特性を精密に測定する装置が必要不可欠である。このような装置を開発し、実際の内蔵などの変形量とその時の力感覚を正しく記録していく。実験により、本物に近い大きな変形を伴う際の力感覚を、測定できていることを確認した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,400,000	0	1,400,000
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	540,000	3,740,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械額・機械システム

キーワード：手術訓練システム・力覚制御・知能ロボティクス

## 1. 研究開始当初の背景

現在、低侵襲な手術法として、腹腔鏡下手術および内視鏡下手術が盛んに行われてきている。これらの術式は、患者にかかる負担が非常に少ないことが長所であるが、運動自由度が限られた鉗子と内視鏡画像による限定的な情報のみ頼った作業であるため、医師に大変高い技術を要求する。よって、若年医師や医学生の実地研修、並びに技術を高めるための効果的な訓練システムの開発に対する要求および必要性は非常に高い。

この様な困難な術式に対する訓練システムとして、現在までに多く研究されているも

のに、バーチャルリアリティー（VR）技術を用いたものがある。コンピュータによって作り出された仮想空間内において、あたかも実際の臓器を取り扱っている様に臓器モデルを用いた手術を仮想的に繰り返し体験するものである。

この訓練方法における問題点として、1)仮想空間内で作られた臓器モデルにおいて、現実の臓器のインピーダンスを正確に再現することが困難、2)臓器モデルのインピーダンス演算量、および臓器モデルを表示させるためのコンピュータグラフィックの演算量が共に膨大となるため、専用で非常に高価なコ

ンピュータシステムが必要となり、一般に広く普及させるにはコスト面で困難を伴う、3) 正しい術式を学習するには、多大な時間と回数の訓練を繰り返し行うことが必要、と言ったことが挙げられる。中でも、大きく変形する臓器類の機械的な特性が正確に把握出来ていないことが最も大きな問題であると考えられる。

これらの点から、従来の VR などによる訓練システムにおいても、全く新しい概念・手法を用いた訓練システムの構築が、内視鏡下手術のような高度医療技術の普及と医師の高い技術レベル維持に必要不可欠である。

## 2. 研究の目的

上述の通り、高度医療技術の普及と医師の高い技術レベル維持の為に、まずは臓器の機械特性の精密測定が必要不可欠である。この様な臓器の機械特性を精密に測定できる装置の開発を行っていく。

具体的には、ロボット工学の技術を応用し、位置・力の時間的変化を精密にかつ何度も繰り返し測定し、またそれら全てを正確に保存していくことにより、精密な臓器のインピーダンスモデルをコンピュータ内に構築していく。

そして、高度な内視鏡下手術の手技において、大変形を伴う臓器の力覚を正確に伝達することのできる、新しい概念の手術訓練システムの構築を最終目的とする。

## 3. 研究の方法

精密な臓器インピーダンスを測定するためには、物体の変位量とその反力とを正確に測定する必要がある。

従来行われてきた手法では、コンピュータ内に単一の数式モデルを作成するのが目的であるため、測定は主要な変化を示す変位 1 つについてのみ行われていた。しかしその数式モデルは本来はその変位を伴う変形の際にしか使用できず、一般性を有していない。また、インピーダンスモデルでは変形速度も考慮しなくてはならないため、これら全てをパラメータとした数式モデルを作成することは、ほぼ不可能に近かった。

そこで本研究では、これらのパラメータ(変形量・変形速度)について、人間が手動で変化させる場合、さらに自動的にデータ取得をする場合、の 2 つを切り替えることが出来るような装置を開発していく。人間による手動測定を可能としているのは、後に行う VR を利用した臓器の仮想インピーダンス生成の際の差を操作者が感覚として捉えることが出来るようにするためである。

### (1) 実験装置の開発・実験方法

今回開発する実験装置は、人間が対象物を変形させた際の力および位置の計測と、ロボ

ットによる自動計測とを両立しうるものである。この場合問題となるのは、ロボットの駆動系自体が有する機械インピーダンスである。測定対象物に接するように、力計測器を配置すれば、人間・ロボットが力を加えるいかなる場面においても、正確な力覚測定を行うことが出来る。しかしながら、アクチュエータを駆動しない場合において、機械インピーダンスが存在すると、力を加える操作者と、実際に測定対象物に加わった力が異なる状態が発生する。これでは、精密な測定を行っていることにはならない。

本研究においてはこれらの問題を解決するように同一の装置によって、力出力と位置検出が可能なリニアアクチュエータを用いた構造とした。使用するリニアアクチュエータは、駆動されていない場合には無視できる程度の微小軸摩擦力しか働かず、この部分で力の損失はほぼ 0 と考えて良い。

提案した方法の有効性を、1 自由度構造の試作機を製作して検証していく。開発した装置を使用して、種々の大変形を伴う物体について、力および位置の測定実験を行い、その有効性を確認する。

## 4. 研究成果

### (1) 実験装置

開発した実験装置の外観を図 1 に示す。本装置は、直動型アクチュエータ(光進ミニモ QUICK SHAFT LM-1247-080-01)の両側に、力検出器(ステージ側:新光電子 汎用上皿天秤 CG-1500 / 操作側:ニッタ 静電容量型力覚センサ PD3-32-10-015)を設置したものである。

開発した装置を用いて、力覚の計測を行う方法を図 2 に示す。人間による力覚の計測の際には、操作者は取り付けられた力覚センサを押し込む事により、リニアアクチュエータの軸を押し、被測定物を変形させる。その際に物体に加わった力は、上部の力覚センサ・下部の天秤のいずれでも同時に計測が可能である。リニアアクチュエータで働く摩擦力が無視できないレベルの場合、この 2 つの値には差が生じるが、それらは全て計測可能となる。

ロボットが自動的に測定を行う場合には、リニアアクチュエータを駆動させ、目標となる力を発生させる。リニアアクチュエータには自身の位置検出用にホール素子が使われており、この信号を読み取ることで、位置測定用の装置を追加することなく、またそれによる力のロスなしに軸の変位を計測することが可能である。

### (2) 測定実験

測定実験の様子を、図 3 に示す。操作者がアクチュエータ端に取り付けられた操作部

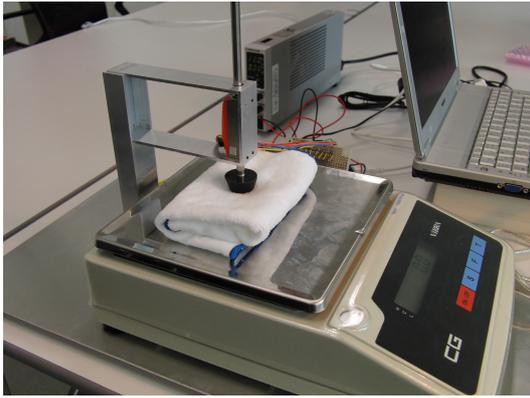


図1 1自由度力覚測定

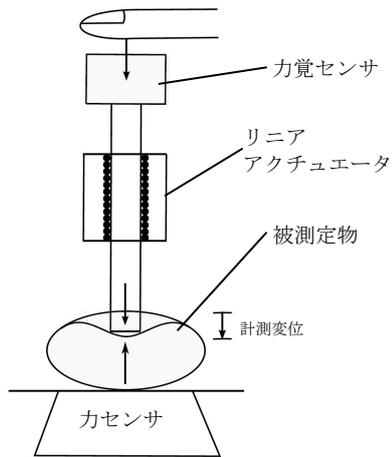


図2 実験方法

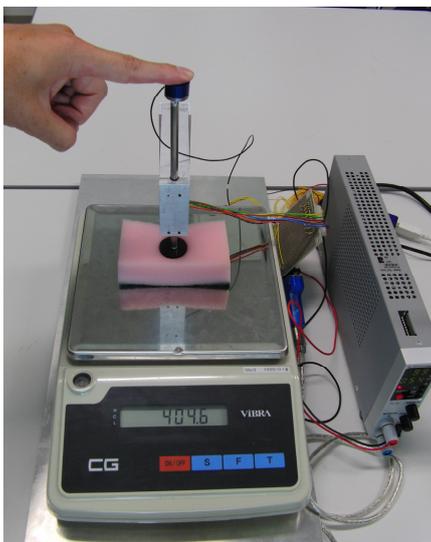
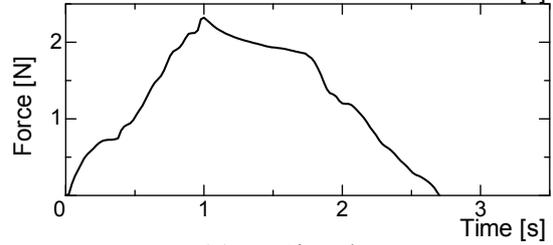
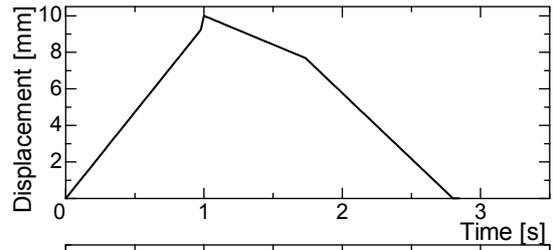
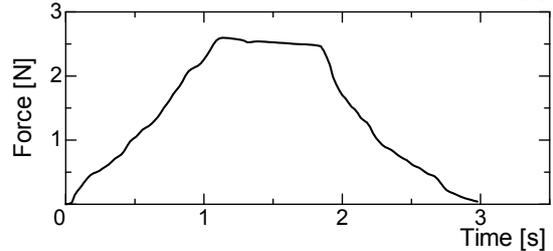
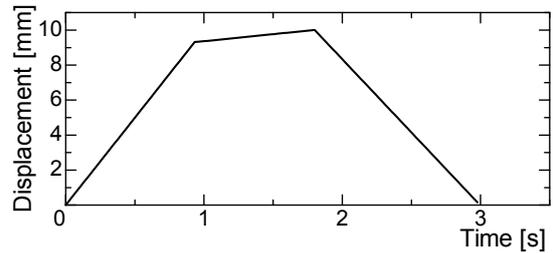


図3 力覚測定実験の様子 (スポンジ)

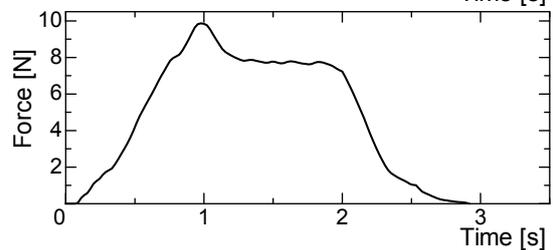
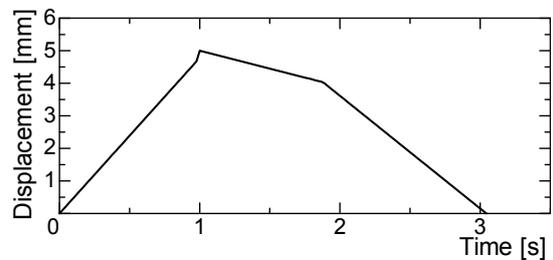
(力覚センサ) に力を加え、被測定物を変形させる。今回は、(a) スポンジ、(b) 空気を封入した袋、(c) 緩衝材 (エコフォーム)



(a): スポンジ



(b): 空気封入袋



(c): 緩衝材 (エコフォーム)

図4 変位・力測定結果

の3種類について測定を行った。それぞれについての、時間と変位・力の変化の様子を図4に示す。

これらより、力と位置の情報が同時に測定出来ていることが分かる。なお、測定された

これらの位置・力の情報は、全てコンピュータ内に保存され、繰り返し実験を行うことで、大変形するもののインピーダンスモデルを構築していくことが出来るようになる。

#### (4) まとめ

大変形を伴う臓器の機械特性を測定する装置として、人間の手とロボットによる、力覚・変形量の測定を行うことが出来るシステムを開発した。実験により、これらが計測できていることを確認した。

現状においては、位置と力の正確な測定と、それらのデータ収集に関しては実現できているが、これらを基にインピーダンスモデルを作成する部分については、まだ統一的な手法が確立できてはいない。今後はインピーダンスモデルの作成手法について研究を続けていく予定である。

#### 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)  
なし

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

太田 祐介 (OTA YUSUKE)  
千葉工業大学・工学部・准教授  
研究者番号：20367311