

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月29日現在

機関番号：32651

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500455

研究課題名（和文） 血管内治療のためのナビゲーションシステムの開発

研究課題名（英文） Development of navigation surgery system for vascular surgery

研究代表者

服部 麻木（HATTORI ASAKI）

東京慈恵会医科大学・医学部・准教授

研究者番号：90312024

研究成果の概要（和文）：

血管内治療においては、X線透視下でカテーテルの誘導を行なっているが、X線透視画像は二次元画像であり、奥行方向の情報が得られないため、カテーテル先端の方向を把握しにくいという点が挙げられる。これを克服するために、術野に血管等の内部構造を立体画像として投影可能なナビゲーションシステムの開発を行なった。開発では、術者の視線および注視点計測手法、術野表面形状計測手法、術野表面形状に応じた内部構造モデル表示手法の3つの基礎技術の開発を行ない、ナビゲーションシステムの構築を行ないファントム実験において精度や処理速度の検証を行なった。

研究成果の概要（英文）：

Catheter guide images under X-ray during intravascular treatment are two dimensional. This does not provide any information on depth and thus, it is difficult to grasp the direction of the tip of the catheter. To overcome this problem, we have developed a navigation system that provides stereoscopic vision of the inner structure of the vessel during operation. By developing the following three basic technologies, we constructed the navigation system: surgeon's line of sight and point-of-regard measurement method, operational surface profile measurement method, and display method of Inner structure model according to operational surface profile. We verified its accuracy and processing speed by phantom examination.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用システム

キーワード：血管内治療・ナビゲーション・重畳表示

1. 研究開始当初の背景

低侵襲で患者への負担が少ないカテーテルを用いた血管内の外科的処置法は、近年の技術開発により様々な部位への適用が行われるようになり、その手技も多様化してきた。しかしながら本治療法はこれまでの開頭・開腹手術とは異なる技量が術者に要求され、十分な経験を必要とされることから、本治療法を施行できる医療施設は限られている。血管内治療を行う術者に要求される技量の一つとして、X線透視下でのカテーテルの誘導が挙げられる。術者はX線透視画像を見ながら血管内でのカテーテル先端の位置を確認し誘導を行うが、X線透視画像は二次元画像であり、奥行方向の情報が得られないため、カテーテル先端の方向を把握しにくいという点が挙げられる。

われわれの研究グループでは、手術ロボットシステムである da Vinci やわれわれが開発を行っている内視鏡型手術ロボットのための術中ナビゲーションシステムの開発を行ってきた。これらのナビゲーションシステムは、術前の患者の X 線 CT や MRI 等のデータセットから構築した内部構造モデルを da Vinci や内視鏡型手術ロボットの術野画像上に重ね合わせて表示することで、ロボットの視野が対象部位内のどの位置でどの方向を向いているのかを術者が把握しやすくするシステムである。

本研究課題では、われわれがこれまでに開発を行ってきたナビゲーションシステムの技術を応用し、上述の X 線透視画像での問題点を克服して、立体視用プロジェクタによって術野上にカテーテルおよび対象となる血管およびその他の内部構造を立体画像として投影し、術者が液晶シャッター式の眼鏡を装着することで、術者が患者の体表面を透かし見るようにカテーテル先端の位置・方向を術野内で三次元的に把握しながら手技を施行できるナビゲーションシステムの開発を行うことを目標とする。

2. 研究の目的

われわれが目的としているナビゲーションシステムは、カテーテル先端位置を計測する小型磁気式位置計測装置、術者の視線方向を常時計測する光学式位置計測装置と、術前に患者の X 線 CT や MRI 等のデータセットから構築した内部構造モデルを術野にマッチングさせるための三次元表面形状計測装置、および内部構造モデルを術者の視線方向に合わせて立体画像として術野に投影する立体視用プロジェクタによって構成することを計画している。本システムの開発で大きな課題となるのは、以下の点であると考える。

- ・術者が術野を見ている視線上に内部構造モデルを投影するためには、術者の視線方向を計測し、術者の視線から見た術野の内部構造モデルをリアルタイムで描画を行う必要がある。

- ・プロジェクタにより内部構造モデルを投影する術野は、平面であることはまずないため、投影面が平面であることを前提とした通常のプロジェクタによる投影を行うと、ひずんだ画像が投影されることとなる。よって術野の表面形状の凹凸を考慮したモデルの描画が必要となる。そのためには術野の表面形状を計測し、投影した時に生じる画像の歪みを計測した表面形状に応じて補正し、術野に投影を行うことが必要となる

以上の点を克服し、ファントムおよび動物実験を経て患者への臨床応用研究が行えることを本研究の目標とする。

3. 研究の方法

本研究開発では、初年度にシステムに必要な基礎的な技術開発として、a) 術者の視線および注視点計測手法、b) 術野表面形状計測手法、c) 術野表面形状に応じた内部構造モデル表示手法という3つの技術開発を行なう。開発を行なうにあたっては、臨床での使用に支障がないことを念頭にシステムの手法や構造の開発を行なうこととする。開発した各手法の検証を行なった後、これらの手法を統合してナビゲーションシステムの構築を行ない、ファントム実験、動物実験によってシステムの制度および安全性の検証を充分行ない、臨床での適用を目指す。

- ・術者の視線および注視点計測手法の開発
術者が手技を行う際、実際の術野上に内部構造を重畳表示してナビゲーションを行うためには、術者の視線および注視点の計測を常時行う必要がある。現在、視線および注視点を計測するシステムは、ヘッドマウント型のものやビデオカメラを設置して顔面を撮影するものなどが製品化されているが、術中の術者の手技を妨げずに常時計測できるシステムとは言い難い。本研究では、視線および注視点を計測すべき範囲は術野周辺に限られることから、立体視用プロジェクタによって術野上に注視すべき点を投影し、その際に術者の頭部に設置した三次元位置センサから得られる頭部の位置によって、術者の視線を推定する手法を用いる。本手法を実装した後、精度検証を行って臨床での適用の可否の検討を行う。

- ・術野表面形状計測システムの開発
術野に患者の内部構造モデルをプロジェク

タによって直接投影するためには、プロジェクタの投影面となる術野の表面形状を計測し、その凹凸に応じて内部構造モデルを変形させて描画する必要がある。そこで、これまでに開発を行ってきた赤色レーザによる硬性鏡手術時の術野表面形状計測や幾何学パターン投影による開腹手術時の術野表面形状計測手法を応用し、本研究に適した術野表面形状計測システムの開発を行う。開発にあたっては、術者の手技を妨げずに常時計測を行うことができるよう、システム構成、計測手法の検討を行う。

・術野表面形状に応じた内部構造モデル表示手法の開発

上記で計測した術者の視線および注視点、術野の表面形状に応じて、内部構造モデルをあらかじめ変形させて術野に投影することで、表面形状の凹凸による投影像の歪みを低減する手法の開発を行う。開発にあたっては術者の視線の移動に追従し、リアルタイムで術野に重畳できるよう、高速な変形手法の開発を行う。

・ナビゲーションシステムの構築

開発した各システムおよび手法を統合し、ナビゲーションシステムとしての構築を行う。構築にあたっては、既に設備されている動物実験室（臨床の手術室と同様の手術台や無影灯、麻酔器、電気メス等を備えた実験室）を使用し、術場での利用を考慮して機器のセットアップからキャリブレーション、レジストレーション等が容易に、短時間に行えるシステムの構築を目指す。

・ファントムを用いた検証実験

構築したナビゲーションシステムを用い、ファントムによる検証実験を行う。実験では対象となる術野を模したファントムを作成し、表面形状計測からプロジェクタによる内部構造モデルの投影までシステム全体の精度の検証し、改良を行う。また表示する情報について、内部構造モデルだけでなく術中に表示すべき情報の検討を行う。

4. 研究成果

・術者の視線および注視点計測手法の開発

注視点を術野周辺に限定することで術者の視線を推定する手法については、初年度に基本的な実装を行ない、術者への三次元位置センサの設置位置や固定方法など、術者の作業を妨げない手法の検討を行なった。そして2年目に精度を向上させる改良を行なうとともに、本手法に必要な事前の設定をできるだけ短時間に行なえるようにした。

・術野表面形状計測システムの開発

これまでに開発を行ってきた赤色レーザによる計測法と幾何学パターン投影による手法に関して、その精度と空間分解能、計測に要する時間、および想定している使用環境において計測に必要な機材が設置可能か比較検討を行なった。

・術野表面形状に応じた内部構造モデル表示手法の開発

内部構造モデルをあらかじめ変形させて術野に投影することで、表面形状の凹凸による投影像の歪みを低減する手法の実装を行なった。初年度は表面形状が既知のオブジェクトに対して内部構造モデルを投影し、視点およびオブジェクトを移動させた際の実装した手法の動作検証を行なうとともに、血管内治療を想定した環境下での術者の視点位置において術野にモデルを投影可能、かつ術者の手技を妨げないプロジェクタの設置位置について検討を行なった。また2年目に、リアルタイムに術野上に表示できるよう、変形手法高速化のための改良を行なったが、表示するモデルのポリゴン数によってはリアルタイム表示が難しい場合もあり、モデルのデータ構造など変形手法以外の部分の改良も今後行なっていく予定である。

・ナビゲーションシステムの構築

開発した各システムおよび手法を統合してナビゲーションを行なうシステムの構築を行なった。また構築したシステムを最終的に臨床で利用することを想定し、手術台や無影灯、麻酔器等、臨床の手術室と同様の設備を備えた実験室において試用し、術中ナビゲーションに必要な事前の設定（機器のセットアップ、キャリブレーション、レジストレーション等）が、できるだけ容易に、短時間に行なえるよう、システム構成の検討を行なった。また術中の術者へ呈示すべき情報として、内部構造モデルを重畳表示するだけでなく、どのくらいの深さに目標とする血管やその他の内部構造が位置するのかを術者に数値として呈示するために、ポインタで術野をポインタリングした際にポインタの先端から対象物までの距離を計測して表示できるようにした。

・ファントムを用いた検証実験

構築したシステムについて術野を模したファントムを用いた検証実験を行なった。実験では前項で述べたナビゲーションを実施するまでに必要なシステムのセットアップやキャリブレーション、およびレジストレーションが短時間に終了できるかを検証するとともに、精度やリアルタイム性の評価を行なったが、術野の状況、および用いた内部構造モデルの形状によっては目標とする精度と

リアルタイム性を得ることができなかった。

研究課題申請時に計画したシステムを用いた動物実験や臨床での検証試験を実施するところまで至らなかった。原因はファントムを用いた実験でシステムの精度やリアルタイム性が安定しなかったためであるが、今後これらを向上させて臨床試験までつなげていきたいと考える。

本研究課題の研究期間内では達成できなかったナビゲーション結果のリアルタイム表示については、処理の並列化等を行なうことによって処理速度の向上を図る予定である。また本研究で開発した手法を血管内治療だけでなく、開腹下手術など他の外科領域でも応用していきたいと考えている。

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)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 1 件)

1. 服部 麻木, 血管手術のためのナビゲーションシステムの開発, 第 20 回日本コンピュータ外科学会大会, 2011 年 11 月 23 日, 横浜

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

服部 麻木 (HATTORI ASAKI)

東京慈恵会医科大学・医学部・准教授

研究者番号: 90312024