

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7679923号
(P7679923)

(45)発行日 令和7年5月20日(2025.5.20)

(24)登録日 令和7年5月12日(2025.5.12)

(51)国際特許分類

F I

A 6 1 B 34/20 (2016.01)

A 6 1 B 34/10 (2016.01)

A 6 1 B 34/20

A 6 1 B 34/10

請求項の数 14 (全46頁)

(21)出願番号	特願2019-556581(P2019-556581)	(73)特許権者	510253996
(86)(22)出願日	平成30年4月18日(2018.4.18)		インテュイティブ サージカル オペレー
(65)公表番号	特表2020-518326(P2020-518326		ションズ, インコーポレイテッド
	A)		アメリカ合衆国 9 4 0 8 6 カリフォル
(43)公表日	令和2年6月25日(2020.6.25)		ニア州 サニーヴェイル キーファー・ロ
(86)国際出願番号	PCT/US2018/028190		ード 1 0 2 0
(87)国際公開番号	WO2018/195216	(74)代理人	100107766
(87)国際公開日	平成30年10月25日(2018.10.25)		弁理士 伊東 忠重
審査請求日	令和3年4月8日(2021.4.8)	(74)代理人	100070150
審判番号	不服2023-10412(P2023-10412/J		弁理士 伊東 忠彦
	1)	(74)代理人	100135079
審判請求日	令和5年6月22日(2023.6.22)		弁理士 宮崎 修
(31)優先権主張番号	62/486,879	(72)発明者	ドゥインダム, ヴィンセント
(32)優先日	平成29年4月18日(2017.4.18)		アメリカ合衆国 9 4 0 8 6 カリフォル
(33)優先権主張国・地域又は機関			ニア州, サニーヴェイル, キーファー・ロ
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像誘導処置を監視するためのグラフィカル・ユーザインターフェイス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

医療装置であって、当該医療装置は、
可撓性本体を含む細長い装置と、
該可撓性本体の少なくとも一部に沿って配置された追跡システムと、
該追跡システムに通信可能に結合された1つ又は複数のプロセッサと、を含み、
該1つ又は複数のプロセッサは、
解剖学的構造における標的位置へのルートを受信すること、
画像化技術を使用して取得した解剖学的モデル及び該解剖学的モデル内の前記ルートに
基づいて、該ルートの1つ又は複数の特徴を決定することであって、該決定することは、
前記解剖学的モデルにおいて、前記ルートに沿った前記解剖学的構造の分岐の世代に相関
する複数の階層を特定するとともに、該複数の階層のうちの1つ又は複数の階層において
前記ルートから外れる複数の分岐通路を特定し、前記解剖学的モデルに含まれる少なくと
も前記複数の階層の通路幅を決定することを含む、こと、
前記ルートの前記1つ又は複数の特徴に基づいて、細長く、直線的に縮約した解剖学的
表現を生成することであって、該細長く、直線的に縮約した解剖学的表現には、前記ルー
トに沿った前記複数の階層のうちの各階層のそれぞれの前記通路幅が含まれ、各階層のそ
れぞれの前記通路幅は各階層の長さに沿って一致している、こと、
前記追跡システムからリアルタイムの位置情報を受信すること、
前記リアルタイムの位置情報を前記細長く、直線的に縮約した解剖学的表現に関連付け

ること、及び

前記細長く、直線的に縮約した解剖学的表現を、前記関連付けられたリアルタイムの位置情報とともに動的に表示すること、を行うように構成される、

医療装置。

【請求項 2】

前記ルートの前記 1 つ又は複数の特徴には、前記ルートに沿った分岐部の位置が含まれ、該分岐部には、前記分岐部の完全な分岐構造を有さない、切り取られた (clipped) 分岐部が含まれる、請求項 1 に記載の医療装置。

【請求項 3】

前記標的位置への代替ルートを表す代替ルートインジケータが表示される、請求項 2 に記載の医療装置。

【請求項 4】

前記ルートの前記 1 つ又は複数の特徴には、前記ルートに関連する危険部が含まれる、請求項 1 に記載の医療装置。

【請求項 5】

前記リアルタイムの位置情報を動的に表示することは、異常が検出されたときに、1 つ又は複数のインジケータを表示することを含み、前記 1 つ又は複数のインジケータは、方向転換誤りインジケータ、逆転インジケータ、及び過度の曲げインジケータのうちの 1 つ又は複数を含む、請求項 1 に記載の医療装置。

【請求項 6】

解剖学的構造を表示する方法であって、当該方法は、

グラフィカル・ユーザインターフェイスを提供するステップと、

(i) 前記解剖学的構造内の複数の通路から構成される 3 D 表現を含む解剖学的モデルと、(i i) 前記解剖学的モデルにおける前記複数の通路内の標的位置へのルートとを受信するステップであって、前記解剖学的モデルは画像化技術を使用して取得される、ステップと、

(i) 前記解剖学的モデル及び (i i) 前記標的位置への前記ルートに基づいて、該ルートの 1 つ又は複数の特徴を決定するステップであって、該決定するステップには、前記解剖学的モデルにおいて、前記ルートに沿った前記解剖学的構造の分岐の世代に相関する複数の階層を特定するとともに、前記複数の階層のうちの 1 つ又は複数の階層において前記ルートから外れる複数の分岐通路を特定し、前記解剖学的モデルに含まれる少なくとも前記複数の階層の通路幅を決定するステップが含まれる、ステップと、
前記ルートの前記 1 つ又は複数の特徴に基づいて、細長く、直線的に縮約した解剖学的表現を生成するステップと、

前記細長く、直線的に縮約した解剖学的表現を表示するステップと、を含み、

前記複数の通路のサブセットには前記ルートに接続される分岐通路が含まれ、前記細長く、直線的に縮約した解剖学的表現には、前記ルートに沿った前記複数の階層のうちの各階層のそれぞれの前記通路幅が含まれ、各階層のそれぞれの前記通路幅は各階層の長さに沿って一致している、

方法。

【請求項 7】

前記解剖学的構造は肺に対応し、前記解剖学的構造内の前記複数の通路は前記肺の気道に対応する、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記標的位置には、病変部、結節部、及び腫瘍部のうちの 1 つ又は複数が含まれる、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 9】

前記ルートから外れた分岐部の位置が前記細長く、直線的に縮約した解剖学的表現に含まれる、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

前記標的位置への代替ルートを表す代替ルートインジケータを表示するステップをさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 1 1】

前記標的位置までの挿入軌跡を表示するステップをさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記ルートに関連する危険部を識別し、前記挿入軌跡に対して前記危険部の位置を表示するステップをさらに含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記ルートの通過中に、器具に関連付けられたリアルタイムの位置情報を受信するステップと、

前記リアルタイムの位置情報を前記細長く、直線的に縮約した解剖学的表現にマッピングするステップと、

前記リアルタイムの位置情報を前記細長く、直線的に縮約した解剖学的表現とともに動的に表示するステップと、をさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記リアルタイムの位置情報を動的に表示するステップは、異常が検出されたときに、1 つ又は複数のインジケータを表示するステップを含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願

本開示は、2017年4月18日に出願された、“Graphical User Interface for Monitoring an Image-guided Procedure”という名称の米国仮特許出願 62 / 486, 879 に対する優先権を主張するものであり、この文献は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

本開示は、医療処置を行うためのシステム及び方法に関し、より具体的には、グラフィカル・ユーザインターフェイスを使用して画像誘導処置を監視するためのシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0003】

低侵襲性医療技術は、医療処置中に損傷を受ける組織の量を減らすことにより、患者の回復時間、不快感、及び有害な副作用を低減させることを意図している。そのような低侵襲性技術は、患者の解剖学的構造の自然オリフィスを介して、或いは1つ又は複数の外科的切開部を介して行うことができる。これらの自然オリフィス又は切開部を介して、臨床医は、（手術用、診断用、治療用、又は生検用器具を含む）低侵襲性医療器具を挿入して、標的組織の位置に到達させることができる。そのような低侵襲性技術の1つは、解剖学的通路内に挿入し、且つ患者の解剖学的構造内の関心領域に向けてナビゲートされ得るカテーテル等の可撓性及び／又は操縦可能な細長い装置を使用することである。画像誘導処置中の医療従事者によるそのような細長い装置の制御は、少なくとも細長い装置の挿入及び引戻しの管理、並びにこの装置の操縦及び／又は曲げ半径の管理を含むいくつかの自由度の管理を伴う。さらに、異なる動作モードもサポートされている場合がある。

【0004】

従って、低侵襲性医療技術中の使用に適した、操縦可能なカテーテル等の可撓性及び／又は操縦可能な細長い装置を含む医療器具の直感的な制御及び管理をサポートするグラフィカル・ユーザインターフェイスを提供することは有利となる。

【発明の概要】

【0005】

本発明の実施形態は、詳細な説明に続く特許請求の範囲によって最もよく要約される。

【0006】

10

20

30

40

50

いくつかの実施形態によれば、解剖学的構造を表示する方法は、グラフィカル・ユーザインターフェイスを提供するステップと；解剖学的構造内の複数の通路の3D表現及び複数の通路内の標的位置へのルートを含む第1の解剖学的表現を受信するステップと；複数の通路のサブセットに基づいて縮小した解剖学的表現を生成するステップであって、複数の通路のサブセットは、ルートに直接的に接続されたパス通路（path passageway）を含む、生成するステップと；縮小した解剖学的表現を線形解剖学的表現として表示するステップと；を含むことができる。実装には、以下の特徴の1つ又は複数が含まれ得る。方法において、解剖学的構造は肺に対応し、解剖学的構造内の複数の通路は肺の気道に対応する。方法において、標的位置には、病変部、結節部、及び腫瘍部のうちの1つ又は複数が含まれる。方法において、パス通路の幅が、段階的間隔を有する垂直方向に間隔を空けたラインによって線形解剖学的表現で示される。方法において、より高い分岐世代を有するパス通路に対して、垂直方向に間隔を空けたラインの段階的間隔が階層化される。方法において、パス通路から外れた分岐部の位置が線形解剖学的表現に含まれる。方法において、分岐部の位置には、分岐部の完全な分岐構造を有さない、切り取られた分岐部が含まれる。この方法は、標的位置への代替ルートを表す代替ルートインジケータを表示するステップをさらに含む。この方法は、分岐部のうちの1つ又は複数が第2の標的位置につながるときに標的アイコンを表示するステップをさらに含む。この方法は、ルートの終了部から標的位置までの挿入軌跡を表示するステップをさらに含む。この方法は、ルートに関連する危険部を識別し、挿入軌跡に対して危険部の位置を表示するステップをさらに含む。方法において、危険部には、胸膜、血管、大きな水疱、及び心臓の1つ又は複数が含まれる。この方法は、ルートの通過中に器具に関連付けられたリアルタイムの位置情報を受信するステップと；リアルタイムの位置情報を縮小した解剖学的表現にマッピングするステップと；リアルタイムの位置情報を縮小した解剖学的表現とともに動的に表示するステップと；をさらに含む。方法において、リアルタイムの位置情報を動的に表示するステップは、異常が検出されたときに1つ又は複数のインジケータを表示するステップを含む。方法において、異常によって器具が誤った通路のその先に操縦されるときに、1つ又は複数のインジケータは方向転換誤りインジケータを含む。方法において、異常によって器具がルートの終了部を超えて駆動されるときに、1つ又は複数のインジケータは、逆転（reverse）インジケータを含む。方法において、異常によってきつい曲げ半径の器具が含まれるときに、1つ又は複数のインジケータは過度の曲げインジケータを含む。方法において、異常によってきつい曲げ半径の器具が含まれるときに、縮小した解剖学的モデルにおける器具の外観が変更される。

【0007】

いくつかの実施形態によれば、医療装置は、可撓性本体を含む細長い装置、可撓性本体の少なくとも一部に沿って配置された追跡システム、及び追跡システムに通信可能に結合された1つ又は複数のプロセッサを含み得る。1つ又は複数のプロセッサは、解剖学的構造内の標的位置へのルートを受信し、第1の解剖学的表現に基づいてルートの1つ又は複数の特徴を決定し、ルートの1つ又は複数の特徴に基づいて縮小した解剖学的表現を生成し、追跡システムからリアルタイムの位置情報を受信し、リアルタイムの位置情報を縮小した解剖学的表現に関連付け、縮小した解剖学的表現を、関連付けられたリアルタイムの位置情報とともに動的に表示するように構成される。実装には、以下の特徴の1つ又は複数が含まれ得る。医療装置において、解剖学的構造は肺に対応し、第1の解剖学的表現は、肺の気道に対応する、解剖学的構造内の複数の通路を含む。医療装置において、縮小した解剖学的表現は線形解剖学的表現として表示される。医療装置において、ルートの1つ又は複数の特徴には、ルートに沿った分岐部の位置が含まれる。医療装置において、縮小した解剖学的表現における分岐部の位置には、分岐部の完全な分岐構造を有さない、切り取られた分岐部が含まれる。医療装置において、標的位置への代替ルートを表す代替ルートインジケータが表示される。医療装置において、1つ又は複数の分岐部が第2の標的位置につながるときに、標的アイコンが表示される。医療装置において、ルートの1つ又は複数の特徴には、ルートの終了部から標的位置までの挿入軌跡が含まれる。医療装置にお

10

20

30

40

50

いて、ルートの一つ又は複数の特徴には、ルートに関連する危険部が含まれる。医療装置において、リアルタイムの位置情報を動的に表示することは、異常が検出されたときに一つ又は複数のインジケータを表示することを含む。医療装置において、一つ又は複数のインジケータは、方向転換誤りインジケータ、逆転インジケータ、及び過度の曲げインジケータのうちの一つ又は複数を含む。

【0008】

いくつかの実施形態によれば、解剖学的構造内の標的を表示する方法は、グラフィカル・ユーザインターフェイスを提供するステップと；グラフィカル・ユーザインターフェイスを介して解剖学的表現を受信するステップと；解剖学的表現に対する標的を決定するステップと；標的に関連する不確実性ゾーンを決定するステップと；解剖学的表現に対して標的を表示するステップと；を含むことができ、不確実性ゾーンは、標的を少なくとも部分的に囲むように表示される。実装には、以下の特徴の一つ又は複数が含まれ得る。方法において、解剖学的表現は解剖学的構造に位置合わせされ、不確実性ゾーンは、位置合せの不確実性に基づいて決定される。方法において、不確実性ゾーンは、標的の所定のサイズに基づいて決定される。方法において、不確実性ゾーンは、標的のアクセスのし易さ（accessibility）に基づいて決定される。この方法は、潜在的な危険部の位置を決定するステップをさらに含む。方法において、潜在的な危険部の位置が標的の位置に関連する。方法において、潜在的な危険部が標的に対して表示される。方法において、潜在的な危険部は、患者の肺内の胸膜、血管、及び大きな水疱のうちの一つ又は複数を含む。

【0009】

いくつかの実施形態によれば、システムは、表示システム、ユーザ入力装置、及び動作を実行するように構成された一つ又は複数のプロセッサを含み得る。動作には、解剖学的表現を受信すること、ユーザ入力装置を介して解剖学的表現に関する標的に関連付けられたユーザ入力を受け取ること、標的に関連する不確実性ゾーンを決定すること、及び表示システムを介して解剖学的表現に対して標的を表示することが含まれ、不確実性ゾーンは、標的を少なくとも部分的に囲むように表示される。実装には、以下の特徴の一つ又は複数が含まれ得る。システムにおいて、解剖学的モデルは解剖学的構造に位置合わせされ、不確実性ゾーンは位置合せの不確実性に基づいて決定される。システムにおいて、不確実性ゾーンは、標的の所定のサイズに基づいて決定される。システムにおいて、不確実性ゾーンは、標的のアクセスのし易さに基づいて決定される。システムは、潜在的な危険部の位置を特定することをさらに含む。システムにおいて、潜在的な危険部の位置は標的の位置に関連する。システムにおいて、潜在的な危険部が標的に対して表示される。システムにおいて、潜在的な危険部には、患者の肺内の血管、大きな水疱、胸膜のうちの一つ又は複数が含まれる。

【0010】

前述した一般的な説明と以下の詳細な説明との両方は、本質的に例示及び説明であり、本開示の範囲を限定することなく、本開示の理解を与えることを意図していることを理解されたい。その点に関して、本開示の追加の態様、特徴、及び利点は、以下の詳細な説明から当業者には明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

特許又は出願ファイルは、カラーで作成された少なくとも一つの図面を含む。カラー図面を含むこの特許又は特許出願公開のコピーは、要求及び必要な料金の支払いに応じて、関係省庁によって提供される。

【図1】いくつかの実施形態による遠隔操作医療システムの概略図である。

【図2A】いくつかの実施形態による医療器具システムの概略図である。

【図2B】いくつかの実施形態による、拡張医療ツールを含む医療器具の概略図である。

【図3A】いくつかの実施形態による、挿入アセンブリに取り付けられた医療器具を含む患者座標空間の側面図の概略図である。

【図3B】いくつかの実施形態による、挿入アセンブリに取り付けられた医療器具を含む

患者座標空間の側面図の概略図である。

【図 4】いくつかの実施形態による、表示システム上に表示可能なグラフィカル・ユーザインターフェイスの概略図である。

【図 5 A】いくつかの実施形態による、あるモードのグラフィカル・ユーザインターフェイスの概略図である。

【図 5 B】いくつかの実施形態による、あるモードのグラフィカル・ユーザインターフェイスの概略図である。

【図 5 C】いくつかの実施形態による、あるモードのグラフィカル・ユーザインターフェイスの概略図である。

【図 5 D】いくつかの実施形態による、あるモードのグラフィカル・ユーザインターフェイスの概略図である。

10

【図 6 A】いくつかの実施形態による、位置合せプロセス中の 2 つの異なる時点での動的な点群ビューの概略図である。

【図 6 B】いくつかの実施形態による、位置合せプロセス中の 2 つの異なる時点での動的な点群ビューの概略図である。

【図 7 A】いくつかの実施形態による、2 つの異なる時点での動的な位置合せガイダンスビューの概略図である。

【図 7 B】いくつかの実施形態による、2 つの異なる時点での動的な位置合せガイダンスビューの概略図である。

【図 8】いくつかの実施形態による駆動力インジケータの概略図である。

20

【図 9】いくつかの実施形態による曲げインジケータの概略図である。

【図 10】いくつかの実施形態によるグローバル解剖学的表現（例えば、モデル）の概略図である。

【図 11 A】いくつかの実施形態による、3 つの異なる時点での縮小した解剖学的表現（例えば、モデル）の概略図である。

【図 11 B】いくつかの実施形態による、3 つの異なる時点での縮小した解剖学的表現（例えば、モデル）の概略図である。

【図 11 C】いくつかの実施形態による、3 つの異なる時点での縮小した解剖学的表現（例えば、モデル）の概略図である。

【図 12 A】いくつかの実施形態による、2 つの異なる時点でのライブカメラフィールドの概略図である。

30

【図 12 B】いくつかの実施形態による、2 つの異なる時点でのライブカメラフィールドの概略図である。

【図 13 A】いくつかの実施形態による、2 つの異なる時点での仮想先端ビューの概略図である。

【図 13 B】いくつかの実施形態による、2 つの異なる時点での仮想先端ビューの概略図である。

【図 13 C】いくつかの実施形態による、2 つの異なる時点での仮想先端ビューの概略図である。

【図 13 D】いくつかの実施形態による、2 つの異なる時点での仮想先端ビューの概略図である。

40

【図 14】いくつかの実施形態による、カテーテルが計画されたルートを終了部を超えて挿入されるシナリオ中の一連のビューの概略図である。

【図 15 A】いくつかの実施形態による、あるモードでの遠隔画像ビューの概略図である。

【図 15 B】いくつかの実施形態による、あるモードでの遠隔画像ビューの概略図である。

【図 15 C】いくつかの実施形態による、あるモードでの遠隔画像ビューの概略図である。

【図 16】いくつかの実施形態による、グラフィカル・ユーザインターフェイスを表示するための 2 画面ディスプレイの概略図である。

【図 17】いくつかの実施形態による医療処置を監視する方法の概略図である。

【図 18】いくつかの実施形態による、グラフィカル・ユーザインターフェイスを使用し

50

て医療処置を監視する方法の概略図である。

【図 19】いくつかの実施形態による、グラフィカル・ユーザインターフェイスを使用して患者の解剖学的構造を表示する方法の概略図である。

【図 20】いくつかの実施形態による、グラフィカル・ユーザインターフェイスを使用して患者の解剖学的構造内の標的を表示する方法の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本開示の実施形態及びそれらの利点は、以下の詳細な説明を参照することにより最もよく理解される。1つ又は複数の図に示されている同様の要素を識別するために同様の参照符号が使用されており、その図中の表示は本開示の実施形態を例示する目的のためであり、本開示の実施形態を限定する目的のためではないことを理解されたい。

10

【0013】

以下の説明では、本開示と一致するいくつかの実施形態を説明する特定の詳細が記載される。実施形態の完全な理解を与えるために多数の特定の詳細が記載される。しかしながら、いくつかの実施形態が、これらの特定の詳細の一部又は全てがなくても実施し得ることは当業者には明らかであろう。本明細書に開示される特定の実施形態は、例示的であり、限定的ではないことを意味する。当業者は、本明細書に具体的に記載されていないが、本開示の範囲及び精神内にある他の要素を理解し得る。さらに、不要な繰返しを避けるために、1つの実施形態に関連して図示及び説明した1つ又は複数の特徴は、特に明記されない限り、或いは1つ又は複数の特徴によって実施形態が機能しなくなる場合を除き、他の実施形態に組み込むことができる。

20

【0014】

いくつかの例では、実施形態の態様を不必要に曖昧にしないように、周知の方法、手順、構成要素、及び回路について、詳細に説明していない。

【0015】

本開示は、様々な器具及び器具の一部を、3次元空間におけるそれら器具及び器具の一部の状態に関して説明する。本明細書で使用される場合に、用語「位置」は、3次元空間（例えば、直交 x 、 y 、及び z 座標に沿った3つの並進自由度）における物体又は物体の一部の位置を指す。本明細書で使用される場合に、用語「向き (orientation)」は、物体又は物体の一部の回転配置（3つの回転自由度、例えば、ロール、ピッチ、及びヨー）を指す。本明細書で使用される場合に、用語「姿勢 (pose)」は、物体又は物体の一部の少なくとも1つの並進自由度における位置と、物体又は物体の一部の少なくとも1つの回転自由度における向きと（最大6つの自由度）を指す。本明細書で使用される場合に、用語「形状」は、物体に沿って測定された姿勢、位置、又は向きのセットを指す。

30

【0016】

図1は、いくつかの実施形態による遠隔操作医療システム100の概略図である。いくつかの実施形態では、遠隔操作医療システム100は、例えば、手術処置、診断処置、治療処置、又は生検処置の使用に適し得る。図1に示されるように、医療システム100は、一般に、患者Pに対して様々な処置を行う際に医療器具104を操作するための遠隔操作マニピュレータアセンブリ102を含む。遠隔操作マニピュレータアセンブリ102は、手術台Tに又はその近くに取り付けられる。マスターアセンブリ106によって、オペレータ（図1に示されるように、例えば、外科医、臨床医、又は医師O）が、介入部位を見て、遠隔操作マニピュレータアセンブリ102を制御することができる。

40

【0017】

マスターアセンブリ106は、外科医コンソールに配置され得、外科医コンソールは、通常、患者Pが配置される手術台の側等の、手術台Tと同じ部屋に配置される。しかしながら、医師Oは、患者Pとは異なる部屋又は全く異なる建物に位置し得ることを理解されたい。マスターアセンブリ106は、一般に、遠隔操作マニピュレータアセンブリ102を制御するための1つ又は複数の制御装置を含む。制御装置は、ジョイスティック、トラックボール、データグローブ、トリガーガン、手動制御装置、音声認識装置、体動センサ

50

又は存在検出センサ等の任意数の様々な入力装置を含み得る。器具 104 を直接的に制御しているという強い感覚を医師 O に与えるために、制御装置には、関連する医療器具 104 と同じ自由度を与えてもよい。このように、制御装置は、医師 O にテレプレゼンス、つまり制御装置が医療器具 104 と一体であるという知覚を与える。

【0018】

いくつかの実施形態では、制御装置は、関連する医療器具 104 よりも多い又は少ない自由度を有してもよく、依然として医師 O にテレプレゼンスを与えることができる。いくつかの実施形態では、制御装置は、オプションで、6 自由度で動く手動入力装置であり得、この入力装置は、器具を作動させるための（例えば、把持頸部を閉じるための、電極に電位を印加するための、治療を送達するため等の）作動可能なハンドルも含み得る。

10

【0019】

遠隔操作マニピュレータアセンブリ 102 は、医療器具 104 を支持し、且つ 1 つ又は複数の非サーボ制御式リンク（例えば、手動で位置付けされ且つ所定位置に固定され得る 1 つ又は複数のリンク、一般にセットアップ構造と呼ばれる）の運動学的構造と、遠隔操作マニピュレータを含み得る。遠隔操作マニピュレータアセンブリ 102 は、オプションで、制御システム（例えば、制御システム 112）からのコマンドに応答して、医療器具 104 上の入力部を駆動させる複数のアクチュエータ又はモータを含み得る。アクチュエータは、オプションで、医療器具 104 に結合されたときに、医療器具 104 を自然に又は外科的に形成された解剖学的オリフィス内に前進させることができる駆動システムを含み得る。他の駆動システムは、医療器具 104 の先端部を多自由度で動かすことができ、この多自由度は、3 自由度の直線運動（例えば、X、Y、Z 座標軸に沿った直線運動）及び 3 自由度の回転運動（例えば、X、Y、Z 座標軸周りの回転）を含み得る。さらに、これらのアクチュエータを使用して、生検装置等の頸部において組織を把持するために医療器具 104 の関節運動可能なエンドエフェクタを作動させることができる。レゾルバ (resolver)、エンコーダ、ポテンショメータ、及び他の機構等のアクチュエータ位置センサは、モータシャフトの回転及び向きを示すセンサデータを医療システム 100 に提供することができる。この位置センサデータを使用して、アクチュエータによって操縦される物体の動きを決定することができる。

20

【0020】

遠隔操作医療システム 100 は、遠隔操作マニピュレータアセンブリ 102 の器具に関する情報を受信するための 1 つ又は複数のサブシステムを有するセンサシステム 108 を含み得る。このようなサブシステムは、位置／位置特定センサシステム（例えば、電磁 (EM) センサシステム）；医療器具 104 を構成し得る可撓性本体に沿って先端部及び／又は 1 つ又は複数のセグメントの位置、向き、速さ、速度、姿勢、及び／又は形状を決定するための形状センサシステム；及び／又は医療器具 104 の先端部から画像を取り込むための視覚化システムを含むことができる。

30

【0021】

遠隔操作医療システム 100 は、センサシステム 108 のサブシステムによって生成された手術部位及び医療器具 104 の画像又は表現を表示させるための表示システム 110 も含む。表示システム 110 及びマスターアセンブリ 106 は、医師 O がテレプレゼンスの知覚を使用して医療器具 104 及びマスターアセンブリ 106 を制御することができるように、向き合わせされ得る。

40

【0022】

いくつかの実施形態では、医療器具 104 は、視覚化システム（以下でさらに詳細に説明する）を含み得、この視覚化システムは、手術部位の同時又はリアルタイム画像を記録し、且つその画像を（表示システム 110 の 1 つ又は複数のディスプレイ等の）医療システム 100 の 1 つ又は複数のディスプレイを介してオペレータ又は医師 O に提供する視野スコープアセンブリを含み得る。同時画像は、例えば、手術部位内に位置付けされた内視鏡によって取り込まれた 2 次元又は 3 次元画像とすることができる。いくつかの実施形態では、視覚化システムは、医療器具 104 に一体的に又は取り外し可能に結合され得る内

50

視鏡要素を含む。しかしながら、いくつかの実施形態では、別個のマニピュレータアセンブリに取り付けられた別個の内視鏡を医療器具 104 と共に使用して、手術部位を撮像してもよい。視覚化システムは、（制御システム 112 のプロセッサを含み得る）1 つ又は複数のコンピュータプロセッサと対話するか、そうでなければそのプロセッサによって実行されるハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、又はこれらの組合せとして実装することができる。

【0023】

表示システム 110 は、視覚化システムによって取り込まれた手術部位及び医療器具の画像を表示することもできる。いくつかの例では、遠隔操作医療システム 100 は、医療器具の相対位置が医師 O の目及び手の相対位置と同様になるように、医療器具 104 及びマスターアセンブリ 106 の制御を構成（configure：設定）し得る。このように、医師 O は、医療器具 104 及び手コントロールを、あたかも実質的に真の存在下で作業空間を見ているかのように操縦することができる。真の存在とは、画像の提示が、医療器具 104 を物理的に操縦している医師の視点をシミュレートする真の透視画像であることを意味する。

【0024】

いくつかの例では、表示システム 110 は、コンピュータ断層撮影法（CT）、磁気共鳴画像法（MRI）、蛍光透視法、サーモグラフィ、超音波、光干渉断層法（OCT）、サーマルイメージング、インピーダンスイメージング、レーザーイメージング、ナノチューブ X 線イメージング等の画像化技術からの画像データを使用して術前又は術中に記録された手術部位の画像を提示することができる。術前又は術中の画像データは、2 次元、3 次元、又は 4 次元（例えば、時間ベース又は速度ベースの情報を含む）画像として、及び／又は術前又は術中の画像データセットから作成された表現（例えば、モデル）からの画像として提示することができる。

【0025】

いくつかの実施形態では、画像誘導医療処置の目的のために、大抵の場合、表示システム 110 は、医療器具 104 の実際の位置が表現（例えば、モデル）からの術前画像又は同時画像と位置合わせされる（すなわち、動的に参照される）仮想ナビゲーション画像を表示し得る。これは、医療器具 104 の視点から内部手術部位の仮想画像を医師 O に提示するために行われ得る。いくつかの例では、視点は、医療器具 104 のチップ（tip）からの視点であり得る。医療器具 104 のチップの画像及び／又は他のグラフィック又は英数字インジケータを仮想画像に重ね合わせて、医師 O が医療器具 104 を制御するのを補助することができる。いくつかの例では、医療器具 104 は仮想画像において見えないことがある。

【0026】

いくつかの実施形態では、表示システム 110 は、医療器具 104 の実際の位置を術前画像又は同時画像と位置合わせして、外部の視点からの手術部位内の医療器具 104 の仮想画像を医師 O に提示する仮想ナビゲーション画像を表示し得る。医療器具 104 又は他のグラフィック又は英数字のインジケータの一部の画像を仮想画像に重ね合わせて、医療器具 104 の制御の際に医師 O を補助することができる。本明細書で説明するように、データ点の視覚的表現を表示システム 110 にレンダリングしてもよい。例えば、測定したデータ点、移動したデータ点、位置合わせしたデータ点、及び本明細書に記載の他のデータ点を、表示システム 110 上に視覚的表現で表示してもよい。データ点は、表示システム 110 上の複数の点又はドットによって、或いはデータ点のセットに基づいて作成されたメッシュ又はワイヤモデル等のレンダリング表現（例えば、モデル）として、ユーザインターフェイスに視覚的に表すことができる。いくつかの例では、データ点を、それらデータ点が表すデータに従って色分けしてもよい。いくつかの実施形態では、データ点を変更するために各処理動作を実施した後に、視覚的表現を表示システム 110 でリフレッシュすることができる。

【0027】

遠隔操作医療システム１００は、制御システム１１２も含み得る。制御システム１１２は、医療器具１０４と、マスターアセンブリ１０６と、センサシステム１０８と、表示システム１１０との間の制御を行うための少なくとも１つのコンピュータプロセッサ（図示せず）及び少なくとも１つのメモリを含む。制御システム１１２は、表示システム１１０に情報を提供するための命令を含む、本明細書に開示される態様に従って説明される方法の一部又は全てを実施するためのプログラム命令（例えば、命令を記憶する非一時的な機械可読媒体）も含む。制御システム１１２が図１の概略図において単一のブロックとして示されているが、システムは、２つ以上のデータ処理回路を含み得、その処理の一部がオプションで遠隔操作マニピュレータアセンブリ１０２上又はその近傍で実行され、処理の別の部分がマスターアセンブリ１０６等で実行される。制御システム１１２のプロセッサは、本明細書に開示され且つ以下でより詳細に説明するプロセスに対応する指示を含む命令を実行することができる。多種多様な集中型又は分散型データ処理アーキテクチャのいずれも使用することができる。同様に、プログラム命令は、複数の別々のプログラム又はサブルーチンとして実装してもよく、或いはそれら命令は、本明細書に記載される遠隔操作システムの複数の他の態様に統合してもよい。一実施形態では、制御システム１１２は、ブルートゥース（登録商標）、IrDA、ホームRF、IEEE 802.11、DEC T、及び無線テレメトリ等の無線通信プロトコルをサポートする。

【００２８】

いくつかの実施形態では、制御システム１１２は、医療器具１０４から力及び／又はトルクフィードバックを受信し得る。フィードバックに応答して、制御システム１１２は、マスターアセンブリ１０６に信号を送信し得る。いくつかの例では、制御システム１１２は、遠隔操作マニピュレータアセンブリ１０２の１つ又は複数のアクチュエータに命令する信号を送信して、医療器具１０４を動かすことができる。医療器具１０４は、患者Ｐの身体の開口部を介して患者Ｐの身体内の内部手術部位内に延びることができる。任意の適切な従来の及び／又は専用のアクチュエータを使用してもよい。いくつかの例では、１つ又は複数のアクチュエータは、遠隔操作マニピュレータアセンブリ１０２とは別個であるか、又は遠隔操作マニピュレータアセンブリ１０２と一体化され得る。いくつかの実施形態では、１つ又は複数のアクチュエータ及び遠隔操作マニピュレータアセンブリ１０２は、患者Ｐ及び手術台Ｔに隣接して位置付けされる遠隔操作カートの一部として設けられる。

【００２９】

制御システム１１２は、オプションで、画像誘導医療処置中に医療器具１０４を制御するときに、医師Ｏにナビゲーション支援を与えるための仮想視覚化システムをさらに含む得る。仮想視覚化システムを使用する仮想ナビゲーションは、解剖学的通路の取得した術前又は術中データセットへの参照に基づき得る。仮想視覚化システムは、コンピュータ断層撮影法（ＣＴ）、磁気共鳴画像法（ＭＲＩ）、蛍光透視法、サーモグラフィ、超音波、光干渉断層法（ＯＣＴ）、サーマルイメージング、インピーダンスイメージング、レーザーイメージング、ナノチューブＸ線イメージング等の画像化技術を使用して画像化された手術部位の画像を処理する。手動入力と組み合わせて使用され得るソフトウェアを使用して、記録した画像を、部分的又は全体的な解剖学的器官又は解剖学的領域のセグメント化された２次元又は３次元の合成表現に変換する。画像データセットは合成表現に関連付けられる。合成表現及び画像データセットは、通路の様々な位置及び形状並びにそれらの接続性を示す。合成表現を生成するために使用される画像は、臨床診断中に、術前又は術中に記録してもよい。いくつかの実施形態では、仮想視覚化システムは、標準的表現（すなわち、患者固有ではない）又は標準的表現と患者固有のデータとのハイブリッドを使用してもよい。合成表現及びこの合成表現によって生成される任意の仮想画像は、１つ又は複数の運動段階中（例えば、肺の吸気／呼気サイクル中）の変形可能な解剖学的領域の静的姿勢を表すことができる。

【００３０】

仮想ナビゲーション手順の間に、センサシステム１０８を使用して、患者Ｐの解剖学的構造に対する医療器具１０４のおおよその位置を計算することができる。この位置を使用

して、患者Pの解剖学的構造のマクロレベル（外部）追跡画像と患者Pの解剖学的構造の仮想内部画像との両方を生成することができる。このシステムは、手術前に記録した医療画像と共に医療器具を位置合わせ及び表示するために、1つ又は複数の電磁（EM）センサ、光ファイバセンサ、及び／又は他のセンサを実装し得る。例えば、（2011年5月13日に出願された）米国特許出願第13／107,562号（“Medical System Providing Dynamic Registration of a Model of an Anatomic Structure for Image-Guided Surgery”を開示する）がそのような1つのシステムを開示しており、この文献は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。遠隔操作医療システム100は、照明システム、操縦制御システム、洗浄システム、及び／又は吸引システム等のオプションの操作及びサポートシステム（図示せず）をさらに含み得る。いくつかの実施形態では、遠隔操作医療システム100は、2つ以上の遠隔操作マニピュレータアセンブリ及び／又は2つ以上のマスターアセンブリを含み得る。遠隔操作マニピュレータアセンブリの正確な数は、他の要因の中でも、医療処置及び手術室内の空間的制約に左右されるであろう。マスターアセンブリ106は、並置してもよく、又はそれらアセンブリは別々の位置に位置付けしてもよい。複数のマスターアセンブリによって、2人以上のオペレータが1つ又は複数の遠隔操作マニピュレータアセンブリを様々な組合せで制御するのを可能にする。

【0031】

図2Aは、いくつかの実施形態による医療器具システム200の概略図である。いくつかの実施形態では、医療器具システム200は、遠隔操作医療システム100を使用して行われる画像誘導医療処置において医療器具104として使用され得る。いくつかの例では、医療器具システム200は、非遠隔操作診查处置、又は内視鏡検査等の従来の手動操作式医療器具に関連する処置に使用され得る。オプションで、医療器具システム200を使用して、患者P等の患者の解剖学的通路内の位置に対応するデータ点のセットを収集（すなわち、測定）することができる。

【0032】

医療器具システム200は、駆動ユニット204に結合された細長い装置202を含む。細長い装置202は、基端部217及び先端部又はチップ部分218を有する可撓性本体216を含む。いくつかの実施形態では、可撓性本体216は約3mmの外径を有する。他の可撓性本体の外径は、これより大きくても小さくてもよい。

【0033】

医療器具システム200は、以下でさらに詳細に説明するように、1つ又は複数のセンサ及び／又は撮像装置を使用して、先端部218の可撓性本体216の及び／又は可撓性本体216に沿った1つ又は複数のセグメント224の位置、向き、速さ、速度、姿勢、及び／又は形状を決定する追跡システム230をさらに含む。先端部218と基端部217との間の可撓性本体216の全長は、複数のセグメント224に効果的に分割され得る。医療器具システム200が遠隔操作医療システム100の医療器具104と一致する場合に、追跡システム230は、センサシステム108の構成要素であってもよい。追跡システム230は、オプションで、（図1の制御システム112のプロセッサを含み得る）1つ又は複数のコンピュータプロセッサと対話するか、そうでなければそれらプロセッサによって実行されるハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、又はこれらの組合せとして実装することができる。

【0034】

追跡システム230は、オプションで、形状センサ222を使用して先端部218及び／又は1つ又は複数のセグメント224を追跡することができる。形状センサ222は、オプションで、可撓性本体216と位置合わせされた（例えば、内部チャンネル（図示せず）内に設けられる又は外部に取り付けられる）光ファイバを含み得る。一実施形態では、光ファイバは約200µmの直径を有する。他の実施形態では、寸法はこれより大きくても小さくてもよい。形状センサ222の光ファイバは、可撓性本体216の形状を決定するための光ファイバ曲げセンサを形成する。一代替形態では、ファイバブラッ

グ格子 (FBGs) を含む光ファイバーを使用して、構造内の 1 次元以上の歪み測定値を得る。光ファイバーの形状及び相対位置を 3 次元で監視するための様々なシステム及び方法が、(2005 年 7 月 13 日に出版された) 米国特許出願第 11/180,389 号 (“Fiber optic position and shape sensing device and method relating thereto” を開示する) ; (2004 年 7 月 16 日に出版された) 米国特許出願第 12/047,056 号 (“Fiber-optic shape and relative position sensing” を開示する) ; (1998 年 6 月 17 日に出版された) 米国特許第 6,389,187 号 (“Optical Fibre Bend Sensor” を開示する) に記載されており、これら全ての文献は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

いくつかの実施形態におけるセンサは、レイリー散乱、ラマン散乱、ブリルアン散乱、及び蛍光散乱等の他の適切な歪み感知技術を使用することができる。いくつかの実施形態では、可撓性本体 216 の形状は他の技術を使用して決定してもよい。例えば、可撓性本体 216 の先端部の姿勢の履歴を使用して、その期間に亘った可撓性本体 216 の形状を再構成することができる。いくつかの実施形態では、追跡システム 230 は、オプションで及び／又は追加的に、位置センサシステム 220 を使用して先端部 218 を追跡し得る。位置センサシステム 220 は、外部で発生する電磁場に曝され得る 1 つ又は複数の導電コイルを含む、位置センサシステム 220 を有する EM センサシステムの構成要素であり得る。次に、EM センサシステム 220 の各コイルは、外部で発生した電磁場に対するコイルの位置及び向きに依存する特性を有する誘導電気信号を生成する。いくつかの実施形態では、位置センサシステム 220 は、6 つの自由度、例えば 3 つの位置座標 X、Y、Z、及び基点のピッチ、ヨー、及びロールを示す 3 つの方位角 (orientation angles)、又は 5 つの自由度、例えば 3 つの位置座標 X、Y、Z、及び基点のピッチ及びヨーを示す 2 つの方位角を測定するように構成及び位置付けされ得る。位置センサシステムの更なる説明は、(1999 年 8 月 11 日に出版された) 米国特許第 6,380,732 号 (“Six-Degree of Freedom Tracking System Having a Passive Transponder on the Object Being Tracked” を開示する) に提供されており、この文献は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0035】

いくつかの実施形態では、追跡システム 230 は、代替的に及び／又は追加的に、呼吸等の交互運動のサイクルに沿った器具システムの既知の点について記憶した過去の姿勢、位置、又は向きデータに依拠し得る。この記憶したデータを使用して、可撓性本体 216 に関する形状情報を具現化する (develop) ことができる。いくつかの例では、位置センサ 220 のセンサと同様の電磁 (EM) センサ等の一連の位置センサ (図示せず) が、可撓性本体 216 に沿って位置付けされ、その後形状検知に使用され得る。いくつかの例では、特に解剖学的通路が略静的である場合に、処置中に取得したこれらのセンサのうちの 1 つ又は複数からのデータの履歴を使用して、細長い装置 202 の形状を表すことができる。

【0036】

可撓性本体 216 は、医療器具 226 を受容するようにサイズ決め及び形状決めされたチャンネル 221 を含む。図 2B は、いくつかの実施形態による伸張状態の医療器具 226 を含む可撓性本体 216 の概略図である。いくつかの実施形態では、医療器具 226 は、手術、生検、焼灼、照明、洗浄、又は吸引等の処置に使用され得る。医療器具 226 は、可撓性本体 216 のチャンネル 221 を通して展開され、解剖学的構造内の標的位置で使用され得る。医療器具 226 は、例えば、画像取込みプローブ、生検器具、レーザー焼灼ファイバー、及び／又は他の手術用ツール、診断用ツール、又は治療用ツールを含み得る。医療用ツールは、メス、ブラント (blunt) ブレード、光ファイバー、電極等の単一の作業部材を有するエンドエフェクタを含み得る。他のエンドエフェクタは、例えば、鉗子、把持器、はさみ、クリップアプライヤ等を含み得る。他のエンドエフェクタは、電気外科用電極、トランスデューサ、センサ等の電氣的に起動されるエンドエフェクタをさらに含み得る。様々な実施形態では、医療器具 226 は生検器具であり、この生検器具は、標的

解剖学的構造の位置からサンプル組織又は細胞のサンプルを取り出すために使用され得る。医療器具 226 は、可撓性本体 216 内でも画像取込みプローブと共に使用することができる。様々な実施形態では、医療器具 226 は、可撓性本体 216 の先端部 218 に又はその近くに立体カメラ又はモノスコープカメラを有する先端部分を含む画像取込みプローブであり得、その画像取込みプローブは、先端部 218 及び／又は 1 つ又は複数のセグメント 224 の追跡をサポートするために追跡システム 230 に表示及び／又は提供される、視覚化システム 231 によって処理される画像（ビデオ画像を含む）を取り込む。画像取込みプローブは、取り込んだ画像データを送信するためにカメラに結合されるケーブルを含み得る。いくつかの例では、画像取込み器具は、可視化システム 231 に結合する、ファイバースコープ等の光ファイバー束であり得る。画像取込み器具は、例えば 1 つ又は複数の可視、赤外線、紫外線のスペクトルで画像データを取り込む、単一又はマルチスペクトルであり得る。あるいはまた、医療器具 226 自体が画像取込みプローブであり得る。医療器具 226 は、処置を行うためにチャンネル 221 の開口部から前進させられ、次に処置が完了したときにチャンネル内に引き戻され得る。医療器具 226 は、可撓性本体 216 の基端部 217 から、又は可撓性本体 216 に沿って別のオプションの器具ポート（図示せず）から取り外され得る。

【0037】

医療器具 226 は、その基端部と先端部との間に延びて医療器具 226 の先端部を制御可能に曲げるケーブル、リンク機構、又は他の作動制御装置（図示せず）をさらに収容することができる。操縦可能な器具は、（2005 年 10 月 4 日に出願された）米国特許第 7,516,681 号（“Articulated Surgical Instrument for Performing Minimally Invasive Surgery with Enhanced Dexterity and Sensitivity”を開示する）及び（2008 年 9 月 30 日に出願された）米国特許出願第 12/286,644 号（“Passive Preload and Capstan Drive for Surgical Instrument”を開示する）に詳細に記載されており、これらの文献は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0038】

可撓性本体 216 は、駆動ユニット 204 と先端部 218 との間に延びて例えば先端部 218 の破線表示 219 によって示されるように先端部 218 を制御可能に曲げるケーブル、リンク機構、又は他の操縦制御装置（図示せず）を収容することもできる。いくつかの例では、少なくとも 4 本のケーブルを使用して、先端部 218 のピッチ運動を制御するための独立した「上下」操縦及び先端部 281 のヨー運動を制御するための「左右」操縦を提供する。操縦可能なカテーテルが、（2011 年 10 月 14 日に出願された）米国特許出願第 13/274,208 号（“Catheter with Removable Vision Probe”を開示する）に詳細に記載されており、この文献は、その全体が参照により本明細書に組み入れられる。医療器具システム 200 が遠隔操作アセンブリによって作動される実施形態では、駆動ユニット 204 は、遠隔操作アセンブリのアクチュエータ等の駆動要素に取り外し可能に結合し、その駆動要素から動力を受け取る駆動入力部を含み得る。いくつかの実施形態では、医療器具システム 200 は、医療器具システム 200 の動きを手動で制御するための把持機構、手動アクチュエータ、又は他の構成要素を含み得る。細長い装置 202 は操縦可能であり得、あるいはまた、システムは、先端部 218 の曲げのオペレータ制御のための一体化機構を含まない非操縦型（non-steerable）であり得る。いくつかの例では、それを通して医療器具を標的の手術位置に展開して使用することができる 1 つ又は複数の管腔が、可撓性本体 216 の壁内に規定される。

【0039】

いくつかの実施形態では、医療器具システム 200 は、肺の検査、診断、生検、又は治療に使用するための、気管支鏡又は気管支カテーテル等の可撓性気管支用器具を含み得る。医療器具システム 200 は、結腸、腸、腎臓及び腎杯、脳、心臓、血管系を含む循環系等を含む様々な解剖学系のいずれかにおいて、自然に又は外科的に形成された接続通路を介した他の組織のナビゲーション及び治療にも適している。

【0040】

追跡システム230からの情報は、ナビゲーションシステム232に送られ、そこで視覚化システム231及び／又は術前に得られた表現（例えば、モデル）からの情報と組み合わせられて、医師、臨床医、外科医、又は他のオペレータにリアルタイムの位置情報を提供することができる。いくつかの例では、リアルタイムの位置情報は、医療器具システム200の制御に使用するために、図1の表示システム110に表示され得る。いくつかの例では、図1の制御システム116は、医療器具システム200を位置付けするためのフィードバックとして位置情報を利用することができる。光ファイバーセンサを使用して手術用器具を手術用画像と位置合わせして表示するための様々なシステムが、（2011年5月13日に出願された）米国特許出願第13／107,562号（“Medical System Providing Dynamic Registration of a Model of an Anatomic Structure for Image-Guided Surgery”を開示する）に提供されており、この文献は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

10

【0041】

いくつかの例では、医療器具システム200は、図1の医療システム100内で遠隔操作され得る。いくつかの実施形態では、図1の遠隔操作マニピュレータアセンブリ102は、直接的なオペレータ制御に替えることができる。いくつかの例では、直接的なオペレータ制御は、器具の手持ち式操作のための様々なハンドル及びオペレータインターフェイスを含み得る。

【0042】

20

図3A及び図3Bは、いくつかの実施形態による、挿入アセンブリに取り付けられた医療器具を含む患者座標空間の側面図の概略図である。図3A及び図3Bに示されるように、手術環境300には、プラットフォーム302上に位置付けされる患者Pが含まれる。患者の総体的な動きが鎮静作用、拘束、及び／又は他の手段によって制限されるという意味で、患者Pは手術環境内で静止し得る。患者が呼吸動作を一時的に中断するべく息を止めるように頼まれない限り、患者Pの呼吸及び心臓運動を含む周期的な解剖学的運動は継続し得る。従って、いくつかの実施形態では、データは、呼吸の特定の段階で収集され、その段階でタグ付けされ識別され得る。いくつかの実施形態では、データが収集される段階は、患者Pから収集された生理学的情報から推測され得る。手術環境300内では、点収集器具（point gathering instrument）304が、器具キャリッジ306に結合される。いくつかの実施形態では、点収集器具304は、EMセンサ、形状センサ、及び／又は他のセンサモダリティを使用することができる。器具キャリッジ306は、手術環境300内に固定された挿入ステージ308に取り付けられる。あるいはまた、挿入ステージ308は、手術環境300内で移動可能であるが（例えば、追跡センサ又は他の追跡装置を介して）既知の位置を有し得る。器具キャリッジ306は、遠隔操作マニピュレータアセンブリ（例えば、遠隔操作マニピュレータアセンブリ102）の構成要素であり、それは点収集器具304に結合して、挿入動作（すなわち、A軸に沿った動作）及びオプションで細長い装置310の先端部318のヨー、ピッチ、及びロールを含む複数の方向の動作を制御する。器具キャリッジ306又は挿入ステージ308は、挿入ステージ308に沿った器具キャリッジ306の動きを制御するサーボモータ（図示せず）等のアクチュエータを含み得る。

30

40

【0043】

細長い装置310は、器具本体312に結合される。器具本体312は、器具キャリッジ306に対して結合され固定される。いくつかの実施形態では、光ファイバー形状センサ314が、器具本体312上の基端点316に固定される。いくつかの実施形態では、光ファイバー形状センサ314の基端点316は器具本体312と共に移動可能であり得るが、基端点316の位置は（例えば、追跡センサ又は他の追跡装置によって）既知であり得る。形状センサ314は、基端点316から細長い装置310の先端部318等の別の点までの形状を測定する。点収集器具304は、医療器具システム200と実質的に同様であり得る。

50

【0044】

位置測定装置320は、器具本体312が挿入軸線Aに沿って挿入ステージ308上を移動するときの器具本体312の位置に関する情報を提供する。位置測定装置320は、器具キャリッジ306の動き、従って器具本体312の動きを制御するアクチュエータの回転及び／又は向きを決定するレゾルバ、エンコーダ、ポテンシオメータ、及び／又は他のセンサを含み得る。いくつかの実施形態では、挿入ステージ308は直線的である。いくつかの実施形態では、挿入ステージ308は、湾曲してもよく、又は湾曲部分と直線部分との組合せを有してもよい。

【0045】

図3Aは、挿入ステージ308に沿った後退位置にある器具本体312及び器具キャリッジ306を示す。この後退位置では、基端点316は軸線A上の位置L0にある。挿入ステージ308に沿ったこの位置では、基端点316の位置のA成分は、ゼロ及び／又は別の基準値に設定されてベース基準を提供し、挿入ステージ308上の器具キャリッジ306の位置、従って基端点316を示し得る。器具本体312及び器具キャリッジ306のこの後退位置では、細長い装置310の先端部318は、患者Pの入口オリフィスの直ぐ内側に位置付けされ得る。この位置においても、位置測定装置320は、ゼロ及び／又は別の基準値（例えば、 $I=0$ ）に設定され得る。図3Bでは、器具本体312及び器具キャリッジ306は挿入ステージ308の直線軌道に沿って前進し、細長い装置310の先端部318は患者P内に前進している。この前進位置では、基端点316は軸線A上の位置L1にある。いくつかの例では、挿入ステージ308に沿った器具キャリッジ306の動きを制御する1つ又は複数のアクチュエータ、及び／又は、器具キャリッジ306及び／又は挿入ステージ308に関連する1つ又は複数の位置センサからのエンコーダ及び／又は他の位置データを使用して、位置L0に対する基端点316の位置Lxを決定する。いくつかの例では、位置Lxは、細長い装置310の先端部318が患者Pの解剖学的構造の通路内に挿入される距離又は挿入深さのインジケータとしてさらに使用され得る。

【0046】

例示的な用途において、医療器具システム200等の医療器具システムは、肺生検処置で使用するためのロボットカテーテルシステムを含み得る。ロボットカテーテルシステムのカテーテルは、気道内の位置に送達される内視鏡、気管支内超音波（EBUS）プローブ、治療ツール、及び／又は生検ツール等のツールの導管を提供し、ここで気道には、病変部、結節部、腫瘍部等の、肺生検の1つ又は複数の標的が存在する。カテーテルが解剖学的構造を介して駆動されるときに、典型的に、外科医O等の臨床医がカテーテルの先端部のライブカメラフィード（live camera feed）を監視できるように、内視鏡が設置される。ライブカメラフィード及び／又は他のリアルタイムナビゲーション情報は、グラフィカル・ユーザインターフェイスを介して臨床医に表示され得る。

【0047】

ロボットカテーテルシステムを使用して生検処置を行う前に、生検処置を計画するために術前計画ステップが実行され得る。術前計画ステップには、患者のCTスキャンをセグメント化して解剖学的構造の3次元表現（例えば、3Dモデル）を作成すること、3Dモデル内の標的を選択すること、モデル内の気道を決定すること、気道を拡張させて(growing)気道の接続ツリーを形成すること、及び接続ツリーを介した標的への経路を計画することが含まれ得る。これらのステップの1つ又は複数のは、生検を行うために使用される同じロボットカテーテルシステムで、異なる医療器具システムで、及び／又は術前計画専用のワークステーション等のスタンドアロンプロセッサ等で実行してもよい。生検処置の計画は、（例えば、1つ又は複数のデジタルファイルとして）保存され、生検処置を行うために使用されるロボットカテーテルシステムに転送され得る。保存された計画には、3Dモデル、気道の識別、標的位置、標的位置への経路等が含まれ得る。術前計画ステップをサポートするグラフィカル・ユーザインターフェイスの例は、同時出願の米国仮特許出願（代理人整理番号ISRG10600PROV/US/70228.613PV01）に記載されており、この文献は、参照により本明細書に組み込まれる。

【0048】

計画がロボットカテーテルシステムに転送されるとき、解剖学的構造の3Dモデルが実際の患者の解剖学的構造及び／又は患者の解剖学的構造内のカテーテルに位置合わせされる。その結果、カテーテルのリアルタイムの位置及び向きを、3Dモデルに投影し、且つグラフィカル・ユーザインターフェイスを介して表示することができる。その後、臨床医は、グラフィカル・ユーザインターフェイスでナビゲーションの進捗状況を監視しながら、解剖学的構造を介してカテーテルの駆動を進めることができる。例えば、臨床医は、保存された計画内の所定の経路に沿ってカテーテルを駆動して、標的位置にナビゲートし、及び／又は標的位置で生検を行うことができる。

【0049】

上述した肺生検処置を含むがこれに限定されない医療処置を監視するためのグラフィカル・ユーザインターフェイスの例示的な実施形態を以下に提供する。グラフィカル・ユーザインターフェイスには、解剖学的構造への3Dモデルの位置合せを監視するために使用される位置合せモード、解剖学的構造内の標的位置への医療器具のナビゲーションを監視するために使用されるナビゲーションモード、及び標的位置での介入ステップのパフォーマンス(performance)を監視するために使用されるパフォーマンスモードが含まれ得る。グラフィカル・ユーザインターフェイスのいくつかの態様は、2016年6月30日に出願された、“Graphical User Interface for Displaying Guidance Information During and Image-Guided Procedure”という名称の米国仮特許出願62／357,217号、及び2017年6月30日に出願された、“Graphical User Interface for Displaying Guidance Information in a Plurality of Modes During and Image-Guided Procedure”という名称の米国仮特許出願62／357,258号に記載される特徴と同様であり、これらの文献は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0050】

図4は、いくつかの実施形態による、表示システム110等の表示システム上に表示可能なグラフィカル・ユーザインターフェイス400の概略図である。グラフィカル・ユーザインターフェイス400は、外科医等の臨床医が見ることができる1つ又は複数のビュー(vIEWS)において医療処置に関連する情報を表示する。ビューの例示的な配置が図4に示されているが、グラフィカル・ユーザインターフェイス400は、任意の適切な配置で及び／又は任意の適切な数の画面に、任意の適切な数のビューを表示できることを理解されたい。いくつかの例では、同時に表示されるビューの数は、ビューを開くこと及び閉じること、ビューの最小化及び最大化、グラフィカル・ユーザインターフェイス400の前景と背景との間のビューの移動、画面同士の間の切替え、及び／又は他にビューを完全に又は部分的に覆い隠すことによって変更され得る。同様に、ビューの配置(サイズ、形状、向き、順序(重なり合うビューの場合)等)は、変更され得るか、及び／又はユーザ設定可能であり得る。

【0051】

いくつかの例では、グラフィカル・ユーザインターフェイス400に表示されるビューは、関連する情報への迅速なアクセスを容易にするために体系化されたスキームで配置され得る。図4は、そのような1つの体系化スキームの例示的な例を示しているが、他の多くの体系化スキームが可能である。図4に示されるように、グラフィカル・ユーザインターフェイス400は、1つ又は複数のグローバル(global: 全体的な)ビュー410を表示する上部と、1つ又は複数のコンパクト(compact)ビュー420を表示する中間部と、1つ又は複数のローカル(local)ビュー430を表示する下部とを含む。グローバルビュー410は、一般に、医療処置の現在の状態の詳細な画像を臨床医に提供する医療処置の全体的な態様を表示する。コンパクトビュー420は、一般に、臨床医による迅速な理解を容易にするために、簡略化され整頓されたフォーマットで医療処置に関する縮小した情報のセットを表示する。ローカルビュー430は、一般に、医療器具によってリアルタ

10

20

30

40

50

ィムで行われる動き及び／又は介入ステップを監視する医療処置の局所的な態様を表示する。グローバルビュー、コンパクトビュー、及びローカルビュー４１０～４３０の例については、図５Ａ～図５Ｄを参照して以下でより詳細に議論する。

【００５２】

いくつかの例では、グローバルビュー、コンパクトビュー、及びローカルビュー４１０～４３０は、図４に示されるもの以外の様々な構成で配置され得る。例えば、グラフィカル・ユーザインターフェイス４００は、グローバルビュー４１０が左側に位置付けられ、コンパクトビュー４２０が中央に上下方向に向き合わせられ、ローカルビュー４３０が右側に位置付けされる一望（landscape）レイアウトを有することができる。いくつかの例では、図４に示されるように、グローバルビュー、コンパクトビュー、及びローカルビュー４１０～４３０をグラフィカル・ユーザインターフェイス４００全体に拡げてもよく、それによってグラフィカル・ユーザインターフェイス４００を専用領域に分割できなくなる。いくつかの例では、グラフィカル・ユーザインターフェイス４００は、図４に示されたものに加えて、様々なビュー、コントロール、インジケータ等を含み得る。例えば、グラフィカル・ユーザインターフェイス４００は、ヘッダー、フッター、１つ又は複数のサイドバー、メッセージバー、ポップアップウィンドウ、背景、オーバーレイ等を含み得る。

【００５３】

グラフィカル・ユーザインターフェイス４００は、医療処置の様々な段階で異なるモードで操作され得る。いくつかの例では、体系化スキームは、グラフィカル・ユーザインターフェイス４００のモードに基づいて変化し得る。各モードでは、医療処置の現在の段階で利用可能な及び／又は関連する情報を伝えるためにビューの配置を選択することができる。いくつかの例では、モードは、以下で議論するように、位置合せモード、ナビゲーションモード、及び／又はパフォーマンスモードを含み得る。いくつかの例では、単一のモードとして動作するように、様々なモードが互いに重複し、及び／又は互いにシームレスに移行することができる。例えば、ナビゲーションモード及びパフォーマンスモードは、これらモードが単一のハイブリッド型ナビゲーション及びパフォーマンスモードと見なされるようにシームレスに移行することができる。

【００５４】

図５Ａ～５Ｄは、いくつかの実施形態による、複数のモードのグラフィカル・ユーザインターフェイス５００の概略図である。図４と一致するいくつかの実施形態によれば、グラフィカル・ユーザインターフェイス５００は、グラフィカル・ユーザインターフェイス４００に対応し得る。従って、グラフィカル・ユーザインターフェイス５００は、外科医等の臨床医が見ることができる１つ又は複数のビューにおいて医療処置に関連する情報を表示する。いくつかの例では、グラフィカル・ユーザインターフェイス５００、及び／又は、グローバルビュー５１０、コンパクトビュー５２０、及びローカルビュー５３０内の選択ウィンドウ又はビューをタッチスクリーン等のＩ／Ｏ装置上に表示して、グラフィカル・ユーザインターフェイスを制御及び／又は設定するためのユーザ入力を受け取ることができる。例えば、ユーザ入力により、臨床医が、配置、ズーム、視点、回転、配色、及び／又はグラフィカル・ユーザインターフェイス５００の構成及び／又は外観の他の態様を制御することができる。いくつかの例では、ユーザ入力は、スタンドアロン型制御コンソール等の別の入力装置を介して受け取られる場合がある。いくつかの例では、グラフィカル・ユーザインターフェイス５００がユーザによって設定可能でない場合等に、ユーザ入力装置を省略してもよい。

【００５５】

図５Ａは、位置合せモードのグラフィカル・ユーザインターフェイス５００を示す。位置合せモードは、医療処置の開始時に解剖学的構造への３Ｄモデルの位置合せを監視及び支援するために使用される。例示的な位置合せプロセスにおいて、臨床医は、位置特定センサ（例えば、形状センサ、電磁（ＥＭ）センサ等）を含むカテーテル等の器具を解剖学的構造の様々な部分に駆動して、位置合せデータを収集する。例えば、解剖学的構造が肺に対応する場合に、臨床医は、カテーテルを、右中葉、左中葉、主気管支幹等に対応する

肺の部分に駆動させることができる。形状センサ 2 2 2 等の位置特定センサを使用して、カテーテルが解剖学的構造の様々な部分に駆動される際に、センサ基準フレーム内のカテーテルの位置及び向きを規定する一連の点を決定する。一連の点は、追加的に又は代替的に、例えば、挿入、仰角、及び／又はセットアップ関節軸線のエンコード位置を使用して、ロボットセンサフレームに参照され得る。一連の点は、反復最近傍点（ICP）アルゴリズム及び／又は他の類似のアルゴリズム等の位置合せ手法を使用して 3 D モデルに位置合わせされる点群（point cloud）を形成する。いくつかの実施形態では、位置合せの精度を促進及び／又は向上させるためにカテーテルをどこに駆動するかに関するガイダンス情報を臨床医に提供することができる。

【0056】

従って、位置合せモードのグラフィカル・ユーザインターフェイス 500 は、位置合せプロセスの監視を容易にする 1 つ又は複数のビューを示すことができる。いくつかの例では、グラフィカル・ユーザインターフェイス 500 は、グローバルビュー 410 に対応する 1 つ又は複数のグローバルビュー 510 を表示することができる。図 5 A に示されるように、位置合せモードのグローバルビュー 510 は、それぞれ正面視点及び側面視点からの一対の動的な点群ビュー 511 及び 512 を含む。ユーザ設定可能な視点及び／又は臨床医がリアルタイムで調整可能な（例えば、ズーム、回転、外観等を調整するためのコントロールを使用する）視点を含む他の視点を使用できることを理解されたい。動的な点群ビュー 511 及び 512 は、点群の 3 次元表現を表示し、且つ点群にさらに点が追加される際に継続的に更新される。いくつかの例では、点群が合理的な精度で解剖学的構造に表現を位置合わせするのに十分な量のデータを含む場合に、点群の 3 次元表現は、動的な点群ビュー 511 及び 512 でレンダリングされ得る。動的な点群ビューの例については、図 6 A ～図 6 B を参照して以下でより詳細に議論する。

【0057】

いくつかの例では、位置合せモードのグラフィカル・ユーザインターフェイス 500 は、コンパクトビュー 420 に対応するコンパクトビューを表示しない場合がある。特に、コンパクトビュー 420 の 1 つ又は複数の部分は、位置合せが完了するまで利用できない場合がある。代わりに、位置合せモードのグラフィカル・ユーザインターフェイス 500 は、ステータス情報 521 を表示してもよい。図 5 A に示されるように、ステータス情報 521 は、「気道情報を構築している」というメッセージ及び待機アイコンを含む。

【0058】

いくつかの例では、位置合せモードのグラフィカル・ユーザインターフェイス 500 は、ローカルビュー 410 に対応する 1 つ又は複数のローカルビュー 530 を表示することができる。図 5 A に示されるように、ローカルビュー 530 は、ライブカメラフィールド 531 及び動的な位置合せガイダンスビュー 532 を含む。ライブカメラフィールド 531 は、医療器具の先端部に位置付けされた内視鏡から受信したリアルタイム画像を表示する。動的な位置合せガイダンスビューの例については、図 7 A ～図 7 B を参照して以下でさらに詳細に議論する。ライブカメラフィールドの例については、図 12 A ～図 12 B を参照して以下でさらに詳細に議論する。

【0059】

図 5 A に示されるように、グラフィカル・ユーザインターフェイス 500 は、ヘッダー 541 及びメッセージバー 542 をさらに含む。ヘッダー 541 は、タイトル（例えば、「気道位置合せの実行」）及び患者情報を表示する。いくつかの例では、ヘッダー 541 は、グラフィカル・ユーザインターフェイス 500 のモード同士の間を移行するためのモード移行ボタンを含み得る。メッセージバー 542 は、処置の次のステップの臨床医に知らせるために使用され得る 1 つ又は複数のメッセージ（例えば、「コントローラ画面で位置合せを確認して標的へのナビゲートを開始する」）を表示し、臨床医にリマインダー（例えば、「位置合せ中に息止めタイマーを使用する」）を送信し、臨床医に危険部を警告等する。いくつかの実施形態では、メッセージバー 542 の外観（例えば、色、サイズ、質感、フォント等）は、メッセージのタイプに応じて変化し得る。例えば、警告メッセー

10

20

30

40

50

ジが赤で表示され得る。表示するメッセージがない場合に、メッセージバー 5 4 2 は非表示になる場合がある。

【0060】

いくつかの例では、グラフィカル・ユーザインターフェイス 5 0 0 は、駆動カインジケータ 5 4 3 及び曲げインジケータ 5 4 4 を含み得る。いくつかの実施形態では、曲げインジケータ 5 4 4 は、生検針等のツールがカテーテルを通過できないほどきつい (tight) 半径でカテーテルの 1 つ又は複数のセグメントが曲げられるようにカテーテルが解剖学的構造内に位置付けされた場合に、臨床医に警告するために使用され得る。例えば、曲げインジケータ 5 4 4 は、カテーテル内できつい曲げ半径が検出された場合 (例えば、曲げ半径が所定の閾値を下回る場合) に表示され、そうでなければ非表示にされ得る。いくつかの実施形態では、曲げインジケータ 5 4 4 は、カテーテルのチップの現在の形状の指標として通常の状態に表示されて、先端部の構成に関する使用者の認識を高めることができる。これに関して、曲げインジケータ 5 4 4 の形状は、カテーテルの実際に測定された形状から計算してもよく、及び／又は抽象的なアイコンインジケータであってもよい。駆動カインジケータ及び曲げインジケータの例については、それぞれ図 8 及び図 9 を参照して以下でより詳細に議論する。

10

【0061】

位置合せが完了するときに、グラフィカル・ユーザインターフェイス 5 0 0 は、位置合せモードからナビゲーションモードに移行する。いくつかの例では、グラフィカル・ユーザインターフェイス 5 0 0 は、位置合せが完了したことを検出することに応答して、位置合せモードからナビゲーションモードに自動的に移行してもよい。いくつかの例では、臨床医がグラフィカル・ユーザインターフェイス 5 0 0 のボタン (例えば、ヘッダー 5 4 1 のモード移行ボタン) をクリックして、別の入力装置 (例えば、制御コンソールのタッチスクリーン) で入力を起動させ、ナビゲーションモードに進む等に応答して、手動で実行され得る。

20

【0062】

図 5 B は、いくつかの実施形態によるナビゲーションモードのグラフィカル・ユーザインターフェイス 5 0 0 を示す。いくつかの例では、ナビゲーションモードを使用して、カテーテルを標的位置までナビゲーションするのを監視し、このナビゲーションを支援することができる。例えば、臨床医が医療処置の計画中に選択されたルートに沿ってカテーテルを駆動しているときに、ナビゲーションモードを使用することができる。ナビゲーションモードは、ルートに沿って標的への方向性ガイダンスを臨床医に提供するインジケータをさらに含むことができる。

30

【0063】

図 5 B に示される例では、ナビゲーションモードのグローバルビュー 5 1 0 は、それぞれ正面視点及び側面視点からの一対のグローバル解剖学的モデル 5 1 3 及び 5 1 4 を含む。別の例では、グローバル解剖学的モデル 5 1 3 及び／又は 5 1 4 の視点は、臨床医がスクロールホイール、マウス、又はタッチスクリーン等の入力装置を使用して回転され、グローバル解剖学的モデル 5 1 3 及び／又は 5 1 4 を所望の向きにドラッグする (drag) ことができる。いくつかの実施形態では、臨床医は 1 つのビュー (例えば、グローバル解剖学的モデル 5 1 3) を回転させることができ、それに応じて、別のビュー (例えば、グローバル解剖学的モデル 5 1 4) が自動的に回転してそれぞれ直交するように向き合わせされたビューを提供することができる。グローバル解剖学的モデルの例については、図 1 0 を参照して以下でより詳細に議論する。いくつかの例では、ナビゲーションモードのグラフィカル・ユーザインターフェイス 5 0 0 は、コンパクトビュー 4 2 0 に対応する 1 つ又は複数のコンパクトビュー 5 2 0 を表示することができる。図 5 B に示されるように、コンパクトビュー 5 2 0 は、縮小した解剖学的モデル 5 2 2 を含む。縮小した解剖学的モデル 5 2 2 は、標的位置への計画されたルートの細長い表現を表示し、標的位置を含むルートに沿った様々な特徴を簡略化した形式で表示する。縮小した解剖学的モデルの例については、図 1 1 A ~ 図 1 1 C を参照して以下でより詳細に議論する。ナビゲーションモード

40

50

のローカルビュー５３０は、位置合せモードと同様にライブカメラフィールド５３１を含む。いくつかの例では、図１２Ａ及び図１２Ｂを参照して以下で議論するように、ナビゲーションモードにおいて、補足ガイダンス情報をライブカメラフィールド５３１に重畳させることができる。ローカルビュー５３０は、カテーテルの先端部の視点からの３Ｄモデルのレンダリングを表示する仮想先端ビュー５３３を含み得る。仮想先端ビューの例については、図１３Ａ～図１３Ｄを参照してさらに詳細に議論する。

【００６４】

カテーテルの先端部が標的位置に近づくとき（例えば、先端部が標的位置の特定の範囲内にあるとき）に、図５Ｃに示されるように、グラフィカル・ユーザインターフェイス５００の代替構成が表示され得る。いくつかの例では、グラフィカル・ユーザインターフェイス５００は、カテーテルが、閾値内の標的位置の近傍にあること及び／又は閾値内の標的位置と位置合わせされていることを検出したことに応答して、図５Ｂに示される構成から図５Ｃに示される代替構成に自動的に移行し得る。いくつかの例では、臨床医がグラフィカル・ユーザインターフェイス５００及び／又は別の入力装置のボタンをクリックしてパフォーマンスモードに進むこと等に応じて、移行を手動で実行することができる。

【００６５】

図５Ｃに示されるように、グローバルビュー５１０及びコンパクトビュー５２０は、図５Ｂに類似しているが、表示されたビューに対して様々な調整を行うことができる（例えば、グローバルビュー５１０のズームインバージョンを表示する）。しかしながら、カテーテルが標的位置の近傍にあるときに、臨床医がカテーテルを標的位置に位置合わせするのを支援するために、様々な構成のローカルビュー５３０が表示され得る。例えば、以下でより詳細に説明するように、内視鏡ライブビューの代わりに及び／又は内視鏡ライブビューに加えて、蛍光透視ライブビュー等の遠隔（remote）画像ビュー５３４を表示することができる。遠隔画像ビュー５３４に対応するために、内視鏡ライブビュー５３１は、例えばディスプレイの左下隅にサイズ変更及び／又は再配置することができる。いくつかの例では、仮想先端ビュー５３３の外観を変更して、半透明の通路壁、標的インジケータ、不確実性ゾーン、及び／又は十字線インジケータを表示する等、臨床医が標的位置を特定及び位置合わせするのを支援することができる。

【００６６】

臨床医が標的位置で介入ステップを実行する準備が整ったときに、グラフィカル・ユーザインターフェイス５００は、ナビゲーションモードからパフォーマンスモードに移行する。いくつかの例では、グラフィカル・ユーザインターフェイス５００は、カメラプロンプがカテーテルから取り外されたこと（従って、内視鏡ライブビューが無くなること）及び／又は介入ステップを実行するための医療器具がカテーテル内に挿入されることの検出にに応答して、ナビゲーションモードからパフォーマンスモードに自動的に移行し得る。いくつかの例では、臨床医がグラフィカル・ユーザインターフェイス５００及び／又は別個の入力装置のボタンをクリックすること等に応じて、移行を手動で実行することができる。

【００６７】

図５Ｄは、いくつかの実施形態によるパフォーマンスモードのグラフィカル・ユーザインターフェイス５００を示す。パフォーマンスモードは、標的位置での介入ステップのパフォーマンスを監視するために使用される。例えば、介入ステップは、生検、焼灼、化学物質の送達、組織の物理的操作、生体装置の設置又は除去等に対応し得る。いくつかの実施形態では、ナビゲーションプロセス中にライブカメラフィールドを提供するためにカテーテルを通して挿入された内視鏡は、介入ステップの実行中に取り外され、介入ステップを実行するために使用されるツールに置き換えられる。内視鏡が取り外されるときに、カテーテルは、標的部位の近くに待機したままであり、ツールが標的部位に到達するための導管を提供する。いくつかの実施形態では、ツールの挿入前、挿入中、及び／又は挿入後であって、内視鏡を取り外した後に、気管支内超音波（ＥＢＵＳ）プローブ等のプローブを待機状態のカテーテル内に挿入してもよい。例えば、放射状のＥＢＵＳプローブをカテーテルの先端チップの直ぐ先まで延ばして、３６０度の超音波ビューを提供することができ

る。臨床医は、超音波ビューを使用して、カテーテルの先端部に対する標的位置の位置を確認することができる。例えば、位置合せが不正確であり、及び／又は位置合せが行われてから解剖学的構造がシフト及び／又は変形したシナリオでは、カテーテルは、標的位置に対してずれている可能性がある。これに関して、超音波ビューを使用してカテーテルを再位置付けし、標的との位置合せを改善することができる。臨床医が介入ステップを実行する準備が整ったら、ナビゲーション及び／又は微調整位置合せに使用されるプローブ（例えば、内視鏡又はE B U Sプローブ）を引き抜き、生検針等の処置特有のツールと交換することができる。

【0068】

図5Dに示されるように、パフォーマンスモードのグローバルビュー510及びコンパクトビュー520はナビゲーションモードに類似しているが、表示されたビューに対して様々な調整を行うことができる（例えば、パフォーマンスモードでグローバルビュー510のズームインバージョンを表示する）。調整は、臨床医が手動で、及び／又は表示システムが自動的に行うことができる。図5Dに示されるように、パフォーマンスモードのローカルビュー530は、遠隔画像ビュー534を含む。この例では、遠隔画像ビュー534は、カテーテルの先端部付近の解剖学的構造を取り込むように向き合せされた蛍光透視画像を含む。遠隔画像ビューの例については、図15A～図15Cを参照してさらに詳細に議論する。パフォーマンスモードのローカルビュー530に含まれる他のビューは、一般に、ナビゲーションモードに類似しているが、遠隔画像ビュー534に対応するためにサイズ変更及び／又は再位置付けすることができる。

【0069】

図6A～図6Bは、いくつかの実施形態による位置合せプロセス中の2つの異なる時点での動的な点群ビュー600の概略図である。図5Aと一致するいくつかの実施形態によれば、動的な点群ビュー600は、グラフィカル・ユーザインターフェイス400の動的な点群ビュー511及び／又は512のうちの1つ又は複数に対応し得る。しかしながら、動的な点群ビュー600は、グラフィカル・ユーザインターフェイス500以外のコンテキストで、スタンドアロン型グラフィカル・ユーザインターフェイス要素として及び／又はグラフィカル・ユーザインターフェイス500に示されるビュー以外のビューと組み合わせることで表示され得ることを理解されたい。

【0070】

動的な点群ビュー600は、位置プローブ620を使用して取り込まれた位置合せデータに対応する点群610を示している。図6A～図6Bに示されるように、点群610は青いドットを使用して表示され、位置プローブ620は緑色の線として表示される。右上隅の向きアイコン630は、解剖学的構造に対するプロットの向きを示している。図6Aは、点群610が解剖学的構造内の単一の分岐部していない経路に沿って取り込まれた位置合せデータに対応するときの位置合せプロセスの初期の動的な点群ビュー600を示す。いくつかの例では、解剖学的構造内の単一の分岐部していない経路では、妥当な精度で位置合せを行うには不十分な場合がある。従って、図6Aでは3Dモデルはレンダリングされない。

【0071】

図6Bは、点群610が複数の分枝部（例えば、複数の気道）及び／又は複数のパーティション（区画）（例えば、複数の肺葉）に及ぶように増加した（grown）ときの、位置合せプロセスの後期の動的な点群ビュー600を示す。点群610が位置合せを行うのに十分な量の位置合せデータを含む場合に、点群610に対するモデル630の推定位置は、ICP等の位置合せアルゴリズムを使用して計算される。推定位置が計算されると、モデル630が、動的な点群ビュー600でレンダリングされ得る。図6Bに示されるように、モデル630は半透明の灰色で表示される。点群が増加し続けるにつれて、モデル630の推定位置は継続的に更新され得る。モデル630の色及び／又は半透明性は、位置合せプロセスの完了レベルに応じて調整することもでき、例えば、位置合せの品質が向上する、及び／又はモデルの点群カバレッジが増大するにつれて、モデルはより不透明にな

る。

【0072】

臨床医は、動的な点群ビュー600内の異常を識別することにより、位置合せの精度を視覚的に評価することができる。例えば、図6Bにおいて、点群610及び／又は位置プローブ610の部分がモデル630の内側に位置付けられていない場合に、点群610及び位置プローブ620は一般にモデル630の境界内にあると予想されるため、臨床医は位置合せが不正確であると判定することができる。位置合せの精度が臨床医にとって満足のいくものではないシナリオでは、臨床医は、位置合せの精度を向上させるようと追加の点を取り込みし続け、位置合せプロセスを再開し、及び／又は処置の次の段階に進むのを選択することができる。

10

【0073】

図7A～図7Bは、いくつかの実施形態による2つの異なる時点での動的な位置合せガイダンスビュー700の概略図である。図5Aと一致するいくつかの実施形態によれば、動的な位置合せガイダンスビュー700は、動的な位置合せガイダンスビュー532に対応し得る。しかしながら、動的な位置合せガイダンスビュー700は、グラフィカル・ユーザインターフェイス500以外のコンテキストで、スタンドアロンビューとして及び／又はグラフィカル・ユーザインターフェイス500に示されるビュー以外のビューと組み合わせて表示され得ることを理解されたい。

【0074】

動的な位置合せガイダンスビュー700は、位置合せの進捗状況を反映するために動的に更新される情報及び／又は指示を表示する。いくつかの例では、動的な位置合せガイダンスビュー700は、位置合せプロセスの現在のステップを記述し、及び／又は追加の点を収集すべき解剖学的構造の推奨領域を提供する指示書710を含むことができる。現在のステップが完了するときに、位置合せプロセスの次のステップを説明するために、指示710の内容が自動的に更新され得る。

20

【0075】

いくつかの例では、動的な位置合せガイダンスビュー700は、解剖学的構造の概略的表現720を含み得る。概略的表現720の各セグメントは、解剖学的構造の一部に対応する。図7A～図7Bに示されるように、セグメントは、様々な肺葉、主要な気道（例えば、主気管支幹）、及び肺の主気管分岐部周囲の領域を含む。解剖学的構造の特定のセグメントから十分な量の位置合せデータが取得されると、セグメントの1つ又は複数の属性（色、形状、サイズ、質感、テキストラベル等）は、位置合せが解剖学的構造のその部分に関して完了したことを示すために更新され得る。例えば、セグメントは、閾値量の位置合せデータがセグメントから収集されるときに、塗りつぶされていない状態（例えば、色なし）から塗りつぶされた状態（例えば、一色）に移行し得る。追加的に又は代替的に、より多くの位置合せデータがセグメントから収集されるにつれて、セグメントの外観が徐々に移行し得る。いくつかの例では、最少量の位置合せデータを含む1つ又は複数のセグメントが識別され得る。概略的表現720におけるセグメントの外観の変化を監視することにより、臨床医は、位置合せが各セグメントに関して完了するときに通知を受け、未だ十分な量の位置合せデータを有していない解剖学的構造の部分に位置プローブを移動させるステップを行うことができる。その結果、臨床医は、位置合せデータが最もまばらである及び／又は正確な位置合せを行うのに未だ十分でない領域で位置合せ点群を多く含める（grow）ように指示されるため、位置合せプロセスが加速され得る。

30

40

【0076】

図7Aは、十分な位置合せデータがいずれかのセグメントから取り込まれる前の、位置合せプロセスの初期の概略的表現720を示す。従って、どのセグメントも塗りつぶされていない。対照的に、図7Bは、十分な位置合せデータが全てのセグメントから取り込まれた後の位置合せプロセスの後期の概略的表現720を示す。従って、概略的表現720の各セグメントは青一色である。どのセグメントが医療処置の標的位置を含むかを示すために、図7Bに標的インジケータ730が現れる。医療処置に複数の標的位置が含まれる

50

場合に、複数の標的インジケータが現れる場合がある。代替例では、標的インジケータをセグメントにオーバーレイすることができ、及び／又は標的の位置は、対応するセグメントの色、重み、色相、及び／又は透明度を変更することにより示すことができる。

【0077】

図8は、いくつかの実施形態による駆動力インジケータ800の概略図である。図5A～図5と一致するいくつかの実施形態によれば、駆動力インジケータ800は、駆動力インジケータ543に対応し得る。しかしながら、駆動力インジケータ800は、グラフィカル・ユーザインターフェイス500以外のコンテキストで、スタンドアロンビューとして及び／又はグラフィカル・ユーザインターフェイス500に示されるビュー以外のビューと組み合わせて表示され得ることを理解されたい。

【0078】

駆動力インジケータ800は、動作中（例えば、患者の解剖学的構造からのカテーテルの挿入及び／又は引抜き中）にカテーテルに加えられる軸線方向の駆動力の視覚的及び／又は英数字表現を表示する。例えば、カテーテルがカテーテルの直径よりも狭い通路内に挿入されているとき、及び／又は他にカテーテルが障害物によって妨害されているときに、大きな駆動力が加えられ得る。加えられた駆動力を監視するための多くの手法が可能である。図8に示されるように、対称的な棒状プロットを使用して、駆動力が時間の関数としてプロットされる。最新の駆動力測定値は右側にあり、履歴測定値は左側にプロットされる。いくつかの実施形態では、片側（one-sided）棒グラフ、折れ線グラフ、散布図等の様々な他の作図技法を使用してもよい。代替的又は追加的に、現在の駆動力は、計器（meter）、英数字テキスト等を使用して表示してもよい。いくつかの例では、駆動力インジケータ800の外観（例えば、色、質感、サイズ等）は、駆動力及び／又は時間の関数として変化し得る。図8に示されるように、バー（棒）の色は、駆動力の大きさに基づいて灰色、黄色、又は赤の間で変化し、バーの太さは、時間を遡ると徐々に減少する。いくつかの例では、駆動力インジケータ800は、縮小した解剖学的ビュー522等のカテーテルの表現を示すビューに隣接して及び／又はそのビューの内に位置付けされ得る。この配置では、駆動力インジケータ800は、カテーテルを解剖学的構造内に押し込む視覚的な印象を伝えることができる。駆動力インジケータの様々な例は、米国仮特許出願第62／357,258号にさらに記載されており、この文献は、上記で参照により組み込まれている。

【0079】

図9は、いくつかの実施形態による曲げインジケータ900の概略図である。図5A～図5Dと一致するいくつかの実施形態によれば、曲げインジケータ900は、曲げインジケータ544に対応し得る。しかしながら、曲げインジケータ900は、グラフィカル・ユーザインターフェイス500以外のコンテキストで、スタンドアロンビューとして及び／又はグラフィカル・ユーザインターフェイス500に示されるビュー以外の他のビューと組み合わせて表示され得ることを理解されたい。前述したように、曲げインジケータ900は、カテーテル内できつい狭い曲げ半径が検出されるとき（例えば、曲げ半径が所定の閾値を下回るとき）に表示され、そうでなければ非表示にされ得る。あるいはまた、曲げインジケータ900の選択された部分は、きつい曲げ、例えば曲げ半径数値910が存在しないとき、非表示にされ得る。

【0080】

曲げインジケータ900は、カテーテルの概略的な曲げ表現910を提供する。カテーテルの先端チップが曲げられるときに、カテーテルの先端部が曲がる方向を示す曲げライン925が現れる。例えば、図9に示されるように、曲げライン925がリング915の右上に現れ、カテーテルが右に曲げられていることを示す。こうして、カテーテルを真っ直ぐにするために、カテーテルを左下に操縦して曲がり方を減らすことができる。いくつかの例では、カテーテルの先端部が真っ直ぐなとき、曲げライン925は非表示にされ得る。

【0081】

いくつかの例では、概略的な曲げ表現910は、カテーテルの先端チップを介して（先

10

20

30

40

50

端チップからカテーテルの基端部分に向けて) カテーテルチューブを後方に見上げる視点からのカテーテルの先端部のレンダリングを含み得る。そのような例と一致して、リング 9 1 5 は、カテーテルの先端チップに対応すると解釈され得る。カテーテルが曲げられるときに、カテーテルの一部が先端チップ(すなわち、リング 9 1 5)の後ろに見えるようになる。その結果、曲げライン 9 2 5 は、カテーテルの先端部の部分に対応し、この部分は、カテーテルの曲げにより先端チップ(すなわち、リング 9 1 5)の後ろに見えるようになる。

【0082】

代替例では、概略的な曲げ表現 9 1 0 は、カテーテルに沿った基端位置から先端チップに向けてカテーテルチューブを前方に見下ろす視点からのカテーテルの先端部のレンダリングを含み得る。そのような例と一致して、リング 9 1 5 は、基端位置でのカテーテルの切断断面に対応すると解釈され得る。カテーテルが曲げられるときに、先端部の部分が切断断面(すなわち、リング 9 1 5)の後ろに見えるようになる。その結果、曲げライン 9 2 5 は、カテーテルの部分に対応し、この部分は、カテーテルの曲げにより切断断面(すなわち、リング 9 1 5)の後ろに見えるようになる。

【0083】

いくつかの例では、曲げインジケータ 9 0 0 は、カテーテルに沿って検出された最小限の(minimum)曲げ半径又は最小の(smallest)曲げ半径の視覚的及び/又は英数字表現を表示し得る。最小限の曲げ半径が閾値を下回るときに、曲げインジケータ 9 0 0 は、英数字値を表示する及び/又は他に外観を変化させることにより、所定の閾値に違反したことを臨床医に警告することができる。いくつかの実施形態では、閾値は、ツールをカテーテルに通すことができるかどうかに基づいて決定され得る。いくつかの実施形態では、閾値は、カテーテルの座屈及び/又は損傷が生じ得る半径に基づいて決定され得る。閾値は、手動で選択され、自動的に決定され、カテーテル及び/又はツールのタイプに基づいて決定され、及び/又は一般的な経験則を使用して設定され得る。図 9 に示されるように、検出された最小限の曲げ半径が閾値未満である場合に、曲げインジケータ 9 0 0 は、最小限の曲げ半径のリアルタイム値を示す数字 9 2 0 を含み、曲げインジケータ 9 0 0 の部分は、図 9 に示されるように赤等の異なる色に変わる。いくつかの実施形態では、赤色部分の位置は、1つのモータによってカテーテルのそのセクションのカテーテル引張ワイヤーに加えられた力の大きさを反映し得る。例えば、図 9 において、左上の引張ワイヤーは、概略的な曲げ表現 9 1 0 に現れる赤色楔形によって示されるように、より強く引っ張られている。いくつかの例では、曲げインジケータ 9 0 0 は、最小限の曲げ半径が閾値に近づいている、又はその閾値を超えているかどうかに基づいて色を動的に変化させる外側リング 9 3 0 を含み得る。いくつかの例では、動的変化は、曲げインジケータ 9 0 0 の部分の透明度、質感、線幅、及び/又は色等の外観の変化によって表すことができる。曲げインジケータの様々な例、及び曲げ以外の監視パラメータの関連インジケータは、米国仮特許出願第 6 2 / 3 5 7 , 2 1 7 号にさらに記載されており、この文献は、上記で参照により組み込まれている。

【0084】

図 1 0 は、いくつかの実施形態によるグローバル解剖学的モデル 1 0 0 0 の概略図である。図 5 B ~ 図 5 D と一致するいくつかの実施形態によれば、グローバル解剖学的モデル 1 0 0 0 は、グローバル解剖学的モデル 5 1 3 及び/又は 5 1 4 のうちの 1 つ又は複数に対応し得る。しかしながら、グローバル解剖学的モデル 1 0 0 0 は、グラフィカル・ユーザインターフェイス 5 0 0 以外のコンテキストで、スタンドアロンビューとして及び/又はグラフィカル・ユーザインターフェイス 5 0 0 に示されるビュー以外のビューと組み合わせて表示され得ることを理解されたい。

【0085】

グローバル解剖学的モデル 1 0 0 0 は、解剖学的通路の 3 D モデル 1 0 1 0 を表示する。いくつかの例では、3 D モデル 1 0 1 0 は、解剖学的構造の関連部分(この場合には、肺)の境界 1 0 2 0 によって取り囲まれ得る。例えば、境界 1 0 2 0 は、半透明の塗りつ

10

20

30

40

50

ぶし及び／又はワイヤグリッドを使用して表示され得る。図10に示されるように、境界1020は水平方向のワイヤグリッドとして表示される。境界1020の外観（例えば、色、質感、ハッシュマークの間隔等）は、潜在的な危険部を示すために変化し得る。図10に示されるように、危険部1025は、標的位置1030付近の境界1020の部分に対応し、この部分は、標的位置1030で介入ステップをナビゲート及び／又は実行するときに肺の胸膜を穿孔する危険性を臨床医に警告するために赤色に着色される。いくつかの例では、不確実性ゾーン1035は、標的位置1030の周りに、例えば図10に示されるように半透明の球体として、又は別の例では別の色で表示され得る。不確実性ゾーン1035のサイズは、解剖学的構造に対する標的位置合せ位置、標的位置、標的にアクセスする際の予想される困難性等の不確実性を含む1つ又は複数の要因に基づいて固定及び／又は決定され得る。臨床医は、不確実性ゾーン1035を使用して、標的の推定中心から異なる距離で生検等の介入ステップを実行することができる。例えば、不確実性ゾーン1035が（例えば、位置合せの不確実性が大きい）大きい場合に、臨床医は、病変部を成功裏にサンプリングする可能性を高めるために採取する場合よりも、生検サンプルを互いに遠く離れた位置で採取するように勧められる場合がある。

【0086】

いくつかの実施形態では、グローバル解剖学的モデル1000は、形状感知データ及び／又は標的位置1050への計画されたルート1050に基づいて、カテーテル1040の仮想画像をさらに含み得る。図10に示されるように、カテーテル1040は緑色の線で示されており、計画ルート1050は青色の線で示されている。いくつかの例では、カテーテル1040の1つ又は複数の属性（例えば、色、線の種類、質感、サイズ等）は、曲げ半径、温度、歪み等のカテーテル1040に関連する測定データに基づいて変化し得る。向きアイコン1060が右上にあり、この例では、グローバル解剖学的モデル1010を正面の視点から見ていることを示している。グローバル解剖学的モデルの様々な例は、米国仮特許出願第62／357,217号及び米国仮特許出願第62／357,258号にさらに記載されており、これらの文献は、上記で参照により組み込まれている。

【0087】

図11A～図11Cは、いくつかの実施形態による、処置中の3つの異なる時点及び／又は解剖学的構造の異なるカテーテル位置での縮小した解剖学的モデル1100の概略図である。図5B～図5Dと一致するいくつかの実施形態によれば、縮小した解剖学的モデル1100は、縮小した解剖学的モデル522に対応し得る。しかしながら、縮小した解剖学的モデル1100は、グラフィカル・ユーザインターフェイス500以外のコンテキストで、スタンドアロンビューとして及び／又はグラフィカル・ユーザインターフェイス500に示されるビュー以外のビューと組み合わせて表示され得ることを理解されたい。

【0088】

縮小した解剖学的モデル1100は、標的位置への計画されたルートの1つ又は複数の特徴を表示する。図11A～図11Cに示されるように、特徴には、簡略化されたルート経路1110、通路1112の幅、分岐通路1114の位置、代替ルートインジケータ1115、標的位置1116、危険位置1118、及び挿入軌跡1120が含まれる。特徴は、計画段階中にルートを決断するために使用される完全な3D解剖学的モデル等の、より大きな解剖学的モデルから抽出される。いくつかの例では、縮小した解剖学的モデル1100は、より大きな解剖学的モデルから様々な詳細を除外し得る。

【0089】

いくつかの例では、縮小した解剖学的モデル1100は、線形解剖学的表現（例えば、モデル）として表示され、計画されたルート及び／又は解剖学的構造の3D態様が、細長い領域に収まるよう縮小され（直線化、平坦化、切り取り（clipped）、サイズ変更、簡略化等され）得る。そのような実施形態に一致して、簡略化されたルート経路1110は直線として表され得る。通路1112の幅は、簡略化されたルート経路1110を中心とする、垂直方向に間隔を空けた1対の水平線を使用して示される。いくつかの例では、通路1112の幅は、垂直方向に間隔を空けた線が分岐部の世代と一般に相関する階層化され

10

20

30

40

50

た間隔を有するように、最も近い階層化レベルに丸められ得る。分岐通路 1 1 1 4 の位置は、通路 1 1 1 2 から分岐する、水平方向に間隔を空けた 1 対の垂直線を使用して、簡略化されたルート経路 1 1 1 0 に対して示される。いくつかの例では、分岐通路 1 1 1 4 の完全分岐構造（例えば、様々なサブ分岐部及び／又は 3 D 形状の分岐部）は、縮小した解剖学的モデル 1 1 0 0 から省略され得る。例えば、分岐通路 1 1 1 4 は、通路 1 1 1 2 と交差する位置の近くで切り取られた剪定（pruned）分岐部として表示され得る。分岐通路が標的位置 1 1 1 6 への代替ルートを提供する場合に、通路は、代替ルートインジケータ 1 1 1 5 を使用してラベル付けされ得る。代替ルートの完全な 3 D 経路を示すのではなく、代替ルートインジケータ 1 1 1 5 は、垂直方向の点線等の代替ルートが利用可能であるという簡略化された指標を含み得る。一例では、臨床医は、代替ルートインジケータ 1 1 1 5 を選択又はクリックすることができる。それに応じて、縮小した解剖学的モデル 1 1 0 0 を更新して、最初に表示されたルートの代わりに、代替ルートを表示することができる。別の例では、臨床医が代替ルートに対応する分岐部を通過し始めるときに、縮小した解剖学的モデル 1 1 0 0 は、代替ルートを表示するために自動的に更新され得る。

【0090】

通路 1 1 1 2 の管腔を通る器具の穿刺軌跡を表す挿入軌跡 1 1 2 0 は、簡略化されたルート経路 1 1 1 0 の終了部を標的位置 1 1 1 6 に接続する点線として示される。危険部（例えば、血管、大きな水疱、心臓等の臓器、及び／又は肺の胸膜）が標的位置 1 1 1 6 の後ろに及び／又は他に近傍に位置する場合に、挿入軌跡 1 1 2 0 は、標的位置 1 1 1 6 を過ぎて延びた状態の、標的位置 1 1 1 6 と危険部 1 1 1 8 との間の間隔を示すことができ、この例では斜線で表示されている。いくつかの例では、簡略化されたルート経路 1 1 1 0、分岐通路 1 1 1 4、代替ルートインジケータ 1 1 1 5、標的位置 1 1 1 6、危険部 1 1 1 8、及び／又は挿入軌跡 1 1 2 0 を含む様々な特徴は、対照的な色、透明度、質感、及び／又は線幅で表示され得る。一般に、縮小した解剖学的モデル 1 1 0 0 は、一度に 1 つのルート及び標的位置を示す。医療処置に複数の標的位置が含まれる場合に、図 1 1 C に示されるように、標的アイコン 1 1 2 2 を使用して、（追加の標的位置に到達可能である）対応する分岐部にラベルを付けることにより、追加の標的位置をマークすることができる。

【0091】

縮小した解剖学的モデル 1 1 0 0 は、簡略化されたルート経路 1 1 1 0 に沿ったカテーテル 1 1 3 0 の進捗状況を反映するために継続的に更新される。例えば、カテーテル 1 1 3 0 は、緑色等の対照的な色又は陰影で、簡略化されたルート経路 1 1 1 0 上に重ねてもよい。異常が検出されるときに、様々なインジケータ及び／又は警告が表示され得る。例えば、カテーテル 1 1 3 0 が間違った方向転換を行うと、図 1 1 B に示されるように、方向転換誤りインジケータ 1 1 4 2 が現れ得る。いくつかの例では、過度の曲げが検出されたときに、曲げインジケータ 1 1 4 4 が現れ得る。曲げインジケータ 1 1 4 4 は、曲げ半径を表す表示値を含み得る。いくつかの例では、カテーテル 1 1 3 0 の外観は、例えば、緑色の実線から赤色の点線に変更することにより、きつい曲げ半径に対して注意を引くように修正することができる。いくつかの例では、1 つ又は複数のブックマーク 1 1 5 0 をルートに沿って配置して、特定の関心のある位置及び／又は時間（例えば、臨床医がスナップショットを取り込んだ位置及び／又は他に後で検査のために関心のある特徴を観察した位置）を示すことができる。例えば、ブックマーク 1 1 5 0 は、カテーテル 1 1 3 0 に重ねられたブラケットとして示してもよい。

【0092】

いくつかの例では、縮小した解剖学的モデル 1 1 0 0 は、グラフィカル・ユーザインターフェイスの幾何学的に制約された領域内に表示され得る。例えば、幾何学的に制約された領域は、水平方向に細長い領域、垂直方向に細長い領域、「L」字形状領域、及び／又は不規則な形状を有する様々な他の領域に対応し得る。縮小した解剖学的モデル 1 1 0 0 を幾何学的に制約された領域に表示する能力は、縮小した解剖学的モデル 1 1 0 0 とグラフィカル・ユーザインターフェイスの他のビューとの緊密なパッキングに対応し得る。同

様に、縮小した解剖学的モデル 1100 を幾何学的に制約された領域に適合させる能力は、細長いディスプレイ画面等の不規則な形状のディスプレイ画面に対応し得る。

【0093】

さらに、縮小した解剖学的モデル 1100 は、医療処置に関連する情報への迅速で整理されたアクセスを臨床医に提供し得る。例えば、縮小した解剖学的モデル 1100 は、より詳細な解剖学的モデルから抽出された医療処置に関連する情報の選択されたサブセットを表示し得る。いくつかの例では、縮小した解剖学的モデル 1100 は、異なる医療処置に亘って一貫した外観を維持し得る。例えば、標的位置 1116 は、標的の実際の 3D 位置及び／又は標的への実際の 3D ルートに関係なく、実質的に同じ場所（例えば、縮小した解剖学的モデル 1100 の右端部分）に現れ得る。縮小した解剖学的モデル 1100 の一貫した外観により、臨床医は、異なる医療処置及び／又は医療処置内の異なるルートに亘って縮小した解剖学的モデル 1100 に表示される情報を検索及び／又は理解する時間を短縮することができる。

10

【0094】

図 12A～図 12B は、いくつかの実施形態による、処置中の 2 つの異なる時点及び／又は解剖学的構造の異なるカテーテル位置でのライブカメラフィールド 1200 の概略図である。図 5A～図 5 と一致するいくつかの実施形態によれば、ライブカメラフィールド 1200 は、ライブカメラフィールド 531 に対応し得る。しかしながら、ライブカメラフィールド 1200 は、グラフィカル・ユーザインターフェイス 500 以外のコンテキストで、スタンドアロンビューとして及び／又はグラフィカル・ユーザインターフェイス 500 に示されるビュー以外のビューと組み合わせて表示され得ることを理解されたい。

20

【0095】

ライブカメラフィールド 1200 は、カテーテルの先端部にある内視鏡等のカメラからの画像を表示する。いくつかの例では、補足ガイダンス情報 1210 がカメラ画像に重ねられ（オーバーレイされ）得る。例えば、補足ガイダンス情報 1210 は、画像処理技術を使用して画像内の特徴を識別することにより、及び／又はカテーテルからの形状データを使用して解剖学的構造におけるカメラの位置を決定すること等により、生成され得る。図 12A～図 12B に示されるように、補足ガイダンス情報 1210 は、矢印付きの円を含むレチクル（reticle）を使用して表示される。カメラが分岐点に近づくと、矢印は、計画されたルートに対応する分岐部を指す。いくつかの例では、矢印は、カメラが分岐点に近づくと表示され、それ以外の場合は非表示にされ得る。いくつかの例では、レチクルを色分けして、どの分岐部に向けて操縦するか、及び／又はどの分岐部から離れるように操縦するかを示すことができる。例えば、円の赤い部分は、カテーテルを表示された分岐部の先に（down）ナビゲートすべきではないことを示してもよい。別の例では、色分けされた部分のサイズは、カテーテルが（経路上にない）気道にあるときに赤で塗りつぶされた状態の円を含む、計画されたルートから標的への逸脱の程度を示してもよい。

30

【0096】

図 13A～図 13D は、いくつかの実施形態による 4 つの異なる時点での仮想先端ビュー 1300 の概略図である。図 5B～図 5D と一致するいくつかの実施形態によれば、仮想先端ビュー 1300 は、仮想先端ビュー 537 に対応し得る。しかしながら、仮想先端ビュー 1300 は、グラフィカル・ユーザインターフェイス 500 以外のコンテキストで、スタンドアロンビューとして及び／又はグラフィカル・ユーザインターフェイス 500 に示されるビュー以外のビューと組み合わせて表示され得ることを理解されたい。

40

【0097】

仮想先端ビュー 1300 は、解剖学的構造の 3D モデルに基づいて生成される。解剖学的構造に位置合わせされた 3D モデルでは、3D モデル内のカテーテルの位置は、リアルタイム形状感知に基づいて決定され得る。次に、カテーテルの先端部の視点（すなわち、先端方向に見た視点）から 3D モデルをレンダリングすることにより、仮想先端ビュー 1300 が生成される。

【0098】

50

いくつかの例では、レンダリングされた3Dモデル画像は、補足ガイダンス情報1310を含み得る。補足ガイダンス情報1210と同様に、補足ガイダンス情報1310は、分岐部をナビゲートするのを助ける様々な形態の1つ又は複数の方向インジケータを含み得る。例えば、正しい分岐部は、その先に駆動すべき分岐部を点灯する（又は他に外観を変える）ことによって示され、どの分岐部に駆動すべきかを示す線を提供し、図12A～図12Bと同様のレチクルを表示等する。別の例では、ビューは、ビューの中心にレチクルを含んでおり、カテーテルの方向を正確に狙う、例えばそのカテーテルを標的の中心に位置合わせのを助けることができる。図13Aに示される例では、正しい分岐部の先に選択的に延びる等高線を使用して、その先に駆動すべき分岐部が強調表示されている。いくつかの実施形態では、遮断インジケータ（例えば、停止標識、立入禁止標識等）が、不正確な分岐部の上に現れ得る。さらに、仮想先端ビュー1300は、標的距離インジケータ1320及び危険距離インジケータ1330を含むことができる。標的距離インジケータ1320は、カテーテルの先端部から標的までの距離を提供することができる。危険距離インジケータ1330は、カテーテルの先端部から、胸膜、心臓、大きな水疱、及び／又は血管等の最も近い危険部までの距離を提供することができる。仮想先端ビューの様々な例は、米国仮特許出願第62／357,258号にさらに記載されており、この文献は、上記で参照により組み込まれている。

【0099】

カテーテルが標的から所定の閾値距離内に位置付けされるときに、仮想先端ビュー1300の外観及び／又は構成は、標的に向かう方向ガイダンスを提供するように移行することができる。特に、標的は、カテーテルの先端部に対して通路壁内に埋め込まれてもよく、こうして、図13Aに示されるように見えない。図13Bは、カテーテルの先端部が、標的インジケータ1320までの距離によって示されるように、標的まで閾値距離内に位置付けされるときに仮想先端ビューの例を表示する。この例では、3.1cmは閾値内にあり、ここで仮想先端ビュー1300が、標的が見えるように通路壁を透明（又は、半透明）として表示するように修正される。他の例では、閾値距離は、処置、ツールのタイプ、標的サイズ、標的位置等に基づいて変化する可能性がある。図13Bに示されるように、標的は半固体球1340として示されるが、不確実性ゾーン1345は半透明球として示される。さらに、カテーテルが向いている方向を示す十字線1350を設けることができる。いくつかの例では、十字線1350は、カテーテルの中央管腔を通して挿入された場合に、生検針等の器具が穿刺される位置を示す。図13Bに示されるように、十字線1350は、円及び円の中心に十字を含む。代替実施形態では、十字線1350は、中心に小さな点がある円のみを含むことがある。十字線1350は、ビューが画像の中心にあるカテーテルからの先端方向のビューを常に表示するように、ビューの中心に自動的に置かれ得る。一例では、十字線1350が常に表示されて、カテーテルの中心の前向きの方

【0100】

図13Cは、仮想先端ビュー1300の代替例を示しており、この図は、図13Cのビューに類似しており、標的1340、不確実性ゾーン1345、十字線1350を示し、さらに危険部1360のビューを提供する。図13Cの例では、カテーテル1370の仮想画像も表示される。代替実施形態では、カテーテル画像1370は示されない。

【0101】

図13Dは、生検等の医療処置中に表示され得る仮想先端ビュー1300の別の例を表示している。図13Dに示される仮想先端ビュー1300は、医療処置中に以前に実行された介入ステップの動的な表現を提供することを除いて、前述したものと同様であり得る。図13Dに示されるように、一連の生検が行われた後に、仮想先端ビューは、ラベル1380を使用して各生検の様々な位置を示すために動的に更新することができる。これは、次の生検位置の選択する際にユーザを支援する。図13Dの例は生検処置について説明

しているが、仮想先端ビュー１３００を使用して、焼灼、化学療法、及び／又は他のタイプの診断処置等の治療処置を含むあらゆるタイプの処置の履歴的応用を示すことができることを理解されたい。いくつかの例では、ラベル１３８０に対応する追加のラベルは、図５Ｂに示されるグローバル解剖学的モデル５１３、５１４等の、グラフィカル・ユーザインターフェイス５００の様々な他のビューで更新され得る。

【０１０２】

図１４は、いくつかの実施形態による、計画されたルートの終了部を超えてカテーテルが挿入されるシナリオ中のビュー１４００のセットの概略図である。ビュー１４００は、縮小した解剖学的ビュー１４１０、ライブカメラフィールド１４２０、及び仮想先端ビュー１４３０を含む。これらは、一般に、図５～図１３に示された同様のラベル付きビューに対応する。ビュー１４００は、カテーテルがルートの終了部を超えて挿入され、引き抜くべきであることを臨床医に警告するための様々な手法を示している。縮小した解剖学的ビュー１４１０では、カテーテルの先端部に逆転（reverse）インジケータ１４１５が現れる。ライブカメラフィールド１４２０では、レチクル１４２５が、画像に表示される分岐部がどれも正しくないことを示すために完全に赤になる。仮想先端ビュー１４３０では、等高線が消え、逆転インジケータ１４３５が現れる。これらの警告手段は単なる例示であり、カテーテルがルートの終了部を超えて挿入されたことを臨床医に警告するために、他の多くの信号通知技術を使用してもよいことを理解されたい。

【０１０３】

図１５Ａ～図１５Ｃは、いくつかの実施形態による複数のモードの遠隔画像ビュー１５００の概略図である。図５Ｄと一致するいくつかの実施形態によれば、遠隔画像ビュー１５００は、遠隔画像ビュー５３８に対応し得る。しかしながら、遠隔画像ビュー１５００は、グラフィカル・ユーザインターフェイス５００以外のコンテキストで、スタンドアロンビューとして及び／又はグラフィカル・ユーザインターフェイス５００に示されるビュー以外のビューと組み合わせて表示され得ることを理解されたい。

【０１０４】

図１５Ａは、ライブモードの遠隔画像ビュー１５００を示している。ライブモードでは、遠隔画像ビュー１５００は、解剖学的構造の関連部分（例えば、肺）の蛍光透視画像等のライブ遠隔画像１５１０を表示する。ライブ遠隔画像１５１０を調整して、ズームイン、ズームアウト、画像のビューのパン等を行うことができる。臨床医は、リモートコントローラを介して入力を提供するか、或いはマウス又はスクロールボールを使用して、蛍光透視ビューのライブ画像をドラッグすることができる。さらに、システムが機械的に調整可能な蛍光透視アームに接続される場合に、システムは、蛍光透視アームを回転させて、おそらく標的又はカテーテルのより良い視野を提供する代替ライブ遠隔画像１５１０を提供することができる。加えて、遠隔画像ビュー１５００は、内視鏡及び／又はＥＢＵＳプローブによって生成された画像等の、カテーテルの先端部からのライブプローブ画像１５２０を表示する。臨床医は、ライブ遠隔画像１５１０及び／又はライブプローブ画像１５２０を監視しながら、カテーテルの位置を調整することができる。ライブモード中の様々な時点で、臨床医は、遠隔画像ビュー１５００に表示される１つ又は複数の画像のスナップショットを取り込んで保存することができる。こうして、カテーテルを標的位置に配置及び／又は位置合わせしようとしている間にプローブが再位置付けされるときに、一連のスナップショットが経時的に保存され得る。位置合せに満足したら、臨床医は、カテーテルシステムからプローブを取り外し、生検針等の介入ステップを実行するためのツールと交換することができる。いくつかの例では、ツールはイメージング機能を含まない可能性があるため、臨床医は、もはやライブプローブ画像１５２０を監視できなくなる。従って、ライブプローブ画像がもはや利用できなくなった場合に、保存されたスナップショットのうちの１つ又は複数を基準（reference：参照）として使用することができる。

【０１０５】

図１５Ｂは、基準モードの遠隔画像ビュー１５００を示している。いくつかの例では、遠隔画像ビュー１５００は、どのスナップショットが基準として使用されているかを示す

10

20

30

40

50

基準選択インジケータ1530を含む。図15A～図15Bに示されるように、基準選択インジケータ1530は一連のドットを含む。左端のドットが強調表示されるときに、遠隔画像ビュー1500はライブモードになる。右側のドットのうちの1つを選択すると、遠隔画像ビュー1500が基準モードになっていることを示す。各ドットは、保存された異なるスナップショットに対応する。これに関して、臨床医は、保存されたスナップショットをスクロールして、基準として1つを選択することができる。基準が選択されると、ライブプローブ画像1520は、保存されたスナップショットから以前に取り込まれたプローブ画像1522に置き換えられる。さらに、保存されたスナップショットからの以前に取り込まれた遠隔画像1512は、ライブ遠隔ビューにオーバーレイされる。図15Bに示されるように、以前に取り込まれた遠隔画像1512に含まれるカテーテル画像1514は、グレースケールライブ遠隔ビュー1510に含まれるカテーテル画像1516に対して青い「影」として現れる。これに関して、臨床医は、以前に取り込まれた遠隔画像1512とライブ遠隔画像1510との間の差を観察することができる。例えば、図15Bに示されるように、臨床医は、「影」（カテーテル画像1514）がカテーテル（カテーテル画像1516）のリアルタイム位置からオフセットされているため、カテーテルが基準に対して下向きにシフトしたと判定することができる。臨床医がカテーテルの位置が基準の位置に一致することを望む限り、臨床医は、ライブ遠隔画像1510が以前に取り込まれた遠隔画像1512に一致するまで、カテーテルを上向きに操縦し続けることができる。

10

【0106】

20

図15Cは、タイムライン（timeline：時系列）モードの遠隔画像ビュー1500を示している。基準選択中にスナップショットをスクロールするために基準選択インジケータ1530を表示する代わりに、及び／又は基準選択インジケータ1530を表示することに加えて、タイムラインモードの遠隔画像ビュー1500は、連続的及び／又は定期的に保存されたスナップショットの間でスクロールするためのタイムライン1540を含み得る。これに関して、臨床医は、医療処置を巻き戻して、所望の基準を決定することができる。図15Cに示されるように、選択された時間が現在の時間（すなわち、リアルタイム）である場合に、遠隔画像ビュー1500の構成は、図15Aに示されるライブモードと同様である。臨床医がタイムライン1540を使用して以前の時間に戻るようスクロールするとき、遠隔画像ビュー1500は、図15Bに示される基準モードに類似した構成に移行する。

30

【0107】

図15Aを再び参照すると、ライブ遠隔画像1510は、ズームアウト画像1550の一部に対応し得る。臨床医は、（ライブ遠隔画像1510に表示される部分を表す）ズームアウト画像1550のボックス1555を描画、サイズ変更、及び／又は移動することにより、ライブ遠隔画像1510に表示されるズームアウト画像1550の一部を選択し得る。臨床医は、マウスクリック、ジェスチャ、多指ジェスチャ等を使用して選択を行うことができる。これらの選択方法は、遠隔画像ビュー1500を表示するタッチスクリーン、外部タッチスクリーン、及び／又は別の適切な入力装置に適用することができる。様々なインジケータも遠隔画像ビュー1500に表示し得る。図15A～図15Cに示されるように、インジケータは、ライブ遠隔画像1550上のタイマー及び蛍光透視角インジケータ、及びライブプローブ画像1520上の（及び／又は、タイムライン1540上の）タイムスタンプを含む。

40

【0108】

臨床医は、特徴をタグ付けするため及び／又は経時的な位置のずれを検出するために、ライブ遠隔画像1510の一部の上にマーカー1560を配置してもよい。図15A及び図15Cに示される例では、臨床医は、カテーテル内に挿入されたプローブを使用して、カテーテルを標的位置に位置合わせすることができる。カテーテルが位置合わせされるときに、臨床医は、マーカー1560をカテーテルの先端部の上に配置してもよい。その後、プローブをカテーテルから取り外し、生検針等の介入ステップを実行するためのツール

50

と交換することができる。いくつかの例では、ツールはイメージング機能を含まない可能性があるため、臨床医は、もはやライブプローブビュー 1510 を監視して位置合せを達成できなくなる。しかしながら、プローブをツールに交換するときに蛍光透視画像が移動しないと仮定すると、臨床医は、マーカー 1560 を使用して、カテーテルが実質的に同じ位置にあり、こうして標的位置と位置合わせされたままであることを確認し得る。

【0109】

いくつかの例では、臨床医が時間を開始してからの経過時間を示すために、タイマー 1570 を表示させてもよい。タイマー 1570 は、例えば、息止めの持続時間、処置の持続時間、又はその他を追跡するために使用され得る。タイマー 1570 は、特定のイベント（息止めの開始及び停止の検出等）が測定されたときに、医師が手動で及び／又はシステムによって自動的に開始及び／又は停止することができる。タイマー 1570 は、経過時間が所定の閾値（例えば、1 分）を超える等の危険部な状態について臨床医に警告するために、外観（例えば、色、フォント、サイズ、質感等）を変更してもよい。いくつかの例では、ライブ遠隔画像 1510 の視点を示すために向きアイコン 1580 を表示することができる。蛍光透視画像の場合に、向きアイコン 1580 は、蛍光透視撮像装置の角度設定を示し得る。

【0110】

図 16 は、いくつかの実施形態による、グラフィカル・ユーザインターフェイス 400 及び／又は 500 等のグラフィカル・ユーザインターフェイスを表示するための 2 画面ディスプレイ 1600 の概略図である。いくつかの実施形態では、2 画面ディスプレイ 1600 は表示システム 110 に含まれ得る。図 16 に示されるように、2 画面ディスプレイ 1600 は、上部画面 1610 及び下部画面 1620 に垂直方向に分割される。上部画面 1610 及び下部画面 1620 はほぼ同じサイズであり、それによって 2 画面ディスプレイ 1600 は、垂直分割線に沿って折り畳むことができる。上部画面 1610 は、1 つ又は複数のグローバルビュー 1612 及び 1 つ又は複数のコンパクトビュー 1614 を表示し、下部画面 1620 は、1 つ又は複数のローカルビュー 1622 を表示する。これらのビューは、図 4～図 5D に示される同様にラベル付けされたビューに対応する。図 16 に示される例では、グラフィカル・ユーザインターフェイスはパフォーマンスモードであるので、ビューは一般に図 5D のビューに対応する。しかしながら、2 画面ディスプレイ 1600 は、図 5A に示されるような位置合せモードで、図 5B～図 5C に示されるようなナビゲーションモード等で、グラフィカル・ユーザインターフェイスをレンダリングするためにも使用され得ることを理解されたい。一例では、スクリーン 1610 及び／又は 1620 の一方又は両方は、回転ビュー、ズーム、パン、ビュー同士の間の切替え等を含むビューを変更するためにユーザが操作できるタッチスクリーンであってもよい。代替例では、図 16 のスクリーンが見るために用意されており、別のタッチスクリーン及び／又はユーザ入力装置が、ビューを変更するために使用され得る。

【0111】

図 17 は、いくつかの実施形態による医療処置を監視する方法 1700 の概略図である。図 1～図 16 と一致するいくつかの実施形態によれば、方法 1700 を使用して、グラフィカル・ユーザインターフェイス 500 を、位置合せモード、ナビゲーションモード、及びパフォーマンスモードを含む複数のモードで動作させることができる。

【0112】

プロセス 1710 において、グラフィカル・ユーザインターフェイスの位置合せモードで、且つ解剖学的モデルを患者の解剖学的構造に位置合わせしている間に、位置合せ進捗情報がグラフィカル・ユーザインターフェイスを介して表示される。いくつかの実施形態では、図 5A に示されるように、グラフィカル・ユーザインターフェイスの位置合せモードは、グラフィカル・ユーザインターフェイス 500 の位置合せモードに対応し得る。いくつかの実施形態では、位置合せ進捗情報は、動的な点群ビュー 600 等の動的な点群ビューを使用して表示され得る。いくつかの実施形態では、位置合せ進捗情報は、動的な位置合せガイダンスビュー 700 等の動的な位置合せガイダンスビューを使用して表示され

10

20

30

40

50

得る。

【0113】

プロセス1720において、解剖学的モデルが患者の身体に位置合わせされると、グラフィカル・ユーザインターフェイスは、位置合せモードからナビゲーションモードに移行する。いくつかの実施形態では、位置合せが完了したことを検出したことに応答して、グラフィカル・ユーザインターフェイスは自動的に移行してもよい。いくつかの実施形態では、臨床医は、グラフィカル・ユーザインターフェイスを位置合せモードからナビゲーションモードに手動で移行させてもよい。例えば、臨床医は、グラフィカル・ユーザインターフェイスの位置合せモードで表示されるボタンをクリックしてもよい。

【0114】

プロセス1730において、ナビゲーションモードにおいて、且つ細長い装置を患者の解剖学的構造を介して標的位置までナビゲーションする間に、ナビゲーション進捗情報が、グラフィカル・ユーザインターフェイスを介して表示される。いくつかの実施形態では、図5Bに示されるように、グラフィカル・ユーザインターフェイスのナビゲーションモードは、グラフィカル・ユーザインターフェイス500のナビゲーションモードに対応し得る。いくつかの実施形態では、ナビゲーション進捗情報は、グローバル解剖モデル1000等のグローバル解剖モデルを使用して表示してもよい。いくつかの実施形態では、ナビゲーション進捗情報は、縮小した解剖学的モデル1100等の縮小した解剖学的モデルを使用して表示してもよい。いくつかの実施形態において、ナビゲーション進捗情報は、ライブカメラフィールド1200等の補足ガイダンス情報によって増強されるライブカメラフィールドを使用して表示してもよい。いくつかの実施形態において、ナビゲーション進捗情報は、仮想先端ビュー1300等の、補足ガイダンス情報によって増強される仮想先端ビューを使用して表示してもよい。

【0115】

プロセス1740において、細長い装置が標的位置の近傍にあるときに、グラフィカル・ユーザインターフェイスは、ナビゲーションモードからパフォーマンスモードに移行する。いくつかの実施形態では、細長い装置が標的位置の閾値距離内にあることを検出したことに応答して、グラフィカル・ユーザインターフェイスは自動的に移行してもよい。いくつかの実施形態では、臨床医は、グラフィカル・ユーザインターフェイスをナビゲーションモードからパフォーマンスモードに手動で移行させてもよい。例えば、臨床医は、グラフィカル・ユーザインターフェイスのナビゲーションモードで表示されるボタンをクリックしてもよい。

【0116】

プロセス1750において、パフォーマンスモードにおいて、且つ標的位置での介入ステップの実行中に、パフォーマンス進捗情報が、グラフィカル・ユーザインターフェイスを介して表示される。いくつかの実施形態では、図5Dに示されるように、グラフィカル・ユーザインターフェイスのパフォーマンスモードは、グラフィカル・ユーザインターフェイス500のパフォーマンスモードに対応し得る。いくつかの実施形態では、グローバル解剖学的モデル、縮小した解剖学的モデル、及び／又は仮想先端ビューを含む、プロセス1730で表示されるものと同様の1つ又は複数のビューを使用してパフォーマンス進捗情報を表示してもよい。いくつかの実施形態では、パフォーマンス進捗情報は、遠隔画像ビュー1500等の遠隔画像ビューを使用して表示してもよい。いくつかの実施形態では、1つ又は複数のプローブは、細長い装置が標的位置にナビゲートされた後であって医療処置を行う前に、細長い装置に挿入され得る。内視鏡含む1つ又は複数のプローブ及びEBUSプローブ等を使用して、標的位置に対する細長い装置の位置合せを微調整し、及び／又は1つ又は複数の基準画像を取り込むことができる。その後、1つ又は複数のプローブを取り外して、生検針等の介入ステップを実行するためのツールと交換することができる。介入ステップを実行するためのツールが細長い装置内に挿入されるときに、1つ又は複数の基準画像を使用して、細長い装置が標的位置に位置合わせされたままであることを確認することができる。臨床医は、1つ又は複数の基準画像をスクロールして、どの基

10

20

30

40

50

準画像を使用するかを選択することができる。基準画像が選択されると、ライブ遠隔画像と基準画像の違いを強調表示するために差分画像を表示することができる。この違いに基づいて、臨床医は、細長い装置の位置合せを調整して、ライブ遠隔画像を基準画像と一致させることができる。位置合せが満足のものであれば、介入ステップを実行することができる。

【0117】

いくつかの実施形態では、方法1700はプロセス1750の後に終了され得る。いくつかの実施形態では、方法1700は、プロセス1730に戻って、細長い装置を1つ又は複数の追加の標的位置にナビゲートしてもよい。他の実施形態では、方法1700は、プロセス1710に戻って、位置合せを繰り返す及び／又は向上させようと試みることができる。方法1700の任意のプロセスにおいて、グラフィカル・ユーザインターフェイスは、検出された異常について臨床医に警告することができ、その場合に、臨床医は、異常を修正し、医療処置を終了し、前のステップに戻り、及び／又は異常にもかかわらず続行することができる。

【0118】

図18は、いくつかの実施形態による、グラフィカル・ユーザインターフェイスを使用して医療処置を監視する方法1800の概略図である。図1～図16と一致するいくつかの実施形態によれば、方法1800を使用して、縮小した解剖学的モデル522及び／又は1100を含む、グラフィカル・ユーザインターフェイス500の1つ又は複数のビューを生成及び／又は表示することができる。

【0119】

プロセス1810において、患者の解剖学的構造内の標的位置へのルートが受信される。いくつかの実施形態では、ルートは、医療処置の計画段階中に決定され得る。その後、ルートは、標的位置で医療処置を行うことができる医療器具システム200等の医療器具システムに転送してもよい。いくつかの例では、ルートは、肺の気道を通り肺の標的位置までの経路を規定し得る。いくつかの例では、標的位置は、病変部、結節部、腫瘍部等のうちの1つ又は複数を含み得る。

【0120】

プロセス1820において、ルートの1つ又は複数の特徴が、第1の解剖学的モデルから抽出されるか、又は第1の解剖学的モデルに基づいて決定される。いくつかの実施形態では、第1の解剖学的モデルは、患者の解剖学的構造の関連部分における既知の通路の完全なモデルを含み得る。例えば、第1の解剖学的モデルは、医療処置の計画中にルートを決定するために使用された肺気道のモデルを含み得る。いくつかの例では、第1の解剖学的モデルは、患者の解剖学的構造に位置合わせされ且つグローバル解剖学的モデルビュー1000等のグローバル解剖学的モデルビューで表示される解剖学的モデルを含み得る。いくつかの例では、抽出された特徴は、ルートの直線表現等のルートの簡略化された経路を含み得る。

【0121】

いくつかの例では、抽出された特徴は、ルートに沿ってカテーテル等の医療器具をナビゲートするときに臨床医が遭遇すると予想される目印（landmark）の特徴を含み得る。いくつかの例では、目印の特徴には、ルートから分岐する解剖学的通路の簡略化されたマップ（例えば、ルートを通過するときに遭遇する分岐点のセット）が含まれ得る。例えば、簡略化されたマップは、通路の完全な分岐構造ではなく、ルートから分岐する解剖学的通路の位置を示し得る。位置は、（図11A～図11Cに示されるように）切り取られた分岐部、ドット、ハッシュマーク等の分岐部の位置を示す注釈を使用して示すことができる。いくつかの例では、簡略化されたマップは、対応する分岐通路を介して1つ又は複数の第2の標的位置に到達可能なときの標的アイコンを含むことができる。他の目印となる特徴には、ルートに沿って遭遇する病変部、結節部、血管、変色部、及び／又は他の様々な注目すべき特徴が含まれ得る。

【0122】

いくつかの実施形態では、抽出された特徴には、ルートに沿った通路の幅が含まれ得る。いくつかの例では、幅は階層形式を使用して表され得る。例えば、幅は、最も近い階層レベルに丸められてもよく、及び／又は所与の位置での通路の分岐世代に基づいて近似してもよい。いくつかの実施形態では、抽出された特徴には、標的位置及び／又は標的位置の近傍における１つ又は複数の危険部の位置が含まれ得る。いくつかの例では、抽出された特徴には、ルートの終了部から標的位置までの挿入軌跡（例えば、挿入角度）が含まれ得る。

【０１２３】

プロセス１８３０において、ルートの１つ又は複数の抽出された特徴に基づいて、縮小した解剖学的モデルが生成される。いくつかの例では、縮小した解剖学的モデルは、第１の解剖学的モデルの最も関連性のある特徴が含まれる一方、関連性の低い様々な詳細が除外されるため、第１の解剖学的モデルよりも大幅に簡略化、小さく、及び／又は明確にされ得る。いくつかの例では、縮小した解剖学的モデルの生成中に、抽出された特徴を、平坦化、直線化、クリップ化、簡略化等してもよい。

【０１２４】

プロセス１８４０において、医療処置中に医療器具に関連するリアルタイムの位置情報が受信される。いくつかの実施形態によれば、医療装置は、形状センサ等の位置特定センサを有する操縦可能なカテーテルを含み得る。その結果、リアルタイムの位置情報は、形状センサからの形状データを含み得る。温度データ、歪みデータ等の医療器具及び／又は医療処置に関連する様々な他のリアルタイム情報もプロセス１８４０において受信され得る。リアルタイムの位置情報を受信することは、リアルタイムの位置情報における１つ又は複数の異常を決定することも含み得る。例えば、カテーテルの過度の曲げ、過熱、過度の駆動力等がプロセス１８４０において判定され得る。

【０１２５】

プロセス１８５０において、リアルタイムの位置情報が、縮小した解剖学的モデルに（例えば、マッピングを介して）関連付けられる。いくつかの例では、リアルタイムの位置情報を縮小した解剖学的モデルにマッピングすることは、医療器具が簡略化されたルート経路に沿ってどれだけ延びるかを決定することを含み得る。いくつかの例では、プロセス１８５０において、間違っただけ方向転換及び／又は簡略化されたルート経路の終了部を超えて延びること等の１つ又は複数の異常が判定され得る。

【０１２６】

プロセス１８６０において、リアルタイムの位置情報を有する縮小した解剖学的モデルが動的に表示される。図１１に一致する例では、表示は、縮小した解剖学的モデル１１００に対応し得る。縮小した解剖学的モデルの表示サイズは、異なる方法で設定され、例えば常に利用可能な画面スペースの全幅に収まるように調整され、及び／又は経路の物理的な長さとは異なるサイズに調整され得る（つまり、長い経路は短い経路よりも大きなビューで表示され得る）。プロセス１８４０及び／又は１８１５で判定された異常等の異常がリアルタイム進捗情報で検出された場合に、ディスプレイは、臨床医に異常を警告するための１つ又は複数のインジケータを含み得る。いくつかの例では、異常によって医療装置が誤った通路のその先に操縦される場合に、１つ又は複数のインジケータは、方向転換誤りインジケータを含み得る。異常によって器具がルートの終了部を超えて駆動される場合に、１つ又は複数のインジケータは、逆転インジケータを含み得る。異常によってきつい曲げ半径が含まれる場合に、１つ又は複数のインジケータは、過度の曲げインジケータを含む可能性があり、及び／又は縮小した解剖学的モデルに示されるように医療装置の外観（例えば、色、線のスタイル等）を変更する可能性がある。プロセス１８６０の後に、方法１８００は、プロセス１８４０に戻り、縮小した解剖学的モデルに関するリアルタイムの位置情報を連続的に受信し、マッピングし、動的に表示することができる。

【０１２７】

図１９は、いくつかの実施形態による、グラフィカル・ユーザインターフェイスを使用して患者の解剖学的構造を表示する方法１９００の概略図である。図１～図１６と一致す

10

20

30

40

50

るいくつかの実施形態によれば、方法 1900 を使用して、縮小した解剖学的モデル 522 及び／又は 1100 を含む、グラフィカル・ユーザインターフェイス 500 及び／又はその一部の 1 つ又は複数のビューを生成及び／又は表示することができる。

【0128】

プロセス 1910 において、患者の解剖学的構造内の複数の通路の 3D モデルと、複数の通路内の標的位置へのルートとを含む第 1 の解剖学的構造が受信される。いくつかの例では、患者の解剖学的構造は、肺に対応し得る。そのような例と一致して、複数の通路は、肺の気道に対応し得る。いくつかの例では、標的位置は、病変部、結節部、腫瘍部等を含み得る。

【0129】

プロセス 1920 において、複数の通路のサブセットに基づいて、縮小した解剖学的モデルが生成される。通路のサブセットには、ルートに直接的に接続されるパス通路 (path passageway) が含まれる。すなわち、パス通路は、ルートを通過するときにカテーテル等の医療器具が遭遇する (例えば、通過及び／又は進入する) 通路のサブセットを含む。

【0130】

プロセス 1930 において、縮小した解剖学的モデルは、線形解剖学的モデルとして表示される。いくつかの例では、パス通路の幅は、段階的間隔 (tiered separation) を有する垂直方向に間隔を空けたラインを使用して表され得る。例えば、より高い分岐世代を有するパス通路のために、段階的間隔を階層化することができる (すなわち、垂直方向に間隔を空けたラインが互いに近づけられる)。例えば、肺の場合に、気管に近いパス通路は分岐世代が低く、従って、垂直方向に間隔を空けた間隔が広いラインを使用して描かれるが、ルートの終了部近くのパス通路 (例えば、ルートに沿って複数の分岐部を通過した後) は、分岐世代が高く、従って、気管に近いルートの通路に対して 1 回以上階層化され得る。いくつかの例では、パス通路から外れた分岐部の位置を線形解剖学的モデルで表すことができる。分岐した通路はルートに直接的に接続されていない場合があるため、分岐部は、完全な分岐構造 (例えば、様々なサブ分岐部) を表すことなく、切り取られた分岐部として表すことができる。

【0131】

図 20 は、いくつかの実施形態による、グラフィカル・ユーザインターフェイスを使用して患者の解剖学的構造内の標的を表示するための方法 2000 の概略図である。図 1 ～ 図 16 と一致するいくつかの実施形態によれば、方法 2000 を使用して、仮想内視鏡ビュー 1300 を含む、グラフィカル・ユーザインターフェイス 500 及び／又はその一部の 1 つ又は複数のビューを生成及び／又は表示することができる。

【0132】

プロセス 2010 において、患者の解剖学的構造のモデルを含む解剖学的モデルが受信される。例えば、解剖学的モデルは、肺の気道のモデルを含む患者の肺の 3D モデルであり得る。プロセス 2020 において、解剖学的モデルに対して標的が決定される。例えば、標的は、病変部、腫瘍部、結節部等の所定のサイズ及び／又は位置を含み得る。プロセス 2030 において、標的を取り囲む不確実性ゾーンが決定される。いくつかの例では、不確実性ゾーンは、解剖学的モデルを患者の解剖学的構造に位置合わせすることに関連する位置合せの不確実性に基づいて決定され得る。いくつかの例では、標的のサイズに基づいて不確実性ゾーンが決定され得る。いくつかの例では、不確実性ゾーンは、標的にアクセスするために予想される困難性に基づいて決定され得る (すなわち、到達困難な標的は、より大きな不確実性の影響を受け得る)。プロセス 2040 において、標的及び標的を取り囲む不確実性ゾーンが、解剖学的モデルに対して表示される。標的及び／又は不確実性ゾーンが解剖学的モデルの通路の外側にある場合等のいくつかの例では、解剖学的モデルの通路は半透明になる方法でレンダリングされ、それによって標的及び不確実性ゾーンが、通路の壁を通して見えるようになる。

【0133】

制御ユニット 130 等の制御ユニットのいくつかの例は、実行可能コードを含む非一時

10

20

30

40

50

的な有形の機械可読媒体を含み、実行可能コードが1つ又は複数のプロセッサ（例えば、プロセッサ140）によって実行されると、1つ又は複数のプロセッサに、方法1700～2000のプロセスを実行させ、及び／又はグラフィカル・ユーザインターフェイス400及び／又は500をレンダリングさせ得る。方法1700～2000のプロセス及び／又はグラフィカル・ユーザインターフェイス400及び／又は500をレンダリングするための命令を含み得る機械可読媒体のいくつかの一般的な形態は、例えば、フロッピーディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、磁気テープ、他の磁気媒体、CD-ROM、他の光媒体、パンチカード、紙テープ、孔パターンを有する他の物理媒体、RAM、PROM、EPROM、FLASH-EPROM、他のメモリチップ又はカートリッジ、及び／又はプロセッサ又はコンピュータが読み出しに適した他の媒体である。

10

【0134】

例示的な実施形態を示して説明したが、前述した開示には広範囲の修正、変更、及び置換が企図され、場合によっては、実施形態のいくつかの特徴は、他の特徴の対応する使用なしに使用され得る。当業者は、多くの変形、代替、及び修正を認識するであろう。こうして、本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲によってのみ限定すべきであり、特許請求の範囲は、本明細書に開示される実施形態の範囲と一致する形態で広く解釈することが適切である。

20

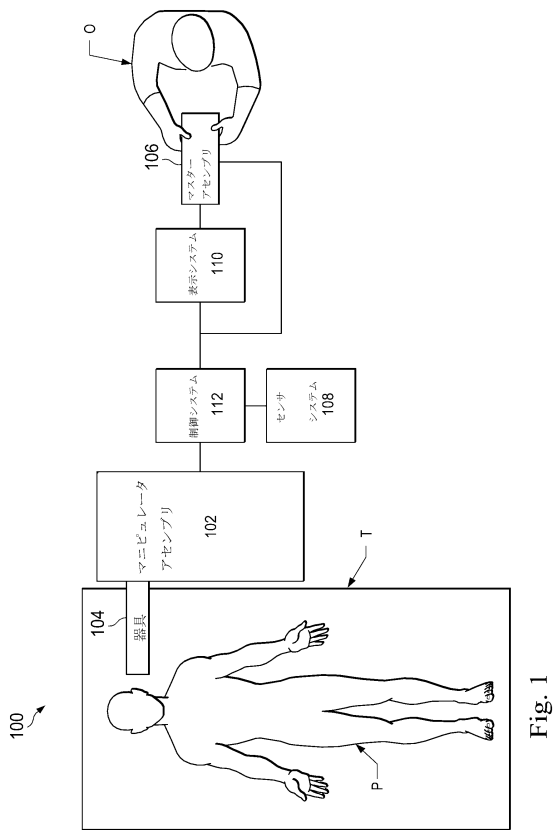
30

40

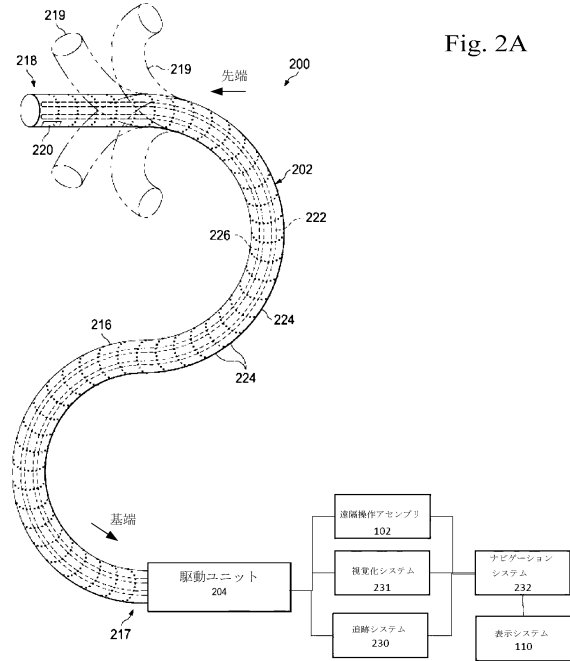
50

【図面】

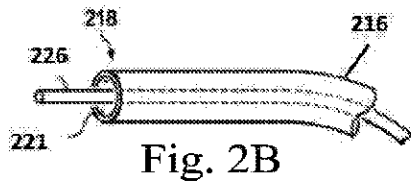
【図 1】



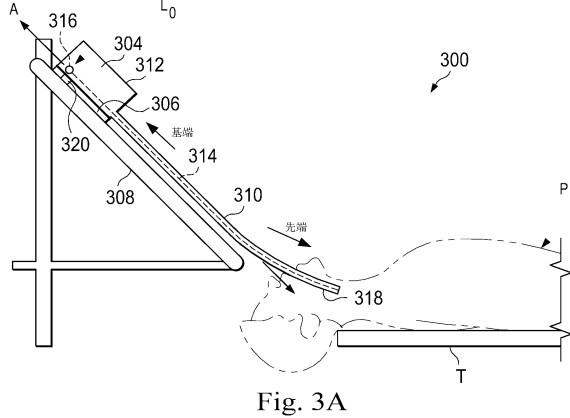
【図 2 A】



【図 2 B】



【図 3 A】



10

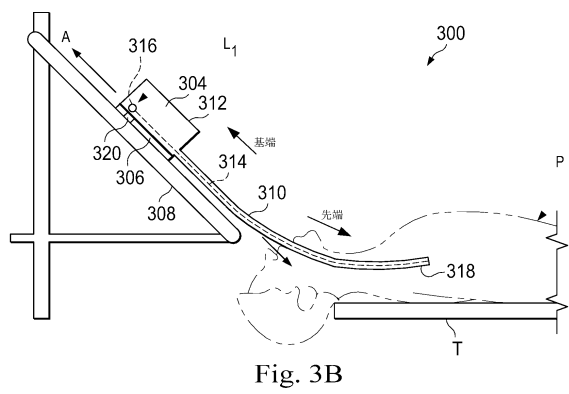
20

30

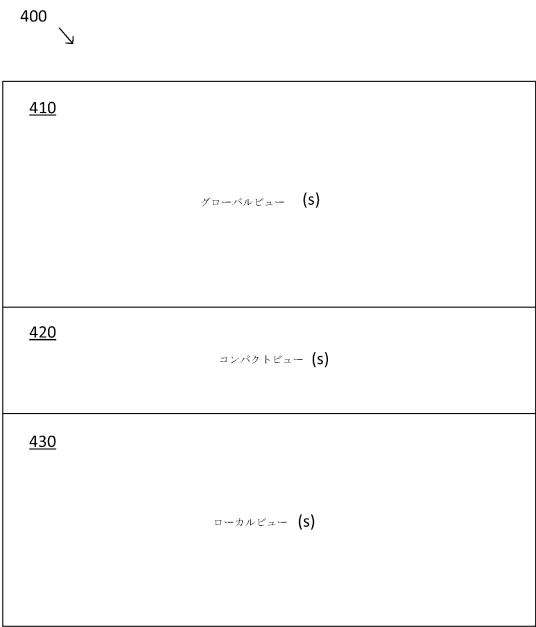
40

50

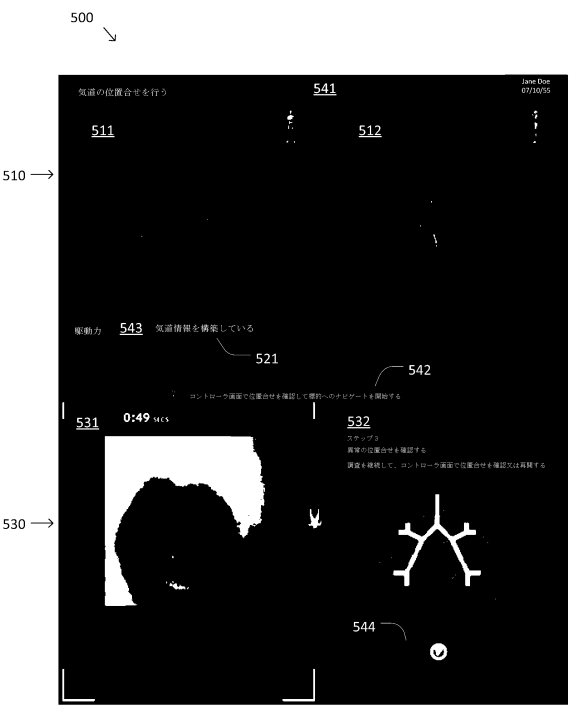
【図 3 B】



【図 4】



【図 5 A】



【図 5 B】

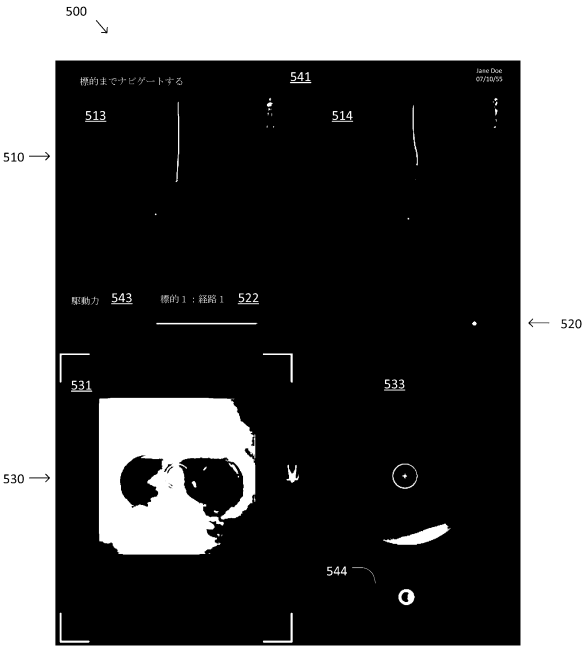
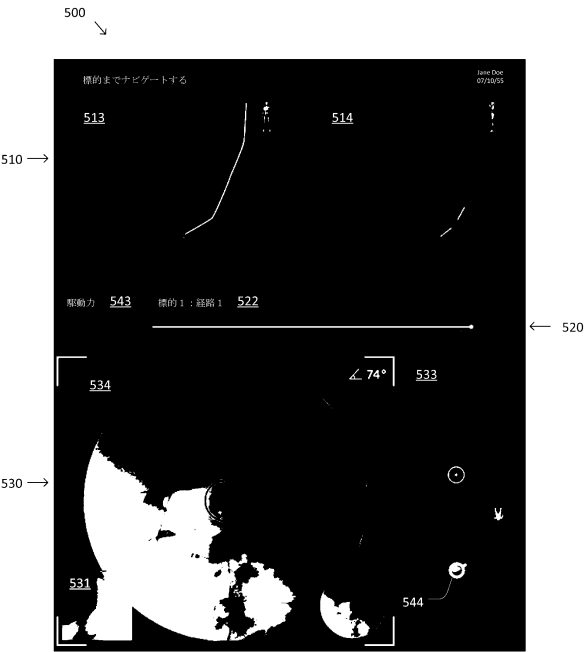
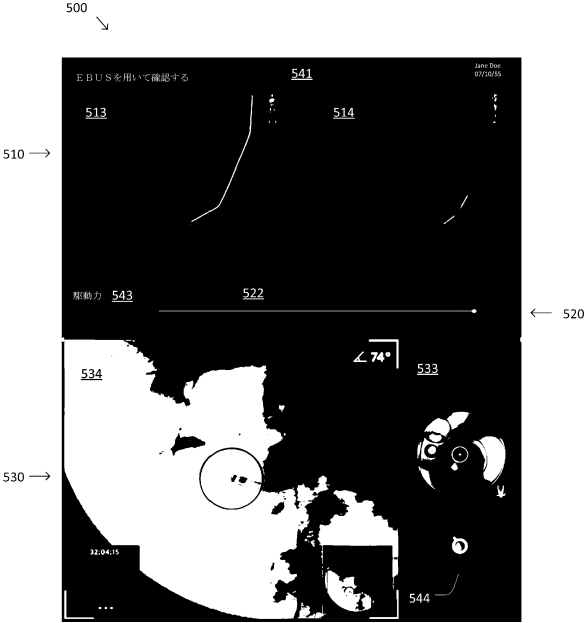


FIG. 5B

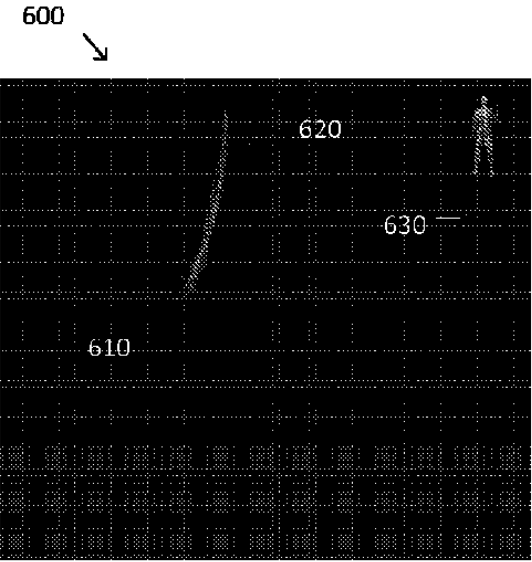
【図 5 C】



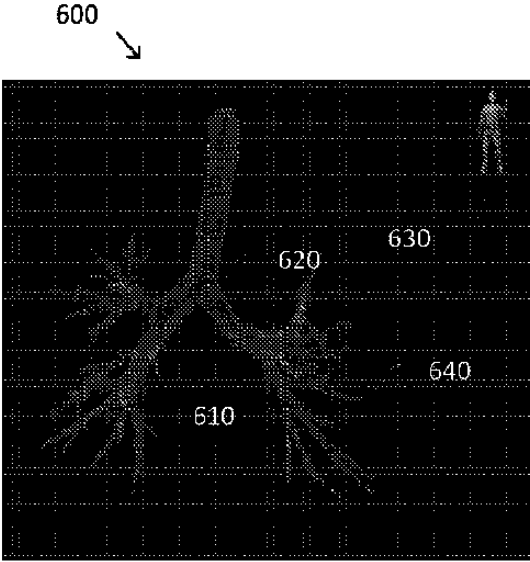
【図 5 D】



【図 6 A】



【図 6 B】



10

20

30

40

50

【図 7 A】

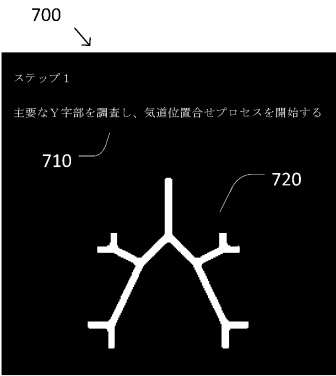


FIG. 7A

【図 7 B】

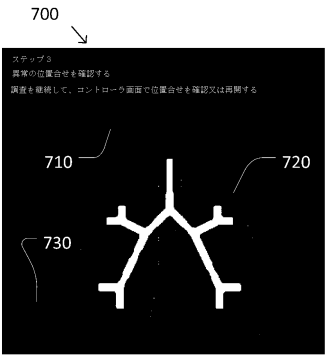


FIG. 7B

【図 8】

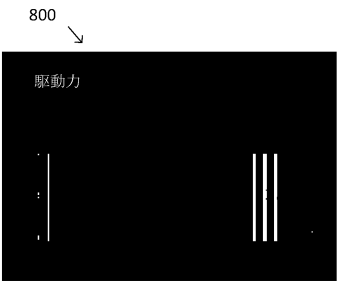


FIG. 8

【図 9】

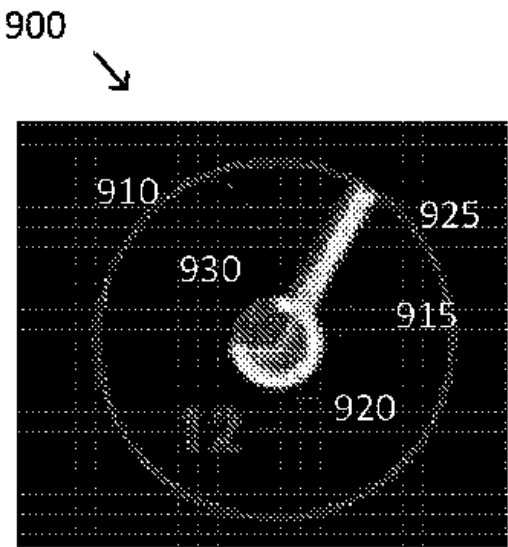


FIG. 9

【図 10】

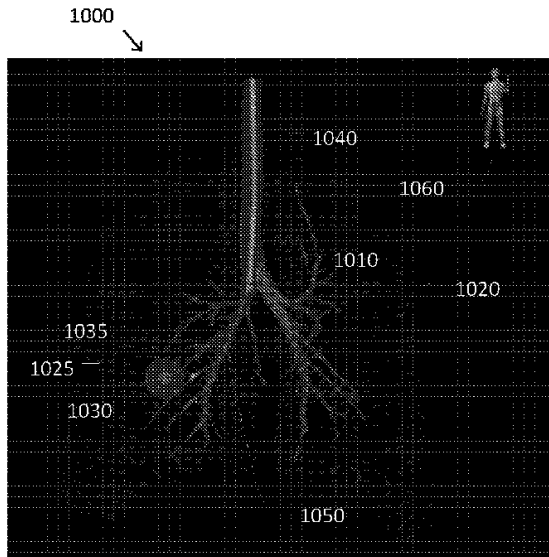


FIG. 10

【図 1 1 A】

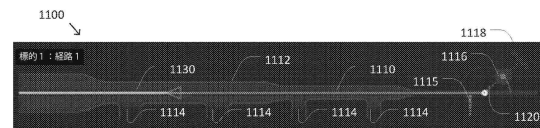


FIG. 11A

【図 1 1 B】



FIG. 11B

【図 1 1 C】



FIG. 11C

【図 12 A】

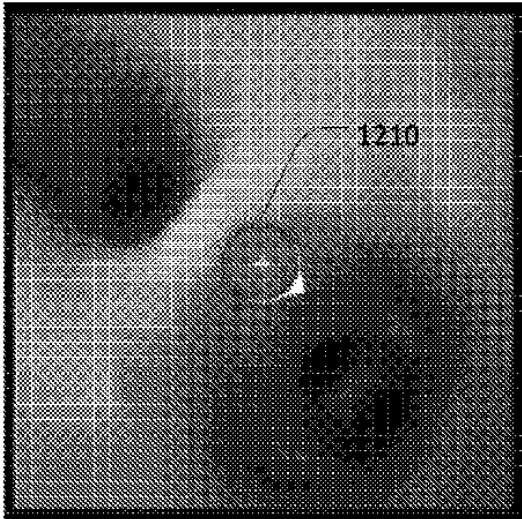
1200
↓

FIG. 12A

【図 12 B】

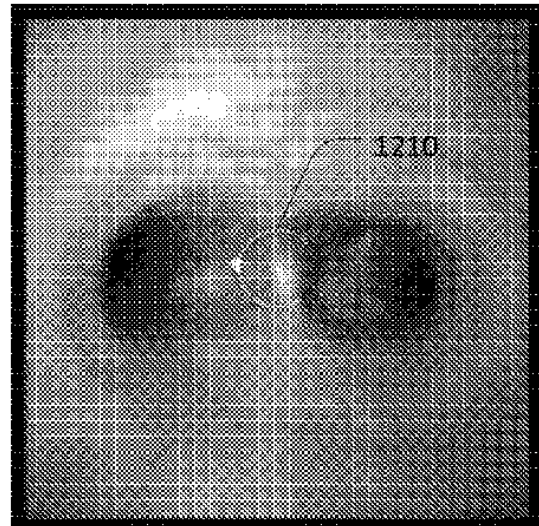
1200
↓

FIG. 12B

【図 13 A】

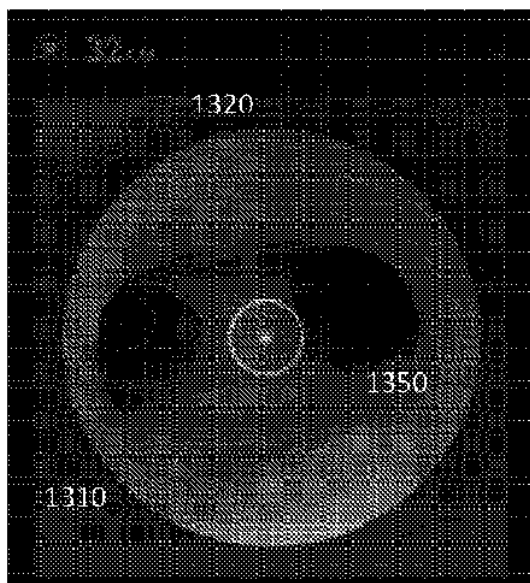
1300
↓

FIG. 13A

【図 13 B】

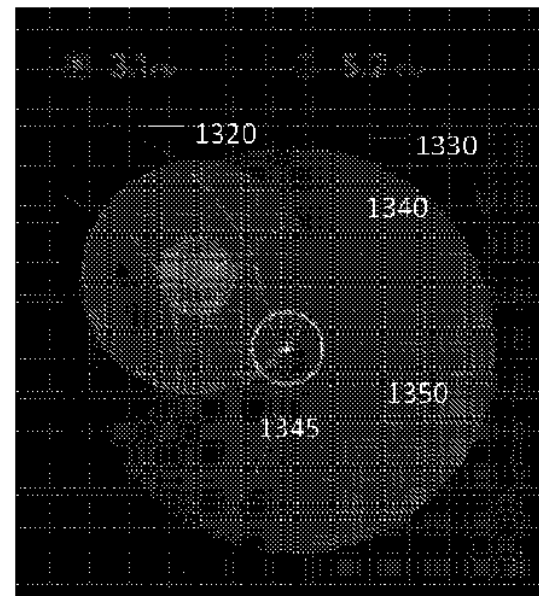
1300
↓

FIG. 13B

10

20

30

40

50

【圖 1 3 C】

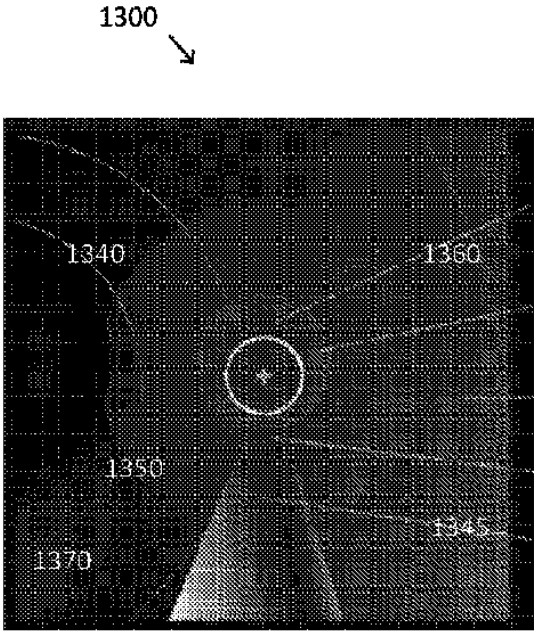


FIG. 13C

【圖 1 3 D】

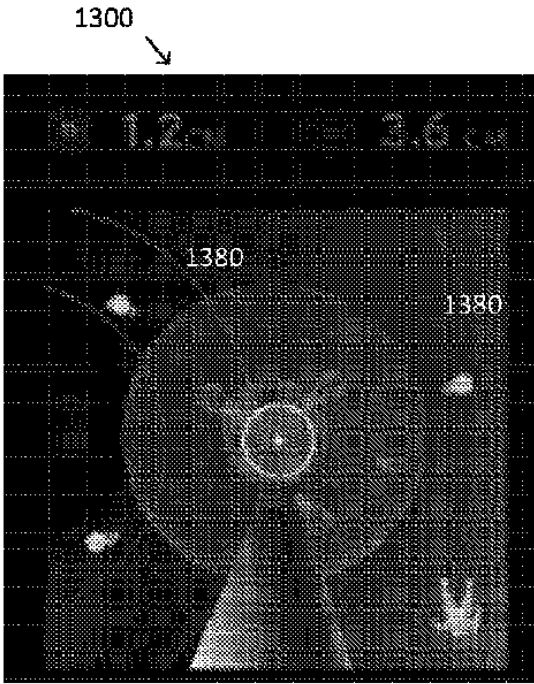


FIG. 13D

【圖 1 4】

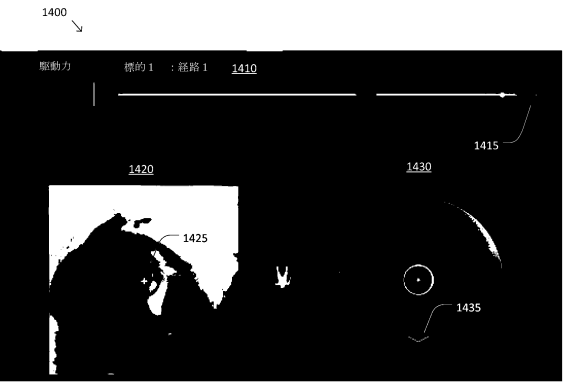


FIG. 14

【圖 1 5 A】

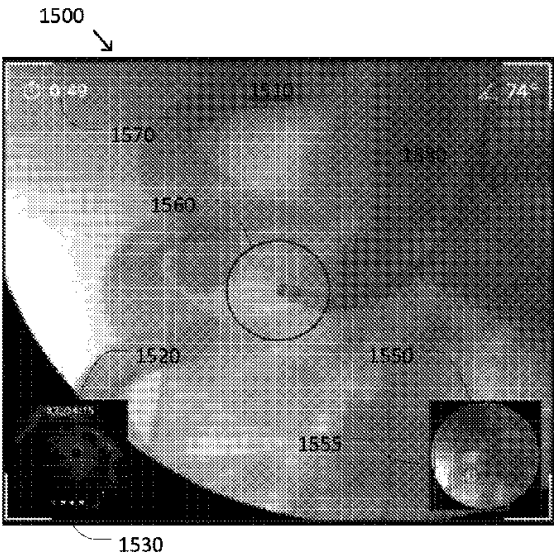


FIG. 15A

10

20

30

40

50

【図 1 5 B】

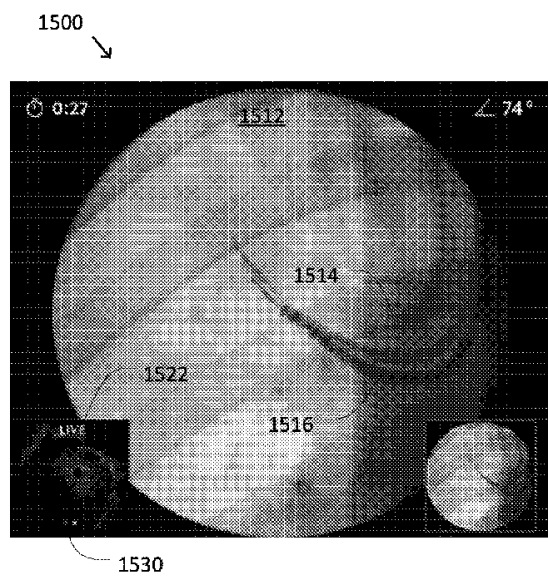


FIG. 15B

【図 1 5 C】

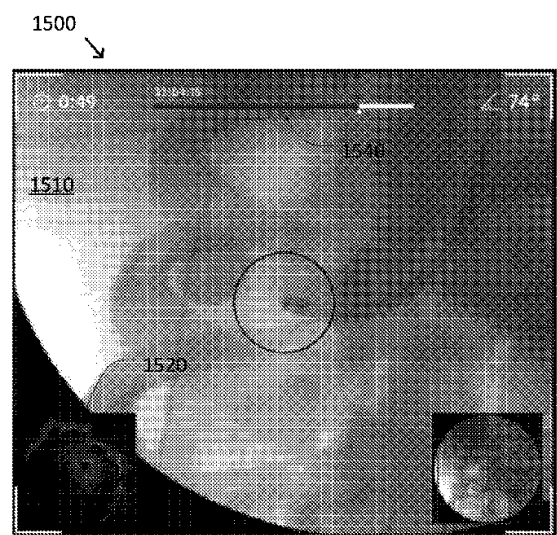


FIG. 15C

【図 1 6】

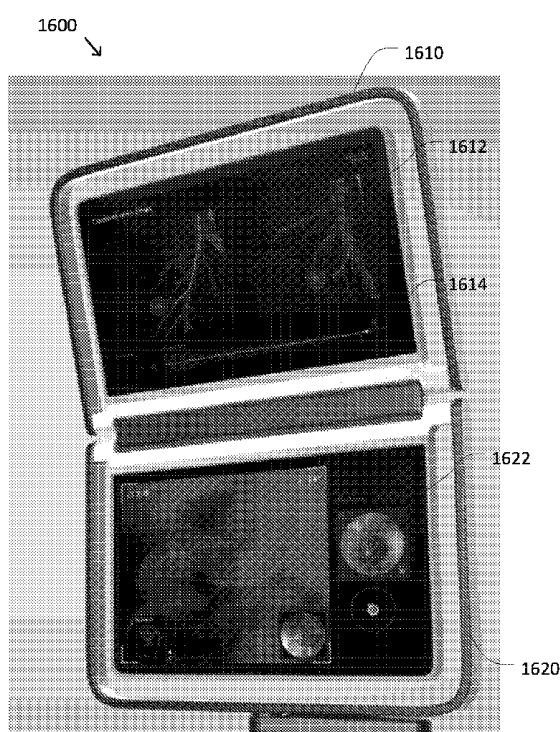


FIG. 16

【図 1 7】

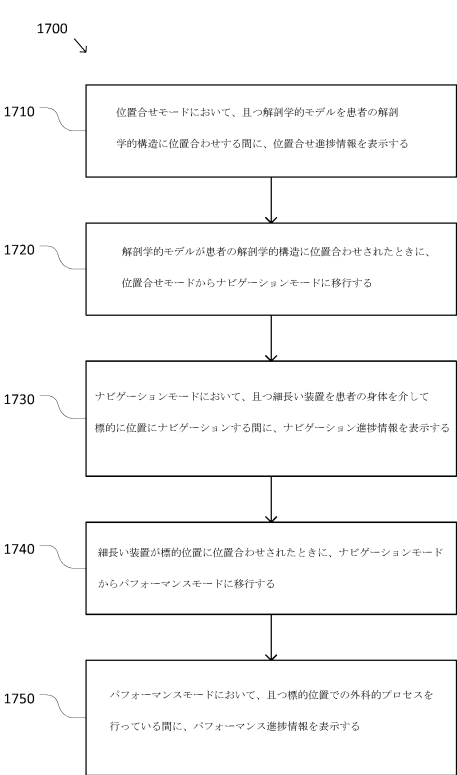


FIG. 17

10

20

30

40

50

【図 18】

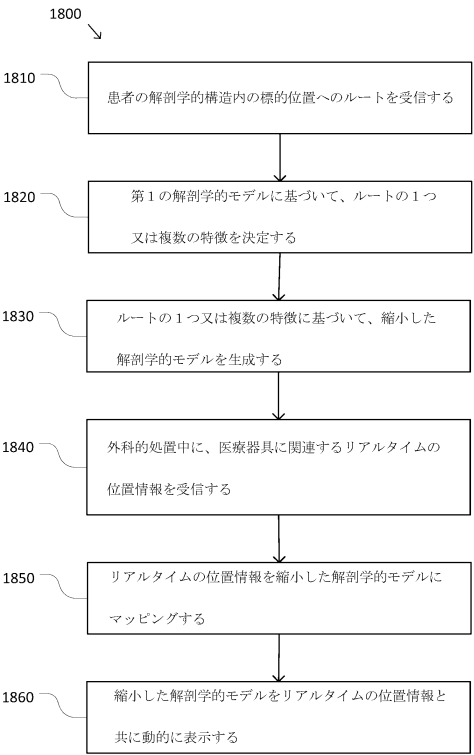


FIG. 18

【図 19】

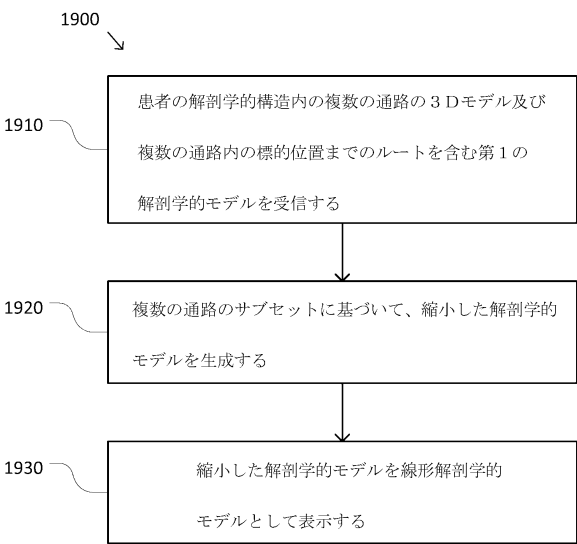


FIG. 19

【図 20】

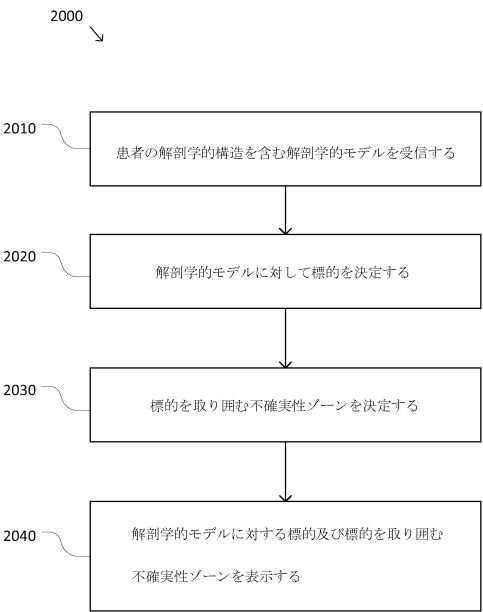


FIG. 20

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 米国(US)
ード 1020
- (72)発明者 アルゴ, ローレン エル.
アメリカ合衆国 94086 カリフォルニア州, サニーヴェイル, キファー・ロード 1020
- (72)発明者 ビアンキ, クリスチャン
アメリカ合衆国 94086 カリフォルニア州, サニーヴェイル, キファー・ロード 1020
- (72)発明者 カールソン, クリストファー アール.
アメリカ合衆国 94086 カリフォルニア州, サニーヴェイル, キファー・ロード 1020
- (72)発明者 クルーズ ザ セカンド, エナジー
アメリカ合衆国 94086 カリフォルニア州, サニーヴェイル, キファー・ロード 1020
- (72)発明者 イチカワ, スコット エス.
アメリカ合衆国 94086 カリフォルニア州, サニーヴェイル, キファー・ロード 1020
- (72)発明者 ティンリング, アーロン ビー.
アメリカ合衆国 94086 カリフォルニア州, サニーヴェイル, キファー・ロード 1020
- (72)発明者 ワグナー, オリバー ジェイ.
アメリカ合衆国 94086 カリフォルニア州, サニーヴェイル, キファー・ロード 1020
- 合議体
審判長 佐々木 正章
審判官 村上 哲
審判官 安井 寿儀
- (56)参考文献 米国特許出願公開第2016/0300017 (US, A1)
米国特許出願公開第2010/0249506 (US, A1)
特開2008-261 (JP, A)
特表2004-506466号公報 (JP, A)
国際公開第2014/141968 (WO, A1)
特表2006-508731号公報 (JP, A)
特開2006-51359 (JP, A)
山口 理絵, 進化を遂げる画像診断, 映像情報メディカル 2009年4月号 A MONTHLY JOURNAL OF MEDICAL IMAGING AND INFORMATION, 日本, 産業開発機構株式会社, 2009年04月01日, 第41巻, 第4号, p.374-379
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A61B 34/20
A61B 34/10