

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 25 年 6 月 24 日現在

機関番号：33934

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2011～2012

課題番号：23800066

研究課題名（和文） 脳動脈瘤治療用トレーニングシステムの開発

研究課題名（英文） Development of training system for cerebral aneurysm coil embolization

研究代表者

永野 佳孝（NAGANO YOSHITAKA）

愛知工科大学・工学部・准教授

研究者番号：40610142

研究成果の概要（和文）：

脳動脈瘤コイル塞栓術における熟練医師のコイル操作テクニックを体験するために、手技記録システムと手技体験システムを開発した。手技記録システムは、コイルを送り出すワイヤの位置と挿入力を測定するために、マスタースレーブ構造を用いた。手技体験システムは、ワイヤの位置と挿入力を同時に体験できるように、被訓練者の手を直接駆動する構造とした。

研究成果の概要（英文）：

In order to experience of coil manipulation technique of skilled surgeon in coil embolization of cerebral aneurysm, we have developed a technique recording system and a technique experience system. To measure the insertion force and the position of the coil delivery wire, the recording system used master-slave structure. The experience system has a structure to directly drive the hand of the trainee for be able to experience the insertion force and the position of the wire.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2012年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2013年度	1,300,000	390,000	1,690,000
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：人間医工学・医用システム

キーワード：バーチャルリアリティ・シミュレーション工学・脳神経外科・ユーザインターフェイス・トレーニング

1. 研究開始当初の背景

脳動脈瘤は血管の壁がこぶ状に薄く膨らんだもので、くも膜下出血は瘤の破裂が主原因である。瘤の破裂防止に、カテーテルを用いたコイル塞栓術を選択する患者が増えている。本術は、瘤を内部から血栓化して固める方法で、瘤の中に白金製コイルを充填する。国内での選択割合は約 20%であるが、先行する欧米は約 50%に達しており、今後、国内の

熟練医師の不足が懸念されている。

コイル塞栓術は、大腿部の動脈から脳動脈瘤まで挿入したカテーテルを用い、医師が直径約 0.3mm の極細ワイヤを指先で持って操作し、ワイヤ先端部のコイルを瘤に充填する方法である。瘤は破裂しやすいためにワイヤ操作の力加減に熟練を要する。研究代表者は熟練医師の早期育成を目的に、コイルを充填するワイヤの挿入力を検出するセンサを開発

研究してきた。

一方、本術のトレーニングに、シリコンなどで模倣した血管モデルや、コンピュータ上に仮想血管モデルを構築したシステムが開発研究されている。ブタなどの実験動物は、脳血管が人間よりも細くカテーテルを挿入できないばかりか、動脈瘤そのものが存在しない。このため、トレーニングシステムの開発は、動物実験での模倣が困難なコイル塞栓術に対して大きな意義を持っている。

2. 研究の目的

本研究では、次世代のトレーニング手法の確立を目指し、未熟練医師である被訓練者に対して臨場感をもって熟練医師の治療テクニックを提示できる新しいトレーニングシステムの開発研究を行う。

被訓練者に臨場感を与える手法として、熟練者が被訓練者の手を直接持って伝授する方法があるが、被訓練者と熟練者とは干渉をして通常とは異なる操作を強いられる課題が知られている。開発するトレーニングシステムでは、この課題を解決し、さらに熟練者がそばにいないでも、熟練医師がワイヤ操作したときのワイヤの位置と挿入力を、被訓練者が直接体験できることを目標とする。

3. 研究の方法

(1) トレーニングシステムの構成

図1に本研究で開発するトレーニングシステムの全体構成を示す。本システムは手技記録システムと手技体験システムより構成される。手技記録システムを使用してトレーニングを行うための模範となる手技を記録し、手技体験システムを使用して記録された模範データを被訓練者に体験させる仕組みである。

(2) 手技記録システムの機械的構造

図2に手技記録システムの機械的構造を示す。脳動脈瘤コイル塞栓術は、カテーテルを用いてワイヤ先端の白金コイルを瘤の中に詰める治療である。手技記録システムは、模擬瘤へのコイル挿入画像と、ワイヤの位置と挿入力を記録する。本システムでは、マスタースレーブ方式にてワイヤを操作する。コイルの挿入操作をするデリバリーワイヤを2分割し、一方のワイヤを熟練医師が操作するマスター側、もう一方のワイヤを瘤に挿入しスレーブ側としている。

マスターとスレーブは同一構造となっており、1軸スライド上の可動部にカセンサを設置し、カセンサにデリバリーワイヤを接続する。極細のデリバリーワイヤは、剥き出し状態になると、わずかな力を加えただけで座屈してしまうため、図3に示すようにカテーテルの端に2本のパイプで構成した伸縮構

造を接続する。内側パイプをステージ非可動部に固定し、外側パイプをスライド可動部に設置し、このパイプの中を通してワイヤをカセンサに接続する。この構造により、ワイヤは移動しても剥き出し状態にならない。使用する金属パイプは、ワイヤの外径よりもわずかに大きいものを選定する。

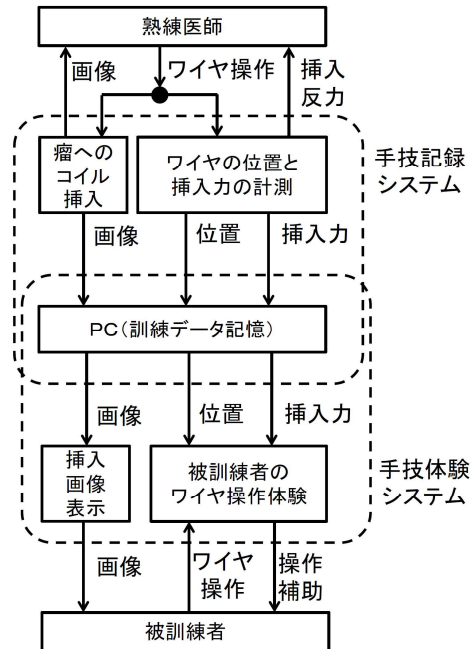


図1 トレーニングシステムの全体構成

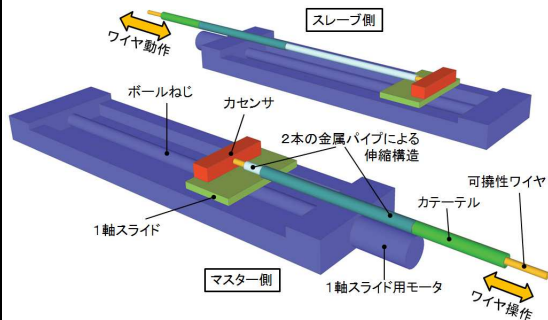


図2 手技記録システムの機械的構造

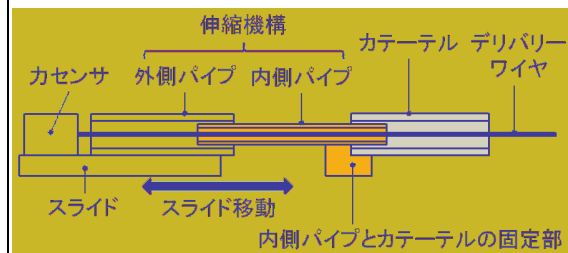


図3 伸縮機構の構造

(3) 手技記録システムの制御方法

本システムは同一構造のマスタースレーブで構成されているので、マスター側のワイヤを医師が操作をすると、スレーブ側のワイヤをその操作にあわせて移動するようにスライドを制御する。図4に本システムの制御ブロック図を示す。マスター側では、医師の操作するワイヤの挿入力をスライド上の力センサで検出する。一方、スレーブ側では、瘤へ作用するワイヤの挿入力を同様にスライド上の力センサで検出する。マスター側とスレーブ側の力センサの出力値は等しくなければならないので、本システムでは、これを目標としてマスター側とスレーブ側の両スライドを駆動する。マスター側とスレーブ側の力センサとスライドの位置をそれぞれ平均することで、ワイヤの挿入力と位置とを検出する。本システムの制御用に専用のマイコンボードを設計および製作する。

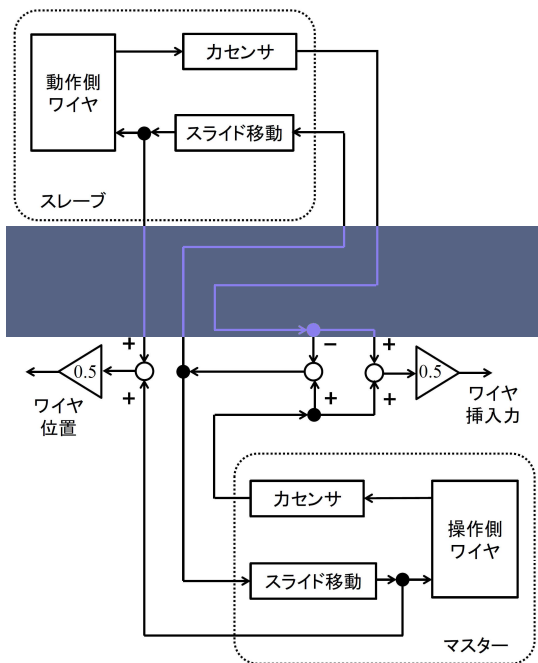


図4 手技記録システムの制御ブロック図

(4) 手技体験システム

図5に手技体験システムの制御ブロック図を示す。手技体験システムは、反力アクチュエータと補助アクチュエータで構成される。前者は、手技記録システムで使用したものと同一構造であり、ワイヤの挿入力を提示するために力センサをフィードバックしてスライド可動部を駆動する。後者は、ワイヤの位置提示用で、記録されたワイヤの位置に合わせて被訓練者の手を載せたスライドを駆動する。また、本システムの表示画面には、記録されたコイル挿入中の瘤画像がワイヤの位置に同期して表示される。

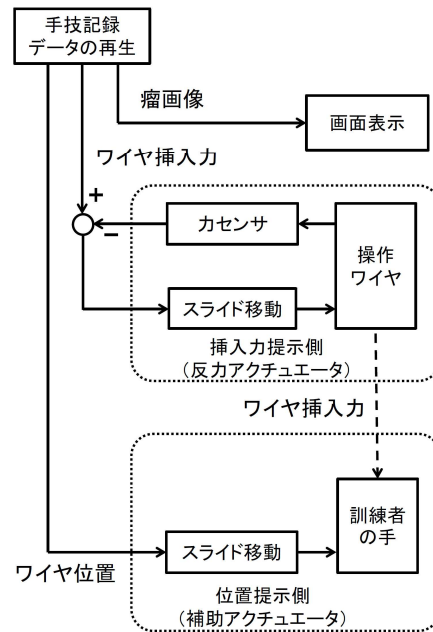


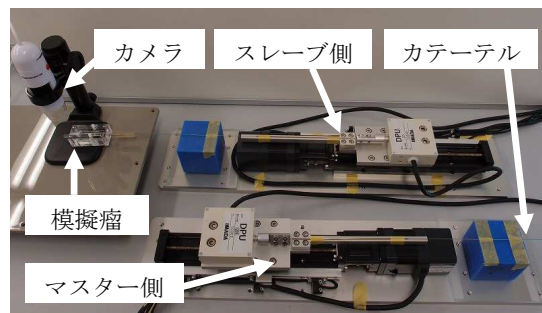
図5 手技体験システムの制御ブロック図

4. 研究成果

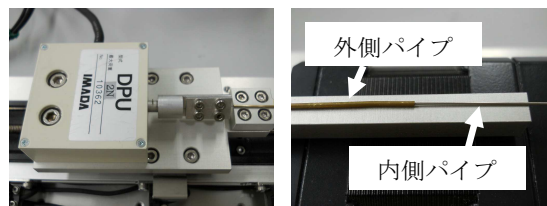
(1) 手技記録システム

図6に開発した手技記録システムの外観、表1に伸縮機構で選定したパイプの内外径を示す。マスタースレーブ制御には本システム用に設計した専用マイコンボードを用いた。ワイヤの挿入力、位置、模擬瘤へのコイル挿入画像の記録をPCで行い、ハードディスクなどの外部記憶装置に保存する。

今後、本装置を使用することで、コイル塞栓術の手技の記録が可能になると期待できる。



(a) システム全体



(b) カセンサ (c) 伸縮機構

図6 手技記録システムの外観

表1 ワイヤ径と伸縮機構のパイプ内外径

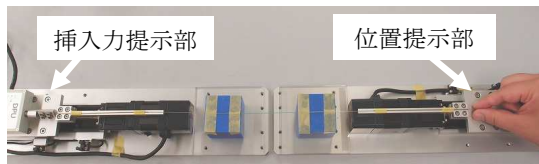
	内径[mm]	外径[mm]
デリバリーワイヤ	—	0.25
カテーテル	0.42	—
外側パイプ	0.6	1.0
内側パイプ	0.34	0.5

(2) 手技記録システムの性能評価

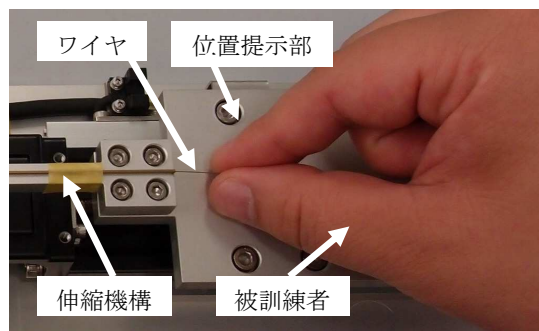
挿入力の検出精度の評価に、マスター側とスレーブ側のカセンサの出力差を用いた。マスター側のワイヤ挿入速度 1mm/sec において、この出力差は 0.02N であった。出力差を小さくするため、制御パラメータを変更してスライドの加速度を上げると、カセンサがスライドの加速度を検出するようになり、スライドの移動が不安定な状態となった。カセンサがスライド移動に伴う加速度を検出していると考えられる。今後、挿入力の検出精度を向上させるため、ワイヤを接続しないカセンサを追加して加速度を補償する予定である。

(3) 手技体験システム

図7に開発した手技体験システムの操作部の外観を示す。本システムは、反力提示を行う反力アクチュエータと、位置提示を行う補助アクチュエータで構成される。被訓練者の手は補助アクチュエータのスライド上に置かれる。今後、被訓練者の手を置く形態を訓練しやすいものに改善をする。



(a) 挿入力と位置の提示部



(b) 手元操作部

図7 手技体験システムの外観

(4) トレーニングシステムとしての課題

開発した両システムの一部改善点を修正した後、トレーニングシステムとしての運用評価を行う。また、トレーニング効果の評価方法の検討も今後の課題である。

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)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計0件)

[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:

<http://www1.aut.ac.jp/~nagano-lab/research01.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

永野 佳孝 (NAGANO YOSHITAKA)

愛知工科大学・工学部・准教授

研究者番号: 40610142

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし