(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2024-540751
(P2024-540751A)
(43)公表日　令和6年11月1日(2024.11.1)

(51)国際特許分類　ＦＩ
Ａ６１Ｂ　34/00　(2016.01)　Ａ６１Ｂ　34/00

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全42頁）

(21)出願番号　特願2024-529156(P2024-529156)
(86)(22)出願日　令和4年11月18日(2022.11.18)
(85)翻訳文提出日　令和6年6月17日(2024.6.17)
(86)国際出願番号　PCT/EP2022/082445
(87)国際公開番号　WO2023/089117
(87)国際公開日　令和5年5月25日(2023.5.25)
(31)優先権主張番号　63/281,207
(32)優先日　令和3年11月19日(2021.11.19)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　22154694.8
(32)優先日　令和4年2月2日(2022.2.2)
(33)優先権主張国・地域又は機関
欧州特許庁(EP)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA
最終頁に続く

(71)出願人　590000248
コーニンクレッカ フィリップス エヌヴェ
Ｋｏｎｉｎｋｌｉｊｋｅ Ｐｈｉｌｉｐｓ Ｎ．Ｖ．
オランダ国 ５６５６ アーヘー アインドーフェン ハイテック キャンパス ５２
Ｈｉｇｈ Ｔｅｃｈ Ｃａｍｐｕｓ ５２，５６５６ ＡＧ Ｅｉｎｄｈｏｖｅｎ，Ｎｅｔｈｅｒｌａｎｄｓ
(74)代理人　110001690
弁理士法人Ｍ＆Ｓパートナーズ
(72)発明者　バリキ マーチン エイ．
オランダ国 ５６５６ アーヘー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ５
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御

(57)【要約】
ロボット式デバイス１６０が、外側デバイスと、外側デバイスとともに移動可能に位置づけられる内側デバイスとを備える介入デバイス１０１を操作するように構成される。ロボット式デバイス１６０を制御するための方法は、介入デバイスの一部分と、解剖学的構造の複数の分枝の分岐交差との画像からの画像データを受信することを有する。方法はさらに、画像内の外側デバイスの遠位部分及び内側デバイスの遠位部分のロケーション又は配向のうちの少なくとも一方を測定するために画像データを分析することを有する。方法はさらに、メモリ１５１に記憶されたあらかじめ規定された動きの複数のモジュールに基づいて、介入デバイス１０１のための経路を決定することと、あらかじめ規定された動きのシーケンスによって経路を通じて介入デバイス１０１を操作するようにロボット式デバイス１６０を制御することとを有する。方法はさらに、ディスプレイ１８０上に経路を表示することを有する。

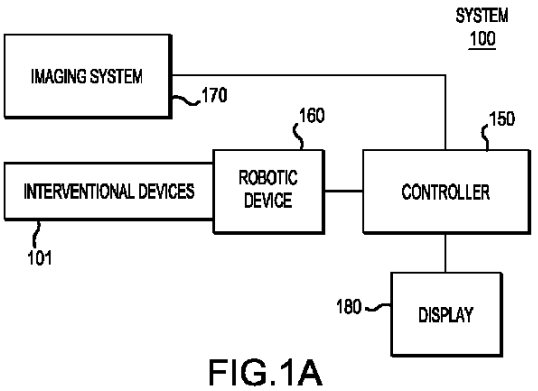

FIG.1A

【特許請求の範囲】
【請求項１】
介入デバイスを対象者の解剖学的構造内へ操作するためのロボット式デバイスを制御するためのコントローラであって、前記介入デバイスは、外側デバイスと、前記外側デバイス内で移動可能に位置づけられる内側デバイスとを備え、前記コントローラは、
解剖学的構造を通じてナビゲートするためのあらかじめ規定された動きの複数のモジュールのライブラリと命令とを記憶するメモリと、
前記命令を実行するプロセッサとを備え、前記プロセッサによって実行されると、前記命令は、前記コントローラに、
前記介入デバイスの一部分と、主分枝及び前記主分枝から分岐されている対象分枝を含む前記解剖学的構造の複数の分枝の分岐交差との画像からの画像データを撮像デバイスから受信することと、
前記画像内の前記主分枝、前記対象分枝、及び前記主分枝と前記対象分枝との交差を含む脈管構造に対して、前記画像内の前記外側デバイスの遠位部分及び前記内側デバイスの遠位部分のロケーション又は配向のうちの少なくとも一方を測定するために前記画像データを分析することと、
前記画像データの分析に基づいて、前記メモリに記憶された前記あらかじめ規定された動きの複数のモジュールを用いて、前記解剖学的構造を通る前記介入デバイスのための経路であって、あらかじめ規定された動きのシーケンスによって規定されている経路を決定することと、
前記経路の一部分の前記あらかじめ規定された動きが描写されるように、前記経路の少なくとも前記一部分をディスプレイ上に表示することとを行わせる、コントローラ。
【請求項２】
前記命令がさらに、前記コントローラに、
前記シーケンスの表示されたあらかじめ規定された動きのユーザによる選択に基づいて又は前記シーケンスに基づいて、前記選択又は前記シーケンスによって決定された前記経路の少なくとも一部分を通じて前記介入デバイスを操作するように前記ロボット式デバイスを制御させる、請求項１に記載のコントローラ。
【請求項３】
前記命令がさらに前記コントローラに、
前記経路の一部分の前記あらかじめ規定された動きが前記シーケンス内の順序に従って描写されるように、前記経路の少なくとも前記一部分をディスプレイ上に表示させる、請求項１又は２に記載のコントローラ。
【請求項４】
前記表示が、前記シーケンス内の将来の予想される又は推奨されるあらかじめ規定された動きを含む、請求項１から３のいずれか一項に記載のコントローラ。
【請求項５】
前記表示がさらに、前記シーケンス内の現在の及び過去のあらかじめ規定された動きを含む、請求項４に記載のコントローラ。
【請求項６】
前記命令がさらに前記コントローラに、現在アクティブである前記あらかじめ規定された動きを強調表示させる、請求項５に記載のコントローラ。
【請求項７】
前記命令がさらに前記コントローラに、
前記画像データの分析に基づいて、前記メモリに記憶された前記あらかじめ規定された動きのモジュールを用いて、前記解剖学的構造を通る前記介入デバイスのための複数の将来の推奨される経路を決定することであって、それぞれの将来の推奨される経路があらかじめ規定された動きのシーケンスによって規定されている、経路を決定することと、
前記複数の将来の推奨される経路の少なくとも一部分の描写を表示することであって、経路の各描写が、対応するシーケンスの少なくとも一部のあらかじめ規定された動きを含

む、描写を表示することとを行わせる、請求項１から６のいずれか一項に記載のコントローラ。
【請求項８】
前記命令がさらに前記コントローラに、推奨される経路又はあらかじめ規定された動きを変更する及び／又は受け入れるオプションを前記ユーザに提供させる、請求項７に記載のコントローラ。
【請求項９】
前記外側デバイスがカテーテルを備え、前記内側デバイスが、前記カテーテル内を摺動可能なガイドワイヤを備える、請求項１から８のいずれか一項に記載のコントローラ。
【請求項１０】
前記あらかじめ規定された動きが、
前記介入デバイスの一致した遠位部分を提供するために、前記外側デバイスの前記遠位部分と前記内側デバイスの前記遠位部分とを整合させることと、
前記対象分枝に向かう方向に向くように前記介入デバイスの整合され一致した遠位部分を回転させることと、
前記介入デバイスの前記整合され一致した遠位部分を前記画像の画像平面内の対象ポイントまで後退させることであって、前記対象ポイントが前記対象分枝に対して相対的な既知の関係を有する、遠位部分を後退させることとのうちの少なくとも１つを含む、請求項１から９のいずれか一項に記載のコントローラ。
【請求項１１】
前記外側デバイスの前記遠位部分と前記内側デバイスの前記遠位部分とを整合させることが、前記内側デバイスを前記外側デバイス内に後退させることを含む、請求項１０に記載のコントローラ。
【請求項１２】
前記命令がさらに前記コントローラに、対応するあらかじめ規定された動きの前記外側デバイス内へ前記内側デバイスの前記後退を実施させ、前記後退の実施が、
前記外側デバイスの前記遠位部分から延びる前記内側デバイスのピクセル単位の露出された長さを決定することと、
前記内側デバイスの前記露出された長さに基づいて誤差メトリックを決定することと、
比例積分微分（ＰＩＤ）制御ループにおいて前記誤差メトリックを用いて、前記外側デバイスに対して相対的に前記内側デバイスを後退させ、これにより、許容誤差が満足されるまで前記内側デバイスの前記露出された長さを低減することとを含む、請求項１１に記載のコントローラ。
【請求項１３】
前記命令がさらに前記コントローラに、対応するあらかじめ規定された動きの前記対象ポイントまで、前記介入デバイスの前記整合され一致した遠位部分の前記後退を実施させ、前記後退の実施が、
前記介入デバイスの前記一部分及び前記分岐交差の前記画像内の前記対象ポイントのロケーションの選択を受信することと、
前記対象ポイントの前記ロケーションを超えて延びる前記介入デバイスのピクセル単位の長さを測定することと、
最初に、前記ピクセル単位の長さがあらかじめ定められた距離を超えたとき、第１の速度で前記ピクセル単位の長さを短くすることによって、前記介入デバイスを後退させることと、
前記ピクセル単位の長さが前記あらかじめ定められた距離をもはや超えていないとき、前記第１の速度よりも遅い第２の速度で前記ピクセル単位の長さを短くすることによって、前記介入デバイスをさらに後退させることとを含む、請求項１０に記載のコントローラ。
【請求項１４】
前記あらかじめ規定された動きが、

前記内側デバイスの曲率と前記外側デバイスの曲率とを整合させるために前記外側デバイスに対して相対的に前記内側デバイスを別個に回転させることを含む、請求項１から１３のいずれか一項に記載のコントローラ。

【請求項１５】

前記あらかじめ規定された動きが、

前記解剖学的組織の対象分枝内の対象ポイントまで前記内側デバイスを前進させることを含む、請求項１から１４のいずれか一項に記載のコントローラ。

【請求項１６】

前記命令がさらに前記コントローラに、

前記内側デバイスの曲率と前記外側デバイスの曲率とを整合させるために前記内側デバイス及び前記外側デバイスを別個に回転させる、請求項１から１５のいずれか一項に記載のコントローラ。

【請求項１７】

前記命令がさらに前記コントローラに、

基準軸として前記外側デバイスの曲線の外側接線を特定することと、

前記内側デバイスの曲線の内側接線を特定することと、

前記内側デバイスの内側接線と前記基準軸との間の角度を決定することと、

前記内側デバイスの曲率と前記外側デバイスの曲率とを整合させるように前記内側デバイス及び前記外側デバイスを別個に回転させ、前記角度が１８０度を超えたとき、前記基準軸に向かって前記内側デバイスを、前記内側デバイスの前記内側接線と前記基準軸との間の前記角度が１８０度未満になるまで、回転させることとを行わせる、請求項１６に記載のコントローラ。

【請求項１８】

前記コントローラに、前記内側デバイスの曲率と前記外側デバイスの曲率とを整合させる前記内側デバイス及び前記外側デバイスの前記別個の回転を実施させる前記命令が、さらに前記コントローラに、

前記外側デバイスの前記曲線が前記画像内に最初は見ることができないとき、前記撮像デバイスの視点を変えさせる、又は前記曲線が前記画像内で露出されるまで、前記外側デバイスを回転させる、請求項１６又は１７に記載のコントローラ。

【請求項１９】

前記命令がさらに前記コントローラに、

前記介入デバイスの動きにより前記外側デバイスの後退が生じたとき、前記外側デバイスの前記後退を補償する量だけ、前記内側デバイスをさらに前進させることによって、前記解剖学的組織の対象分枝内の対象ポイントに前記内側デバイスを維持させる、請求項１から１８のいずれか一項に記載のコントローラ。

【請求項２０】

前記あらかじめ規定された動きが、

前記内側デバイスを対象ロケーションに維持するために、前記外側デバイスとは独立して前記内側デバイスを前進させる又は後退させるかの少なくとも一方を含む、請求項１から１９のいずれか一項に記載のコントローラ。

【請求項２１】

前記命令がさらに前記コントローラに、前記あらかじめ規定された動きのシーケンスに従って、前記ロボット式デバイスにサーボコマンドを提供させる、請求項１から２０のいずれか一項に記載のコントローラ。

【請求項２２】

介入デバイスを対象者の解剖学的構造内へ操作するためのロボット式デバイスを制御するためのシステムであって、前記介入デバイスは、外側デバイスと、前記外側デバイス内で移動可能に位置づけられる内側デバイスとを備え、前記システムは、

撮像デバイスから画像に対応する画像データを受信する撮像インターフェースであって、前記画像が、前記介入デバイスの一部分と、前記解剖学的構造の複数の分枝の分岐交差

とを含み、前記複数の分枝が、主分枝、及び前記主分枝から分岐されている対象分枝を含む、撮像インターフェースと、
ユーザからの入力を受信するユーザインターフェースと、
前記対象者の前記解剖学的構造内に前記介入デバイスを動かすための前記ロボット式デバイスに前記システムを接続するように構成されたインターフェースと、
請求項１から２１のいずれか一項に記載のロボット式デバイスコントローラであって、前記ロボット式デバイスコントローラがさらに、前記あらかじめ規定された動きのシーケンスに、又は表示されたあらかじめ規定された動きのユーザによる選択に基づいて、前記あらかじめ規定された動きのシーケンス又は選択によって決定された前記経路の少なくとも一部分を通じて前記介入デバイスを操作するように前記ロボット式デバイスを制御する、ロボット式デバイスコントローラと、
前記解剖学的構造の前記複数の分枝の前記分枝交差、前記介入デバイスの前記外側デバイスの前記遠位部分、及び前記内側デバイスの前記遠位部分を少なくとも表示するディスプレイとを備え、前記ロボット式デバイスコントローラは前記ロボット式デバイスを制御する、システム。
【請求項２３】
前記インターフェースに接続された前記ロボット式デバイスをさらに備え、前記ロボット式デバイスが、前記対象者の前記解剖学的構造内に動かすために前記介入デバイスに接続する、請求項２２に記載のシステム。
【請求項２４】
介入デバイスを対象者の解剖学的構造内へ操作するためのロボット式デバイスを制御するための方法であって、前記介入デバイスは、外側デバイスと、前記外側デバイス内で移動可能に位置づけられる内側デバイスとを備え、前記方法が、
前記介入デバイスの一部分と、主分枝及び前記主分枝から分岐されている対象分枝を含む前記解剖学的構造の複数の分枝の分岐交差との画像からの画像データを撮像デバイスから受信するステップと、
前記画像内の前記主分枝、前記対象分枝、及び前記主分枝と前記対象分枝との交差を含む脈管構造に対して、前記画像内の前記外側デバイスの遠位部分及び／又は前記内側デバイスの遠位部分のロケーション又は配向のうちの少なくとも一方を測定するために前記画像データを分析するステップと、
前記画像データの分析に基づいて、メモリに記憶されたあらかじめ規定された動きの複数のモジュールを用いて、前記解剖学的構造を通る前記介入デバイスのための経路であって、前記あらかじめ規定された動きのシーケンスによって規定されている経路を決定するステップと、
前記経路の一部分の前記あらかじめ規定された動きが描写されるように、前記経路の少なくとも前記一部分をディスプレイ上に表示するステップとを有する、方法。
【請求項２５】
前記シーケンスの表示されたあらかじめ規定された動きのユーザによる選択に基づいて又は前記シーケンスに基づいて、前記選択又は前記シーケンスによって決定された前記経路の少なくとも一部分を通じて前記介入デバイスを操作するように前記ロボット式デバイスを制御するステップをさらに有する、請求項２４に記載の方法。
【請求項２６】
前記経路の少なくとも一部分をディスプレイ上に表示させるステップが、前記一部分の前記あらかじめ規定された動きが前記シーケンス内の順序に従って描写されるように実施される、請求項２４又は２５に記載の方法。
【請求項２７】
前記表示が、前記シーケンス内の将来の予想される又は推奨されるあらかじめ規定された動きを含む、請求項２４から２６のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２８】
前記ディスプレイがさらに、前記シーケンス内の現在の及び過去のあらかじめ規定され

た動きを含む、請求項２６又は２７に記載の方法。
【請求項２９】
命令がさらに前記コントローラに、現在アクティブである前記あらかじめ規定された動きを強調表示させる、請求項２８に記載の方法。
【請求項３０】
前記画像データの分析に基づいて、前記メモリに記憶された前記あらかじめ規定された動きのモジュールを用いて、前記解剖学的構造を通る前記介入デバイスのための複数の将来の推奨される経路を決定するステップであって、それぞれの将来の推奨される経路があらかじめ規定された動きのシーケンスによって規定されている、経路を決定するステップと、
前記複数の将来の推奨される経路の少なくとも一部分の描写を表示するステップであって、経路の各描写が、対応するシーケンスの少なくとも一部のあらかじめ規定された動きを含む、描写を表示するステップとをさらに有する、請求項２４から２９のいずれか一項に記載の方法。
【請求項３１】
前記命令がさらに前記コントローラに、推奨される経路又はあらかじめ規定された動きを変更する及び／又は受け入れるオプションを前記ユーザに提供させる、請求項２７から３０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項３２】
前記あらかじめ規定された動きが、
前記介入デバイスの一致した遠位部分を提供するために、前記外側デバイスの前記遠位部分と前記内側デバイスの前記遠位部分とを整合させることと、
前記対象分枝に向かう方向に向くように前記介入デバイスの整合され一致した遠位部分を回転させることと、
前記介入デバイスの前記整合され一致した遠位部分を前記画像の画像平面内の対象ポイントまで後退させることであって、前記対象ポイントが前記対象分枝に対して相対的な既知の関係を有する、遠位部分を後退させることとのうちの少なくとも１つを有する、請求項２４又は３１に記載の方法。
【請求項３３】
前記あらかじめ規定された動きが、
前記内側デバイスの曲率と前記外側デバイスの曲率とを整合させるために前記外側デバイスに対して相対的に前記内側デバイスを別個に回転させることを有する、請求項２４又は３２に記載の方法。
【請求項３４】
前記あらかじめ規定された動きが、
前記対象分枝内の対象ポイントまで前記内側デバイスを前進させることを有する、請求項２４又は３３に記載の方法。
【請求項３５】
前記外側デバイスの前記遠位部分と前記内側デバイスの前記遠位部分とを前記整合させることが、前記内側デバイスを前記外側デバイス内に後退させることを有する、請求項３２に記載の方法。
【請求項３６】
前記内側デバイスを後退させることが、
前記外側デバイスの前記遠位部分から延びる前記内側デバイスのピクセル単位の露出された長さを決定することと、
前記内側デバイスの前記露出された長さに基づいて誤差メトリックを決定することと、
比例積分微分（ＰＩＤ）制御ループにおいて前記誤差メトリックを用いて、前記外側デバイスに対して相対的に前記内側デバイスを後退させ、これにより、許容誤差が満足されるまで前記内側デバイスの前記露出された長さを低減することとを有する、請求項３５に記載の方法。

【請求項３７】
前記介入デバイスの前記整合され一致した遠位部分を前記対象ポイントまで前記後退させることが、
前記介入デバイスの前記一部分及び前記分岐交差の前記画像内の前記対象ポイントのロケーションの選択を受信することと、
前記対象ポイントの前記ロケーションを超えて延びる前記介入デバイスのピクセル単位の長さを測定することと、
最初に、前記ピクセル単位の長さがあらかじめ規定された距離を超えたとき、第１の速度で前記ピクセル単位の長さを短くすることによって、前記介入デバイスを後退させることと、
前記ピクセル単位の長さが前記あらかじめ規定された距離をもはや超えていないとき、前記第１の速度よりも遅い第２の速度で前記ピクセル単位の長さを短くすることによって、前記介入デバイスをさらに後退させることとを有する、請求項３２に記載の方法。
【請求項３８】
前記あらかじめ規定された動きが、
前記内側デバイスの曲率と前記外側デバイスの曲率とをより十分に整合させるために前記内側デバイス及び前記外側デバイスを別個に回転させることを有する、請求項２４から３７のいずれか一項に記載の方法。
【請求項３９】
基準軸として前記外側デバイスの曲線の外側接線を特定するステップと、
前記内側デバイスの曲線の内側接線を特定するステップと、
前記内側接線と前記基準軸との間の角度を決定するステップと、
前記角度が１８０度を超えたとき、前記内側デバイスの前記内側接線と前記基準軸との間の前記角度が１８０度未満になるまで前記基準軸に向けた前記内側デバイスの回転を行わせるステップと、又は、前記基準軸に向けた前記内側デバイスの、前記ユーザによってトリガされる、若しくは、前記シーケンスにおいて回転を含む、提案された回転を前記ディスプレイ上に表示するステップとをさらに有する、請求項３８に記載の方法。
【請求項４０】
前記内側デバイスの前記曲率と前記外側デバイスの前記曲率とをより十分に整合させるために前記内側デバイス及び前記外側デバイスを別個に前記回転させることがさらに、
前記外側デバイスの曲率が前記画像内に最初は見ることができないとき、前記撮像デバイスの視点を変えること、又は、前記外側デバイスを、前記曲率が前記画像内に露出されるまで、回転させることを有する、請求項３８又は３９に記載の方法。
【請求項４１】
前記あらかじめ規定された動きが、
前記内側デバイスを、対象ロケーションに維持するために、前記外側デバイスとは独立して、前進させること又は後退させるかの少なくとも一方を行わせることを有する、請求項２４から４０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項４２】
前記あらかじめ規定された動きのシーケンスに従って、前記ロボット式デバイスにサーボコマンドを提供するステップをさらに有する、請求項２４から４１のいずれか一項に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【背景技術】
【０００１】
脈管通路は、精巧な脈管壁によって画定されている。脈管内デバイスは、脈管内介入医療処置において脈管通路を通り抜け、精巧な脈管壁を突き通すリスクを絶えず生じさせる。脈管内デバイスの例には、ガイドワイヤ及びカテーテルがある。脈管内介入医療処置によっては、脈管内デバイスは治療部位までナビゲートされる。ガイドワイヤが脈管内に挿入され、その後、同軸カテーテルが脈管内をガイドワイヤに沿って治療部位まで案内され

る。脈管内デバイスを案内するのを助けるために、２Ｄ透視のＸ線透視法などの医療撮像が使用されて、熟練した従事者に画像フィードバックを提供する。

【０００２】

脈管内デバイスを使用する典型的な脈管内介入医療処置は、別個の手技セットを必要とする。各別個手技は、２つの脈管内デバイスの動きを、最初にガイドワイヤを対象脈管分枝内に置き、次いで、ガイドワイヤにわたってカテーテルを前進させるように、調整することを含む。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００３】

ガイドワイヤ／カテーテルなどの複数の同軸脈管内デバイスの組合せの精密な操縦は、最上の画像解釈能力及びハンドアイ連携を必要とし、それらはともに、典型的には、数年の経験の産物である。経験を積んだ従事者は、多年にわたる観察及び試行錯誤を通じてスキルを獲得する。しかしながら、脈管内ナビゲーションは、新参者にとって決まりきった作業ではなく、例えば、曲がりくねった解剖学的組織のために困難であると考えられる場合には、経験を積んだ従事者にとっても困難が生じる。熟練した従事者が時には脳卒中治療などの緊急のために手がふさがっている場合があり、そのため、要求されるスキルがないことにより、精巧な脈管壁を突き通すリスクを高めることになり、それにより、時には命にかかわることになる。

【課題を解決するための手段】

【０００４】

本発明の第１の態様は、単独又は組合せとそれぞれ見なされる請求項２から請求項２１の任意選択の技術的特徴を含む、請求項１によるロボット式デバイスを制御するためのコントローラである。

【０００５】

本発明の第２の態様は、任意選択で請求項２３の主題を含む、請求項２２によるロボット式デバイスを制御するためのシステムである。

【０００６】

本発明の第３の態様は、単独又は組合せとそれぞれ見なされる請求項２５から請求項４２の任意選択の技術的特徴を含む、請求項２４によるロボット式デバイスを制御するための方法である。

【０００７】

本開示のさらに詳細な態様によると、ロボット式デバイスは、対象者の解剖学的構造内に挿入するための介入デバイスを操作するように構成される。介入デバイスは、外側デバイスと、外側デバイスとともに移動可能に位置づけられる内側デバイスとを備える。ロボット式デバイスを制御するための方法は、介入デバイスの一部分と、解剖学的構造の複数の分枝の分岐交差との画像からの画像データを撮像デバイスから受信するステップを有する。複数の分枝は、主分枝と、主分枝から分岐されている対象分枝とを含む。方法はさらに、画像内の主分枝、対象分枝、及び主分枝と対象分枝の交差を含む脈管構造に対して、画像内の外側デバイスの遠位部分及び内側デバイスの遠位部分のロケーション又は配向のうちの少なくとも一方を測定するために画像データを分析することを有する。方法はさらに、画像データの分析に基づいて、メモリに記憶されたあらかじめ規定された動きの複数のモジュールを用いて、解剖学的構造を通る介入デバイスのための経路を決定することと、介入デバイスのための経路の決定に基づいて、あらかじめ規定された動きのシーケンスによって経路を通じて介入デバイスを操作するようにロボット式デバイスを制御することとを有する。方法はさらに、ディスプレイ上に経路を表示することを有する。

【０００８】

本開示の別の態様によると、ロボット式デバイスは、対象者の解剖学的構造内に挿入するための介入デバイスを操作するように構成される。介入デバイスは、外側デバイスと、外側デバイス内に移動可能に位置づけられる内側デバイスとを備える。ロボット式デバイ

スを制御するためのシステムは、撮像インターフェース、ユーザインターフェース、ロボット式デバイス、ロボット式デバイスコントローラ、及びディスプレイを備える。撮像インターフェースは、撮像デバイスからの画像に対応する画像データを受信するように構成される。画像は、介入デバイスの一部分と、解剖学的構造の複数の分枝の分岐交差とを含む。複数の分枝は、主分枝と、主分枝から分岐されている対象分枝とを含む。ユーザインターフェースは、ユーザからの入力を受信するように構成される。ロボット式デバイスは、対象者の解剖学的構造内に挿入するための介入デバイスを操作するために、介入デバイスに接続される。ロボット式デバイスコントローラは、命令、及びあらかじめ規定された動きの複数のモジュールを記憶するメモリと、命令を実行するプロセッサとを備える。命令がプロセッサによって実行されると、ロボット式デバイスコントローラは、画像内の主分枝、対象分枝、及び主分枝と対象分枝との交差を含む脈管構造に対して、画像内の外側デバイスの遠位部分及び内側デバイスの遠位部分のロケーション又は配向のうちの少なくとも一方を測定するために画像データを分析するように構成される。ロボット式デバイスコントローラはさらに、画像データの分析に基づいて、メモリに記憶されたあらかじめ規定された動きのモジュールを用いて、解剖学的構造を通る介入デバイスのための経路を決定するように構成される。ロボット式デバイスコントローラはさらに、ユーザインターフェースからの入力に応答して、且つ介入デバイスのための経路の決定に基づいて、あらかじめ規定された動きのシーケンスによって経路を通じて介入デバイスを操作するようにロボット式デバイスを制御するように構成される。ディスプレイは、ロボット式デバイスコントローラがロボット式デバイスを制御する間に、少なくとも、解剖学的構造の複数の分枝の分枝交差、経路、外側デバイスの遠位部分、及び内側デバイスの遠位部分を表示するように構成される。

【０００９】

本開示の別の態様によると、ロボット式デバイスは、対象者の解剖学的構造内に挿入するための介入デバイスを操作するように構成される。介入デバイスは、外側デバイスと、外側デバイス内に移動可能に位置づけられる内側デバイスとを備える。ロボット式デバイスを制御するためのコントローラは、解剖学的構造を通してナビゲートするためのあらかじめ規定された動きの複数のモジュールのライブラリと命令とを記憶するメモリと、命令を実行するプロセッサとを備える。プロセッサによって実行されると、命令は、コントローラに、介入デバイスの一部分と、解剖学的構造の複数の分枝の分岐交差との画像からの画像データを撮像デバイスから受信させる。複数の分枝は、主分枝と、主分枝から分岐されている対象分枝とを含む。命令はさらに、コントローラに、画像内の主分枝、対象分枝、及び主分枝と対象分枝との交差を含む脈管構造に対して、画像内の外側デバイスの遠位部分及び内側デバイスの遠位部分のロケーション又は配向のうちの少なくとも一方を測定するために画像データを分析させる。命令はさらに、コントローラに、画像データの分析に基づいて、メモリに記憶されたあらかじめ規定された動きの複数のモジュールを用いて、解剖学的構造を通る介入デバイスのための経路を決定させる。命令はさらに、コントローラに、あらかじめ規定された複数の動きに基づいて、あらかじめ規定された動きのシーケンスによって経路を通じて介入デバイスを操作するようにロボット式デバイスを制御させる。命令はさらに、コントローラに、ディスプレイ上に経路を表示させる。

【００１０】

特に、任意選択の実施形態は、命令がさらに、コントローラに、異なるあらかじめ規定された動きの描写を前記シーケンスの一部若しくは全部として表示させることを提供する、又は任意選択の実施形態は、ディスプレイ（１８０）上の経路のうちの、あらかじめ規定された動きが前記シーケンスの一部若しくは全部として描写されるような、少なくとも一部分を表示することをさらに有する方法を提供する。

【００１１】

例示の実施形態は、添付の図面とともに読まれたとき、以下の詳細な説明から最良に理解される。様々な特徴が必ずしも縮尺通りに描かれていないことを強調する。実際、考察を明瞭にするため、寸法は任意に増大され、又は減少される。適用可能及び実践可能であ

ればいつでも、同様の参照符号は同様の要素を指す。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１Ａ】代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のためのシステムを示す図である。

【図１Ｂ】代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のためのコントローラを示す図である。

【図１Ｃ】代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための別のシステムを示す図である。

【図２Ａ】代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための方法を示す図である。

【図２Ｂ】代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための別の方法を示す図である。

【図２Ｃ】代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための別の方法を示す図である。

【図２Ｄ】代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための別の方法を示す図である。

【図３】代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための脈管内ガイドワイヤ及びカテーテルの動きを示す図である。

【図４】代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための脈管内ガイドワイヤ及びカテーテルの整合を示す図である。

【図５】代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための方法を示す図である。

【図６Ａ】代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のためのグラフィカルユーザインターフェースを示す図である。

【図６Ｂ】図６Ａにおけるグラフィカルユーザインターフェースによる、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための方法を示す図である。

【図７Ａ】代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための方法を示す図である。

【図７Ｂ】図７Ａの方法による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のためのグラフィカルユーザインターフェースを示す図である。

【図８】代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のためのユーザインターフェースを示す図である。

【図９Ａ】代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のためのユーザインターフェースを示す図である。

【図９Ｂ】図９Ａのユーザインターフェースによる、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための、変更又は受容のオプションを有する動きのシーケンスを示す図である。

【図９Ｃ】代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための別のユーザインターフェースを示す図である。

【図９Ｄ】図９Ｃのユーザインターフェースによる、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための、変更又は受容のオプションを有する動きのシーケンスを示す図である。

【図１０】別の代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための方法がその上で実施されるコンピュータシステムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１３】

以下の詳細説明では、限定のためではなく説明のために、本教示による実施形態の完全な理解を提供するために、特定の詳細を開示する代表的な実施形態が明記される。知られ

ているシステム、デバイス、材料、操作方法、及び製造方法の記述は、代表的な実施形態の記述を不明瞭にすることを回避するために省略されることがある。それにもかかわらず、当業者の範囲内にあるシステム、デバイス、材料、及び方法は、本教示の範囲内にあり、代表的な実施形態に従って使用される。本明細書で用いられる術語が、特定の実施形態を説明するためだけに使用されており、限定することを意図するものではないことを理解すべきである。規定された用語は、本教示の技術分野で通常理解され受容されるような規定された用語の技術的且つ科学的意味に加えられる。

【００１４】

第１、第２、第３などの用語が、様々な要素又は構成要素を記述するために本明細書において使用されており、これらの要素又は構成要素が、これらの用語によって限定されるべきではないことが理解されるであろう。これらの用語は、１つの要素又は構成要素を別の要素又は構成要素と区別するためだけに使用される。したがって、下記で論じられる第１の要素又は構成要素は、発明の概念の教示から逸脱せずに第２の要素又は構成要素と名付けてもよい。

【００１５】

本明細書で用いられる術語は、特定の実施形態を説明するためだけに使用されており、限定することを意図するものではない。本明細書及び添付の特許請求の範囲で使用されるとき、用語の単数形は、コンテキストが明らかに別様に規定していない限り、単数形及び複数形の両方を含むことを意図するものである。さらに、本明細書で使用されるとき、用語「備える」、「備えること」、及び／又は類似の用語は、言及された特徴、要素、及び／又は構成要素の存在を明記するが、１つ又は複数の他の特徴、要素、構成要素、及び／又はそのグループの存在又は追加を排除するものではない。本明細書で使用されるとき、用語「及び／又は」は、関連する列挙された項目のうちの１つ又は複数のいずれか及び全ての組合せを含む。

【００１６】

別様に言及されていない限り、要素又は構成要素が、別の要素又は構成要素「に接続されて」、「に結合されて」、又は「に隣接して」いると言われるとき、要素若しくは構成要素が、別の要素若しくは構成要素に直接接続されて、若しくは結合されている可能性がある、又は介在する要素若しくは構成要素が存在している可能性がある。すなわち、これら及び類似の用語は、１つ又は複数の中間要素又は構成要素が２つの要素又は構成要素を接続するために利用される場合を包含する。しかしながら、要素又は構成要素が、別の要素又は構成要素に「直接接続されて」いると言われるとき、これは、２つの要素又は構成要素が、いかなる中間若しくは介在する要素又は構成要素もなく、互いに接続されている場合のみを包含する。

【００１７】

したがって、本開示は、その様々な態様、実施形態、及び／又は特定の特徴若しくはサブコンポーネントのうちの１つ又は複数を通じて、特に下記に言及されるように、利点のうちの１つ又は複数を引き出すことを意図するものである。限定のためではなく説明のため、本教示による実施形態の完全な理解を提供するために、特定の詳細を開示する例示の実施形態が明記される。しかしながら、本明細書で開示された特定の詳細から逸脱する本開示と首尾一貫した他の実施形態は、添付の請求項の範囲内にとどまる。さらに、よく知られた装置及び方法の記述は、例示の実施形態の説明を不明瞭にしないように省略されることがある。そのような方法及び装置は、本開示の範囲内にある。

【００１８】

本明細書に記述されるとき、Ｘ線透視撮像は、脈管内デバイスを解剖学的対象物に案内するために、脈管内ナビゲーションデバイスのサーボ制御と同期される。

【００１９】

図１Ａは、代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のためのシステム１００を示している。

【００２０】

図１Ａにおけるシステム１００は、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のためのシステムであり、一緒に提供される又は分配される構成要素を含む。システム１００は、コントローラ１５０、ロボット式デバイス１６０、撮像システム１７０、及びディスプレイ１８０を備える。ロボット式デバイス１６０は、コントローラ１５０の制御下で介入デバイス１０１を駆動するように構成されている。介入デバイス１０１は、第１の介入デバイス、及び第１の介入デバイスと同軸である第２の介入デバイスを代表している。介入デバイス１０１の例は、カテーテルの内側を摺動するガイドワイヤなどの、内側デバイス及び外側デバイスである。介入デバイス１０１は、コントローラ１５０の制御下で、介入デバイス１０１が特定されている分岐された解剖学的画像に基づいて、ロボット式デバイス１６０によって駆動される。

【００２１】

コントローラ１５０はさらに図１Ｂに描かれており、命令を記憶するメモリ１５１と、命令を実行するプロセッサ１５２とを備える。コントローラ１５０を実装するために使用され得るコンピュータが、図１０に描かれており、コントローラ１５０を通じて、図１Ｂ又は図１０に描かれているよりも多い又は少ない要素を備える。

【００２２】

コントローラ１５０は、撮像システム１７０からの画像を分析し、撮像システム１７０からの画像内の介入デバイス１０１の特徴をパラメータ化するように構成されている。例えば、コントローラ１５０は、人工知能（ＡＩ）を使用して、画像内の介入デバイス１０１をセグメント化する。コントローラ１５０はさらに、制御モードのためのオペレータ入力を検出するように構成されている。コントローラ１５０は、介入デバイス１０１のパラメータ化された特徴のうちの１つに対する相対的な１つ若しくは複数の目標基準メトリック（複数可）、又は、介入デバイス１０１のパラメータ化された特徴のうちの複数に対する異なる目標基準メトリック（複数可）を作成する。コントローラ１５０は、次の画像において、パラメータ化された特徴のメトリックが最小化（若しくは最大化）されるように、又は、次の画像において、少なくとも低減（若しくは増大）されるように、ロボット式デバイス１６０をサーボ駆動する。コントローラ１５０は、メトリックが許容値内にあるとき、又はオペレータが制御を停止させたとき、ロボット式デバイス１６０を駆動するのを停止する。メトリックの例は、Ｘ線透視画像が、外側デバイス（カテーテル）の先端を越えて突出する露出された内側デバイス（ガイドワイヤ）の５個以上のピクセルを示しているときなど、５個のピクセルである。

【００２３】

ロボット式デバイス１６０は、介入デバイス１０１を駆動するようにコントローラ１５０によって制御される。ロボット式デバイス１６０は、３次元において、及び１本又は複数の軸の周りになど、１つ又は複数の自由度で介入デバイスを駆動するように構成されている。ロボット式デバイス１６０は、コントローラ１５０の制御下で、撮像システム１７０からのＸ線透視フィードバックに基づいて、介入デバイス１０１を駆動するために使用されるサーボモータを備える。ロボット式デバイス１６０は、介入デバイス１０１の一方又は両方に対する制御の１つ又は複数の自由度を制御する。ロボット式デバイスは、介入デバイス１０１の一方又は両方の動きを駆動するようにコントローラ１５０によって制御される。

【００２４】

撮像システム１７０は、介入デバイス１０１が対象者の解剖学的組織内に挿入されたときに、対象者の解剖学的組織及び介入デバイス１０１のＸ線透視画像をキャプチャするＸ線透視撮像システムである。撮像システム１７０は、患者及び介入デバイス１０１を撮像し、ユーザによって直接又はユーザの制御下で移動可能である。撮像システム１７０は、介入型Ｘ線撮像システムである。介入型Ｘ線撮像システムは、Ｘ線を生成するように適合されたＸ線管と、Ｘ線透視画像などの時系列Ｘ線画像を捕捉するように構成されたＸ線検出器とを備える。そのようなＸ線撮像システムの例には、ＰｈｉｌｉｐｓからのＰｒｏｘｉＤｉａｇｎｏｓｔなどのデジタルＸ線撮影－Ｘ線透視システム、Ｐｈｉｌｉｐｓからの

Ａｚｕｒｉｏｎなどの固定ＣアームＸ線システム、及びＰｈｉｌｉｐｓからのＶｅｒａｄｉｕｓなどのモバイルＣアームＸ線システムがある。

【００２５】

ディスプレイ１８０は、コントローラ１５０に対してローカルであるか、又は標準ｗｅｂインターフェースを介してコントローラ１５０にリモート接続される。ディスプレイ１８０は、イーサネットケーブルなどのローカルワイヤードインターフェースを介して、又はＷｉＦｉ接続などのローカルワイヤレスインターフェースを介してコントローラ１５０に接続される。ディスプレイ１８０は、Ｘ線透視画像内の介入デバイス１０１と、対象者の解剖学的組織内の分枝を通る経路を生成するために使用される１つ又は複数のあらかじめ規定された動きとの補足描写と一緒に、撮像システム１７０からのＸ線透視画像からの撮像コンテンツを表示するように構成されている。いくつかの実施形態では、対象者の解剖学的組織内の分枝を通る経路を生成するために使用されるあらかじめ規定された動きは必ずしも表示されず、ロボット式デバイス１６０は、常備の命令に基づいて介入デバイス１０１を制御する。ディスプレイ１８０はさらに、対象の解剖学的構造のデータ及び視覚表現と、対象の解剖学的構造に対する相対的な介入デバイス１０１のデータ及び視覚表現とを表示するように構成されている。ディスプレイ１８０は、マウス、キーボード、サムホイールなどを含む、ユーザがそれにより命令を入力することができる他のユーザ入力デバイスとインターフェースされる。

【００２６】

いくつかの実施形態では、ディスプレイ１８０は、介入デバイス１０１が提案された経路に沿って対象血管まで移動する動きを表示する。ディスプレイ１８０に表示されている動きのシーケンスを用いた解剖学的構造を通る経路は、ユーザによる確認のために強調表示され、その結果、ユーザは提案された経路を確認することができ、ロボット式デバイス１６０は、介入デバイス１０１を制御することができる。

【００２７】

ディスプレイ１８０は、コンピュータモニタ、モバイルデバイス上のディスプレイ、拡張現実ディスプレイ、テレビ、電子ホワイトボード、又は電子画像を表示するように構成された別のスクリーンなどのモニタである。ディスプレイ１８０はさらに、他の要素又は構成要素をコントローラ１５０に接続する上述のものなどの１つ又は複数の入力インターフェース（複数可）、並びに、ユーザに対してプロンプトを表示し、ユーザからのタッチ入力を収集するように構成されたインタラクティブ型タッチスクリーンを備える。

【００２８】

図１Ｂは、代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のためのコントローラ１５０を示している。

【００２９】

コントローラ１５０は、メモリ１５１、プロセッサ１５２、第１のインターフェース１５６、第２のインターフェース１５７、第３のインターフェース１５８、及び第４のインターフェース１５９を備える。メモリ１５１は、プロセッサ１５２によって実行される命令を記憶する。メモリ１５１はさらに、介入デバイス１０１の特定の動きに関係する制御ツールのライブラリを記憶する。メモリ１５１に記憶されたライブラリ内の制御ツールは、予想される動き／手技に基づく整合、後退、回転、前進、又は突出のための命令を含む。プロセッサ１５２は命令を実行する。プロセッサ１５２は、画像内の介入デバイス１０１の距離及び／又は配向を測定することと、画像内の介入デバイス１０１の特徴をパラメータ化することとを行うための命令を実行する。プロセッサによる分析及びパラメータ化は、画像内の対象分枝又は分枝の交差などの画像内の解剖学的組織内のあらかじめ規定された対象物と一緒に、画像内の介入デバイス１０１を取り巻く分岐した解剖学的組織に基づいて実行される。プロセッサ１５２はさらに、介入デバイス１０１の形状を感知する形状センシングセンサ／デバイスからなどの、ロボット式デバイス１６０から又は介入デバイス１０１からの直接的なエンコーダ情報を含む命令を実行する。

【００３０】

コントローラのインターフェースは、ロボット式デバイス１６０に対する第１のインターフェース１５６と、撮像システム１７０に対する第２のインターフェース１５７と、ディスプレイ１８０に対する第３のインターフェース１５８と、ユーザに対する第４のインターフェース１５９とを備える。第１のインターフェース１５６、第２のインターフェース１５７、及び第３のインターフェース１５８は、ポート、ディスクドライブ、ワイヤレスアンテナ、又は他のタイプの受信器回路を備える。第１のインターフェース１５６は、ロボット式デバイス１６０からデータを受信した、且つ命令をロボット式デバイス１６０に提供するデータインターフェースである。第２のインターフェース１５７は、画像のデータ及び撮像システム１７０からの画像内の特定された介入デバイス１０１のデータを受信する画像インターフェースである。第３のインターフェース１５８は、データ及び画像をディスプレイ１８０に提供するデータインターフェース及び画像インターフェースである。第４のインターフェース１５９は、マウス、キーボード、マイクロフォン、ビデオカメラ、ジェスチャ追跡システム、タッチスクリーンディスプレイ、又は他の形態のインタラクティブ型ユーザインターフェースなどの、１つ又は複数のユーザインターフェースを備える。したがって、第４のインターフェース１５９は、ロボット式デバイス１６０に対して操作モードを設定するための入力と、ディスプレイ１８０上に設けられた複数の選択可能なオプションの中で、あらかじめ規定された動きの選択などの選択を行うための入力とを含むユーザ入力を受け取るユーザインターフェースである。

【００３１】

コントローラ１５０は、撮像システム１７０からの画像からのＸ線透視フィードバックを用いて介入デバイス１０１を制御するように構成されている。コントローラ１５０は、図１Ｂに示されるようにスタンドアローンの構成要素として、又は、図１Ａにおけるディスプレイ１８０をさらに含むワークステーションなどのデバイスの構成要素として設けられる。コントローラ１５０は、本明細書に記述された操作のうちのいくつかを直接実行し、本明細書に記述された他の操作を間接的に実施する。例えば、コントローラ１５０は、撮像システム１７０からのＸ線透視画像を直接分析し、介入デバイス１０１を駆動するようにロボット式デバイス１６０を直接制御する。コントローラ１５０は、ディスプレイ１８０上に表示されるコンテンツ、又はロボット式デバイス１６０へのコマンドを生成及び送信することによってなど、他の操作を間接的に制御する。したがって、プロセッサ１５２がメモリ１５１からの命令を実行したとき、コントローラ１５０によって実施されるプロセスは、コントローラ１５０によって直接実行されないステップを含む。

【００３２】

プロセッサ１５２がメモリ１５１内の命令を実行すると、コントローラ１５０は、メモリ１５１に記憶されたあらかじめ定められた動きのライブラリからの特定のあらかじめ定められた動きに対応する様々なプロセスを実行するように構成されている。

【００３３】

最初の例として、コントローラ１５０は、介入デバイス１０１のどちらか一方又は両方をあるロケーションまで前進させるようにロボット式デバイス１６０を制御する。前進は、脈管壁などの組織との潜在的な相互作用に起因して、後退よりも技術的に困難である。ロボット式デバイス１６０の制御下での前進は、分枝の入口に限定される、いや、主分枝から分岐されているより小さい直径の対象分枝でなく、主分枝の内部を前進するときなどは、さらに許容される。対象物を超えた前進がさらに、図２ＢのＳ２５２に関して、及び図３のＡに関して説明される。いくつかの実施形態では、介入デバイス１０１のどちらか一方又は両方は、介入デバイス１０１が、本明細書に記述されたほとんどの実施形態におけるように交差に対して下向きの代わりに交差に対して上向きに向くように成形されたときなど、分岐交差の直前まで前進させることができる。

【００３４】

別の例として、コントローラ１５０は、整合のあらかじめ定められた距離範囲（例えば、５個のピクセル）内の介入デバイス１０１の先端を整合させるようにロボット式デバイス１６０を制御する。整合は、内側デバイス及び外側デバイスのそれぞれの先端間の距離

が、５個よりも多いピクセルだけ、など、あらかじめ定められた距離範囲の外側のとき、実行される。

【００３５】

いくつかの実施形態では、物理的距離の推定値がメトリックとして使用される。例えば、検出器ピクセルは、標準的な投影幾何学形状の原理及び情報又はＣアームの幾何学形状の定義を用いて、ミリメートルに変換される。推定値は、介入デバイス１０１が、投影空間（例えば、アイソセンタ）において（Ｘ線検出器とＸ線源との間の）特定の高度にあるとの仮定に基づいて生成される。整合されることは、図２ＢのＳ２５４に関して、及び図３のＢに関して説明される。

【００３６】

別の例として、コントローラ１５０は、介入デバイス１０１の両方が、少なくとも２つの分枝間の交差内に置かれているが、間違った分枝に向いているときなどに、先端同士が一旦整合された時点で、介入デバイス１０１を回転させるようにロボット式デバイス１６０を制御する。回転させることは、図２ＢのＳ２５６に関して、及び図３のＣに関してさらに説明される。

【００３７】

さらに別の例として、コントローラ１５０はさらに、先端同士が一旦整合された時点で、２つの介入デバイス１０１を後退させるようにロボット式デバイス１６０を制御する。介入デバイス１０１は、３つの分枝間の交差までなど、対象ポイントまで後退させられる。第４のインターフェース１５９は、ユーザが、対象ポイントをマーキングで示し、ロボット式デバイス１６０に指図するのを可能にするために使用されるサムホイールユーザインターフェースである。後退させることはさらに、図２ＢのＳ２５８に関して、及び図３のＤに関して説明される。いくつかの実施形態では、システム１００は、脈管構造における遠位の対象ロケーションからの脈管構造ツリートラバーサルに基づいて、複数の分岐ロケーションを対象物として提案する。介入デバイス１０１の前方の最も近い分岐ロケーションは、デフォルトとして選択される。

【００３８】

さらなる例として、介入デバイス１０１の中の内側デバイス又は外側デバイスを、外側デバイス又は内側デバイスのもう一方から別個に且つ独立して単独で回転させるように、ロボット式デバイス１６０によって制御させる。内側デバイス又は外側デバイスを、先端の接線に基づいて、介入デバイス１０１の端部同士の曲率を整合させるように回転させる。別個に回転させることは、さらに、図２ＢのＳ２６０に関して、及び図３のＥに関して説明され、湾曲したカテーテルが、曲線部がＸ線平面に対して直角である（すなわち、Ｘ線平面がＸ線検出器に平行であるため）が故に、Ｘ線画像内で真っ直ぐに見える場合には、有用である。

【００３９】

いくつかの実施形態では、ユーザ警報が、視覚案内システムを介してユーザに発出され、ユーザは、内側デバイス又は外側デバイスのうちの一方を回転させるように促される。代替的に、コントローラ１５０が自動的に画像及びロボット式デバイス１６０の状態を解釈することに基づいて、ユーザには、ロボット式デバイス１６０が介入デバイス１０１を移動させている方向と、介入デバイス１０１がロボット式デバイス１６０によってどこで停止されることになるかとに関する案内が提供される。

【００４０】

別の例として、介入デバイス１０１の内側デバイス（ガイドワイヤ）は、ロボット式デバイス１６０によって対象ポイントまで前進させられる。内側デバイス（ガイドワイヤ）を対象ポイントまで前進させることは、図２ＢのＳ２６２に関して、及び図３のＦに関して説明される。

【００４１】

コントローラ１５０はさらに、外側デバイスを静止させたままに維持しながら、内側デバイスを、外側デバイスを超えた距離だけ前進させる。コントローラ１５０は、内側デバ

イスを静止させたままに維持しながら、外側デバイスを内側デバイスに対して相対的にある距離だけ後退させるようにロボット式デバイス１６０をサーボ制御する。コントローラはさらに、外側デバイスに対して相対的に内側デバイスを後退させることができる。コントローラ１５０は、画像に対して相対的な内側デバイスの先端の初期位置に対して相対的に、内側デバイスをアクティブに前進及び後退させる。このようにして、コントローラ１５０は、内側デバイスを血管／分枝に留置する。外側デバイスを超えて内側デバイスを前進させることは、コントローラ１５０が外側デバイスを後退させて又は回転させているときに実行される。

【００４２】

コントローラ１５０はさらに、グラフィカルシーケンスにおいて予想される動きをユーザに示すために、ディスプレイ１８０上に提案を提供する。動きは、１つ又は複数の通常の動き／手技のリストが、例えば、特定の血管の幾何学形状、対象物の定義、特定のタイプ（複数可）の介入デバイス１０１などに基づいて医師に提示されるときに提案される。動きは、過去の動きのシーケンス及び今の対象者の解剖学的組織の形状、並びに、今の対象者の解剖学的組織内の対象ポイントのロケーションを用いて訓練された予測モデルを用いて提案される。

【００４３】

プロセッサ１５２はさらに、１つ又は複数のツールの選択に基づいて、コントローラ１５０によって自動的に、又は第４のインターフェース１５９を介したユーザからの入力に基づいて、サーボコマンドをロボット式デバイス１６０に提供する。サーボコマンドは、第１のインターフェース１５６を介してロボット式デバイス１６０に伝達される。

【００４４】

図１Ｃは、代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための別のシステムを示している。

【００４５】

図１Ｃでは、システムは、ロボット式デバイス１６０、撮像システム１７０、及びディスプレイ１８０を備えるシステムを備える。しかしながら、コントローラ１５０の代わりに、別個の制御システムが、ユーザインターフェース／制御室１５０２、ロボットサーボコントローラ１５０４、システムコントローラ１５０６、及び画像システムコントローラ１５０８によって提供される。ユーザインターフェース／制御室１５０２、ロボットサーボコントローラ１５０４、システムコントローラ１５０６、及び画像システムコントローラ１５０８のいずれも、命令を記憶するメモリと、本明細書においてこれらの要素に帰する機能を実施するように命令を実行するプロセッサとを備える。

【００４６】

ユーザインターフェース／制御室１５０２は、システム全体への命令を入力するためにユーザによって使用される。命令は、ディスプレイ１８０などのグラフィカルユーザインターフェースを介して入力される、又は、ユーザがマウス及び／若しくはキーボードなどの別のユーザ入力を介して命令を入力するときに、ディスプレイ１８０を介して確認される。

【００４７】

ロボットサーボコントローラ１５０４は、システムコントローラ１５０６からコマンドを受信し、システムコントローラ１５０６からのコマンドに基づいてロボット式デバイス１６０を制御する。

【００４８】

システムコントローラ１５０６は、図１Ａ及び図１Ｂのコントローラ１５０に最も類似した機能要素であり、ユーザからの入力及び撮像システム１７０からのＸ線透視フィードバックに基づいて、ロボット式デバイス１６０及び撮像システム１７０を制御する。Ｘ線透視フィードバックは、本明細書における様々な教示に従って、少なくともロボット式デバイス１６０のいくつかの機能を自動的に制御するように使用される。

【００４９】

画像システムコントローラは、システムコントローラ１５０６からの命令に基づいて撮像システム１７０を制御するために使用される。

【００５０】

図２Ａは、代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための方法を示している。

【００５１】

図２Ａの方法は、コントローラ１５０によって、コントローラ１５０を含むシステム１００によって実行される。図２ＡのＳ２１０において、画像データが受信される。例えば、画像データは、コントローラ１５０によって撮像システム１７０から受信される。Ｓ２１０での受信は、撮像システム１７０からの画像の画像データを受信することを含む。画像は、介入デバイス１０１の一部分、及び解剖学的構造の複数の分枝の分岐交差を含む。複数の分枝は、主分枝と、主分枝から分岐されている対象分枝とを含む。

【００５２】

Ｓ２２０において、画像データが分析される。画像データは、コントローラ１５０によって、具体的には、メモリ１５１からの命令を実行するプロセッサ１５２によって分析されて、Ｓ２１０において受信された画像データを分析する。Ｓ２２０における分析することは、画像において介入デバイス１０１をセグメント化すること、並びに／又は、画像内の主分枝と対象分枝を含む分岐交差とに基づいて、画像内の外側デバイス及び内側デバイスの幾何学的特性を測定するために画像データを分析することを含む。幾何学的特性は、画像において見ることができる介入デバイス１０１の露出された長さ、画像において見ることができる介入デバイス１０１の幅及び／又は高さなどの介入デバイス１０１の寸法及び距離と、複数の分枝の寸法及び距離とを含む。幾何学的特性は、画像内の外側デバイスの遠位部分及び内側デバイスの遠位部分のロケーションを含む。幾何学的特性はさらに、画像内の外側デバイスの遠位部分及び内側デバイスの遠位部分の配向を含む。寸法、距離、及び配向は、距離に対応するピクセルの総数に基づいて、又は配向とあらかじめ定められた軸との差を規定する角度によって、Ｓ２２０における分析でパラメータ化される。したがって、Ｓ２２０における分析することは、画像内の主分枝、対象分枝、及び主分枝と対象分枝との交差を含む脈管構造に対して、画像内の介入デバイス１０１の外側デバイスの遠位部分及び介入デバイス１０１の内側デバイスの遠位部分のロケーション又は配向のうちの少なくとも一方を測定することを含む。

【００５３】

Ｓ２３０において、図２Ａのプロセスは経路を決定することを含む。経路は、メモリ（例えば、メモリ１５１）に記憶されたあらかじめ規定された動きのモジュールに対応するあらかじめ規定された動きのシーケンスによって規定される。経路は、コントローラ１５０によって決定され、経路は、メモリ１５１に記憶されたあらかじめ規定された動きのライブラリに準拠して構築される。例えば、経路は、現在の対象者の解剖学的組織からの提案された分枝のセットを含む。

【００５４】

Ｓ２４０において、経路は画像上に表示される。いくつかの実施形態では、全経路が画像上に表示される、他の実施形態では、少なくとも経路の一部分がディスプレイ上に表示されるように、全経路未満の経路が画像上に表示される。経路は、ディスプレイ１８０上に表示される撮像システム１７０からの画像内の現在の対象者の解剖学的組織の分枝上に重ね合わせられる。例えば、経路は、作られるべき異なる動きを線で描くようにカラーコード化されてもよい。

【００５５】

Ｓ２５０において、介入デバイス１０１は制御される。介入デバイス１０１は、コントローラ１５０からの命令の下、ロボット式デバイス１６０によって制御され、制御は、図２Ｂに関して記述されたアクションのうちの１つ又は複数である。

【００５６】

Ｓ２５０における制御は、コントローラ１５０による直接的制御、又は、介入デバイス

１０１を操作するようにロボット式デバイス１６０を制御するためにコマンドを規定し、送ることによってなどの、間接的制御を含む。制御は、経路を規定する動きのシーケンスに基づく、及び／又は、表示されたあらかじめ規定されたシーケンスの動きのユーザによる選択による。個々のシーケンスの動きは、インタラクティブなタッチインターフェース、マウス、キーボード、又は音声コマンドユーザインターフェースを介してなど、ユーザによって表示され選択可能になされる。

【００５７】

図２Ａの方法は、システム１００によって、及び、主に、撮像システム１７０から受信された画像データを用いてロボット式デバイス１６０を制御するコントローラ１５０によって実行される。ロボット式デバイス１６０は、あらかじめ規定された動きのシーケンスによって、経路を通る介入デバイス１０１を操作するように制御される。

【００５８】

図２Ｂは、代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための方法を示している。図２Ｂは、６つのプロセスの直線的な進行を示しているが、コントローラ１５０によるロボット式デバイス１６０の制御は、様々な異なる実施形態における全６プロセスよりも少ないものの、１つ又は複数のプロセスを含むことが明白であろう。

【００５９】

Ｓ２５２では、図２Ｂの方法は、前進させることを有する。前進させることは、分岐交差を超えて前進するように経路を通じて介入デバイス１０１を操作するようにロボット式デバイス１６０を制御することを含む。介入デバイス１０１の一方又は両方を前進させることは、前進により脈管壁などの組織との相互作用の問題が生じるため、後退よりも技術的に困難である。いくつかの実施形態では、介入デバイス１０１は、分岐交差に接近するように操作されるが、分岐交差に到達する前に停止するように操作される。

【００６０】

Ｓ２５４では、図２Ｂの方法は、整合させることを有する。整合させることは、外側デバイスの遠位部分と内側デバイスの遠位部分とを整合させるようにロボット式デバイス１６０を制御することを含む。内側デバイスの遠位部分は、第１の遠位先端であり、外側デバイスの遠位部分は、第２の遠位先端である。整合させることは、介入デバイス１０１の一致した遠位部分を提供する。整合させることは、カテーテル先端をガイドワイヤ先端まで前進させること、又はガイドワイヤ先端をカテーテル先端まで後退させることを含む。

【００６１】

Ｓ２５６では、図２Ｂの方法は、回転させることを有する。回転させることは、撮像システム１７０からの画像の現在の図において対象分枝に向かう方向に向くように介入デバイス１０１の整合された一致した遠位部分を回転させるようにロボット式デバイス１６０を制御することを含む。

【００６２】

Ｓ２５８では、図２Ｂの方法は、後退させることを有する。後退させることは、画像の画像表面において、介入デバイス１０１の整合された一致した遠位部分を対象ポイントまで後退させるようにロボット式デバイス１６０を制御することを含む。対象ポイントは、対象分枝に対する相対的な既知の関係を有する。Ｓ２５８におけるように、後退させることは、介入デバイス１０１が次の動き／手技のための既知の位置にあるように実行される。

【００６３】

Ｓ２６０では、図２Ｂの方法は、内側デバイス及び／又は外側デバイスを別個に回転させることを有する。Ｓ２６０における別個に回転させることは、内側デバイスの曲率と外側デバイスの曲率とを整合させるために、介入デバイス１０１の内側デバイス及び／又は外側デバイスを別個の角度変化率で回転させるようにロボット式デバイス１６０を制御することを含む。Ｓ２６０における角度回転は、介入デバイス１０１が次の動き／手技のための既知の位置にあるように実行される。

【００６４】
Ｓ２６２では、図２Ｂの方法は、前進させることを有する。前進させることは、介入デバイス１０１の内側デバイスを、対象分枝内の対象ポイントまで前進させるようにロボット式デバイス１６０を制御することを含む。
【００６５】
図２Ｃは、代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための別の方法を示している。
【００６６】
図２Ｃでは、Ｓ２０５でプラニング画像が撮影される。プラニング画像はＸ線画像であり、撮像システム１７０によって撮影されてもよい。プラニング画像は、Ｘ線透視画像又は血管造影画像であってもよい。プラニング画像は、代替的には、例えば、血管ナビゲータを用いて撮影された３Ｄ画像であってもよい。
【００６７】
Ｓ２２５では、介入デバイス１０１は、プラニング画像内に置かれ、次いでセグメント化されパラメータ化される。血管の境界が血管造影によりセグメント化される、又はユーザが、ディスプレイ１８０上に表示されたインタラクティブな表示の上などの画像上で直接、血管の境界を規定する。
【００６８】
Ｓ２３１では、パラメータ化されたデバイスがコレジストレーションされる。プラニング画像は、介入デバイス１０１を含む画像にレジストレーションされる。コレジストレーションは、同じＸ線位置から実行される。３Ｄ患者（血管）モデルを用いた実施形態では、２Ｄから３Ｄへのレジストレーションが実行される。
【００６９】
Ｓ２３２では、動き／手技のシーケンスが計算される。シーケンスは、図１Ａ及び図１Ｂにおけるコントローラ１５０によって、又は図１Ｃにおけるシステムコントローラ１５０６によって計算される。
【００７０】
Ｓ２３３では、次の動き／手技が選択され、Ｓ２３６でＸ線画像が再度撮影される。Ｓ２３７では、介入デバイス１０１が再度セグメント化されパラメータ化され、Ｓ２３８で、介入デバイス１０１のパラメータ表示がコレジストレーションされる。
【００７１】
Ｓ２３９では、メトリックが算出され、Ｓ２５１では、ロボット式デバイスは、速度サーボループを介して介入デバイス１０１を移動させる。
【００７２】
Ｓ２５２では、使用されているメトリックが適切な閾値（目標）より低いか（それとも高いか）の判定がなされる。誤差メトリックが適切な閾値より低く（又は高く）ない場合（Ｓ２５２＝いいえ）、プロセスはＳ２３７に戻る。誤差メトリックが適切な閾値より低い（又は高い）場合（Ｓ２５２＝はい）、Ｓ２５３で、最後の動き／手技が最終動き／手技であったかどうかに関する判定がなされる。最後の動き／手技が最終動き／手技であった場合（Ｓ２５３＝はい）、Ｓ２５５で、プロセスは停止する、又はガイドワイヤが突出される。最後の動き／手技が最終動き／手技でなかった場合（Ｓ２５３＝いいえ）、プロセスはＳ２３２に戻る。
【００７３】
図２Ｃのプロセスでは、ユーザは、あらかじめ定められたボタン若しくはソフトキーを押すこと、又は別の場合にはコマンドを入力してプロセスを停止することなどによって、プロセスをいつでも停止することができるようになる。ロボット式デバイスは、Ｓ２５１における速度サーボループを介して患者の内部で介入デバイス１０１を制御する。介入デバイス１０１は、Ｓ２０５及びＳ２３６で撮影されたＸ線において見ることができる。追加的に、メトリックは、現在の血管に沿った対象の小孔の中心までの（ピクセル単位の）距離などの並進メトリックである。Ｓ２２５及びＳ２３７で作成された介入デバイス１０

１のパラメトリック表現は、線分を使用する。
【００７４】
図２Ｄは、代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための別の方法を示している。
【００７５】
Ｓ２７１では、画像内の介入デバイス１０１のパラメトリック表現が取得される。Ｓ２７２では、介入デバイス１０１のパラメータは正規化される。例えば、パラメータを正規化するために用いられる画像調整は、介入デバイス１０１を回転させること、ピクセルサイズを補正することなどを含む。
【００７６】
Ｓ２７５では、動き／手技がロードされる。動き／手技は、Ｓ２７３におけるタスクの選択、及びＳ２７４における介入デバイス１０１のタイプの特定によってロードされる。
【００７７】
Ｓ２７６では、手法１、２、又は３の中でどの手法を選択するかが行われる。Ｓ２７７では、パラメータ調整のためのグラフィカルユーザインターフェース選択が受信され、Ｓ２７１において、介入デバイス１０１のパラメトリック表現を特定するために使用される。
【００７８】
図２Ｄでは、Ｓ２７３において、ユーザがタスクを選択する。タスクに関して規定された操作のセットが、タスクの選択に基づいて提案され、タスクに関する動き／手技が、Ｓ２７４における介入デバイス１０１のタイプの特定にさらに基づいて、Ｓ２７５でロードされる。
【００７９】
一例として、規定された操作のセットは、Ａ　腎血管を浄化する、Ｂ　大動脈瘤を横切る、Ｃ　石灰性部分閉塞を横切る、Ｄ　上大動脈血管を浄化する、などを含む。操作のうちのいくつかは、介入デバイス１０１のロケーション及び脈管構造内の所望の対象ロケーションに基づいて自動的に提案される。例えば、介入デバイス１０１が、腸骨動脈内にあり、対象ロケーションが腎動脈内にある場合、所与のタイプの介入デバイス１０１のために操作が自動的に提案される。例として、現在の動脈血管の幅及び対象の動脈血管の幅を測定することは、タスクＡを含むように理解される。動脈血管幅の例は、１００個のピクセルであり得、対象動脈血管の例は６０個のピクセルであり得る。
【００８０】
図３は、代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための脈管内ガイドワイヤ及びカテーテルの動きを示している。
【００８１】
図３における動きは、次の動き／手技のために介入デバイス１０１の端部同士が一致するように、図３のＡにおいて前進させることと、図３のＢにおいて整合させることとを含み、図３における動きはさらに、介入デバイスが次の動き／手技のための既知の位置にあるように、図３のＣの現在の図において、対象血管に向かって回転させることと、図３のＤにおいて、あるロケーションまで後退させることとを含み、図３における動きはさらに、介入デバイスが次の動き／手技のための既知の位置にあるように、図３のＥにおいて、デバイス同士が角度的に整合されることを含み、図３における動きはさらに、図３のＦにおいて、対象物までガイドワイヤを前進させることを含む。本明細書に記述された制御方法は、脈管ナビゲーションを支援する目的で、同軸カテーテルとガイドワイヤとの組合せをロボット制御で且つ自動的に制御するために、Ｘ線透視フィードバックを使用する。個々のナビゲーションステップは、別個の手技／動きに分解され、それらはオペレータによって独立して実行され得る。例えば、オペレータは、第４のインターフェース１５９としてのジョイスティックを押す、又は第４のインターフェース１５９上のディスプレイ１８０上のインタラクティブな視覚インターフェース（例えば、タッチスクリーン）を用いて、ある血管を対象分枝として選択する。個々の動きの経路がそこから構築され得るライブ

ラリとしてあらかじめ規定された動きが提供されることにより、制御性が改善され、各医療的介入及び各対象者の複雑なヒト解剖学的組織に固有の画像解釈に対処するために、経路が動的に、且つ任意選択で現像され得る。結果として、オペレータには、介入デバイス１０１の毎分の動きを明確に制御する必要がない高レベルの手技／動きを実行する能力がもたらされる。

【００８２】

図３のＡからＥまでの各手技に対する一般的な制御プロセスは一般化可能である。ロボット式デバイス１６０の制御のために用いられる誤差メトリックは、動き／手技ごとにばらつきがある。例示の実施形態は、図３のＢにおけるように、介入デバイス１０１の直線的な整合を含み、それは、両方の介入デバイス１０１の先端が画像上で一致するように、ガイドワイヤの突出量を調整することを含む。突出しているガイドワイヤが静止したカテーテル先端に向かって後退させられるか、又は、カテーテルが、静止したガイドワイヤにわたって前進するかのどちらか一方である。介入デバイス１０１の先端同士の重ね合わせは、図４において、Ｘ線画像上に示されている。

【００８３】

図３の教示を用いるいくつかの実施形態では、図１Ａのディスプレイ１８０などのディスプレイが、解剖学的構造を通る経路に対して、シーケンスの少なくとも一部分の異なるあらかじめ規定された動きの描写を提供する。描写は、タッチスクリーン上で、又はマウスカーソル若しくはキーボードによって選択可能であるソフトキーなどの選択可能なアイコンに対応する。いくつかの実施形態では、描写は、連続した順序で提供される。描写の選択により、コマンドがロボット式デバイス１６０に送られることになる。

【００８４】

図４は、代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための脈管内ガイドワイヤ及びカテーテルの整合を示している。

【００８５】

図４では、介入デバイス１０１は直線的に整合される。左側では、ガイドワイヤは、カテーテル先端まで後退させられる。右側では、カテーテルは、ガイドワイヤ先端に向かってガイドワイヤにわたって前進させられる。ガイドワイヤ先端は、各図においてＧＷエンドポイントとラベル付けされ、カテーテルのエンドポイントは、各図においてＣＲエンドポイントとラベル付けされる。

【００８６】

図５は、代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための方法を示す。

【００８７】

図５では、カテーテル先端と整合させるようにガイドワイヤを駆動するためのプロセスが示されている。コントローラ１５０は、図５に示される制御ループを通じて進行する。

【００８８】

Ｓ５１０では、Ｘ線画像が収集される。介入デバイス１０１は、Ｓ５２０において、各Ｘ線透視画像内にセグメント化される。介入デバイス１０１のそれぞれのパラメトリック表現が、各画像内の中心線として設けられる。

【００８９】

Ｓ５３０では、図５のプロセスは、画像においてガイドワイヤを示すピクセルを数え上げることなどによって、露出されたガイドワイヤの長さを算出することを含む。Ｓ５４０では、図５のプロセスは、算出された露出されたガイドワイヤの長さを５個のピクセルなどのあらかじめ定められた距離閾値と比較することを含む。

【００９０】

露出されたガイドワイヤの長さが閾値内にある場合（Ｓ５４０－はい）、図５のプロセスは、Ｓ５４５で終了する。露出されたガイドワイヤの長さが閾値内にない場合（Ｓ５４０＝いいえ）、Ｓ５５０で、コントローラ１５０は、ガイドワイヤを後退させるように、ＰＩＤ速度制御を介してロボット式デバイス１６０を制御し、プロセスはＳ５１０に戻る

。

【００９１】

図５では、Ｘ線透視画像が連続的に収集され、デバイスセグメンテーションが、線分表現を用いて各画像において介入デバイス１０１をパラメータ化するために実行される。セグメンテーションは、人工知能を用いて実行される。次いで、ピクセル（ｐｘ）において、露出された見ることができるガイドワイヤの長さが、ロボット式デバイスのＰＩＤ制御ループにおいて誤差メトリックとして使用されて、静止カテーテルに対して相対的にガイドワイヤの位置を後退させる。言い換えると、ガイドワイヤは、Ｘ線透視画像内の露出されたガイドワイヤの長さが、あらかじめ定められた距離閾値より大きい場合、パラメータ化された露出されたガイドワイヤの長さが減少するように、後退させられる。サーボ動きは、許容誤差が満足されるまで継続される。図５におけるプロセスに対する代替として、カテーテルは、ガイドワイヤ及びカテーテルが整合されるまで、静止したガイドワイヤにわたって前進させられ、このシナリオでは、ガイドワイヤの露出された長さは、サーボコントローラによって最小化される。

【００９２】

図６Ａは、代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のためのグラフィカルユーザインターフェースを示している。

【００９３】

図６Ａでは、介入デバイス１０１を後退させるためのロケーションを対象ロケーションとして選択するために、グラフィカルユーザインターフェースが提供される。ユーザには、ディスプレイ１８０上のタッチスクリーン上で、又は第４のインターフェース１５９としてのマウスによって制御されるカーソルを用いて、ロケーションを選択する能力が提供される。

【００９４】

図６Ｂは、図６Ａにおけるグラフィカルユーザインターフェースによる、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための方法を示している。

【００９５】

図６Ｂでは、オペレータは、図６Ａのグラフィカルユーザインターフェース上の画像上のロケーションを選択する。Ｓ６０５では、図６Ｂのプロセスは、ユーザが、Ｘ線（Ｘ線透視）画像上で対象血管まで後退させるためのレベルを規定することによって始まり、プロセスは、Ｓ６３０に進行して、介入デバイス１０１から露出された長さを対象物までの距離として算出する。Ｓ６４０では、図６Ｂのプロセスは、後退させることにおいて目標に到達されるかどうか判定することを含む。目標に到達された場合（Ｓ６４０＝はい）、図６Ｂのプロセスは、Ｓ６４５で終結する。別の場合（Ｓ６４０＝いいえ）、コントローラ１５０は、ＰＩＤ速度制御をロボット式デバイス１６０に提供して、介入デバイス１０１を後退させ、プロセスはＳ６１０に戻る。

【００９６】

Ｓ６１０では、新しいＸ線画像が取得される。Ｓ６２０では、介入デバイス１０１は、Ｓ６１０で取得された画像内にセグメント化される。介入デバイス１０１のパラメトリック表現は、再度、デバイスの中心線として提供され、介入デバイス１０１から対象物までの露出された長さは、再度、Ｓ６３０で、対象物までの距離として算出される。

【００９７】

図６Ｂでは、ロケーションは、介入デバイス１０１を後退させるための対象ロケーション、すなわち、介入デバイス１０１がどこに後退させられるべきかのインジケーションである。ジョイスティック入力の場合、図６Ａに示されるように、画像上の線の法線に沿った高度及び線の回転を制御するために２軸入力（サムジョイスティック）が使用される。水平線は、画像内の介入デバイス１０１のパラメトリック記述と交差し、画像内の水平線と介入デバイス１０１の描写との交点は、対象ポイントである。図６Ｂの制御方法は、介入デバイス１０１のうちの１つ又は複数を、ある許容差内で対象ポイントまで後退させるために使用される。

【００９８】
図７Ａは、代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための方法を示している。
【００９９】
図７Ａでは、２ＤのＸ線透視投影から３Ｄ空間内で介入デバイス１０１の２つの湾曲したデバイスを整合させる方法を示す。２ＤのＸ線透視投影からの３Ｄ空間内への２つの湾曲したデバイスの完璧な３Ｄ整合は、技術的に難易度が高く、非現実的である。介入デバイス１０１の中で静止デバイス（通常はカテーテル）が画像において視覚的に湾曲されているとき、動的デバイスの湾曲が静止デバイスの湾曲と同じ側になるように、動的デバイス（通常は湾曲したガイドワイヤ）を自動的に回転させることは困難である。これは図７Ｂに示されている。図７Ａの制御方法は、基準軸がカテーテル遠位端部で接線である状態で、介入デバイス１０１のそれぞれの遠位部分の接線から構築された角度サーボメトリックを使用する。ガイドワイヤの接線と基準軸との間の角度の大きさは、ガイドワイヤがカテーテルと同じ方向を向くようにさせる少しの小さな回転の後の回転方向を示す。アルゴリズムは、その角度が１８０度未満のとき、停止する。角度が１７５度を下回るまで回転が継続されるときなど、特異性及び不連続性のために、１８０度目印辺りでは特別な配慮がとられる。最大の曲線に対応して、最も接近した曲率の整合が所望される場合、回転は、ガイドワイヤの接線が９０度に最も接近した可能な角度になるまで、継続され得る。角度が１８０度を超えるとき、方法は、内側デバイスの内側接線と基準軸との間の角度が１８０度未満になるまで、回転させること、又は、基準軸に向かう内側デバイスのユーザによってトリガされる提案される回転をディスプレイ１８０上に表示することを有する。代替的に、角度が１８０度を超えるとき、角度が１８０度を超えることは、内側デバイスの内側接線と基準軸との間の角度が１８０度未満になるまでの基準軸に向かう内側デバイスの回転を、動きのシーケンス内に含むということを含む。
【０１００】
Ｓ７１０では、Ｘ線画像が取得され、Ｓ７２０で、画像において介入デバイス１０１がセグメント化される。Ｓ７３０では、介入デバイス１０１のそれぞれの遠位端における接線間の角度が算出される。Ｓ７４０では、図７Ａのプロセスは、算出された角度を閾値と比較することを含む。閾値は図７Ａにおいて９０度である。介入デバイス１０１の外側デバイスの遠位部分の外側接線と内側デバイスの遠位部分の内側接線との間の算出された角度が９０度未満の場合（Ｓ７４０＝はい）、プロセスはＳ７４５で終了する。算出された角度が９０度未満でない場合（Ｓ７４０＝いいえ）、介入デバイス１０１を所与の方向に回転させるためにＰＩＤ速度制御がロボット式デバイス１６０に提供され、プロセスはＳ７１０に戻る。
【０１０１】
湾曲したカテーテルが、曲線がＸ線平面に対して直角であるように、Ｘ線画像内で真っ直ぐに見えるとき、オペレータは、Ｘ線透視を変更するように、又は湾曲を露出させるためにカテーテルを回転させるように促される。カテーテルが真っ直ぐであるとき、目標は、カテーテルに関してガイドワイヤの真っ直ぐな整合又はミラーリングである。さらに、対象基準角度もまた、固有に成形されたカテーテルに合わせられる。場合によっては、より改良された整合が所望され、その場合、撮像システム１７０のＣアームは、サーボ整合のための別の視点を提供するために、新たな姿勢に移行される。
【０１０２】
図７Ｂは、図７Ａにおける方法による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のためのグラフィカルユーザインターフェースを示している。
【０１０３】
図７Ｂに示されるように、介入デバイス１０１の遠位部分は異なる方向に向いており、したがって、介入デバイス１０１のうちの一方又は両方は、外側デバイスの遠位部分の外側接線と内側デバイスの遠位部分の内側接線との間の角度があらかじめ定められた閾値未満になるまで、回転させられる。

【０１０４】
いくつかの他の実施形態では、ガイドワイヤは、あるロケーションにアクティブに留置される。例えば、ガイドワイヤが側方分枝内にあり、一方、カテーテルがより大きな近位分枝内にあるとき、カテーテルの動きは、ガイドワイヤを後退させ始める。このことは手動操縦の難しさを提示しており、何故なら、熟練した従事者であっても、自由度４である介入デバイス１０１の両方を、たった２つの手だけで同時に操縦する必要があるからである。画像において介入デバイス１０１のロケーションを用いて、ロボット式デバイス１６０は、ガイドワイヤが側方分枝内でのその深さを維持するように、ガイドワイヤをカテーテルに対して相対的に前進させることによって、これに対抗する。これは、フィードバックメトリックが側方血管内部のガイドワイヤの先端のロケーションである状態で、アクティブなガイドワイヤのサーボ制御によって成し遂げられる。ガイドワイヤの先端が、カテーテル動きなどの外力のために後退させられているとき、ガイドワイヤは、初期位置からの後退量に比例して自動的に前進させられる。これにより、カニューレ状に挿入された側方分枝からガイドワイヤが抜ける移動を最小限に抑えられる。他の実施形態では、ガイドワイヤはさらに、さらなる安定性を提供するために側方分枝内に延長される。

【０１０５】
いくつかの他の実施形態では、カニューレ状に挿入された血管内のガイドワイヤ位置が滑動している場合があり、これが認識されると、カテーテルの移動が自動的に停止され、新たな手技が提案される。追加的に、カテーテルが、正しい配向に回転させられておらず、カニューレ状に挿入された血管の反対方向に向いているとき、間違った配向が検出され、提案された補正と一緒にユーザに伝達される。代替的に、補正は、間違った配向が検出された時点で、自動的に実施される。結果として、ガイドワイヤは、自動的にカテーテル配向を補正することによって、血管にアクティブに留置される。

【０１０６】
図８は、代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のためのユーザインターフェースを示している。

【０１０７】
図８では、ユーザインターフェースは、脈管構造経路上のナビゲーション対象物を規定する。ユーザインターフェースは、対象の解剖学的構造を選択するための単一軸入力を提示する。ユーザによる対象ポイント選択を簡略化するため、オペレータには、単一自由度のスクローリング入力オプションが提示され、それにより、あらかじめ計画された脈管経路内に踏み入れる。あらかじめ計画された脈管経路は、典型的には脈管アクセス部位に対して最も近位である最大の血管で始まる脈管構造の分枝を対象物に向けてナビゲートする。単一自由度のスクローリングが、例えば、スクロールホイール、スライダ、又はノブを介して提供される。対象ナビゲーションロケーションが既知であるとき、トリビアルリバースツリートラバーサルが適用されて、大きな血管又は現在のロケーションから対象物までの最短経路が作成され、多くの場合、その経路は、大きな血管又は現在のロケーションから対象物までの唯一の経路となる。次いで、この連続的な経路は、別個のステップで、プリセットされた距離単位又は分岐ロケーションのどちらかにおいて、１次元空間としてのユーザ入力カーソルによって動き回らされる。例えば、経路長の５０％までのスクローリングを使用して、介入デバイス１０１を開始ポイントから経路の２分の１移動させるようにロボット式デバイス１６０を制御する。選択は、３Ｄモデル、２Ｄ画像、又は派生画像を用いて実施される。代替的に、開始ポイントは、最も離れたデバイスの端部に最も近い分枝である。最も離れたデバイスは、常にではないが、通常、ガイドワイヤである。

【０１０８】
ユーザからの入力もまた、プラニングの形態で提供される。例えば、リング状ランドマークが、どの骨にカニューレ状に挿入するか規定するために血管ナビゲーションツール内に提供される。プラニングもまた、介入性腫瘍学においてなど、以前の手順からのデータの形態で提供され、この場合、手順は身体内の同じロケーションを繰り返し必要とする。

【０１０９】

図９Ａは、代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のためのユーザインターフェースを示している。図９Ｂは、図９Ａにおけるユーザインターフェースによる、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための、変更又は受容のオプションを有する動きのシーケンスを示している。

【０１１０】

図９Ａは、現在の手技と、変更又は受容のオプションを有する将来の手技のシーケンスとを伝達するためのユーザインターフェースを提示する。システム１００は、グラフィカルシーケンスにおいて、予想される手技をディスプレイ１８０上で、それぞれの予想される動き／手技には強調表示で、医師に提示することができ、それぞれの予想される動き／手技は、現在アクティブである動き／手技、及び、予想される次の動き／手技のシーケンスを含む。医師には、次に実行されるように推奨される動き／手技を選択するためのオプションが提供される。手技のリストは、現在見ることができる手技に限定される。例えば、ガイドワイヤがすでにカテーテルと整合されている場合、整合手技は、選択インターフェース内に提示されない。さらに、手技のグループが提示され得る。図９Ｂにおける透明なインターフェースは、ロボット式デバイスの意図及び結果としてもたらされる挙動を、医師に伝達するためにきわめて重要である。

【０１１１】

図９Ｂはさらに、現在の手技と、変更又は受容のオプションを有する将来の手技のシーケンスとを伝達するためのユーザインターフェースを提示する。図９Ｂでは、次のＮ個の手技が、ロボット式デバイス１６０によって実行された以前の観測された手技のシーケンスに基づいて提案される。図９Ｂにおけるユーザインターフェースは、一連の予測技法を使用して複雑なシーケンスを生成し、但し、将来のシーケンスは、データにおいて他のシーケンスと同じ一般的な特性に基づいて出力として生成される。入力は、添え字（Ａ、Ｂ、．．．）によって表される手技のシーケンスであり、出力は、（Ｄ）の後の最も可能性が高い手技である。このプロセスは、提案された出力及び以前のシーケンスを予測ネットワークの中にループさせることによって繰り返されて、可能性が高い将来の手技（Ｄ、Ｅ、Ｆ）のシーケンスを生成する。ユーザは、それらの将来の実行確率に基づいて選別された候補手技を通じて次の提案された手技又はスクロールを受容する。

【０１１２】

いくつかの実施形態では、図９Ｂの教示を用いて、図１Ａのディスプレイ１８０などのディスプレイが、解剖学的構造を通る経路に対して、少なくともシーケンスの一部の異なるあらかじめ規定された動きの描写を提供する。描写は、タッチスクリーン上で、又はマウスカーソル若しくはキーボードによって選択可能であるソフトキーなどの選択可能なアイコンに対応する。いくつかの実施形態では、描写は、連続した順序で提供される。描写の選択により、コマンドがロボット式デバイス１６０に送られることになる。図９Ｂでは、経路全体に関してあらかじめ規定された動きは、左の欄に示されており、介入デバイス１０１に関する残りのあらかじめ規定された動きは、右の欄に示されている。追加的に、示されるように、現在実行されているあらかじめ規定された動きは、言葉、強調表示、又は別の方法で明示され、その結果、ユーザは、シーケンス内のどのあらかじめ規定された動きが現在実行されているか、素早く特定することができる。

【０１１３】

コントローラ１５０は、図９Ｂに示されるツールの１つの実行又は選択に基づいてサーボコマンドを提供する。図９Ｂにおけるツールの選択は、コントローラ１５０によるか、又は第４のインターフェース１５９を介したユーザによるものであり、サーボコマンドは、第１のインターフェース１５６を介してロボット式デバイス１６０に伝達される。

【０１１４】

Ｘ線バイプレーン撮像による実施形態では、対象基準ポイントは、三角測量を用いて３Ｄにおいて規定され得る。この場合、介入デバイス１０１の先端は、コンピュータ映像から借用された立体再構築のためのエピポーラ幾何学形状技法を用いて連続的に三角測量が

行われる。２つのＸ線撮像源が十分に較正されていない場合、（各対象基準が到達されるべき目標に関して満たされる）独立した対象基準が使用される。これらの実施形態は、それらのそれぞれの曲率を整合させるように介入デバイス１０１を回転させるために有用である。

【０１１５】

いくつかの実施形態では、開ループ制御が組み込まれる。Ｘ線使用を最小限に抑えるため、あらかじめ計画された動きを用いた開ループ制御が、画像フィードバック手技に混ぜ合わせられ得る。開ループ制御は、正確さのためにエンドポイントセンシング（例えば、Ｘ線）フィードバックを必要とするときでさえ、最初に第１のパスとして使用される。例えば、ガイドワイヤ及びカテーテルの端部同士を整合させるため、あらかじめ較正されたワイヤ／カテーテルモデルが使用されて、ガイドワイヤを後退させ、その結果、端部同士が一致する。しかしながら、推定された差が、２ｃｍなどの何らかの許容差内にあるとき、Ｘ線撮像が再開し、手技を完了するためにサーボ制御するように使用される。

【０１１６】

いくつかの実施形態では、ガイドワイヤ周りのコリメーションが同期される。手技が半自動で実行されるため、介入デバイス１０１周りのエリアは、フィードバックにとって必要となる領域である。サーボ動き中のコリメーションの同期は、制御されるべき介入デバイス１０１のセグメンテーションに基づいて実行される。制御されるべき遠位部分のバウンディングボックスが作成される。コリメーションの調整が、現在の手技シーケンスごとに、介入デバイス１０１の予想される動きに基づいて実行される。

【０１１７】

いくつかの実施形態では、ガイドワイヤがカテーテルの先端に載せられる。介入デバイス１０１を交換するため、及び介入デバイス１０１の長さを大まかに較正するため、ガイドワイヤ（又は任意の他のデバイス）は、カテーテル内への組み付けの後、先端がＸ線図内で見えるようになるまで、前進させられる。次いで、ガイドワイヤは、両方の先端が整合されるまで、後退させられる。結果は、「ホーミング」較正として役立ち、「ホーミング」較正は、再訪させることができ、介入デバイス１０１間の何らかの開ループ座標動きを可能にすることができる。ホーミング較正は、ガイドワイヤが不透明なカテーテル内を通るのを視認するのが困難な場合、有用である。

【０１１８】

いくつかの実施形態では、人工知能（ＡＩ）法が、強化学習のために使用される。ＡＩ法は、より低い次元空間で操作される場合、より扱いやすく、これは特に、アクションが本明細書に記述された個別手技などの少数の操作に限定され得る場合（すなわち、強化学習エージェントが目標に到達するための出力アクションに関して）、強化学習技法において重要である。アクションとして、ロボット式デバイス１６０の直接の４自由度制御は理論的に可能であるが、強化学習ネットワークが、実際に多数の試行を必要とする特定の成果を達成するため、著しく多いマイクロステップを学習する必要がある。結果として、本明細書における教示との関連では、比較的より高レベルのアクションから強化学習エージェントのアクションを構成することが好ましく、有用である。

【０１１９】

いくつかの実施形態では、介入デバイス１０１は、サーボ方法のための対象ポイントを増やすために、介入デバイス１０１の固有の特質を追加することなどによって、修正される。修正にふさわしい介入デバイスはステント及びバルーンを含み、追加される又は修正される固有の特質は、弾力性、幾何学形状モデル（Ｘ線可視であろうとなかろうと）、介入デバイス１０１間の、予想される曲率などの、推定される相互作用を含む。例えば、介入デバイス１０１がほとんど不透明であるマーカを有するとき、実際の幾何学形状は、可視マーカと位置合わせされ、画像の見えないセクション上に重ね合わせられる。拡大が、本明細書に記述された手技制御方法への入力として使用される。

【０１２０】

いくつかの実施形態では、別個のマーカが、速度制御のために介入デバイス１０１に設

けられる。ガイドワイヤがマーカを有するとき、ガイドワイヤに沿ったマーカの速度を推定して、距離整合に取り組むときの面外あいまいさを改善することができる。これは、ガイドワイヤ上のマーカがＸ線画像内に現れるが移動していないとき、一定の速度で後退させることによって行われる。

【０１２１】

図９Ｃは、代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための別のユーザインターフェースを示している。

【０１２２】

図９Ｃは、現在の手技と、変更又は受容のオプションを有する将来の手技のシーケンスとを伝達するためのユーザインターフェースを提示する。システム１００は、グラフィカルシーケンスにおいて、現在アクティブである動き／手技、及び、セットのための予想される次の動き／手技のシーケンスを含め、潜在的な動き／手技のセットをディスプレイ１８０上で、それぞれの予想される動き／手技には強調表示で、医師に提示することができる。医師には、セットを選択するためのオプションが提供され、次いで、次に実行されるように推奨されるセット内の動き／手技を選択するためのオプションが提供される。手技のリストは、現在見ることができる手技に限定される。例えば、ガイドワイヤがすでにカテーテルと整合されている場合、整合手技は、選択インターフェース内に提示されない。さらに、手技のグループが提示され得る。図９Ｄにおける透明なインターフェースは、ロボット式デバイス１６０の予想される行動及び結果としてもたらされる介入デバイス１０１の挙動を医師に伝達するのにきわめて重要である。

【０１２３】

図９Ｄは、図９Ｃにおけるユーザインターフェースによる、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための、変更又は受容のオプションを有する動きのシーケンスを示している。

【０１２４】

図９Ｄはさらに、現在の手技、及び動き／手技のセット、並びに変更又は受容のオプションを有する将来の手技のシーケンスを伝達するためのユーザインターフェースを提示する。図９Ｄでは、各セット内の次のＮ個の手技が、ロボット式デバイス１６０によって実行された以前の観測された手技のシーケンスに基づいて提案される。図９Ｄでは、３つの別個の手法が、第１の手法、第２の手法、及び第３の手法として示されている。

【０１２５】

図９Ｄのユーザインターフェースは、一連の予測技法を使用して複雑なシーケンスを生成するものであり、将来のシーケンスは、データ内の他のシーケンスと同じ一般特性に基づいて出力として生成される。入力は、添え字（Ａ、Ｂ、．．．）によって表される手技のシーケンスであり、出力は、（Ｄ）に続く最も可能性が高い手技である。このプロセスは、提案された出力及び以前のシーケンスを予測ネットワークの中にループさせることによって繰り返されて、可能性が高い将来の手技（Ｄ、Ｅ、Ｆ）のシーケンスを生成する。ユーザは、それらの将来の実行確率に基づいて選別された候補手技を通じて次の提案された手技又はスクロールを受容する。

【０１２６】

いくつかの実施形態では、図９Ｃ及び図９Ｄの教示を用いて、図１Ａのディスプレイ１８０などのディスプレイが、３つの異なる手法を有するあらかじめ規定された動きに関する３つの異なるオプションの描写を提供する。異なるオプションのそれぞれは、解剖学的構造を通る経路に関するシーケンスの少なくとも一部のために使用するあらかじめ規定された動きの異なるセット及び／又はシーケンスに対応する。オプションに対応するあらかじめ規定された動きの各セット及び各セットにおけるあらかじめ規定された動きのそれぞれは、異なるアイコンに対する異なるソフトキーなどの、異なる選択可能な描写に対応する。アイコンは、タッチスクリーン上で、又はマウスカーソル若しくはキーボードによって選択可能である。いくつかの実施形態では、描写は、オプションにおけるのと同じ連続した順序で提供される。描写の選択により、コマンドがロボット式デバイス１６０に送ら

れることになる。図９Ｄでは、デフォルトの経路に関してあらかじめ規定された動きは、左の欄に示されており、２つの代替的な手法に関するあらかじめ規定された動きは、真ん中の欄及び右端の欄に示されている。追加的に、現在実行されているあらかじめ規定された動きは、言葉、強調表示、又は別の方法で明示され、その結果、ユーザは、シーケンス内のどのあらかじめ規定された動きが現在実行中であるか、素早く特定することができる。

【０１２７】

図１０は、別の代表的な実施形態による、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御のための方法がその上で実施されるコンピュータシステムを示している。

【０１２８】

図１０を参照すると、コンピュータシステム１０００は、コンピュータシステム１０００に、本明細書で開示された方法又はコンピュータベースの機能のいずれかを実行させるように実行され得るソフトウェア命令のセットを含む。コンピュータシステム１０００は、スタンドアローンデバイスとして働くか、又は、例えばネットワーク１００１を用いて他のコンピュータシステム若しくは周辺デバイスに接続される。実施形態では、コンピュータシステム１０００は、アナログ－デジタルコンバータを介して受信されたデジタル信号に基づいて論理処理を行う。

【０１２９】

ネットワーク接続された配備では、コンピュータシステム１０００は、サーバの容量内で、サーバクライアントユーザネットワーク環境内でクライアントユーザコンピュータとして、又はピアツーピア（又は分散）ネットワーク環境内でピアコンピュータシステムとして働く。コンピュータシステム１０００はさらに、図１Ａのコントローラ１５０、据置型コンピュータ、モバイルコンピュータ、パーソナルコンピュータ（ＰＣ）、ラップトップコンピュータ、タブレットコンピュータ、又は、その機械によってとられるアクションを規定するソフトウェア命令（連続若しくはそれ以外）のセットを実行できる任意の他の機械を含むワークステーションなどの様々なデバイスとして実装され、又は、それらのデバイスに組み込まれ得る。コンピュータシステム１０００は、さらに、追加デバイスを含む一体システム内にあるデバイスとして、又は、デバイス内に、組み込まれ得る。実施形態では、コンピュータシステム１０００は、音声、映像、又はデータ通信を提供する電子デバイスを用いて実装され得る。さらに、コンピュータシステム１０００は単数で示されているが、「システム」という用語はさらに、個々に又は一緒に、ソフトウェア命令の１つのセット又は複数のセットを実行して、１つ又は複数のコンピュータ機能を実行するシステム又はサブシステムの任意の集合を含むように理解されるものとする。

【０１３０】

図１０に示されるように、コンピュータシステム１０００はプロセッサ１０１０を備える。プロセッサ１０１０は、図１Ｂにおけるコントローラ１５０のプロセッサ１５２の代表的な例と考えられ、命令を実行して、本明細書に記述された方法及びプロセスのいくつかの又は全ての態様を実施する。プロセッサ１０１０は、有形であり、非一時的である。本明細書で用いられるとき、「非一時的」という用語は、永遠の状態特性としてではなく、ある期間の間続くことになる状態特性と解釈されるべきである。「非一時的」という用語は、搬送波若しくは搬送信号の、又はいつでもどこでも一時的にのみ存在する他の形態の、特性などの一過性の特性を明確に否定するものである。プロセッサ１０１０は、製造及び／又は機械コンポーネントの物品である。プロセッサ１０１０は、本明細書の様々な実施形態に記述された機能を実行するために、ソフトウェア命令を実行するように構成されている。プロセッサ１０１０は、汎用プロセッサであるか、又は、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）であり得る。プロセッサ１０１０はさらに、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、プロセッサチップ、コントローラ、マイクロコントローラ、デジタル信号プロセッサ（ＤＳＰ）、状態機械、又はプログラマブル論理デバイスであり得る。プロセッサ１０１０はさらに、フィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）などのプ

ログラマブルゲートアレイ（ＰＧＡ）を含む論理回路、又は別個のゲート及び／若しくはトランジスタ論理を含む別のタイプの回路であり得る。プロセッサ１０１０は、中央処理装置（ＣＰＵ）、グラフィック処理ユニット（ＧＰＵ）、又は両方であり得る。さらに、本明細書に記述された任意のプロセッサは、マルチプロセッサ、並列プロセッサ、又は両方を含み得る。マルチプロセッサは、単一のデバイス又は複数のデバイスに含まれる又は結合され得る。

【０１３１】

本明細書で用いられる「プロセッサ」という用語は、プログラム又は機械実行可能命令を実行することができる電子コンポーネントを包含する。「プロセッサ」を含むコンピューティングデバイスへの言及は、複数のプロセッサ又は処理コアをマルチコアプロセッサ内として含むように解釈されるべきである。プロセッサはさらに、単一のコンピュータシステム内の、又は複数のコンピュータシステムの中に分散されたプロセッサの集合を指す。コンピューティングデバイスという用語はさらに、それぞれが１つのプロセッサ又は複数のプロセッサを含むコンピューティングデバイスの集合又はネットワークを含むように解釈されるべきである。プログラムは、同じコンピューティングデバイス内にある、又は複数のコンピューティングデバイスにわたって分散された１つ又は複数のプロセッサによって実行されるソフトウェア命令を有する。

【０１３２】

コンピュータシステム１０００はさらに、主メモリ１０２０及び静的メモリ１０３０を含み、但し、コンピュータシステム１０００内のメモリはバス１００８を介して、互いに、及びプロセッサ１０１０と、通信する。主メモリ１０２０及び静的メモリ１０３０のどちらか一方、又は両方は、図１Ｂにおけるコントローラ１５０のメモリ１５１の代表的な例であると考えられ、本明細書に記述された方法及びプロセスのいくつかの又は全ての態様を実施するために用いられる命令を記憶する。本明細書に記述されたメモリは、データ及び実行可能なソフトウェア命令を記憶するための有形ストレージ媒体であり、ソフトウェア命令がそれに記憶されている時間中は非一時的である。本明細書で用いられるとき、「非一時的」という用語は、永遠の状態特性としてではなく、ある期間の間続くことになる状態特性と解釈されるべきである。「非一時的」という用語は、搬送波若しくは搬送信号の、又はいつでもどこでも一時的にのみ存在する他の形態の、特性などの一過性の特性を明確に否定するものである。主メモリ１０２０及び静的メモリ１０３０は、製造及び／又は機械コンポーネントの物品である。主メモリ１０２０及び静的メモリ１０３０は、コンピュータ（例えば、プロセッサ１０１０）によってデータ及び実行可能なソフトウェア命令がそこから読み出され得るコンピュータ可読媒体である。主メモリ１０２０及び静的メモリ１０３０のそれぞれは、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、リードオンリメモリ（ＲＯＭ）、フラッシュメモリ、電気的にプログラム可能なリードオンリメモリ（ＥＰＲＯＭ）、電気的に消去可能なプログラマブルリードオンリメモリ（ＥＥＰＲＯＭ（登録商標））、レジスタ、ハードディスク、リムーバブルディスク、テープ、コンパクトディスクリードオンリメモリ（ＣＤ－ＲＯＭ）、デジタルバーサタイルディスク（ＤＶＤ）、フロッピーディスク、ブルーレイディスク、又は当技術分野で知られている任意の他の形態のストレージ媒体のうちの１つ又は複数として実装される。メモリは揮発性又は不揮発性、セキュア及び／又は暗号化、アンセキュア及び／又は非暗号化であり得る。

【０１３３】

「メモリ」は、コンピュータ可読ストレージ媒体の例である。コンピュータメモリは、プロセッサが直接アクセスできる任意のメモリである。コンピュータメモリの例には、限定はしないが、ＲＡＭメモリ、レジスタ、及びレジスタファイルがある。「コンピュータメモリ」又は「メモリ」への言及は、場合によっては複数のメモリと解釈されるべきである。メモリは、例えば、同じコンピュータシステム内の複数のメモリであり得る。メモリはさらに、複数のコンピュータシステム又はコンピューティングデバイスの中で分配されている複数のメモリであり得る。

【０１３４】

示されるように、コンピュータシステム１０００はさらに、例えば、液晶ディスプレイ（ＬＣＤ）、有機発光ダイオード（ＯＬＥＤ）、フラットパネルディスプレイ、ソリッドステートディスプレイ、又は陰極線管（ＣＲＴ）などの映像表示ユニット１０５０を備える。さらに、コンピュータシステム１０００は、キーボード／仮想キーボード、接触感知入力スクリーン、又は音声認識を備える音声入力などの入力デバイス１０６０と、マウス又は接触感知入力スクリーン若しくはパッドなどのカーソル制御デバイス１０７０とを備える。コンピュータシステム１０００はさらに、任意選択で、ディスクドライブユニット１０８０、スピーカー若しくはリモート制御などの信号生成デバイス１０９０、及び／又はネットワークインターフェースデバイス１０４０を備える。

【０１３５】

実施形態では、図１０に示されるように、ディスクドライブユニット１０８０は、ソフトウェア命令１０８４（ソフトウェア）の１つ又は複数のセットが埋め込まれたコンピュータ可読媒体１０８２を備える。ソフトウェア命令１０８４のセットは、コンピュータ可読媒体１０８２から読み出されてプロセッサ１０１０によって実行される。さらに、ソフトウェア命令１０８４は、プロセッサ１０１０によって実行されると、本明細書に記述された方法及びプロセスの１つ又は複数のステップを実行する。実施形態では、ソフトウェア命令１０８４は、コンピュータシステム１０００による実行中、全て又は部分的に、主メモリ１０２０、静的メモリ１０３０、及び／又はプロセッサ１０１０内に存在する。さらに、コンピュータ可読媒体１０８２は、ネットワーク１００１に接続されたデバイスが、音声、映像、又はデータをネットワーク１００１上で伝達するように、ソフトウェア命令１０８４を含む、又は、伝播された信号に応答して、ソフトウェア命令１０８４を受信及び実行する。ソフトウェア命令１０８４は、ネットワークインターフェースデバイス１０４０を介してネットワーク１００１上で送信又は受信される。

【０１３６】

実施形態では、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）、プログラマブル論理アレイ、及び他のハードウェアコンポーネントなどの専用ハードウェア実装形態が、本明細書に記述された方法の１つ又は複数を実施するために、構築される。本明細書に記述された１つ又は複数の実施形態は、モジュール間及びモジュールを通じて伝送され得る関連の制御信号及びデータ信号を含む２つ以上の特定の相互接続されたハードウェアモジュール又はデバイスを用いて、機能を実施する。したがって、本開示は、ソフトウェア、ファームウェア、及びハードウェアの実装形態を包含する。本願には、有形の非一時的プロセッサ及び／又はメモリなどのハードウェアによってではなく、もっぱらソフトウェアによって実装される又は実装可能と解釈されるべきものは何もない。

【０１３７】

本開示の様々な実施形態によると、本明細書に記述された方法は、ソフトウェアプログラムを実行するハードウェアコンピュータシステムを用いて実施される。さらに、例示では、非限定的な実施形態、実装形態は、分散処理、コンポーネント／対象分散処理、及び並列処理を含み得る。仮想コンピュータシステム処理は、本明細書に記述された方法又は機能のうちの１つ又は複数を実施し、本明細書に記述されたプロセッサは、仮想処理環境をサポートするように使用される。

【０１３８】

したがって、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御は、自動且つ一貫したワイヤ操縦支援を可能にする。ワイヤ操縦支援は、医療介入におけるリスクを低減する。本明細書に記述された主題によって低減されたリスクの例には、命にかかわる併発症がそれにより引き起こされるおそれがある、精巧な脈管壁の突き通しのリスクがある。本明細書に記述された主題によって低減されたリスクの別の例には、熟練した従事者による時宜を得た治療が必須であるが常に利用できるわけではない、脳卒中治療（血栓摘出術）によって生じるリスクがある。

【０１３９】

上で明記されたように、脈管内介入ワークフローは、高精度及び高速のロボット手段によって実行されるべき血管の内部でのデバイスの繰り返し手技を可能にすることによって改善される。高レベルの自律型タスクを実行するように一緒に順番に配列され得る動きのライブラリは、必要とされるとき、脈管内デバイスを脈管分枝内に置くための自動ナビゲーションのためなど、動的な経路決定のために提供される。

【０１４０】

ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御は、いくつかの例示的な実施形態を参照して説明されてきたが、用いられてきた言葉は、限定の言葉ではなく、説明及び図解の言葉である。今述べられ修正されたように、その態様においてロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御の範囲及び思想から逸脱することなく添付の特許請求の範囲内で変更がなされ得る。ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御が、特定の手段を参照して説明されてきたが、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御は、特定の開示に限定されると意図するものではなく、むしろ、ロボット式脈管内デバイスのＸ線透視フィードバックによる制御は、添付の特許請求の範囲内にあるような全ての機能的に等価の構造、方法、及び使用に及ぶ。

【０１４１】

本明細書に記述された実施形態の図解は、様々な実施形態の構造の全般的な理解を提供することを意図するものである。図解は、本明細書に記述された本開示の要素及び特徴の全ての完全な説明として役立つように意図するものではない。多くの他の実施形態は、本開示を再検討すると、当業者には明らかとなる。他の実施形態は、構造的及び論理的な代替及び変更が本開示の範囲から逸脱せずになされるように、利用され、本開示から導かれる。さらに、図解は単に描写的であり、縮尺通りに描かれているわけではない。図解の中である特定の比率が誇張され、他の比率が最小化される場合がある。したがって、本開示及び図面は、制限的ではなく例示的と見なされるべきである。

【０１４２】

本開示の１つ又は複数の実施形態は、本明細書において、本願の範囲を自発的に任意の特定の発明又は発明の概念に限定することを意図するものではなく、単に便宜上、「発明」という用語によって個々に及び／又は集合的に参照されるものである。さらに、特定の実施形態が本明細書で図解され説明されてきたが、同じ又は類似の目的を達成するために設計された任意の後続の構成体が、示された特定の実施形態の代わりをし得ることを理解すべきである。本開示は、様々な実施形態の任意及び全ての後続の適合及び変形をカバーすることを意図するものである。上記の実施形態と他の実施形態との組合せは特に本明細書に記述されていないが、本説明を再検討すると、当業者には明らかとなる。

【０１４３】

本開示の要約は、米国特許法施行規則に適合させるために設けられ、請求項の範囲及び意味を解釈又は限定するために使用されるものではないとの理解とともに提出される。さらに、前述の詳細説明では、様々な特徴が、本開示を合理化するために単一の実施形態において一緒にグループ化され又は記述される。本開示は、特許請求された実施形態が、各請求項に明確に記載されているよりも多くの特徴を必要とするという意図を反映するように解釈されるべきではない。むしろ、以下の特許請求の範囲が反映するように、発明の主題は、本開示の実施形態のいずれの特徴のうちの全て未満を対象とする。したがって、以下の特許請求の範囲は、それぞれの特許請求の範囲が、別々に特許請求された主題を規定するようにそれ自体で有効である状態で、詳細説明に組み込まれる。

【０１４４】

開示された実施形態の前述の説明は、当業者であれば本開示の記述された概念を実践することができるように提供される。そういうものとして、上記の開示された主題は、制限的ではなく、例示的と考えられるべきであり、添付の特許請求の範囲は、全てのそのような修正、増強、及び本開示の真の思想及び範囲内になる他の実施形態をカバーすることを意図するものである。したがって、法によって許容される最大範囲まで、本開示の範囲は

、以下の特許請求の範囲及びその均等物の最も広く許容される解釈によって決定されるべきであり、前述の詳細説明によって制限されるものでも限定されるものでもない。

【図面】

【図１Ａ】

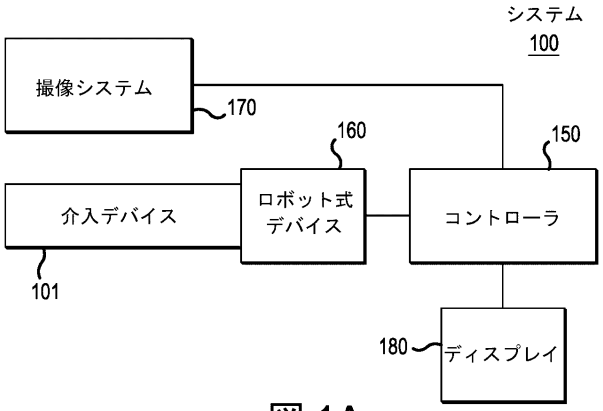

図 1A

【図１Ｂ】

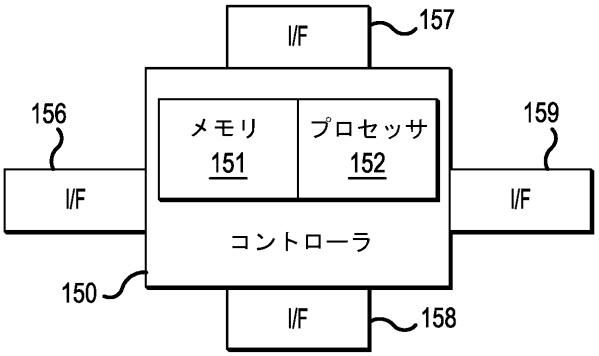

図 1B

【図１Ｃ】

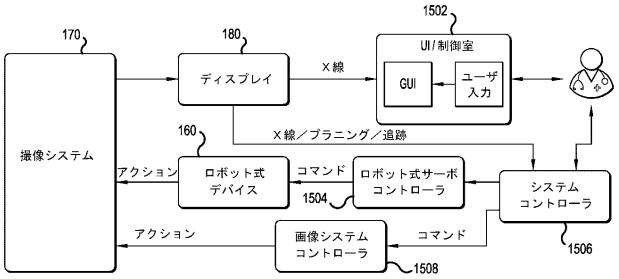

図 1C

【図２Ａ】

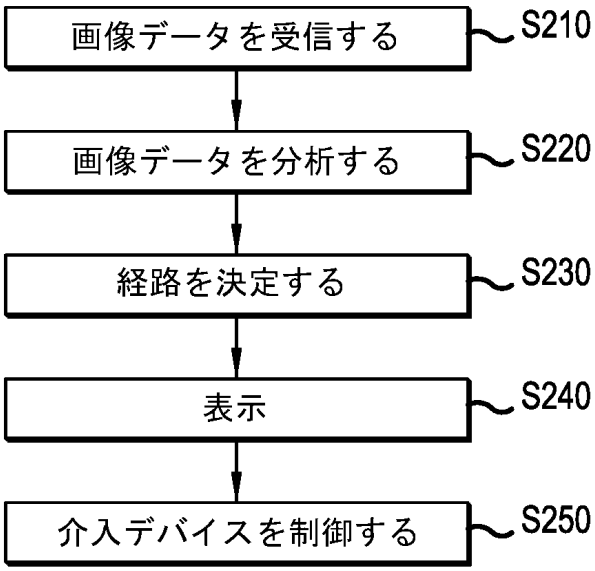

図 2A

【図２Ｂ】

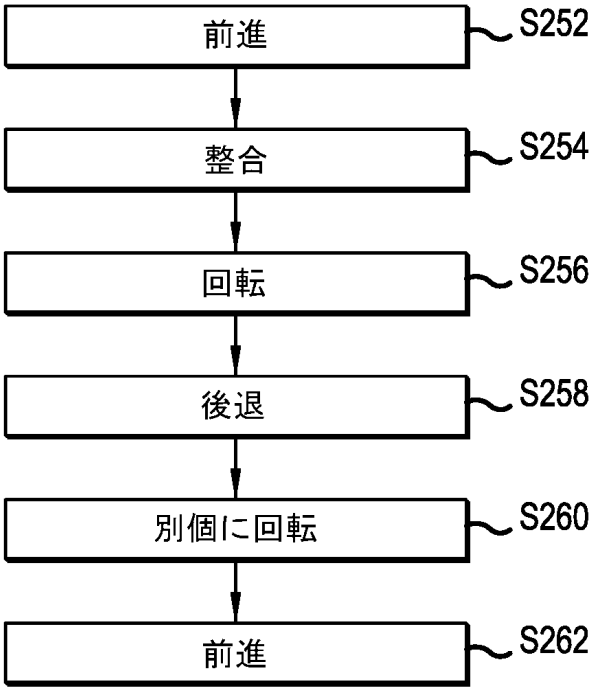

図2B

【図２Ｃ】

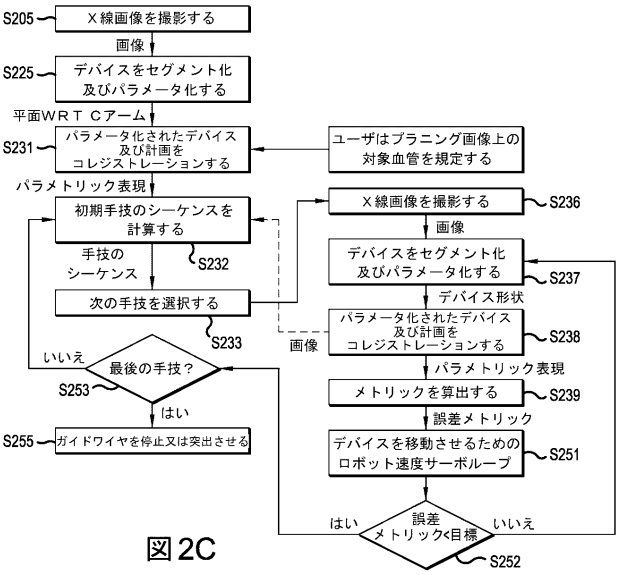

図2C

【図２Ｄ】

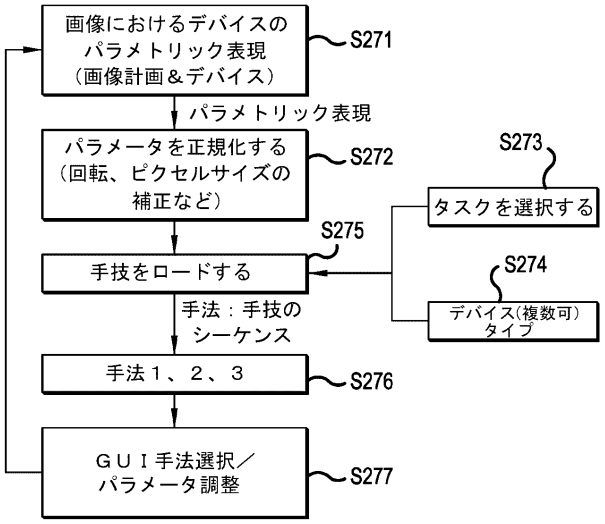

図2D

【図３】

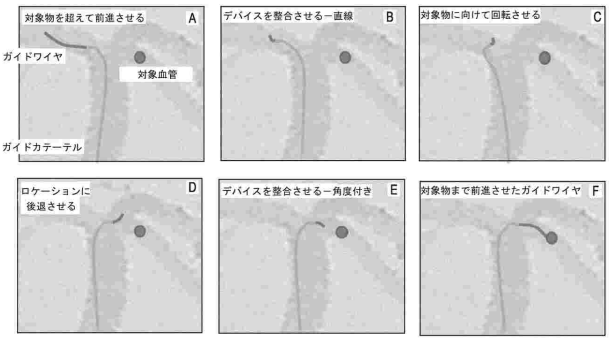

図3

【図４】



図４

【図５】

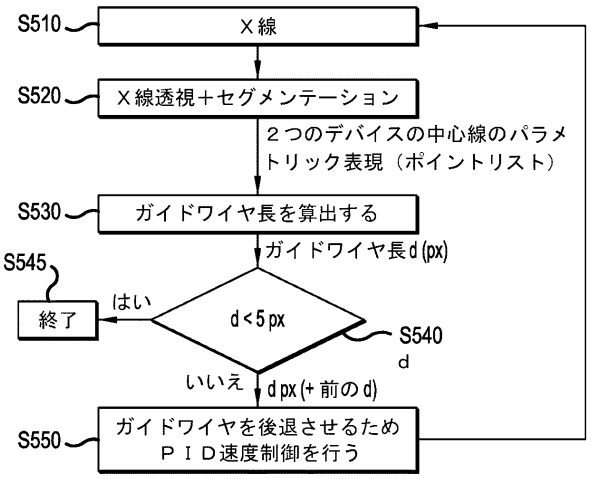

図５

【図６Ａ】

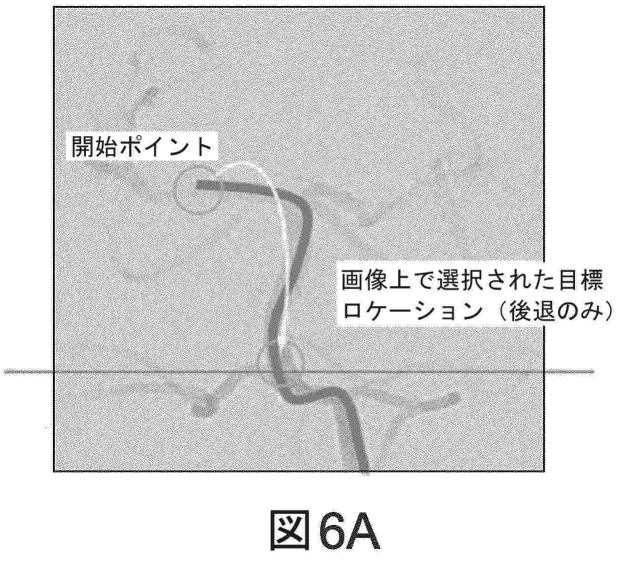

図6A

【図６Ｂ】

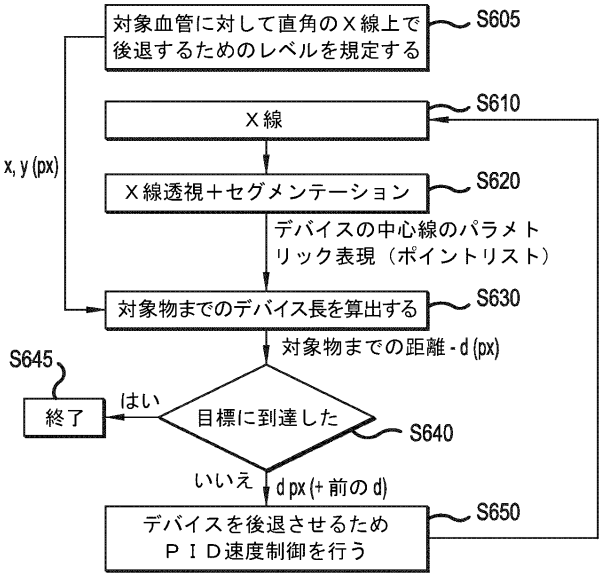

図6B

【図７Ａ】

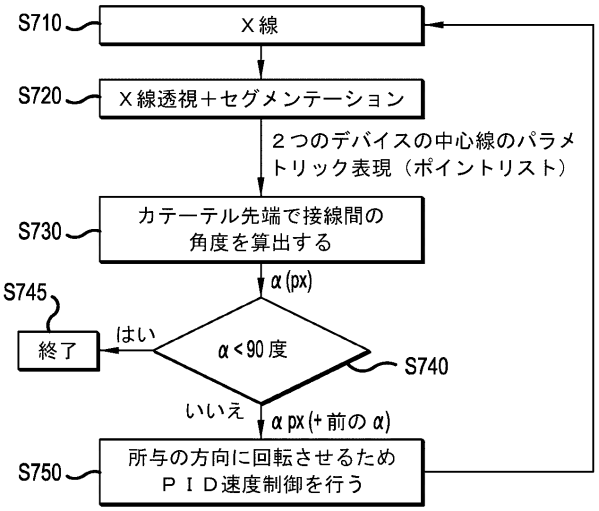

図7A

【図７Ｂ】

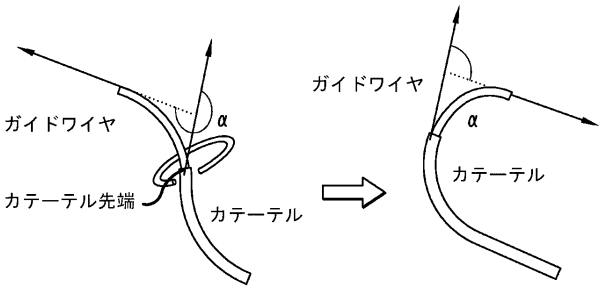

図7B

【図８】



FIG.8

【図９Ａ】

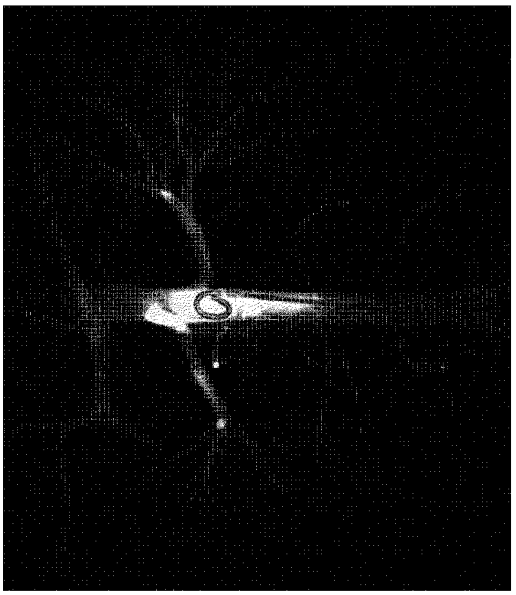

FIG.9A

【図９Ｂ】

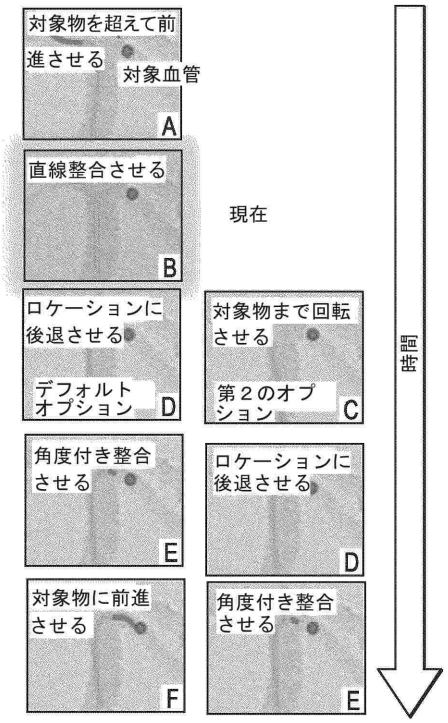

図9B

【図９Ｃ】

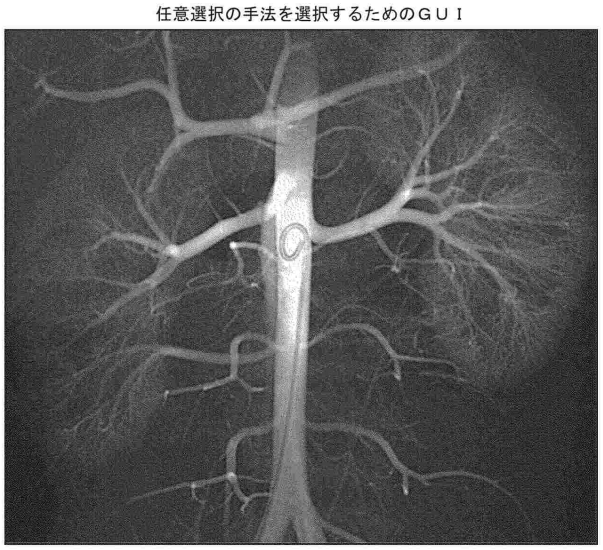

図9C

【図９Ｄ】

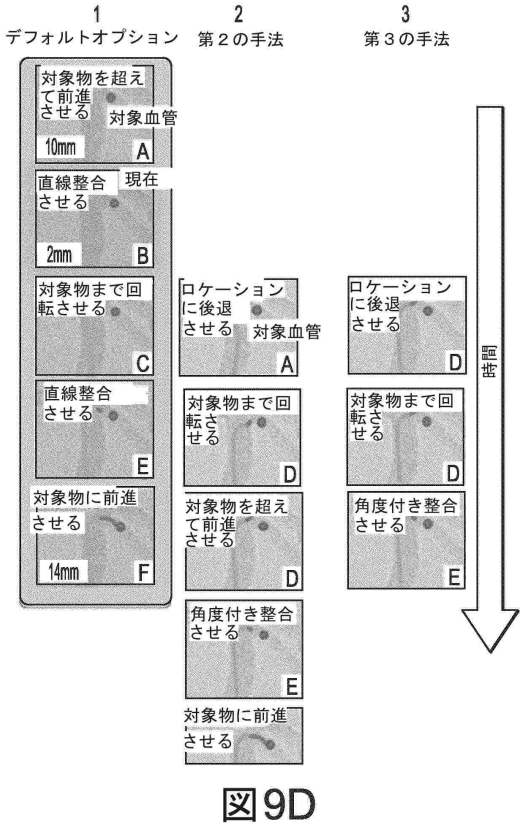

図9D

【図１０】

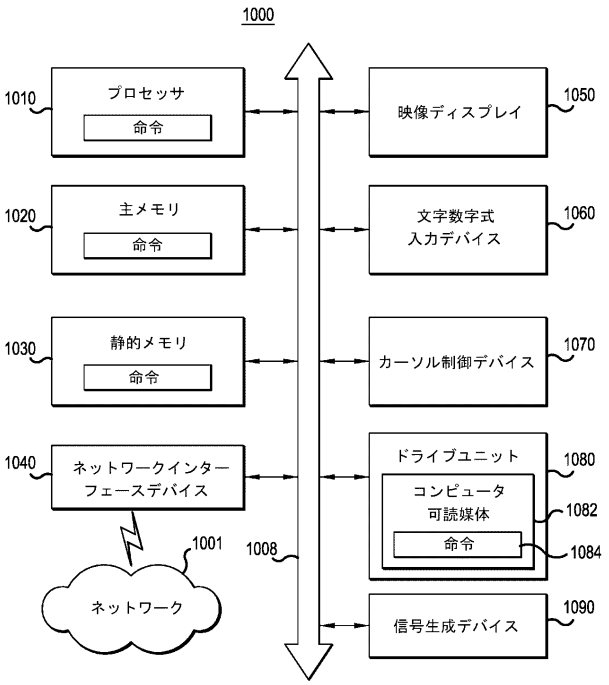

図 10

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2022/082445

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A61B34/10 A61B34/20 A61B34/00 A61B34/32 A61B5/00
G06T7/00
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A61B G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2017/151027 A1 (WALKER SEAN [US] ET AL) 1 June 2017 (2017-06-01) paragraphs [0107] - [0140]; figure 13 -----	1-22
A L	US 2021/093406 A1 (BLACKER STEVEN J [US] ET AL) 1 April 2021 (2021-04-01) paragraphs [0027], [0029], [0045], [0050], [0055], [0056], [0062], [0069] - [0071] & WO 2010/025336 A1 (CORINDUS LTD [IL]; WENDEROW TAL [US]; BROMANDER THOMAS [US]) 4 March 2010 (2010-03-04) This documents completes the disclosure of US2021/093406 with respect to the assist module (see Guidelines G-IV, 8).; paragraphs [0056] - [0059]; figure 1 -----	1-22
	-/--	

[x] Further documents are listed in the continuation of Box C. [x] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance;; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance;; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
8 March 2023	14/03/2023

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Schmidt, Matthias

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2022/082445

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2020/046434 A1 (GRAETZEL CHAUNCEY F [US] ET AL) 13 February 2020 (2020-02-13) paragraphs [0079] - [0081], [0094] - [0097]; figure 7	1

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2022/082445

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. [X] Claims Nos.: 24-42
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
see FURTHER INFORMATION sheet PCT/ISA/210

2. [ ] Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. [ ] Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. [ ] As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. [ ] As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. [ ] As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. [ ] No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims;; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

[ ] The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

[ ] The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

[ ] No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/EP2022/082445

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

Continuation of Box II.1

Claims Nos.: 24-42

Claim 25 comprises the step: controlling [...] the robotic device to operate the interventional device through at least a portion of the path [in the vasculature, see fig. 3 of the application] determined by the sequence or selection. According p. 10, l. 20, this step includes advancing the interventional device inside the human body, which is a surgical step Claim 25, which is within the scope of Claim 24, therefore includes features which define a physical activity that is not allowable. Hence, Claim 24 defines a method of treatment of the human body by surgery in the meaning of Rules 39.1(iv) and Rule 67.1(iv) PCT. Therefore, according to Article 34(4)(a)(i) PCT no written opinion regarding novelty, inventive step or industrial applicability is given for claims 24-42. Claim 25 cannot be removed from the scope of the claimed method by means of deleting claim 25 or by wording stating that the method of claim 24 does not include the surgical step, for the following reasons: Claim 24 includes the step of "determining a path [...] using a plurality of pre-defined motions", which, according to the description encompasses visual servoing (p. 26, l. 25) or autonomous actuation (p. 15, l. 36) and, according to the dependent claims, includes the surgical steps of e.g. "initially retracting", "further retracting", or "rotating the inner device". It follows that the step of "determining a path [...] using a plurality of pre-defined motions" in claim 24 includes performing a plurality of pre-defined motions, which is a surgical step. The applicant might argues that the claimed method is a "control method", which would be allowable. Note that a control method is only allowable in so far it has no direct functional link to a physical activity exercised on the human (or animal) body. The method as in the present application does not control merely internal properties of a device. In fact, it controls the robotic device to move the interventional device within the the human body, which is not allowable and which qualifies as a surgical method for treatment. There is thus, in the present case, a functional link between the claimed method and the effects produced by the device on the body.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2022/082445

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2017151027 A1	01-06-2017	US 2017151027 A1	01-06-2017
		US 2019167367 A1	06-06-2019
		US 2019209252 A1	11-07-2019
		US 2021068911 A1	11-03-2021
US 2021093406 A1	01-04-2021	CN 107205781 A	26-09-2017
		CN 111494008 A	07-08-2020
		EP 3226800 A1	11-10-2017
		EP 3954317 A1	16-02-2022
		JP 7031950 B2	08-03-2022
		JP 2018500971 A	18-01-2018
		JP 2021090802 A	17-06-2021
		US 2021093406 A1	01-04-2021
		WO 2016090270 A1	09-06-2016
US 2020046434 A1	13-02-2020	CN 112804946 A	14-05-2021
		EP 3820373 A1	19-05-2021
		KR 20210042134 A	16-04-2021
		US 2020046434 A1	13-02-2020
		US 2021169588 A1	10-06-2021
		WO 2020033318 A1	13-02-2020

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

フロントページの続き

,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

２ フィリップス インターナショナル ビー． ヴィ． インテレクチュアル プロパティー アンド スタンダーズ

(72)発明者 フレックスマン モリー ララ

オランダ国 ５６５６ アーヘー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ５２ フィリップス インターナショナル ビー． ヴィ． インテレクチュアル プロパティー アンド スタンダーズ