

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6548199号  
(P6548199)

(45) 発行日 令和1年7月24日(2019.7.24)

(24) 登録日 令和1年7月5日(2019.7.5)

(51) Int. Cl.	F 1					
<b>A 6 1 B</b>	<b>6/03</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B	6/03	3 7 7	
<b>A 6 1 B</b>	<b>6/12</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B	6/03	3 6 0 G	
<b>A 6 1 F</b>	<b>2/82</b>	<b>(2013.01)</b>	A 6 1 B	6/12		
			A 6 1 F	2/82		

請求項の数 9 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2018-500070 (P2018-500070)	(73) 特許権者	515212677 株式会社 P E N T A S 東京都渋谷区渋谷3丁目27番11号
(86) (22) 出願日	平成29年2月9日(2017.2.9)	(74) 代理人	100168952 弁理士 藤田 壮一郎
(86) 国際出願番号	PCT/JP2017/004699	(72) 発明者	米山 繁 東京都杉並区荻窪3丁目39番8号
(87) 国際公開番号	W02017/141803	(72) 発明者	高尾 洋之 東京都渋谷区神宮前1丁目4番20号 パークコート神宮前1304号室
(87) 国際公開日	平成29年8月24日(2017.8.24)	(72) 発明者	鈴木 貴士 東京都世田谷区桜上水3丁目1番14号 シャルマン桜上水305号室
審査請求日	平成31年4月9日(2019.4.9)	審査官	安田 明央
(31) 優先権主張番号	特願2016-26784 (P2016-26784)		
(32) 優先日	平成28年2月16日(2016.2.16)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
早期審査対象出願			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステンットの長さ予測装置、ステンットの長さ予測プログラム、およびステンットの長さ予測方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

血管の3次元形状を表した3次元血管画像上で、ユーザから、複数の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだ動脈瘤治療用のステンットの留置開始位置の指定を受け付けて、前記ステンットの留置開始位置を特定する留置開始位置特定手段と、

前記3次元血管画像上で、ユーザからの前記ステンットの留置方向の指定を受け付けて、前記ステンットの留置方向を特定する留置方向特定手段と、

前記ステンットの拡張後の直径、前記ステンットの拡張後の長さ、前記ステンットを構成するワイヤーの本数、前記ステンットを構成するワイヤーの前記ステンット拡張後のピッチ長を前記ステンットの仕様として特定するステンット仕様特定手段と、

前記ステンット仕様特定手段によって特定された前記ステンットの仕様と、前記留置開始位置特定手段によって特定された前記留置開始位置から、前記留置方向特定手段によって特定された前記留置方向の血管の血管径とに基づいて、前記血管径に合わせて拡張するステンットの留置後の長さを算出する留置後ステンット長算出手段とを備えることを特徴とするステンットの長さ予測装置。

【請求項2】

請求項1に記載のステンットの長さ予測装置において、

前記留置開始位置特定手段によって特定された前記ステンットの留置開始位置と、前記留置方向特定手段によって特定された前記ステンットの留置方向と、前記留置後ステンット長算出手段によって算出された留置後のステンット長とに基づいて、前記3次元血管画像内に、

前記ステントの留置開始位置を示す情報と留置終了位置を示す情報とを表示する表示手段をさらに備えることを特徴とするステントの長さ予測装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載のステントの長さ予測装置において、

前記留置後ステント長算出手段は、前記 3 次元血管画像上で血管を微小区間に分割し、各微小区間ごとに前記ステントの留置後の長さを算出し、それらを合計することによって前記留置後のステント長を算出することを特徴とするステントの長さ予測装置。

【請求項 4】

血管の 3 次元形状を表した 3 次元血管画像上で、ユーザから、複数の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだ動脈瘤治療用のステントの留置開始位置の指定を受け付けて、前記ステントの留置開始位置を特定する留置開始位置特定手順と、

前記 3 次元血管画像上で、ユーザからの前記ステントの留置方向の指定を受け付けて、前記ステントの留置方向を特定する留置方向特定手順と、

前記ステントの拡張後の直径、前記ステントの拡張後の長さ、前記ステントを構成するワイヤーの本数、前記ステントを構成するワイヤーの前記ステント拡張後のピッチ長を前記ステントの仕様として特定するステント仕様特定手順と、

前記ステント仕様特定手順で特定した前記ステントの仕様と、前記留置開始位置特定手順で特定した前記留置開始位置から、前記留置方向特定手順で特定した前記留置方向の血管の血管径とに基づいて、前記血管径に合わせて拡張するステントの留置後の長さを算出する留置後ステント長算出手順とをコンピュータに実行させるためのステントの長さ予測プログラム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のステントの長さ予測プログラムにおいて、

前記留置開始位置特定手順で特定した前記ステントの留置開始位置と、前記留置方向特定手順で特定した前記ステントの留置方向と、前記留置後ステント長算出手順で算出した留置後のステント長とに基づいて、前記 3 次元血管画像内に、前記ステントの留置開始位置を示す情報と留置終了位置を示す情報とを表示する表示手順をさらに有することを特徴とするステントの長さ予測プログラム。

【請求項 6】

請求項 4 または 5 に記載のステントの長さ予測プログラムにおいて、

前記留置後ステント長算出手順は、前記 3 次元血管画像上で血管を微小区間に分割し、各微小区間ごとに前記ステントの留置後の長さを算出し、それらを合計することによって前記留置後のステント長を算出することを特徴とするステントの長さ予測プログラム。

【請求項 7】

留置開始位置特定手段が、血管の 3 次元形状を表した 3 次元血管画像上で、ユーザから、複数の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだ動脈瘤治療用のステントの留置開始位置の指定を受け付けて、前記ステントの留置開始位置を特定するステップと、

留置方向特定手段が、前記 3 次元血管画像上で、ユーザからの前記ステントの留置方向の指定を受け付けて、前記ステントの留置方向を特定するステップと、

ステント仕様特定手段が、前記ステントの拡張後の直径、前記ステントの拡張後の長さ、前記ステントを構成するワイヤーの本数、前記ステントを構成するワイヤーの前記ステント拡張後のピッチ長を前記ステントの仕様として特定するステップと、

留置後ステント長算出手段が、前記ステント仕様特定手段が特定した前記ステントの仕様と、前記留置開始位置特定手段が特定した前記留置開始位置から、前記留置方向特定手段が特定した前記留置方向の血管の血管径とに基づいて、前記血管径に合わせて拡張するステントの留置後の長さを算出するステップとで構成されるステントの長さ予測方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のステントの長さ予測方法において、

表示手段が、前記留置開始位置特定手段が特定した前記ステントの留置開始位置と、前記留置方向特定手段が特定した前記ステントの留置方向と、前記留置後ステント長算出手

10

20

30

40

50

段が算出した留置後のステント長とに基づいて、前記3次元血管画像内に、前記ステントの留置開始位置を示す情報と留置終了位置を示す情報とを表示するステップをさらに有することを特徴とするステントの長さ予測方法。

【請求項9】

請求項7または8に記載のステントの長さ予測方法において、

前記留置後ステント長算出手段は、前記3次元血管画像上で血管を微小区間に分割し、各微小区間ごとに前記ステントの留置後の長さを算出し、それらを合計することによって前記留置後のステント長を算出することを特徴とするステントの長さ予測方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ステントの長さ予測装置、ステントの長さ予測プログラム、およびステントの長さ予測方法に関する。

【背景技術】

【0002】

次のような画像処理装置が知られている。この画像処理装置では、血管内に留置したステントと血管との位置関係を把握することができる（特許文献1参照）。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2011-45449号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

近年、複数の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだステント、例えばフローダイバーターステントを用いた脳動脈瘤の治療が行われている。フローダイバーターステントのような金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだステントを用いるに当たっては、ステントがカテーテルから血管内へリリースされる過程で、ステントの長さが短くなる *Fore shortening* という現象を考慮して、血管内にステントを留置した場合のステントの長さを予測して、ステントの留置範囲を決定するのが好ましい。しかしながら、従来の技術では、患者の血管にステントを留置させた際に、*Fore shortening* を考慮してステントの長さがどのように変化するかを事前に把握できるようにする技術については、何ら検討されていなかった。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の第1の態様によると、ステントの長さ予測装置は、血管の3次元形状を表した3次元血管画像上で、ユーザから、複数の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだ動脈瘤治療用のステントの留置開始位置の指定を受け付けて、ステントの留置開始位置を特定する留置開始位置特定手段と、3次元血管画像上で、ユーザからのステントの留置方向の指定を受け付けて、ステントの留置方向を特定する留置方向特定手段と、ステントの拡張後の直径、ステントの拡張後の長さ、ステントを構成するワイヤーの本数、ステントを構成するワイヤーのステント拡張後のピッチ長をステントの仕様として特定するステント仕様特定手段と、ステント仕様特定手段によって特定されたステントの仕様と、留置開始位置特定手段によって特定された留置開始位置から、留置方向特定手段によって特定された留置方向の血管の血管径とに基づいて、血管径に合わせて拡張するステントの留置後の長さを算出する留置後ステント長算出手段とを備える。

40

本発明の第2の態様によると、第1の態様のステントの長さ予測装置において、留置開始位置特定手段によって特定されたステントの留置開始位置と、留置方向特定手段によ

50

て特定されたステントの留置方向と、留置後ステント長算出手段によって算出された留置後のステント長とに基づいて、3次元血管画像内に、ステントの留置開始位置を示す情報と留置終了位置を示す情報とを表示する表示手段をさらに備える。

本発明の第3の態様によると、第1または第2の態様のステントの長さ予測装置において、留置後ステント長算出手段は、3次元血管画像上で血管を微小区間に分割し、各微小区間ごとにステントの留置後の長さを算出し、それらを合計することによって留置後のステント長を算出する。

本発明の第4の態様によると、ステントの長さ予測プログラムは、血管の3次元形状を表した3次元血管画像上で、ユーザから、複数の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだ動脈瘤治療用のステントの留置開始位置の指定を受け付けて、ステントの留置開始位置を特定する留置開始位置特定手順と、3次元血管画像上で、ユーザからのステントの留置方向の指定を受け付けて、ステントの留置方向を特定する留置方向特定手順と、ステントの拡張後の直径、ステントの拡張後の長さ、ステントを構成するワイヤーの本数、ステントを構成するワイヤーのステント拡張後のピッチ長をステントの仕様として特定するステント仕様特定手順と、ステント仕様特定手順で特定したステントの仕様と、留置開始位置特定手順で特定した留置開始位置から、留置方向特定手順で特定した留置方向の血管の血管径とに基づいて、血管径に合わせて拡張するステントの留置後の長さを算出する留置後ステント長算出手段とをコンピュータに実行させる。

本発明の第5の態様によると、第4の態様のステントの長さ予測プログラムにおいて、留置開始位置特定手順で特定したステントの留置開始位置と、留置方向特定手順で特定したステントの留置方向と、留置後ステント長算出手段で算出した留置後のステント長とに基づいて、3次元血管画像内に、ステントの留置開始位置を示す情報と留置終了位置を示す情報とを表示する表示手段をさらに有する。

本発明の第6の態様によると、第4または第5の態様のステントの長さ予測プログラムにおいて、留置後ステント長算出手段は、3次元血管画像上で血管を微小区間に分割し、各微小区間ごとにステントの留置後の長さを算出し、それらを合計することによって留置後のステント長を算出する。

本発明の第7の態様によると、ステントの長さ予測方法は、留置開始位置特定手段が、血管の3次元形状を表した3次元血管画像上で、ユーザから、複数の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだ動脈瘤治療用のステントの留置開始位置の指定を受け付けて、ステントの留置開始位置を特定するステップと、留置方向特定手段が、3次元血管画像上で、ユーザからのステントの留置方向の指定を受け付けて、ステントの留置方向を特定するステップと、ステント仕様特定手段が、ステントの拡張後の直径、ステントの拡張後の長さ、ステントを構成するワイヤーの本数、ステントを構成するワイヤーのステント拡張後のピッチ長をステントの仕様として特定するステップと、留置後ステント長算出手段が、ステント仕様特定手段が特定したステントの仕様と、留置開始位置特定手段が特定した留置開始位置から、留置方向特定手段が特定した留置方向の血管の血管径とに基づいて、血管径に合わせて拡張するステントの留置後の長さを算出するステップとで構成される。

本発明の第8の態様によると、第7の態様のステントの長さ予測方法において、表示手段が、留置開始位置特定手段が特定したステントの留置開始位置と、留置方向特定手段が特定したステントの留置方向と、留置後ステント長算出手段が算出した留置後のステント長とに基づいて、3次元血管画像内に、ステントの留置開始位置を示す情報と留置終了位置を示す情報とを表示するステップをさらに有する。

本発明の第9の態様によると、第7または第8の態様のステントの長さ予測方法において、留置後ステント長算出手段は、3次元血管画像上で血管を微小区間に分割し、各微小区間ごとにステントの留置後の長さを算出し、それらを合計することによって留置後のステント長を算出する。

【発明の効果】

【0006】

10

20

30

40

50

本発明によれば、ステントの仕様に基づいて、血管径に合わせ拡張するステントの留置後の長さを算出することができるので、術者は、患者の血管にステントを留置させた際に、ステントの長さがどの程度になるかを事前に把握することができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】ステントの長さ予測装置100の一実施の形態の構成を示すブロック図。

【図2】Foreshorteningが起こる前後のステント形状を模式的に示した図。

【図3】ステントの留置開始位置と留置方向の特定方法を模式的に示した図。

【図4】ステントの仕様を定義するための各部の長さを模式的に表した図。

10

【図5】ステント表面の小隙を模式的に示す図。

【図6】3次元血管画像における血管領域の分割例を模式的に示した図。

【図7】本実施の形態におけるステントの長さ予測装置100で実行される処理の流れを示すフローチャート図。

【発明を実施するための形態】

【0008】

図1は、本実施の形態におけるステントの長さ予測装置100の一実施の形態の構成を示すブロック図である。ステントの長さ予測装置100としては、例えば、後述するステントの長さ予測処理を実行するためのプログラムがインストールされたサーバ装置やパソコン等が用いられる。図1は、ステントの長さ予測装置100としてパソコンを用いた場合の一実施の形態の構成を示している。ステントの長さ予測装置100は、操作部材101と、接続インターフェース102と、制御装置103と、記録装置104と、表示装置105とを備えている。

20

【0009】

操作部材101は、ステントの長さ予測装置100の操作者によって操作される種々の装置、例えばキーボードやマウスを含む。

【0010】

接続インターフェース102は、ステントの長さ予測装置100を他の装置や端末等の外部機器と接続するためのインターフェースである。例えば、ステントの長さ予測装置100は、LANやインターネット等の通信回線に接続するためのインターフェースや、外部の記憶媒体を接続するためのインターフェースが含まれる。

30

【0011】

制御装置103は、CPU、メモリ、およびその他の周辺回路によって構成され、ステントの長さ予測装置100の全体を制御する。なお、制御装置103を構成するメモリは、例えばSDRAM等の揮発性のメモリである。このメモリは、CPUがプログラム実行時にプログラムを展開するためのワークメモリや、データを一時的に記録するためのバッファメモリとして使用される。例えば、接続インターフェース102を介して読み込まれたデータは、バッファメモリに一時的に記録される。

【0012】

記録装置104は、ステントの長さ予測装置100が蓄える種々のデータや、制御装置103が実行するためのプログラムのデータ等を記録するための記憶媒体である。記録装置104としては、例えばHDD(Hard Disk Drive)やSSD(Solid State Drive)等が用いられる。なお、記録装置104に記録されるプログラムのデータは、CD-ROMやDVD-ROMなどの記録媒体に記録されて提供されたり、ネットワークを介して提供される。操作者がプログラムのデータを取得して記録装置104にインストールすることによって、制御装置103がプログラムを実行できるようになる。

40

【0013】

表示装置105は、例えば液晶モニタであって、制御装置103から出力される種々の表示用データが表示される。

50

## 【0014】

本実施の形態におけるステントの長さ予測装置100は、あらかじめ記録装置104に記録されている患者の血管の3次元データ(以下、「3次元血管データ」と呼ぶ)を用いて、患者の血管内にステントを留置したときのステントの長さを予測するための処理を行う。本実施の形態では、記録装置104には、あらかじめ患者の脳の血管を撮影して得た3次元血管データが記録されており、脳血管疾患の一つである脳動脈瘤を治療するために、血管内に、複数の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだステント、例えばフローダイバーステントを留置する場合を想定して、留置後のステントの長さを予測するための処理について説明する。なお、本実施の形態では、説明の中でステントと表記したものは、フローダイバーステントのような複数の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだステントを意味する。

10

## 【0015】

記録装置104に記録される3次元血管データは、患者の診断時に撮影された画像データに基づいて生成されるものとする。3次元血管データの作成方法は特に限定されないが、例えば、以下のような方法により作成されるものとする。

## 【0016】

一般的に、脳動脈瘤などの血管疾患の診察時には、CTA(Computed Tomography Angiography)、3D-DSA(Three-Dimensional Digital Subtraction Angiography)、MRA(Magnetic Resonance Angiography)による撮影診断が行われると、その撮影された画像は、DICOM(Digital Imaging and Communication in Medicine)規格の画像データとして保存される。撮影診断に当たっては、撮影対象(例えば頭部)の断面が何層にも渡って撮影されるため、これらの断層画像を重ねることにより、撮影対象の3次元画像データを作成することができる。

20

## 【0017】

本実施の形態では、このように撮影された撮影対象の3次元画像データの中から、血管形状のみを抽出した3次元血管データが記録装置104に記録されている。撮影対象の3次元画像データから血管形状のみを抽出した3次元血管データを作成する方法としては、例えば、以下のような方法が考えられる。

30

## 【0018】

上記の断層画像には撮影対象が物質ごとに異なる濃さで映し出されているため、撮影対象の3次元画像データから、血管の濃さに対応した画素で構成される領域の画像データを抽出すれば、血管形状のみを抽出した3次元血管データを作成することができる。撮影対象の3次元画像データにおける色の濃淡は、各モダリティの撮影原理に基づき、撮影時に得られた数値の情報で決定される。例えば、CTAの場合は、X線の吸収されやすさ、すなわちX線透過率を検出して撮影を行う。X線透過率は水を0、空気を-1000としたCT値(単位:HU)で表され、この値の大きさによって色の濃淡が決まる。すなわち、CTAで撮影された撮影対象の3次元画像データでは、各画素には、X線透過率に応じて概ね-2048から+2000程度の値が割り振られている。

40

## 【0019】

例えば、あらかじめ血管の濃さに対応する数値の範囲を設定しておき、この撮影対象の3次元画像データに対し、画素値が該範囲の下限値以下である画素は白、画素値が該範囲の上限値以上である画素は黒に変換するように画像処理を行う。これによって、画素値が血管の濃さに対応する数値の画素は、撮影時の色の濃さが保持され、それ以外の画素は白と黒に変換された3次元血管画像を生成することができる。生成された3次元血管画像のデータは、3次元血管データとして記録装置104に記録される。ここで、血管領域を抽出するための画素値の閾値は、患者によって個人差があるため、処理実行時に患者に適した値が設定されるのが好ましい。

## 【0020】

50

本実施の形態では、制御装置103は、ユーザからの指示に基づいて、記録装置104から3次元血管データを読み出して表示装置105に表示する。これによって、医師などのステントの長さ予測装置100のユーザは、患者の3次元血管画像を確認することができる。なお、3次元血管データは患者ごとに記録されており、操作者は、表示させたい患者を選択して3次元血管画像の表示を指示することができる。

#### 【0021】

本実施の形態で想定する、複数の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだステントを用いるに当たっては、ステントがカテーテルから血管内へリリースされる過程で、ステントの長さが短くなるForeshorteningという現象が発生する場合がある。このため、血管内でのステントの留置範囲は、Foreshorteningを考慮して決定するのが好ましい。本実施の形態では、このようなForeshorteningを考慮して、3次元血管画像上で、患者の血管内にステントを留置した場合のステントの長さをシミュレートするための処理について説明する。

10

#### 【0022】

ここで、複数の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだステントにおけるForeshorteningは公知の現象であるため、詳細な説明は省略する。以下では、複数の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだステントを用いた治療において、患部へステントを留置するための流れや、ステントの留置過程でのForeshorteningが発生する可能性があるタイミングについて説明する。

#### 【0023】

フローダイバーステントなどを用いた脳動脈瘤の治療では、ステントを動脈瘤が存在する患部の血管に留置させることにより、動脈瘤内への血流を抑制して血栓化させ、ステントの表面に皮膜を形成させることで血管を再建する。このためには、患者の脳血管の患部へステントを留置させる必要がある。

20

#### 【0024】

まず、術者は、患者の足の付け根から血管内を通して、ガイドワイヤーを患部である脳動脈瘤の末梢側（下流側）まで挿入する。ガイドワイヤーは、カテーテルの内部を伝わっている構造となっており、先に挿入したガイドワイヤーを伝えてカテーテルを瘤の末梢側（下流側）まで挿入する。その後、ガイドワイヤーは引き抜かれる。次に、術者は、カテーテルの中を伝えて、デリバリーワイヤーを瘤の末梢側（下流側）へ挿入する。デリバリーワイヤーの内部には、ディスタルコイルによってステントの片端が固定されている。

30

#### 【0025】

術者は、デリバリーワイヤーの位置を調整して、カテーテルをある程度引き抜く。このとき、カテーテルをどの程度引き抜くかは術者の判断による。カテーテルを引き抜くことにより、ディスタルコイルによってデリバリーワイヤーに固定されているステントは、カテーテル内から血管内にリリースされ、ステントのリリースされた部分は開き始める。その後、術者は、ディスタルコイルの固定を外して、ステントが完全に血管内にリリースされるまで、カテーテルを引き抜く。これによって、ステントは血管内で拡張して血管内に留置される。

#### 【0026】

術者は、カテーテルを再度、瘤の末梢側（下流側）まで挿入し、デリバリーワイヤーをカテーテル内に収納して、デリバリーワイヤーとカテーテルを血管から引き抜く。これによって、患部にステントを留置するための作業は完了する。

40

#### 【0027】

上記の流れの中で、術者がディスタルコイルの固定を外したタイミングでステントの片端が開くため、Foreshorteningが起こり始める。そして、Foreshorteningは、ステント全体が血管内にリリースされて留置されるまで継続する。

#### 【0028】

図2は、Foreshorteningが起こる前後のステント形状を模式的に示した図である。図2(a)は、Foreshorteningが起こる前のステント形状を表

50

しており、図2(b)は、Foreshorteningが起こった後のステント形状を表している。図2に示すように、ステントが患者の血管内に留置され、患者の血管径に合わせて拡張すると、ステントの径が大きくなるとともに、Foreshorteningによって長さが短くなる。

【0029】

以下、Foreshorteningを考慮して、血管内に留置されたステント長さを予測するとともに、3次元血管画像上でステントの留置開始位置と留置終了位置をシミュレートするための処理について説明する。

【0030】

制御装置103は、表示装置105に表示した3次元血管画像上で、ステントの長さ予測装置100の操作者であるユーザ、例えば術者からのステントの留置開始位置と留置方向の指定を受け付ける。ユーザは、例えばマウスを操作して、3次元血管画像上で血管内の留置開始位置に対応する点をクリックし、次に、留置開始位置からステントの留置方向に位置する点をクリックすることによってステントの留置開始位置と留置方向を指定することができる。制御装置103は、ユーザによって最初にクリックされた第一点をステントの留置開始位置として特定し、第一点からユーザによって2番目にクリックされた第二点に向けた方向をステントの留置方向として特定することができる。

【0031】

図3は、ステントの留置開始位置と留置方向の特定方法を模式的に示した図である。例えば、ユーザが血管3a上の点3bをクリックしてから点3cをクリックした場合には、制御装置103は、点3bを留置開始位置として特定し、点3bから点3cに向かう方向、すなわち左方向を留置方向として特定する。また、ユーザは、血管3a上の点3bをクリックしてから点3dをクリックした場合には、制御装置103は、点3bを留置開始位置として特定し、点3bから点3dに向かう方向すなわち右方向を留置方向として特定する。制御装置103は、特定したステントの留置開始位置と留置方向のそれぞれを特定するための情報をバッファメモリに記録する。

【0032】

制御装置103は、治療に用いられるステントの仕様を特定する。本実施の形態における処理で必要となるステントの仕様は、ステントが拡張したときの直径 $D_0$ 、ステントが拡張したときの長さ $L_0$ 、ステントを構成するワイヤーの本数 $N$ 、ステントを構成するワイヤーのステントが拡張したときのピッチ長 $p_0$ となり、制御装置103は、これらの値をステントの仕様として特定する。ステントを構成するワイヤーの本数 $N$ は、例えば $N=48$ となる。本実施の形態では、ステントの仕様は、あらかじめ記録装置104に登録しておいて制御装置103はこれを読み出して特定してもよいし、ユーザによる入力を受け付けて特定してもよい。

【0033】

図4は、ステントの仕様を定義するために、ステントの直径 $D$ 、ステントの長さ $L$ 、ステントを構成するワイヤーのピッチ長 $p$ を模式的に表した図である。また、本実施の形態では必要としないが、 $d$ はステントを構成するワイヤーの直径を表している。

【0034】

上記の仕様における「ステントが拡張したとき」の各値 $D_0$ 、 $L_0$ 、 $p_0$ は、ステントの周囲に何もなくて、ステントに外圧がかかっていない状態で拡張したときの仕様上の値を意味している。このため、仕様として特定される $D_0$ 、 $L_0$ 、 $p_0$ と、実際に血管内に留置された場合の $D$ 、 $L$ 、 $p$ とは値が異なる。

【0035】

すなわち、仕様によれば、ステントが拡張したときの長さは $L_0$ であり、ワイヤーのピッチ長は $p_0$ であるが、これは、ステントが全長にわたって仕様上の直径 $D_0$ となるように拡張した場合の長さである。これに対して、血管内に留置されたステントは、患者の血管径に合わせて拡張するため、全長にわたって仕様上の直径 $D_0$ となるように拡張する可能性は低く、この場合は、血管内でステントが拡張したときの長さ $L$ は $L_0$ とは異なる値

10

20

30

40

50

になり、 $p$  は  $p_0$  とは異なる値になる。

【0036】

本実施の形態では、この点も加味して、血管内に留置後のステントの長さを、患者の血管の血管径に応じて予測して、ステントの留置開始位置と留置終了位置をシミュレートするための方法について説明する。

【0037】

ここでは、ステントの仕様に基づいて患者の血管径に応じた拡張後の長さを求める方法について説明する。ステントの患者の血管径に応じた拡張後の長さは、後述する式(5)を用いて算出が可能であるが、まずは、式(5)を導き出すための演算について説明する。

10

【0038】

図5(a)に示すステントの表面の一部を模式的に示すと図5(b)のようになる。図5(b)における1つの小隙 $a$ についてみると、図5(c)に示すように、ステントの仕様に基づいて幾何学的に次式(1)の関係式が成り立つ。

【数1】

$$\cos \theta = \frac{A/2}{C} \Leftrightarrow C = \frac{A}{2 \cos \theta} = \frac{\pi D}{N \cos \theta} \quad \dots (1)$$

20

なお、式(1)において、 $A = D / (N / 2) = 2 D / N$ である。

【0039】

式(1)において、図2に示したようにステントの横方向の長さが変化しても、 $C$ は不変のため、次式(2)の関係式が成り立つ。

【数2】

$$C = \frac{\pi D_0}{N \cos \theta_0} = \frac{\pi D}{N \cos \theta} \Leftrightarrow \cos \theta = \frac{D}{D_0} \cos \theta_0 \quad \dots (2)$$

30

【0040】

さらに、図2に示したようにステントの横方向の長さが変化してもワイヤーがステントを周る数は不変なので、次式(3)の関係式が成り立つ。なお、図2では、ワイヤー2aは、図2(a)、図2(b)のいずれにおいてもステントを半周していることがわかる。

【数3】

$$\frac{L_0}{p_0} = \frac{L}{p} \Leftrightarrow L = \frac{L_0}{p_0} \pi D \tan \theta \quad \dots (3)$$

40

【0041】

式(2)を式(3)に代入すると次式(4)となり、この式(4)を用いた演算により、患者の血管内でステントが直径 $D$ となるように開いた場合の長さ $L$ を算出することができる。すなわち、次式(4)によれば、患者の血管径が全長にわたって $D$ である場合、拡張後のステントの長さ $L$ を算出することができる。

【数4】

$$L = \frac{\pi L_0}{p_0 \cos \theta_0} \sqrt{D_0^2 - D^2 (\cos \theta)^2} \quad \dots (4)$$

50

## 【 0 0 4 2 】

上述したように、血管内に留置されたステントは、血管径に合わせて拡張するため、全長にわたって同じ直径Dで開く可能性は低い。このため、本実施の形態では、この点も加味してより精度の高く留置後のステントの長さを求める方法について説明する。

## 【 0 0 4 3 】

本実施の形態では、制御装置103は、図6に示すように、3次元血管画像上の血管領域6aを留置開始位置6bから長さL<sub>0</sub>までの区間を微小区間にn分割して、n個の微小区間を得る。制御装置103は、各微小区間における血管径の平均値dD<sub>i</sub>(iは1~nの整数)を用いて、次式(5)により、i番目の微小区間における留置後のステントの長さdL<sub>i</sub>(iは1~nの整数)を算出する。

## 【 数 5 】

$$dL_i = \frac{\pi \frac{L_0}{n}}{p_0 \cos \theta_0} \sqrt{D_0^2 - dD_i^2 (\cos \theta)^2} \dots (5)$$

## 【 0 0 4 4 】

制御装置103は、式(5)により算出したdL<sub>1</sub>からdL<sub>n</sub>の値を合計することによって、留置後のステントの長さLSを算出する。式(5)における分割数nはあらかじめ設定されており、この値は特に限定されないが、nを大きくして分割数を多くした方が、留置後のステントの長さLSの算出精度は向上する。

## 【 0 0 4 5 】

なお、図6では、血管6aを模式化して表しているため、血管は直線的かつ全長にわたって同じ径となるように図示されているが、実際には、3次元血管画像上の血管を対象に微小区間の分割を行うため、血管の形状は様々であり、血管径も場所によって異なる。このため、各区間において算出される血管径の平均値dD<sub>i</sub>は、区間ごとに異なる。また、各微小区間における血管径の平均値dD<sub>i</sub>の算出方法は特に限定されないが、制御装置103は、例えば、上述した白黒濃淡で色づけされた3次元血管画像から、画素値が血管領域を抽出するための閾値の範囲内にある領域を3次元血管領域として抽出し、微小区間内の複数個所で3次元血管領域の径を特定し、それらを平均するなどすればよい。

## 【 0 0 4 6 】

制御装置103は、指定されている留置開始位置、留置方向、及び算出した留置後のステントの長さLSに基づいて、3次元血管画像上にステントの留置範囲を特定するための情報を表示する。例えば、制御装置103は、3次元血管画像の血管上において、留置開始位置に留置開始位置を示すマークを表示し、留置開始位置から留置方向に長さLSだけ移動した位置に、留置終了位置を示すマークを表示する。これによって、ユーザは、3次元血管画像上で留置開始位置と留置終了位置を視認することができるため、事前にステントの留置範囲を把握することができる。

## 【 0 0 4 7 】

なお、留置開始位置から留置方向に長さLSだけ移動した位置を特定する方法は特に限定されないが、例えば、制御装置103は、次のように特定すればよい。制御装置103は、上述した3次元血管領域内の内部、すなわち血管内腔をボクセルで詰めたボクセルデータを作成し、ボクセルデータを外側から削っていき、残った中心部分のボクセルを結ぶことによって血管の中心線を作成する。そして、制御装置103は、血管の中心線上で、留置開始位置から留置方向に長さLSの位置を留置開始位置として特定すればよい。

## 【 0 0 4 8 】

図7は、本実施の形態におけるステントの長さ予測装置100で実行される処理の流れを示すフローチャートである。図7に示す処理は、ステントの長さ予測装置100の操作者によってプログラムの実行が指示されると起動するプログラムとして、制御装置103によって実行される。なお、図7に示す処理においては、あらかじめ患者の患部を撮影し

10

20

30

40

50

た画像に基づいて生成された3次元血管データが記録装置104に記録されているものとする。

【0049】

ステップS10において、制御装置103は、記録装置104から3次元血管データを読み出して、表示装置105に表示する。その後、ステップS20へ進む。

【0050】

ステップS20では、制御装置103は、上述したように、ユーザによる操作を検出して、3次元血管画像上で血管内におけるステントの留置開始位置と留置方向を特定する。その後、ステップS30へ進む。

【0051】

ステップS30では、制御装置103は、上述したように、ステントが拡張したときの直径 $D_0$ 、ステントの拡張したときの長さ $L_0$ 、ステントを構成するワイヤーの本数 $N$ 、ステントを構成するワイヤーのステントが拡張したときのピッチ長 $p_0$ をステントの仕様として特定する。その後、ステップS40へ進む。

【0052】

ステップS40では、制御装置103は、上述したように、式(5)を用いて微小区間ごとに留置後のステントの長さ $L$ を算出した後、それらを合計して留置後のステントの長さ $LS$ を算出する。その後、ステップS50へ進む。

【0053】

ステップS50では、制御装置103は、上述したように、留置開始位置、留置方向、及び算出した留置後のステントの長さ $LS$ に基づいて、3次元血管画像上にステントの留置範囲を特定するための情報を表示する。その後、処理を終了する。

【0054】

以上説明した本実施の形態によれば、以下のような作用効果を得ることができる。

(1) 制御装置103は、血管の3次元形状を表した3次元血管画像上で、ユーザから、複数の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだ動脈瘤治療用のステントの留置開始位置の指定を受け付けて、ステントの留置開始位置を特定する。制御装置103は、3次元血管画像上で、ユーザからのステントの留置方向の指定を受け付けて、ステントの留置方向を特定する。制御装置103は、ステントの拡張後の直径 $D_0$ 、ステントの拡張後の長さ $L_0$ 、ステントを構成するワイヤーの本数 $N$ 、ステントを構成するワイヤーのステント拡張後のピッチ長 $p_0$ をステントの仕様として特定する。制御装置103は、特定したステントの仕様と、留置開始位置から留置方向の血管の血管径とに基づいて、血管径に合わせて拡張するステントの留置後の長さ $LS$ を算出するようにした。これによって、複数の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだステントにおけるFore shorteningを考慮して、患者の血管径に応じて拡張するステントの留置後の長さを予測することができる。

【0055】

(2) 制御装置103は、ステントの留置開始位置と、ステントの留置方向と、算出した留置後のステント長 $LS$ とに基づいて、3次元血管画像内に、ステントの留置開始位置を示す情報と留置終了位置を示す情報とを表示するようにした。これによって、ユーザは、3次元血管画像上でステントの留置範囲の予測結果を確認することができる。

【0056】

(3) 制御装置103は、3次元血管画像上で血管を微小区間に分割し、各微小区間ごとにステントの留置後の長さを算出し、それらを合計することによって留置後のステント長を算出するようにした。これによって、径が均一でない血管においても、精度高く留置後のステントの長さを算出することができる。

【0057】

変形例

なお、上述した実施の形態のステントの長さ予測装置100は、以下のように変形することもできる。

10

20

30

40

50

(1) 上述した実施の形態では、制御装置103は、48本(N=48)の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだフローダイバータースtentを血管内に留置する場合を例に、留置後のstentの長さを予測する処理について説明した。しかしながら、本発明が適用されるstentは、複数の金属ワイヤーを螺旋状に編み込んだstentであれば、N=48である場合やフローダイバータースtentである場合に限定されるものではない。

【0058】

(2) 上述した実施の形態では、stentの長さ予測装置100として図1に示した構成のパソコンを用いる例について説明した。しかしながら、stentの長さ予測装置100の構成は、図1に示した構成に限定されず、上述した実施の形態における処理を実行することができる装置であれば、他の構成であってもよい。例えば、stentの長さ予測装置100は、記録装置104を備えず、通信回線や有線ケーブルなどを介して接続される外部ストレージ機器に、種々のデータを記録するようにしてもよい。また、stentの長さ予測装置100は、表示装置105を備えず、接続インターフェース102を介して接続された外部モニタに情報を表示するようにしてもよい。

10

【0059】

なお、本発明の特徴的な機能を損なわない限り、本発明は、上述した実施の形態における構成に何ら限定されない。また、上述の実施の形態と複数の変形例を組み合わせた構成としてもよい。

【0060】

次の優先権基礎出願の開示内容は引用文としてここに組み込まれる。

20

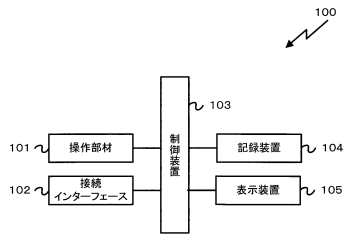
日本国特許出願2016年第26784号(2016年2月16日出願)

【符号の説明】

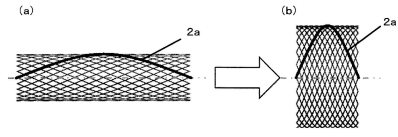
【0061】

- 100 stentの長さ予測装置
- 101 操作部材
- 102 接続インターフェース
- 103 制御装置
- 104 記録装置
- 105 表示装置

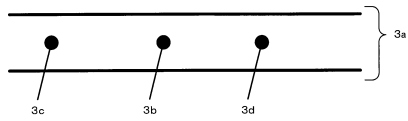
【図 1】



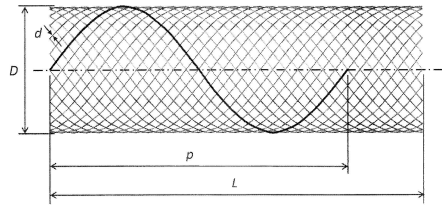
【図 2】



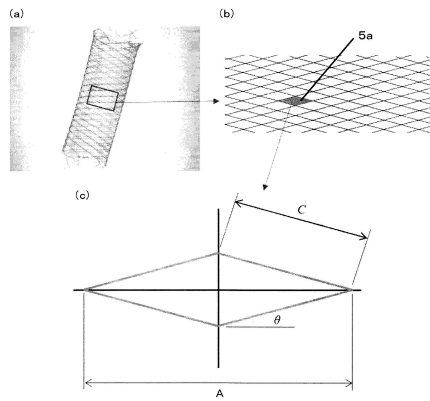
【図 3】



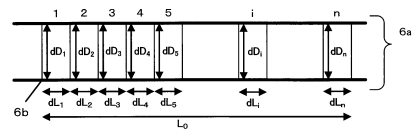
【図 4】



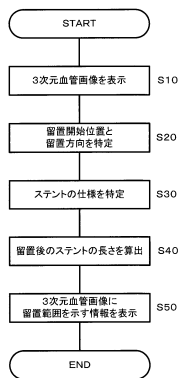
【図5】



【図6】



【図7】



## フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-79097(JP,A)  
特開2015-134196(JP,A)  
特表2005-510280(JP,A)  
特表2015-522376(JP,A)  
特表2008-531200(JP,A)  
特表2007-535364(JP,A)  
特表2006-508744(JP,A)  
特表2005-521514(JP,A)  
特開2010-110619(JP,A)  
特開2014-46211(JP,A)  
特開2014-188323(JP,A)  
米国特許出願公開第2014/0270436(US,A1)  
米国特許出願公開第2014/111927(US,A1)  
Fernandez Hector, Computation of the change in length of a braided device when deployed in realistic vessel models, International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, ドイツ, Springer Verlag, 2015年 6月, Vol.10, No.10, p.1659-1665

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 6/00 - 6/14  
A61F 2/82