

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 4月20日現在

機関番号：34419

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700587

研究課題名（和文） 脳血管疾患診断支援のための仮想血管操作システムの開発

研究課題名（英文） A Development of Virtual Manipulation System of Blood Vessel for Diagnostic Assistance of Cerebrovascular Diseases

研究代表者

篠原 寿広（SHINOHARA TOSHIHIRO）

近畿大学・生物理工学部・講師

研究者番号：20434863

研究成果の概要（和文）：本研究は脳血管疾患診断支援システムの構築を目標とし、脳血管に仮想的に触れることのできるシステムを構築することを目的とする。本目的のため、当該研究において「仮想空間内の血管を操作するためのユーザインターフェイスの研究・開発」、「仮想空間内における血管振舞いのモデリング」を行い、Webカメラとマーカを用いた3次元ポインティングシステムおよびリンクモデルを用いた血管振舞いモデルを提案した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to develop a system which enables a user to virtually touch brain blood vessel for constructing a diagnostic assistance system of cerebrovascular diseases. To achieve this purpose, there are two problems: developing user interface for manipulating the blood vessel in a virtual space and modeling vascular behavior in the virtual space. As a result, a three-dimensional pointing system with a web camera and marker, and a vascular behavior model of link model with nodes and links have been proposed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	1,000,000	300,000	1,300,000

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：脳血管疾患診断支援

1. 研究開始当初の背景

脳血管疾患は、先進国において代表的な死因の一つである。わが国も例外ではなく、新性悪生物、心疾患について第4位の死因である。近年の医療技術の発展により、脳血管疾患は死亡率、受療率ともに減少してきているものの、たとえ救命されても治療が遅れれば麻痺やしびれなどの後遺症が現れることが多く、脳血管病変部の早期発見、治療、予防が特に重要である。一方、コンピュータ技術の発展により、Computed tomography (CT) やMagnetic Resonance Imaging (MRI) の開発が進み、体内の3次元画像が鮮明に得られるようになり、脳血管病変部の早期発見も可能になってきた。

しかしながら、医師や放射線技師が得られた画像をもとに手作業により病変部の特定を行っているのが現状である。健康への関心の高まりや画像撮像装置の普及により、多くの診断画像が撮られるようになり、医師らにとり画像診断は大きな負担となっている。診断画像には血管以外に骨などの組織も同時に映るため、はじめに血管を抽出する作業が必要になる。さらに、脳血管は、脳内外にクモの巣のように張り巡らされているため、通常のモニタに映し出しただけでは病変部を見つけるのは困難である。そこで、脳血管をどのようにしたら効率よく診断できるかということを検討したところ、脳血管に触れることができ、例えば、余計な血管を掻き分け

ることができれば病変部の発見はずっと容易になるのではないかと考えた。

2. 研究の目的

本研究は、脳血管疾患診断支援を目標とし、当該研究では頭部 CT angiography (CTA) 画像における脳血管を仮想的に操作することのできるシステムを構築することを目的とする。脳血管の仮想操作とは、例えば、パソコンにおいて、マウスを用いてアイコンやウィンドウを操作するようなもので、マウスに代わる 3 次元的な動作が可能なデバイスを使って、あたかも目の前に存在するかのように立体表示された脳血管を自在に操作することである。

最近では立体映像機器の開発が進み、医用画像診断分野においても立体表示は珍しくなくなってきた。しかしながら、ただ立体表示された血管を眺めるだけでは、病変部を見つけたり指示したりすることは依然として困難であり、血管に触れられることが必要不可欠であると考えられる。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために、以下の 2 つの課題があげられる。すなわち、

- (1) 仮想空間内の血管を操作するためのユーザーインターフェースの開発
- (2) 仮想空間内における血管形状および振舞いのモデリング

これら 2 つの課題に対し、研究方法を述べる。

- (1) 仮想空間内の血管を操作するためのユーザーインターフェースの開発

仮想空間内の血管を操作するためにユーザーインターフェースの開発を行う。具体的には、Web カメラを用いた 3 次元ポインティングシステムの構築を行う。システム構成を図 1 に示す。パソコン、立体映像対応モニタ(以下、3D モニタと略す)、Web カメラ、血管操作デバイスとなるマーカー付きスティック(コンピュータの例におけるマウスに相当するもの)、基準座標を定義する紙のマーカーである。極めて簡便で安価な構成といえる。

具体的な動作原理を以下に示す。モニタ上部に取り付けた Web カメラにより、平らな机の上に置かれた基準座標定義用マーカーを認識させ、実空間と仮想空間の座標を対応付ける。同 Web カメラにより、スティックに取り付けられた球状のマーカーの位置を 2 つ以上計測し、スティックを仮想空間内に反映させる。仮想空間は 3D モニタにより基準座標定義用マーカー上に立体表示される。スティックの位置と仮想空間に再現された脳血管の位置から接触判定を行い、スティック位置に合わせ

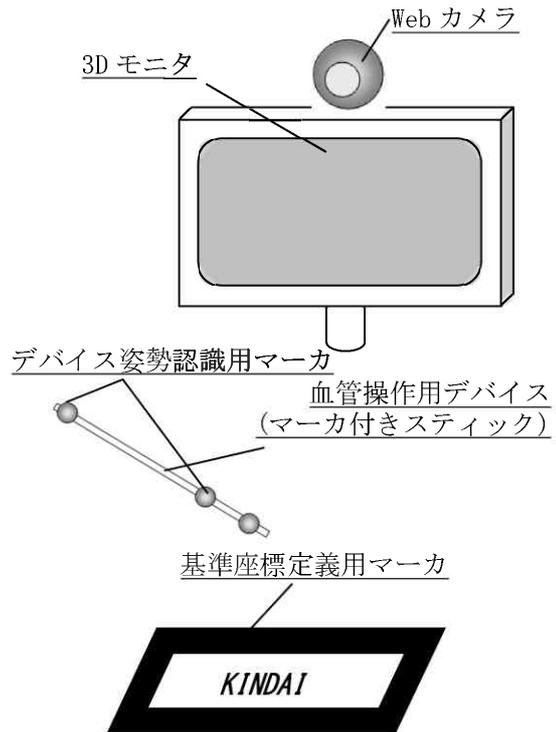


図 1 システム構成

て、血管モデルに従い血管の位置を変化させる。

デバイス姿勢認識用マーカーは、スティックの姿勢によりマーカーのいずれかが手などで隠れてしまう場合や計測の精度を考慮して、3 つ以上のマーカーを取り付ける。また、マーカーの大きさは既知とし、Web カメラに映るマーカーの大きさにより奥行き方向を計測する。

また、基準座標定義用マーカーとは、四角いマーカーの中にさらにマークが描かれている。これによりマーカーの向きを認識でき、本マーカーを回転させれば、仮想空間内の座標も回転される。

- (2) 仮想空間内における血管形状および振舞いのモデリング

血管のモデリングは、形状および振舞いの 2 つをモデリングする必要がある。

① 血管の形状モデリング

血管の形状モデリングとして、血管の表面のみをモデル化するサーフェイスモデルを採用する。サーフェイスモデルは血管表面がはっきりと映し出されるため、血管の形状を認識しやすく、血管を操作しやすいと考えるからである。先行研究により、線状物体の位置情報すなわち心線点列および径情報からサーフェイスモデルを構築する手法はすでに確立している。当該研究では、本手法を応用し、血管位置および径情報から血管のサーフェイスモデルを構築する。

②血管の振舞いモデリング

血管の振舞いモデリングには、簡易なモデルであるバネ質点モデルを採用する。バネ質点モデルの構築には、やはり心線点列である血管位置情報が利用できる。血管の振舞いモデルには、ほかに血管の内部まで詳細にモデル化する有限要素法モデルなどが考えられるが、当該研究の目的は主に余計な血管を仮想的に移動させることであり、血管を押したらどのように曲がり、どのように凹むかなどをシミュレートすることではないので、バネ質点モデルで十分である。

4. 研究成果

(1) 仮想空間内の血管を操作するためのユーザインターフェースの開発

提案する血管操作システムを実際に構築し、血管操作のためのスティックに付けられたマーカをWebカメラにて認識し、実空間におけるスティックと同じ動作をするポインタを仮想空間内に表現できることを確認した。当初、血管操作のためのスティックに付けられたマーカとして、球状物体を考えていたが、仮想空間の基準座標定義用マーカと同様の四角形マーカを採用した。四角形マーカを用いることにより、仮想空間の基準座標定義用マーカの認識と同じ認識手法を採用することができる。実際に作成したデバイス姿勢認識用マーカと基準座標定義用マーカを図2に示す。

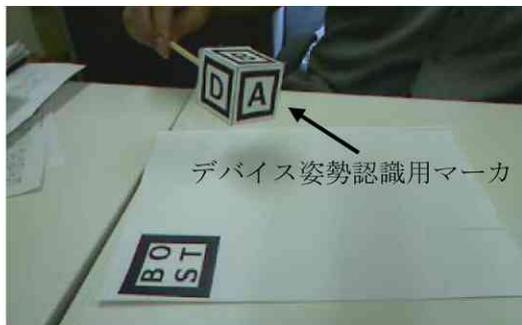


図2 デバイス姿勢認識用マーカと基準座標定義用マーカ

デバイス姿勢認識用マーカは立方体にする事により、血管操作デバイスがどのような姿勢であっても、立方体のいずれかの一面のマーカをWebカメラで捉えることができ、常にデバイスの姿勢を認識できるように工夫をした。

また、実空間におけるポインティングデバイスと同じ動作をする、仮想空間内に表現されたポインタと、基準座標定義用マーカの位置に基づいて表現された血管の簡易モデルを図3に示す。

本インターフェースは、2次元ポインティングデバイスであるマウスにとって代わる3

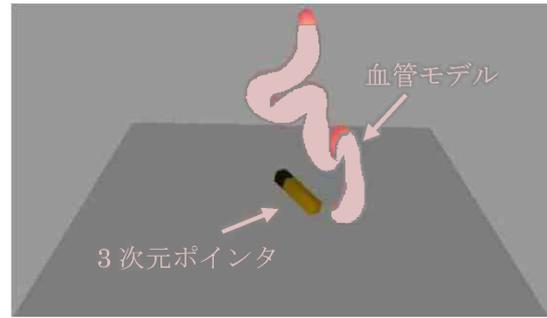


図3 仮想空間内に反映されたポインティングデバイスと血管モデル

次元ポインティングデバイスであり、仮想的に血管を操作するために重要な役割を果たす。

(2) 仮想空間内における血管形状および振舞いのモデリング

①血管形状のモデリングについて、当初、血管を円柱形として近似し、その表面をモデル化するサーフェスマodelを用いることを計画していたが、やはり本サーフェスマodelは、実際の血管形状が表現されないため、脳血管診断支援という観点から問題があるため、その対策として、CTA画像から抽出されたボリュームデータを用いたボリュームモデルを適用した。その際、必要となる血管抽出について、血管位置および径情報を利用した血管抽出法を提案した。

②血管の振舞いモデリングについて、先行研究により推定された血管心線の点(中心点)を質点とみなし、質点同士をバネで連結したバネ質点モデルを採用することを計画していたが、本モデルにより線状物体を表現すると、すべて直線になってしまい、血管の振舞いを表現するのに適さないことが分かり、質点同士をバネで連結するのではなく、質点の元の位置と質点をバネで連結し、バネにより質点の動きにくさを表現するばね質点モデルを提案した。また、バネ質点モデルは、血管が伸縮するモデルとなるため、場合によっては血管の直感的な仮想操作を妨げとなる。そこで、血管の中心点をノードとみなし、ノード間をリンクで連結したリンクモデルを提案した。すなわち、ノードを中心にリンクが回転することにより、血管の振舞いを表現する。

以上、当該研究により、頭部CTA画像における脳血管に仮想的に触れることのできるシステムを構築するための必要要素を実現した。それらを組み合わせ一つのシステムとして、実際の臨床での有用性の確認が今後の課題となるが、その基礎的な検討して、実

際のCTA画像を用いて血管操作を行った。その結果を図4に示す。

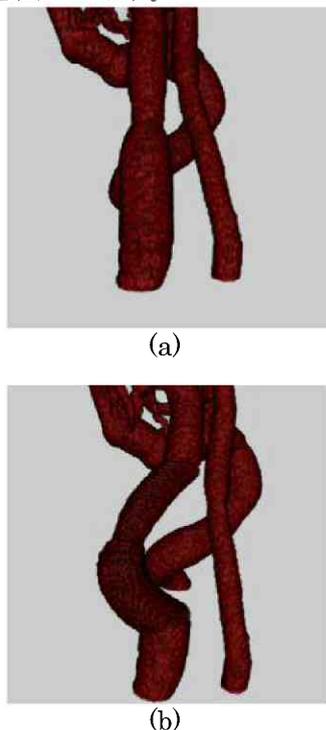


図4 ボリュームデータにおける血管操作 (a)血管操作前、(b)血管操作後

血管操作により手前の血管に隠れていた部分が見えるようになったことが分かる。

コンピュータ診断支援、特に脳血管疾患診断支援として、当該研究のような血管操作システム開発の試みは、国内外であまり例がない。当該研究によって得られた成果は、脳血管疾患はわが国の死因の第4位であるということ踏まえると、その意義は非常に大きいと考えられ、以下のような効果が期待できる。

(1) 病変部の発見が容易になる

病変部の発見が容易になることにより医師の負担が減るだけでなく、病変部の見落としも防ぐことができる。

(2) 手術計画が立てやすくなる

余計な血管を掻き分け、見たい血管だけを見ることができると、手術を行う上でのイメージがしやすくなる。

(3) インフォームドコンセントの道具として利用できる

近年、医療行為を行う上でインフォームドコンセントが求められている。仮に病変部が奥にあったとしても、余計な血管を掻き分け、病変部をあらわにすることにより、どこにどんな形状をした病変があり、そしてどんな治療を行うのかといったことの説明および理

解を助ける。

今後の展望として、当該研究により得られた要素技術を組合せ、一つのシステムとして完成させるとともに、多くの実際のCTA画像を用いて本システムを検証し、操作性の向上を図る。また、操作性の向上のため、3Dモニターを用いるのではなく、ヘッドマウントディスプレイを用いて、さらなる仮想現実感、すなわち、あたかも目の前に血管が存在するかのような感覚を向上させることを計画している。さらに、単に脳血管を操作するだけでなく、先行研究において血管の径情報も得ていることから、脳血管診断の判断材料となる情報の提示についても検討している。

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)

[学会発表] (計6件)

(1) 白石卓人、篠原寿広、中迫昇、中山雅人、脳血管位置および径情報を利用した脳血管ボリュームデータ操作の基礎的検討、電子情報通信学会医用画像研究会 (1月)、2013年1月25日、沖縄県那覇市ぶんかテンプス館

(2) Toshihiro Shinohara, Masashi Maekawa, Masato Nakayama and Noboru Nakasako, Estimation of centerline and diameter of brain blood vessel in 3D head CTA image by using model matching method、International Forum on Medical Imaging in Asia、2012年11月16日、韓国大田高城市韓国先端科学技術大学 (KAIST)

(3) 白石卓人、篠原寿広、中山雅人、中迫昇、脳血管疾患診断支援のためのARToolKitを利用した単眼カメラによる3次元ポインティングデバイスの開発、第30回日本医用画像工学会大会、2011年8月5日、栃木県大田原市国際医療福祉大学大田原キャンパス

[その他]

ホームページ等

(1) <http://www.waka.kindai.ac.jp/tea/sinohara/>

(2) <http://rais.itp.kindai.ac.jp/research/hdb/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

篠原 寿広 (TOSHIHIRO SHINOHARA)

近畿大学・生物理工学部・講師

研究者番号：20434863