

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7132922号

(P7132922)

(45)発行日 令和4年9月7日(2022.9.7)

(24)登録日 令和4年8月30日(2022.8.30)

(51)国際特許分類

F I

A 6 1 B 34/35 (2016.01)

A 6 1 B 34/35

請求項の数 15 (全26頁)

| | | | |
|-------------------|-----------------------------|----------|--------------------------|
| (21)出願番号 | 特願2019-530072(P2019-530072) | (73)特許権者 | 590000248 |
| (86)(22)出願日 | 平成29年12月5日(2017.12.5) | | コーニンクレッカ フィリップス エヌ |
| (65)公表番号 | 特表2020-500620(P2020-500620 | | ヴェ |
| | A) | | Koninklijke Philips |
| (43)公表日 | 令和2年1月16日(2020.1.16) | | N.V. |
| (86)国際出願番号 | PCT/EP2017/081423 | | オランダ国 5 6 5 6 アーヘー アイン |
| (87)国際公開番号 | WO2018/104252 | | ドーフエン ハイテック キャンパス 5 2 |
| (87)国際公開日 | 平成30年6月14日(2018.6.14) | | High Tech Campus 5 2 , |
| 審査請求日 | 令和2年12月4日(2020.12.4) | | 5 6 5 6 AG Eindhoven , N |
| (31)優先権主張番号 | 62/430,994 | | etherlands |
| (32)優先日 | 平成28年12月7日(2016.12.7) | (74)代理人 | 110001690 |
| (33)優先権主張国・地域又は機関 | 米国(US) | | 特許業務法人M&Sパートナーズ |
| | | (72)発明者 | ボボヴィッチ アレクサンドラ |
| | | | オランダ国 5 6 5 6 アーエー アイン |
| | | | ドーフエン ハイ テック キャンパス 5 |
| | | | 最終頁に続く |

(54)【発明の名称】 ロボット制御のための画像誘導モーションスケーリング

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外科用ロボットアームと、

前記外科用ロボットアームと連絡する画像誘導モーションスケールロボットコントローラとを備える画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステムであって、

前記画像誘導モーションスケールロボットコントローラは、解剖学的領域内での前記外科用ロボットアームのユーザ定義運動を表す入力信号に応じて、前記解剖学的領域のイメージング内に描かれたモーションスケールのマップに基づき、前記解剖学的領域内での前記外科用ロボットアームの作動運動を制御する、画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム。

【請求項 2】

前記画像誘導モーションスケールロボットコントローラはさらに、前記解剖学的領域の前記イメージング内の前記モーションスケールの描写を制御する、請求項 1 に記載の画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム。

【請求項 3】

前記画像誘導モーションスケールロボットコントローラはさらに、前記外科用ロボットアームと、前記解剖学的領域の前記イメージング内の解剖学的構造との間の距離に依存して前記モーションスケールの描写を制御する、請求項 1 に記載の画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム。

【請求項 4】

前記画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステムはさらに追加の外科用ロボットアームを備え、

前記画像誘導モーションスケールロボットコントローラはさらに、前記解剖学的領域の前記イメージング内の解剖学的構造に対する前記外科用ロボットアームと前記追加の外科用ロボットアームとの間の距離に依存して前記モーションスケールの描写を制御する、請求項 1 に記載の画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム。

【請求項 5】

前記画像誘導モーションスケールロボットコントローラはさらに、前記解剖学的領域内の前記外科用ロボットアームのトラッキングを表す追跡データに応じて、前記解剖学的領域内での前記外科用ロボットアームの前記作動運動を制御する、請求項 1 に記載の画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム。

10

【請求項 6】

前記画像誘導モーションスケールロボットコントローラはさらに、前記解剖学的領域の前記イメージング内の前記外科用ロボットアームのトラッキングを表す追跡データに応じて、前記解剖学的領域内での前記外科用ロボットアームの前記作動運動を制御する、請求項 1 に記載の画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム。

【請求項 7】

前記モーションスケールは、位置モーションスケール、速度モーションスケール、加速度モーションスケール、及び力モーションスケールのうちの 1 つである、請求項 1 に記載の画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム。

20

【請求項 8】

前記モーションスケールは少なくとも 1 つのスケーリングファクタを含む、請求項 1 に記載の画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム。

【請求項 9】

解剖学的領域内の外科用ロボットアームのユーザ定義運動を表す入力信号に応じて運動ベクトル信号を生成する運動ベクトル生成器であって、前記運動ベクトル信号は、前記解剖学的領域内での前記外科用ロボットアームの作動運動を表す、運動ベクトル生成器と、

前記運動ベクトル生成器による前記運動ベクトル信号の生成に応じて作動コマンドを生成する外科用ロボットアームアクチュエータとを備える画像誘導モーションスケールロボットコントローラであって、

30

前記作動コマンドは、前記解剖学的領域内での前記外科用ロボットアームの前記作動運動を指示するものであり、

前記運動ベクトル生成器がさらに、前記解剖学的領域のイメージング内に描かれたモーションスケールのマップに基づき前記運動ベクトル信号を生成するか、又は

前記外科用ロボットアームアクチュエータがさらに、前記解剖学的領域のイメージング内に描かれた前記モーションスケールに基づき前記作動コマンドを生成する、画像誘導モーションスケールロボットコントローラ。

【請求項 10】

イメージング座標空間内に前記モーションスケールを描くモーションスケールマッパーをさらに備える、請求項 9 に記載の画像誘導モーションスケール外科用ロボットコントローラ。

40

【請求項 11】

前記外科用ロボットアームと、イメージング座標空間内の解剖学的構造との間の距離に依存して前記モーションスケールを計算するモーションスケールマッパーをさらに備える、請求項 9 に記載の画像誘導モーションスケール外科用ロボットコントローラ。

【請求項 12】

イメージング座標空間内の解剖学的構造に対する前記外科用ロボットアームと追加の外科用ロボットアームとの間の距離に依存して前記モーションスケールを計算するモーションスケールマッパーをさらに備える、請求項 9 に記載の画像誘導モーションスケール外科用ロボットコントローラ。

50

【請求項 13】

前記運動ベクトル生成器がさらに、外科用座標空間内の前記外科用ロボットアームのトラッキングを表す追跡データに応じて前記運動ベクトル信号を生成するか、又は

前記外科用ロボットアームアクチュエータがさらに、前記外科用座標空間内の前記外科用ロボットアームのトラッキングを表す前記追跡データに応じて前記作動コマンドを生成する、請求項9に記載の画像誘導モーションスケール外科用ロボットコントローラ。

【請求項 14】

前記運動ベクトル生成器がさらに、イメージング座標空間内の前記外科用ロボットアームのトラッキングを表す追跡データに応じて前記運動ベクトル信号を生成するか、又は

前記外科用ロボットアームアクチュエータがさらに、前記イメージング座標空間内の前記トラッキングを表す追跡データに応じて前記作動コマンドを生成する、請求項9に記載の画像誘導モーションスケール外科用ロボットコントローラ。

【請求項 15】

前記モーションスケールは、位置モーションスケール、速度モーションスケール、加速度モーションスケール、及び力モーションスケールのうちの1つである、請求項9に記載の画像誘導モーションスケール外科用ロボットコントローラ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の発明は、一般的には、1つ又は複数の外科用ロボットアームの制御にモーションスケールを組み込んだ外科用ロボットシステムに関する（例えば、da Vinci Surgical System、Raven Robotic Surgical System、Sport Surgical System、Flex Robotic System等）。本開示の発明は、より具体的には、1つ又は複数の外科用ロボットアームの制御に画像誘導モーションスケールを組み込むことによって前記のような外科用ロボットシステムを改善することに関する。

【背景技術】

【0002】

今日の外科用ロボットシステムは外科医コンソールから制御される。より具体的には、オペレータはコンソール上のハンドルを動かし、それによってハンドルからの信号が解釈され、外科用ロボットアームの動きに変換される。この動きは、ロボットのエンドエフェクタの動きがハンドル又はオペレータの手の動きよりも小さく又は大きくなるようにスケールリングされ得る。現在、スケールリングファクタ（倍率）は外科用ロボットシステムによって、又はシステムのオペレータによって定められる。例えば、オペレータはスケールリングファクタを5:1と定め、これは、外科医コンソールのハンドルによって定められる動きが、ロボットのエンドエフェクタの対応する動きにおいて1/5に減少することを意味する。

【0003】

スケールリングファクタは、コンソールのオペレータが、より直感的な大きいハンドルの動きを用いて非常に繊細な処置（例えば、小さい血管の縫合）を行うことを可能にすることによって、また、ハンドルに適用されるオペレータの震えを縮減することによって、外科ロボット処置の精度の向上を容易にする。

【0004】

従来、スケールリングファクタは音声認識システムや制御ボタンなどを介して達成され、異なる外科用ロボットアームごとに、及び異なる方向ごとに異なる設定がされ得る。しかし、スケールリングファクタの設定は主観的なものであり、コンソールのオペレータがスケールリングファクタを変更することを決定するまで固定される。また、現行のスケールリングファクタの主観的な設定は、手術環境を効果的に考慮に入れることができず、したがって、ロボットエンドエフェクタと、重要な構造若しくは組織又は他のロボットアームとの近さから独立している。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

さらに、1つの問題として、一定のスケーリングファクタは、外科的な複雑性をもたらし得る。例えば、スケーリングファクタがロボットアームの動きを増幅するように設定されており、コンソールオペレータが解剖学的領域の禁止区域に近づくと、コンソールオペレータの反応時間は、外科用ロボットアームが禁止区域に接近するのを止める又は減速させるのに不十分であるおそれがあり、負傷をもたらすおそれがある。また、場合によっては、さらなる問題として、外科的なタスクは、解剖学的領域における1つのエリアでは細かい動きを要求し、解剖学的領域における別のエリアでは速い動きを要求する可能性がある。例えば、組織を除去する場合（例えば、腫瘍の切除又は骨の粉碎）、解剖学的領域の自由空間内では速くて大きい動きが望ましいかもしれないが、組織の境界の近くでは細かい又は遅い動きが要求され得る。これらの問題に対処するためにコンソールオペレータがスケーリングファクタを頻繁に変更することは、外科的なロボット作業から気をそらす可能性があることは明らかである。

10

【 発 明 の 概 要 】

【 0 0 0 6 】

解剖学的領域を取り囲む外科用座標空間内の外科用ロボットアームの制御に組み込まれたモーションスケールを改善するために、本開示は、解剖学的領域の術前イメージング及び/又は術中イメージング（例えば、内視鏡/腹腔鏡画像、X線画像、コンピュータ断層撮影画像、超音波画像、磁気共鳴画像など）から外科用ロボットアームのモーションスケールを定めるための発明を提供する。モーションスケールは、外科用座標空間内での外科用ロボットアームの運動に関連する任意のパラメータに基づき、例えば、外科用座標空間内の外科用ロボットアームの配置及び速度等に基づき得る。本開示の発明による改善は、モーションスケールが、外科用ロボットアームの動作環境に依存し、患者の負傷のリスクの低減及び外科手術時間の短縮を容易にすることによって取り扱いの改善を可能にすることである。

20

【 0 0 0 7 】

本開示の発明を説明及び請求する目的上、以下の用語は次のように定められる。

【 0 0 0 8 】

（１）本明細書に例示されるように、「モーションスケール」との用語は、解剖学的領域のイメージング内にマッピングされる平面領域又は立体領域を含み、それにより、解剖学的領域内の外科用ロボットアームのユーザ定義運動にスケーリングファクタが適用され、それにより、解剖学的領域内の外科用ロボットアームの作動運動は、解剖学的領域内の外科用ロボットアームのユーザ定義運動の減衰又は増幅である外科用ロボットアームの作動運動で制御される。

30

【 0 0 0 9 】

（２）「ユーザ定義運動」及び「作動運動」との用語は、本開示の技術分野において知られているものであり、本明細書に例示されていると解釈されるべきである。

【 0 0 1 0 】

（３）「画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム」との用語は、解剖学的領域の術前イメージング及び/又は術中イメージング（例えば、内視鏡/腹腔鏡画像、X線画像、コンピュータ断層撮影画像、超音波画像、磁気共鳴画像など）から外科用ロボットアームのモーションスケールを定めるための本開示の発明原理が組み込まれた、本開示の技術分野において知られており、以下で考えられるあらゆる外科用ロボットシステムを広範に含む。既知の外科用ロボットシステムの例には、da Vinci Surgical System、Raven Robotic Surgical System、Sport Surgical System、及びFlex Robotic Systemが含まれる。

40

【 0 0 1 1 】

（４）「画像誘導モーションスケールロボット制御方法」との用語は、解剖学的領域の術前イメージング及び/又は術中イメージング（例えば、内視鏡/腹腔鏡画像、X線画像

50

、コンピュータ断層撮影画像、超音波画像、磁気共鳴画像など）から外科用ロボットアームのモーションスケールを定めるための本開示の発明原理が組み込まれた、本開示の技術分野において知られており、以下で考えられるあらゆる外科用ロボットシステム制御方法を広範に含む。

【 0 0 1 2 】

（ 5 ）「画像誘導モーションスケールロボットコントローラ」との用語は、本明細書で後述される本開示の様々な発明原理の適用を制御するための本開示の画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステムにおいて使用される特定用途向けメインボード又は特定用途向け集積回路のあらゆる構造的構成を広範に含む。コントローラの構造的構成は、例えば、プロセッサ、コンピュータ可用 / コンピュータ可読記憶媒体、オペレーティングシステム、アプリケーションモジュール、周辺機器コントローラ、インターフェース、バス、スロット、及びポートを含み得る。

10

【 0 0 1 3 】

（ 6 ）「アプリケーションモジュール」との用語は、電子回路及び / 又は実行可能プログラム（例えば、特定のアプリケーションを実行するために非一時的コンピュータ可読媒体に格納された実行可能ソフトウェア及び / 又はファームウェア）からなる画像誘導モーションスケールロボットコントローラの構成要素を広範に含む。

【 0 0 1 4 】

（ 7 ）「信号」、「データ」、及び「コマンド」との用語は、本開示の技術分野で理解され、かつ、後述される本開示の様々な発明原理の適用を支援する上で情報及び / 又は指示を伝達するために本明細書で例示される、検出可能な量又はインパルス of のあらゆる形態を広範に含む。本開示の構成要素間の信号 / データ / コマンドの伝達は、本開示の技術分野で知られており、以下で考えられるような任意の伝達方法を含み、例えば、任意のタイプの有線又は無線媒体 / データリンクを介するデータ / コマンド送信 / 受信、及びコンピュータ可用 / コンピュータ可読記憶媒体にアップロードされた信号 / データ / コマンドの読み取りを含む。

20

【 0 0 1 5 】

本開示の発明の一実施形態は、外科用ロボットアームと画像誘導モーションスケールロボットコントローラとを使用する画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステムである。動作中、解剖学的領域内での外科用ロボットアームのユーザ定義運動を表す入力信号に応じて、画像誘導モーションスケール外科用コントローラは、解剖学的領域のイメージング内に描かれたモーションスケールのマップに基づき、解剖学的領域内での外科用ロボットアームの作動運動を制御する。

30

【 0 0 1 6 】

本開示の発明の第 2 の実施形態は、運動ベクトル生成器と外科用ロボットアームアクチュエータとを含むアプリケーションモジュールを使用する画像誘導モーションスケールロボットコントローラである。

【 0 0 1 7 】

動作中、運動ベクトル生成器は、解剖学的領域内での外科用ロボットアームのユーザ定義運動を表す入力信号に応じて運動ベクトル信号を生成し、ここで運動ベクトル信号は、解剖学的領域内での外科用ロボットアームの作動運動を表す。運動ベクトル生成器による運動ベクトル信号の生成は、解剖学的領域のイメージング内に描かれたモーションスケールのマップに基づいてもよい。

40

【 0 0 1 8 】

さらに、動作中、運動ベクトル生成器による運動ベクトル信号の生成に応じて、外科用ロボットアームアクチュエータは、解剖学的領域内での外科用ロボットアームの作動運動を指示する作動コマンドを構造的に生成する。外科用ロボットアームアクチュエータによる作動コマンドの生成は、解剖学的領域のイメージング内に描かれたモーションスケールのマップに基づき得る。

【 0 0 1 9 】

50

本開示の発明の第3の実施形態は、画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステムによって実装される画像誘導モーションスケールロボット制御方法である。画像誘導モーションスケールロボット制御方法は、画像誘導モーションスケールロボットコントローラが、解剖学的領域内での外科用ロボットアームのユーザ定義運動を表す入力信号を受信するステップを含む。画像誘導モーションスケールロボット制御方法はさらに、入力信号に応じて、画像誘導モーションスケールロボットコントローラが、解剖学的領域のイメージング内に描かれたモーションスケールのマップに基づき、解剖学的領域内での外科用ロボットアームの作動運動を制御するステップを含む。

【0020】

本開示の発明の上記実施形態及び他の実施形態、並びに本開示の発明の様々な特徴及び利点は、以下に示される、本開示の発明の様々な実施形態の詳細な説明を添付図面とともに読むことによりさらに明らかになるであろう。詳細な説明及び図面は、限定ではなく本開示の発明の単なる例示であり、本開示の発明の範囲は、添付の特許請求の範囲及び均等物によって定められる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1A - 1C】図1A ~ 図1Cは、本開示の発明原理に係るイメージング座標空間内のモーションスケールのマッピングの例示的实施形態を示す。

【図2A - 2F】図2A ~ 図2Fは、本開示の発明原理に係る例示的なスケーリングファクタを示す。

【図3A】図3Aは、本開示の発明原理に係る2次元（「2D」）イメージング座標空間内のモーションスケールのグラフィカル描写マッピングを表すフローチャートを示す。

【図3B】図3Bは、本開示の発明原理に係る2Dイメージング座標空間内のモーションスケールのグラフィカル描写マッピングの例を示す。

【図4A】図4Aは、本開示の発明原理に係る3次元（「3D」）イメージング座標空間内のモーションスケールのグラフィカル描写マッピングを表すフローチャートを示す。

【図4B】図4Bは、本開示の発明原理に係る3Dイメージング座標空間内のモーションスケールのグラフィカル描写マッピングの例を示す。

【図5A - 5B】図5A及び図5Bは、本開示の発明原理に係る第1の例示的な動的モーションスケールを示す。

【図6A - 6B】図6A及び図6Bは、本開示の発明原理に係る第2の例示的な動的モーションスケールを示す。

【図7】図7は、本開示の発明原理に係る2次元（「2D」）イメージング座標空間内のモーションスケールの動的マッピングを表すフローチャートを示す。

【図8】図8は、本開示の発明原理に係る外科用システムの例示的实施形態を示す。

【図9A - 9B】図9A及び図9Bは、本開示の発明原理に係る画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステムの例示的实施形態を示す。

【図10A - 10B】図10A及び図10Bは、本開示の発明原理に係る画像誘導モーションスケールロボットコントローラの例示的实施形態を示す。

【発明を実施するための形態】

【0022】

本明細書に詳細に記載されるように、本開示のモーションスケールは、解剖学的領域のイメージング内にマッピングされる平面領域又は立体領域を含み、それにより、解剖学的領域内の外科用ロボットアームのユーザ定義運動にスケーリングファクタが適用され、それにより、解剖学的領域内の外科用ロボットアームの作動運動は、ユーザ定義運動の減衰又は増幅である外科用ロボットアームの作動運動で制御される。

【0023】

より具体的には、本開示のモーションスケールは、1つ又は複数のスケーリングファクタを含む。本開示のスケーリングファクタは、解剖学的領域内の外科用ロボットアームの運動の制御におけるユーザ定義運動の減衰を定量化する比率 $S F_{A T T} : 1$ 、又は、解剖学

10

20

30

40

50

的領域内の外科用ロボットアームの運動の制御におけるユーザ定義運動の増幅を定量化する比率 $1 : S F_{AMP}$ であり得る。

【0024】

例えば、 $5 : 1$ のスケーリングファクタは、解剖学的領域内の外科用ロボットアームの運動の制御におけるユーザ定義運動の5倍の減衰を定量化し、 $1 : 5$ のスケーリングファクタは、解剖学的領域内の外科用ロボットアームの運動の制御におけるユーザ定義運動の5倍の増幅を定量化する。

【0025】

実際には、本開示のモーションスケールは、撮像座標空間内の平面領域又は立体領域の全体に対して単一のスケーリングファクタを有し得る。

10

【0026】

また、実際には、単一のスケーリングファクタは、平面領域又は立体領域の全体にわたって固定減衰比又は固定増幅比であり得る。あるいは、単一のスケーリングファクタは、撮像座標空間内の平面領域又は立体領域の全体にわたって可変減衰比又は可変増幅比であり得る。

【0027】

例えば、スケーリングファクタは、外科的座標空間内の外科用ロボットアームの運動の制御における、平面領域又は立体領域にわたるユーザ定義運動の正の傾き又は負の傾きの減衰又は増幅を定量化し得る。

【0028】

20

さらなる例として、スケーリングファクタは、(1) 解剖学的領域のイメージング内に示される解剖学的構造の配置に対する解剖学的領域内の1つ又は複数の外科用ロボットアームの配置に依存するスケーリングファクタの増加又は減少と、(2) 解剖学的領域内の2つの外科用ロボットアームの相対的配置に依存するスケーリングファクタの増加又は減少とを含む外科的環境の特徴に基づき、解剖学的領域内の外科用ロボットアームの運動の制御における、平面領域又は立体領域にわたるユーザ定義運動の条件付き減衰又は条件付き増幅を定量化し得る。

【0029】

さらに、実際には、本開示のモーションスケールは、撮像座標空間内の平面領域又は立体領域の区分 (zoning) を含み、それにより、各ゾーンは、本明細書で前述したように固定又は可変であり得る異なるスケーリングファクタを有する。

30

【0030】

また、実際には、モーションスケールを画像座標空間内にマッピングするための本開示の技術は、解剖学的領域に対して実行されるべき特定の種類の外科用ロボット処置、及び/又は、解剖学的領域の特定の種類のイメージング (例えば、内視鏡/腹腔鏡画像、X線画像、コンピュータ断層撮影画像、超音波画像、磁気共鳴画像など) に従い得る。

【0031】

本開示の発明の理解を容易にするために、図1～図4に関する以下の説明は、本開示の発明原理に係る、撮像座標空間内のモーションスケールのグラフィカル描写マッピングの基本的発明原理を教示する。図1～図4に関する記載から、当業者は、本開示の発明原理を如何に適用して、撮像座標空間内のモーションスケールのグラフィカル描写マッピングの多数の様々な実施形態を実施するかを理解するであろう。

40

【0032】

一般的に、本開示の発明原理に係るモーションスケールは、解剖学的領域のイメージングの撮像座標空間内のモーションスケールのマッピングのグラフィカル描写から導き出され得る。

【0033】

実際には、グラフィカル描写は、撮像座標空間内にグラフィカルオブジェクトを描くための既知の画像処理技術、例えば、解剖学的領域のイメージング内に計画手術経路を描くための経路計画技術等に従って行われ得る。

50

【 0 0 3 4 】

例えば、一実施形態では、解剖学的領域のイメージング内のモーションスケールのマッピングの描写は、解剖学的領域のイメージング内の平面領域又は立体領域の描写、特に、解剖学的領域のイメージング内に図示された又はイメージングからセグメント化された任意の解剖学的構造に対する描写をユーザに提供するグラフィカルユーザインターフェースによって容易化され得る。

【 0 0 3 5 】

また、実際には、解剖学的領域のイメージングは、外科用ロボット処置の手術前フェーズ及び／又は手術中フェーズ中に実行される二次元（「 2 D 」）解剖学的イメージング又は三次元（「 3 D 」）解剖学的イメージングであり、また、当該外科用ロボット処置に適用可能な任意の種類のイメージングモダリティによって実行され得る（例えば、内視鏡／腹腔鏡画像、X線画像、コンピュータ断層撮影画像、超音波画像、磁気共鳴画像）。

【 0 0 3 6 】

さらに、実際には、本開示のモーションスケールは、解剖学的領域内の外科用ロボットアームの運動に関連する1つ又は複数のパラメータを表し、例えば以下のものを表し得る。

- 1．ユーザ入力装置の位置の、外科用ロボットアームの位置へのスケーリング。
- 2．ユーザ入力装置の速度の、外科用ロボットアームの速度へのスケーリング。
- 3．ユーザ入力装置の加速度の、外科用ロボットアームの加速度へのスケーリング。
- 4．外科用ロボットアームの位置、速度、又は加速度に関する、ユーザ入力装置を動かす力／労力のスケーリング。

【 0 0 3 7 】

図 1 A は、解剖学的領域のイメージングの輪郭を描く解剖学的画像空間 1 0 内に描かれた、本開示の複数のモーションスケール 2 0、3 0、4 0、5 0 のモーションスケールマッピング 1 1 を示す。明瞭さのために、解剖学的領域の解剖学的構造は示されていない。モーションスケール 2 0、3 0、4 0、5 0 は、解剖学的領域の二次元（「 2 D 」）イメージング（例えば、内視鏡／腹腔鏡イメージング又は超音波イメージング）の場合は、図 1 A に示すように平面領域を包囲し得るが、三次元（「 3 D 」）イメージング（例えば、C T イメージング、M R I イメージング、及び X 線イメージング）の場合は、モーションスケール 2 0、3 0、4 0、5 0 は、図 1 B 及び図 1 C にそれぞれ示すように立体領域を包囲し得る。さらに、本開示のマッピングされたモーションスケールの平面領域又は立体領域は、規則的又は不規則な任意の幾何学形状を有し、例えば、図 1 A 及び図 1 B に示されるような円形の位置モーションスケール 2 0、図 1 A 及び図 1 C に示されるような正方形の速度モーションスケール 3 0、図 1 A 及び図 1 B に示されるような六角形の加速度モーションスケール 4 0、及び図 1 A 及び図 1 C に示されるような八角形の力モーションスケール 5 0 を有し得る。

【 0 0 3 8 】

実際には、解剖学的領域内の外科用ロボットアームのユーザ定義運動は、本開示の技術分野で知られているような外科用ロボットアームのユーザ入力装置によって生成される（例えば、ハンドル、ジョイスティック、ローラーボールなど）。より具体的には、ユーザ入力装置は、解剖学的領域内の外科用ロボットアームの運動を制御するための運動パラメータを示す入力信号を伝達する。

【 0 0 3 9 】

解剖学的領域内の外科用ロボットアームのユーザ定義配置を示す入力信号（「配置入力信号」）については、位置モーションスケール 2 0 が、解剖学的領域内の外科用ロボットアームの配置運動に、配置入力信号のスケーリングを提供する。例えば、配置入力信号は、解剖学的領域内での外科用ロボットアームの並進、回転、及び／又はピボットを示し、それによって、位置モーションスケール 2 0 は、解剖学的領域内での外科用ロボットアームの指示された並進、回転、及び／又はピボットの減衰又は増幅をもたらし、それによって、解剖学的領域を取り囲む外科用座標空間内での外科用ロボットアームの並進、回転、及び／又はピボットを制御する。

【 0 0 4 0 】

実際には、位置モーションスケール 2 0 は、位置モーションスケール 2 0 全体にわたって固定又は可変である単一のスケールリングファクタを含み得る。あるいは、位置モーションスケールは、 W 個 ($W \geq 2$) の位置スケールリングゾーン 2 1 に分割されてもよく、各位置スケールリングゾーン 2 1 は、当該位置スケールリングゾーン 2 1 の全体にわたって固定又は可変である異なるスケールリングファクタを有する。各位置スケールリングゾーン 2 1 のサイズ及び形状は、他の位置スケールリングゾーン 2 1 と同一であっても異なってもよい。

【 0 0 4 1 】

解剖学的領域内の外科用ロボットアームのユーザ定義速度を示す入力信号（「速度入力信号」）については、速度モーションスケール 3 0 が、解剖学的領域内の外科用ロボットアームの速度運動に、速度入力信号のスケールリングを提供する。例えば、速度入力信号は、解剖学的領域内での外科用ロボットアームの予め定められた並進、回転、及び／又はピボットの所望の速度を示し、それによって、速度モーションスケール 3 0 は、解剖学的領域内での外科用ロボットアームの予め定められた並進、回転、及び／又はピボットの指示された速度の減衰又は増幅をもたらし、それによって、解剖学的領域を取り囲む外科用座標空間内での外科用ロボットアームの予め定められた並進、回転、及び／又はピボットの速度を制御する。

10

【 0 0 4 2 】

実際には、速度モーションスケール 3 0 は、速度モーションスケール 3 0 全体にわたって固定又は可変である単一のスケールリングファクタを含み得る。あるいは、速度モーションスケールは、 X 個 ($X \geq 2$) の速度スケールリングゾーン 3 1 に分割されてもよく、各速度スケールリングゾーン 3 1 は、当該速度スケールリングゾーン 3 1 の全体にわたって固定又は可変である異なるスケールリングファクタを有する。各速度スケールリングゾーン 3 1 のサイズ及び形状は、他の速度スケールリングゾーン 3 1 と同一であっても異なってもよい。

20

【 0 0 4 3 】

解剖学的領域内の外科用ロボットアームのユーザ定義加速度を示す入力信号（「加速度入力信号」）については、加速度モーションスケール 4 0 が、解剖学的領域内の外科用ロボットアームの加速度運動に、加速度入力信号のスケールリングを提供する。例えば、加速度入力信号は、解剖学的領域内での外科用ロボットアームの予め定められた並進、回転、及び／又はピボットの所望の加速度を示し、それによって、加速度モーションスケール 4 0 は、解剖学的領域内での外科用ロボットアームの予め定められた並進、回転、及び／又はピボットの指示された加速度の減衰又は増幅をもたらし、それによって、解剖学的領域を取り囲む外科用座標空間内での外科用ロボットアームの予め定められた並進、回転、及び／又はピボットの加速度を制御する。

30

【 0 0 4 4 】

実際には、加速度モーションスケール 4 0 は、加速度モーションスケール 4 0 全体にわたって固定又は可変である単一のスケールリングファクタを含み得る。あるいは、加速度モーションスケールは、 Y 個 ($Y \geq 2$) の加速度スケールリングゾーン 4 1 に分割されてもよく、各加速度スケールリングゾーン 4 1 は、当該加速度スケールリングゾーン 4 1 の全体にわたって固定又は可変である異なるスケールリングファクタを有する。各加速度スケールリングゾーン 4 1 のサイズ及び形状は、他の加速度スケールリングゾーン 4 1 と同一であっても異なってもよい。

40

【 0 0 4 5 】

位置入力信号、速度入力信号、又は加速度入力信号に対して、力モーションスケール 5 0 は、位置入力信号、速度入力信号、又は加速度入力信号に従って外科用ロボットアームを外科用座標空間内で動かすのに必要な、ユーザ入力装置に加えられる力のスケールリングを提供する。例えば、力モーションスケール 5 0 は、位置入力信号、速度入力信号、又は加速度入力信号に従って外科用ロボットアームを外科用座標空間内で動かすのに必要な、ユーザ入力装置に加えられる力の減衰又は増幅を提供する。

【 0 0 4 6 】

50

実際には、力モーションスケール 50 は、力モーションスケール 50 全体にわたって固定又は可変である単一のスケールリングファクタを含み得る。あるいは、力モーションスケールは、 Z 個 ($Z \geq 2$) の力スケールリングゾーン 51 に分割されてもよく、各力スケールリングゾーン 51 は、当該力スケールリングゾーン 51 の全体にわたって固定又は可変である異なるスケールリングファクタを有する。各力スケールリングゾーン 51 のサイズ及び形状は、他の力スケールリングゾーン 51 と同一であっても異なってもよい。

【0047】

図 2A ~ 図 2F は、本開示の実施形態に係るマッピングされたモーションスケールの様々な例示的なスケールリングファクタを示す。図 2A ~ 図 2F は、位置モーションスケール 20 (図 2) に関連して説明されるが、当業者は、本開示の発明原理を如何に適用して、本開示の実施形態に係るマッピングされたモーションスケールのスケールリングファクタの多数の様々な実施形態を実施するかを理解するであろう。

10

【0048】

図 2A は、位置モーションスケール 20a 又は位置スケールゾーン 21a 内の双方向矢印によって表されるように、ユーザ定義運動の固定減衰又は固定増幅を有する径方向スケールリングファクタ 22a を示す。この例では、位置モーションスケール 20a 又は位置スケールゾーン 21a の中心は、解剖学的領域内の外科用ロボットアームのターゲット位置又は進入位置を表し得る。

【0049】

図 2B は、位置モーションスケール 20b 又は位置スケールゾーン 21b 内の一方向矢印によって表されるように、ユーザ定義運動の可変減衰を有する径方向スケールリングファクタ 22b を示す。この例では、位置モーションスケール 20b 又は位置スケールゾーン 21b の中心は、解剖学的領域内の外科用ロボットアームのターゲット位置を表し得る。

20

【0050】

図 2C は、位置モーションスケール 20c 又は位置スケールゾーン 21c 内の一方向矢印によって表されるように、ユーザ定義運動の可変増幅を有する径方向スケールリングファクタ 22c を示す。この例では、位置モーションスケール 20c 又は位置スケールゾーン 21c の中心は、解剖学的領域内の外科用ロボットアームの進入位置を表し得る。

【0051】

図 2D は、位置モーションスケール 20d 又は位置スケールゾーン 21d 内の一方向矢印によって表されるように、ユーザ定義運動の可変増幅を有する弦状スケールリングファクタ 23 を示す。この例では、弦状スケール 20d 又は位置スケールゾーン 21d の終点は、解剖学的領域内の外科用ロボットアームのターゲット位置を表し得る。

30

【0052】

図 2E は、位置モーションスケール 21e の 3 つのスケールリングゾーンを表す 3 つの同心スケールリングファクタ 24 ~ 26 を示す。各スケールリングファクタ 24 ~ 26 は、ユーザ定義運動の異なる固定又は可変減衰又は増幅を有する。この例では、各位置スケールリングゾーンの中心は、解剖学的領域内の外科用ロボットアームのターゲット位置又は進入位置を表し得る。

【0053】

40

図 2F は、半球スケールリングファクタ 28 及び 29 で囲まれたスケールリングファクタ 27 を含む位置モーションスケール 21f の 3 つのスケールリングゾーンを示す。各スケールリングファクタ 27 ~ 29 は、ユーザ定義運動の異なる固定又は可変減衰又は増幅を有する。この例では、各位置スケールリングゾーンの中心は、解剖学的領域内の外科用ロボットアームのターゲット位置又は進入位置を表し得る。

【0054】

実際には、外科用ロボット処置は、解剖学的構造の術前内視鏡ビュー及び術中内視鏡ビューを含み得る。以下は、解剖学的構造の術前内視鏡ビュー及び術中内視鏡ビューを含む本開示の画像誘導モーションスケールロボット制御方法の説明である。

【0055】

50

図 3 A を参照して、フローチャート 6 0 は、心臓の術前内視鏡ビュー 1 2 a 及び術中内視鏡ビュー 1 2 b を含む本開示の画像誘導モーションスケールロボット制御方法を表す。

【 0 0 5 6 】

一般的に、外科的ロボット処置の術前フェーズでは、心臓の術前内視鏡ビュー 1 2 a を取得するために、ユーザ入力装置を介して、内視鏡を保持する外科用ロボットアームが心臓領域を囲む外科的座標空間内に配置される。その後、外科用ロボット処置の術中フェーズでは、心臓の術中内視鏡ビュー 1 2 b を取得するために、内視鏡が同じ術前位置に保持されるか又は再配置される。

【 0 0 5 7 】

具体的には、フローチャート 6 0 の段階 S 6 2 は、心臓の術前内視鏡ビュー 1 2 a の画像座標空間内に、モーションスケール 7 0 p 及びモーションスケール 8 0 p をモーションスケールマッピングすることを含む。この目的のために、本開示の技術分野において知られているように、段階 S 6 2 は、外科用ロボットアームを保持する内視鏡及び内視鏡の視野を校正すること、及び、外科用座標空間内で外科用ロボットアームを追跡することを含み得る（例えば、電磁トラッキング、光学トラッキング、「FORS」(Fiber-Optic Real Shape) センサトラッキング、及び符号化されたジョイントトラッキング)。校正及び追跡から、心臓の術前内視鏡ビュー 1 2 a を取得するために、内視鏡を保持する外科用ロボットアームが、ユーザ入力装置を介して内視鏡の所望の視野に作動させられる。

【 0 0 5 8 】

配置後、図 3 B に最もよく示されるように、心臓の術前内視鏡ビュー 1 2 a の輪郭を描く画像座標空間 1 0 a 内のモーションスケール 7 0 p 及びモーションスケール 8 0 p のグラフィカル描写を可能にするために、グラフィカルユーザインターフェース（図示せず）が提供される。図 3 B を参照して、モーションスケール 7 0 p は、心臓に対して示される平面領域をカバーする 3 つのスケーリングファクタ 7 1 ~ 7 3 のゾーンを含み、モーションスケール 8 0 p は、心臓に対して示される平面領域をカバーする 3 つのスケーリングファクタ 8 1 ~ 8 3 のゾーンを含む。モーションスケール 7 0 p 及びモーションスケール 8 0 p は平面領域をカバーするように描かれているが、実際には、モーションスケール 7 0 p 及びモーションスケール 8 0 p は、内視鏡の視野内の任意の深度に配置され、例えば、心臓 1 2 の術前内視鏡ビュー 1 2 a において識別されるように心臓に隣接するよう配置され得る。あるいは、モーションスケール 7 0 p 及びモーションスケール 8 0 p は、内視鏡の視野を貫通する立体領域をカバーしてもよい。

【 0 0 5 9 】

図 3 A に戻り、フローチャート 6 0 の段階 S 6 4 は、ユーザ入力装置を介して、心臓領域を取り囲む 3 D 外科用座標空間 1 3 内で一対の外科用ロボットアーム 9 0 a 及び 9 0 b を作動させることを含む。具体的には、内視鏡の視野に入る前に、デフォルトの運動設定に従った外科用座標空間 1 3 内での外科用ロボットアーム 9 0 a 及び 9 0 b のエンドエフェクタの運動が追跡される（例えば、電磁トラッキング、光学トラッキング、FORS センサトラッキング、及び符号化されたジョイントトラッキング）。

【 0 0 6 0 】

外科用ロボットアーム 9 0 a 及び 9 0 b が術中内視鏡ビュー 1 2 b 内に現れると、外科用座標空間 1 3 又は画像座標空間 1 2 b 内の外科用ロボットアーム 9 0 a 及び 9 0 b のエンドエフェクタの追跡位置に依存して、デフォルト運動設定にモーションスケール 7 0 p 及び 8 0 p が適用される。

【 0 0 6 1 】

また、実際には、外科用ロボット処置は、解剖学的構造の術前スキャン及び術中内視鏡ビューを含み得る。以下は、解剖学的構造の術前スキャン及び術中内視鏡ビューを含む本開示の画像誘導モーションスケールロボット制御方法の説明である。

【 0 0 6 2 】

図 4 A を参照して、フローチャート 1 0 0 は、心臓の術前スキャン 1 2 c 及び術中内視

10

20

30

40

50

鏡ビュー 1 2 d を含む本開示の画像誘導モーションスケールロボット制御方法を表す。

【 0 0 6 3 】

一般的に、外科用ロボット処置の術前段階では、心臓の術前スキャン 1 2 c (例えば、C T、M R I、又は X 線スキャン) を取得するために、撮像システムを使用して心臓領域がスキャンされる。その後、外科用ロボット処置の術中段階では、心臓の術中内視鏡ビュー 1 2 d を取得するために内視鏡が配置され、それによって、本開示の技術分野で知られているような表示目的のために、術中内視鏡ビュー 1 2 d が心臓の術前スキャン 1 2 c と融合される。

【 0 0 6 4 】

具体的には、フローチャート 1 0 0 の段階 S 1 0 2 は、心臓の術前スキャン 1 2 c の画像座標空間内に、モーションスケール 7 0 p 及びモーションスケール 8 0 p をモーションスケールマッピングすることを含む。この目的のために、本開示の技術分野において知られているように、段階 S 1 0 2 は、図 4 B に最もよく示されているように、術前スキャン 1 2 c の画像座標空間 1 0 b 内で心臓をセグメント化することを含み得る。図 4 B を参照して、セグメント化された心臓に対して立体領域をカバーするモーションスケール 7 0 p 及びモーションスケール 8 0 p のグラフィカル描写を可能にするために、グラフィカルユーザインターフェース (図示せず) が提供される。上記と同様に、モーションスケール 7 0 p は、心臓に対して示される立体領域をカバーする 3 つのスケーリングファクタのゾーンを含み、モーションスケール 8 0 p は、心臓に対して示される立体領域をカバーする 3 つのスケーリングファクタのゾーンを含む。

【 0 0 6 5 】

図 4 A に戻り、フローチャート 1 0 0 の段階 S 1 0 4 は、ユーザ入力装置を介して、心臓領域を取り囲む外科用座標空間 1 3 内で一対の外科用ロボットアーム 9 0 a 及び 9 0 b を作動させることを含む。具体的には、内視鏡の視野に入る前に、デフォルトの運動設定に従った外科用座標空間内での外科用ロボットアーム 9 0 a 及び 9 0 b のエンドエフェクタの運動が追跡される (例えば、電磁トラッキング、光学トラッキング、F O R S センサトラッキング、符号化されたジョイントトラッキング、又は画像トラッキング)。外科用ロボットアーム 9 0 a 及び 9 0 b が術中内視鏡ビュー 1 2 b 内に現れると、外科用座標空間 1 3 又は画像座標空間 1 2 d 内の外科用ロボットアーム 9 0 a 及び 9 0 b のエンドエフェクタの追跡位置に依存して、デフォルト運動設定にモーションスケール 7 0 p 及び 8 0 p が適用される。

【 0 0 6 6 】

本開示の発明のさらなる理解を容易にするために、図 5 ~ 図 7 は、本開示の発明原理に係る、撮像座標空間内のモーションスケールの動的マッピングの基本的な発明原理を教示する。図 5 ~ 図 7 に関する記載から、当業者は、本開示の発明原理を如何に適用して、撮像座標空間内のモーションスケールの動的マッピングの多数の様々な実施形態を実施するかを理解するであろう。

【 0 0 6 7 】

一般的に、本開示の発明原理に係る動的モーションスケールは、外科用ロボットアームの運動に関連付けられ、さらに、画像座標空間内の解剖学的構造に関連付けられ得る。

【 0 0 6 8 】

例えば、図 5 A 及び図 5 B を参照して、動的モーションスケール 1 1 0 a は、3 つのスケーリングファクタ 1 1 1 及び 1 1 2 のゾーンを有する。図 5 A に最もよく示されるように、スケーリングファクタ 1 1 1 は、外科用ロボットアーム 9 0 a と 9 0 b との間の追跡された距離が距離閾値 D 1 よりも大きいときに、外科用ロボットアーム 9 0 a 及び 9 0 b のデフォルト運動設定に適用される。反対に、図 5 B に最もよく示されるように、スケーリングファクタ 1 1 2 は、外科用ロボットアーム 9 0 a と 9 0 b との間の追跡された距離が距離閾値 D 1 よりも小さいときに適用される。

【 0 0 6 9 】

任意選択的に、スケーリングファクタ 1 1 2 は、外科用ロボットアーム 9 0 a と 9 0 b

10

20

30

40

50

との間の追跡距離が距離閾値 D 1 よりも小さく、かつ、解剖学的構造 1 2 0 に対する外科用ロボットアーム 9 0 a 及び / 又は外科用ロボットアーム 9 0 b の追跡距離が距離閾値 D 2 よりも小さい場合にのみ、外科用ロボットアーム 9 0 a 及び 9 0 b のデフォルト運動設定に適用され得る。

【 0 0 7 0 】

実際には、距離閾値 D 1 及び D 2 は、具体的な外科用ロボット処置から導出されたデフォルト閾値であってもよいし、又は、グラフィカルユーザインターフェースを介してユーザによって定められ得る。

【 0 0 7 1 】

また、実際には、スケーリングファクタ 1 1 1 及び 1 1 2 は、外科用ロボットアーム 9 0 a の運動に関連する任意の係数を表し、例えば、本明細書で前述したように、位置決め、速度、加速度、及び力を表し得る。

【 0 0 7 2 】

さらなる例として、図 6 A 及び図 6 B を参照して、動的モーションスケール 1 1 0 b は、2 つのスケーリングファクタ 1 1 1 及び 1 1 2 のゾーンを有する。図 6 A に最もよく示されるように、スケーリングファクタ 1 1 1 は、外科用ロボットアーム 9 0 a と解剖学的構造 1 2 0 との間の追跡距離が距離閾値 D 3 よりも大きいときに、外科用ロボットアーム 9 0 a 及び 9 0 b のデフォルト運動設定に適用される。反対に、図 6 B に最もよく示されるように、スケーリングファクタ 1 1 2 は、外科用ロボットアーム 9 0 a と解剖学的構造 1 2 0 との間の追跡距離が距離閾値 D 3 よりも小さいときに適用される。

【 0 0 7 3 】

実際には、距離閾値 D 3 は、具体的な外科用ロボット処置から導出されたデフォルト閾値であってもよいし、又は、グラフィカルユーザインターフェースを介してユーザによって定められ得る。

【 0 0 7 4 】

図 7 を参照して、フローチャート 1 3 0 は、心臓の術前内視鏡ビュー 1 2 a 及び術中内視鏡ビュー 1 2 b を含む本開示の画像誘導モーションスケールロボット制御方法を表す。

【 0 0 7 5 】

一般的に、外科的ロボット処置の術前フェーズでは、心臓の術前内視鏡ビュー 1 2 a を取得するために、ユーザ入力装置を介して、内視鏡を保持する外科用ロボットアームが心臓領域を囲む外科的座標空間内に配置される。その後、外科用ロボット処置の術中フェーズでは、心臓の術中内視鏡ビュー 1 2 b を取得するために、内視鏡が同じ術前位置に保持されるか又は再配置される。

【 0 0 7 6 】

具体的には、フローチャート 1 3 0 の段階 S 1 3 2 は、心臓の術前内視鏡ビュー 1 2 a の画像座標空間内に、モーションスケール 1 1 0 a をモーションスケールマッピングすることを含む。この目的のために、本開示の技術分野において知られているように、段階 S 6 2 は、外科用ロボットアームを保持する内視鏡及び内視鏡の視野を校正すること、及び、外科用座標空間内で外科用ロボットアームを追跡することを含み得る（例えば、電磁トラッキング、光学トラッキング、F O R S センサトラッキング、及び符号化されたジョイントトラッキング）。校正及び追跡から、心臓の術前内視鏡ビュー 1 2 a を取得するために、内視鏡を保持する外科用ロボットアームが、ユーザ入力装置を介して内視鏡の所望の視野に作動させられる。

【 0 0 7 7 】

配置後、心臓の術前内視鏡ビュー 1 2 a の輪郭を描く画像座標空間内のモーションスケール 1 1 0 a の動的描写を可能にするために、グラフィカルユーザインターフェース（図示せず）が提供される。より具体的には、モーションスケール 1 1 0 a 及びモーションスケール 1 1 0 a の適用規則がユーザによって定められ、心臓の術前内視鏡ビュー 1 2 a に関連付けられる。

【 0 0 7 8 】

10

20

30

40

50

続けて図7を参照して、フローチャート130の段階S134は、ユーザ入力装置を介して、心臓領域を取り囲む3D外科用座標空間13内で一对の外科用ロボットアーム90a及び90bを作動させることを含む。具体的には、内視鏡の視野に入る前に、デフォルトの運動設定に従った外科用座標空間13内での外科用ロボットアーム90a及び90bのエンドエフェクタの運動が追跡される(例えば、電磁トラッキング、光学トラッキング、FORSセンサトラッキング、及び符号化されたジョイントトラッキング)。

【0079】

外科用ロボットアーム90a及び90bが術中内視鏡ビュー12e内に現れると、外科用座標空間13又は画像座標空間12e内の外科用ロボットアーム90a及び90bのエンドエフェクタのそれぞれの位置の間の追跡距離TDに依存して(例えば、電磁トラッキング、光学トラッキング、FORSセンサトラッキング、符号化されたジョイントトラッキング、又は画像トラッキング)、デフォルト運動設定にモーションスケール110が適用される。

【0080】

本開示の発明のさらなる理解を容易にするために、図8～図10の以下の記載は、本開示の発明原理に係る、画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム及び画像誘導モーションスケール外科用ロボットコントローラの基本的な発明原理を教示する。図8～図10に関する記載から、当業者は、本開示の発明原理を如何に適用して、画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム及び画像誘導モーションスケール外科用ロボットコントローラの多数の様々な実施形態を実施するかを理解するであろう。

【0081】

図8を参照して、本開示の外科用システムは、撮像システム140、追跡システム150、及び画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム160を使用する。

【0082】

撮像システム140は、画像座標系141内の解剖学的領域(図示せず)を撮像し、撮像の情報に関する撮像データIMDISを画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム160に伝達するための、本開示の技術分野において既知であり後に理解される任意の撮像モダリティを実装する。撮像モダリティの例としては、CT、MRI、X線、及び超音波が挙げられるが、これらに限定されない。

【0083】

実際には、撮像システム140は外科用システムの任意選択的な構成要素であって省くことができ、特に、画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム160が、画像座標系161a内の解剖学的構造を撮像してその撮像を表す撮像データIMDIIを生成するために外科用ロボットアーム(図示せず)によって保持される撮像器具を使用する場合、省かれ得る。そのような撮像器具の例は内視鏡及び腹腔鏡を含むが、これらに限定されない。

【0084】

追跡システム150は、追跡座標系151内の外科用ロボットアームを追跡し、追跡を表す追跡データTRDISを画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム160に伝達するための、本開示の技術分野において既知であり後に理解される任意の追跡技術を実装する。追跡技術の例としては、電磁、光学、及びFORSセンシングが挙げられるが、これらに限定されない。

【0085】

実際には、追跡システム150は、外科用システムの任意選択的な構成要素であり省かれてもよく、特に、外科用ロボットシステム160が、外科用座標空間161b内で外科用ロボットアームを追跡するために追跡データTRDSRAを生成する符号化された外科用ロボットアーム(図示せず)を使用する場合、省かれ得る。

【0086】

また、実際には、当業者は、必要に応じて本開示の技術分野で知られているレジストレーション技術に従って2つ以上の上記座標空間を重ね合わせる方法を理解するであろう。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 7 】

続けて図 8 を参照して、画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム 1 6 0 はさらに、本開示の画像誘導モーションスケール外科用ロボット制御方法（例えば、図 3、図 4、及び図 7 に示される方法）の実行を制御するために本開示のモーションスケールマップ 1 6 3 を有する画像誘導モーションスケール外科用ロボットコントローラ 1 6 2 を使用する。

【 0 0 8 8 】

実際には、外科用ロボットシステム 1 6 0 は、多数の様々な構造的アーキテクチャで具現化され得る。

【 0 0 8 9 】

図 9 A に示されるような実施形態では、画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム 1 6 0 a は、オペレータコンソール 1 6 4 a とロボットカート 1 6 7 a とを有する。

【 0 0 9 0 】

図 9 A を参照して、オペレータコンソール 1 6 4 a は、本開示のロボットコントローラ 1 6 2（図 8）、本開示の技術分野で知られているような 1 つ又は複数の入力装置 1 6 5（例えば、ハンドル、ジョイスティック、ローラーボールなど）、及び本開示の技術分野で知られているようなディスプレイ／画像コントローラ 1 6 6 を使用する。

【 0 0 9 1 】

ロボットカート 1 6 7 a は、本開示の技術分野で知られているような 1 つ又は複数の外科用ロボットアーム 1 6 8、及び本開示の技術分野で知られているような患者テーブル 1 6 9 を使用し、特に、外科用座標空間 1 6 1 b（図 8）を確立するために使用する。

【 0 0 9 2 】

動作中、ユーザ入力装置 1 6 5 は、画像誘導モーションスケールロボットコントローラ 1 6 2 によって外科用ロボットアーム 1 6 8 に伝達される作動コマンド AC_{SRA} を介して、外科用座標空間 1 6 1 b 内での外科用ロボットアーム 1 6 8 のユーザ定義運動を実行するように操作される。本明細書で上記したように、画像誘導モーションスケールロボットコントローラ 1 6 2 は、外科用ロボット空間 1 6 1 b に重ねられた撮像座標空間（例えば、図 8 の 1 6 1 a）にモーションスケールマップ 1 6 3 を適用し、それによって、モーションスケールマップ 1 6 3 に従って、外科用座標空間 1 6 1 b 内での外科用ロボットアーム 1 6 8 のユーザ定義運動を減衰又は増幅する。

【 0 0 9 3 】

図 9 B に示されるような他の実施形態では、画像誘導モーションスケール外科用ロボットシステム 1 6 0 b は、オペレータコンソール 1 6 4 b とロボットカート 1 6 7 b とを有する。

【 0 0 9 4 】

図 9 B を参照して、オペレータコンソール 1 6 4 b は、入力装置 1 6 5（例えば、ハンドル）及びディスプレイ／画像コントローラ 1 6 6 を使用する。

【 0 0 9 5 】

ロボットカート 1 6 7 b は、外科用ロボットアーム 1 6 8、ロボットコントローラ 1 6 2（図 8）、及び患者テーブル 1 6 9 を使用する。

【 0 0 9 6 】

動作中、ユーザ入力装置 1 6 5 は、入力信号 IS_{SRA} を画像誘導モーションスケールロボットコントローラ 1 6 2 に伝達するよう操作され、入力信号 IS_{SRA} は、外科用座標空間 1 6 1 b 内の外科用ロボットアーム 1 6 8 のユーザ定義運動を表す。これに応じて、画像誘導モーションスケールロボットコントローラ 1 6 2 は、作動コマンド AC_{SRA} （図示せず）を外科用ロボットアーム 1 6 8 に伝達する。繰り返しになるが、画像誘導モーションスケールロボットコントローラ 1 6 2 は、外科用ロボット空間 1 6 1 b に重ねられた撮像座標空間（例えば、図 8 の 1 6 1 a）にモーションスケールマップ 1 6 3 を適用し、それによって、モーションスケールマップ 1 6 3 に従って、外科用座標空間 1 6 1 b 内での外科用ロボットアーム 1 6 8 のユーザ定義運動を減衰又は増幅する。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 7 】

実際には、画像誘導モーションスケールロボットコントローラ 1 6 2 は、多数の様々な構造的アーキテクチャで具現化され得る。例えば、画像誘導モーションスケールロボットコントローラは、1 つ又は複数のシステムバスを介して相互接続されたプロセッサ、メモリ、ユーザインターフェース、ネットワークインターフェース、及び記憶装置を含む。実際には、画像誘導モーションスケールロボットコントローラ 1 6 2 の各構成要素の実際の構成は、図示されているものよりも複雑である可能性がある。

【 0 0 9 8 】

プロセッサは、メモリ又は記憶装置に格納されている命令を実行可能な、あるいは他の方法でデータを処理可能な任意のハードウェアデバイスであり得る。したがって、プロセッサは、マイクロプロセッサ、フィールドプログラマブルゲートアレイ (F P G A) 、特定用途向け集積回路 (A S I C) 、又は他の同様のデバイスを含み得る。

10

【 0 0 9 9 】

メモリは、例えば L 1 、 L 2 、又は L 3 キャッシュ又はシステムメモリなどの様々なメモリを含み得る。したがって、メモリは、スタティックランダムアクセスメモリ (S R A M) 、ダイナミック R A M (D R A M) 、フラッシュメモリ、リードオンリーメモリ (R O M) 、又は他の同様のメモリデバイスを含み得る。

【 0 1 0 0 】

ユーザインターフェースは、管理者などのユーザとの通信を可能にするための 1 つ又は複数のデバイスを含み得る。例えば、ユーザインターフェースは、ユーザコマンドを受け取るためのディスプレイ、マウス、及びキーボードを含み得る。一部の実施形態では、ユーザインターフェースは、ネットワークインターフェースを介して遠隔端末に提示され得るコマンドラインインターフェース又はグラフィカルユーザインターフェースを含み得る。

20

【 0 1 0 1 】

ネットワークインターフェースは、他のハードウェアデバイスとの通信を可能にするための 1 つ又は複数のデバイスを含み得る。例えば、ネットワークインターフェースは、イーサネット (登録商標) プロトコルに従って通信するように構成されたネットワークインターフェースカード (N I C) を含み得る。さらに、ネットワークインターフェースは、T C P / I P プロトコルに従う通信のために T C P / I P スタックを実装してもよい。ネットワークインターフェースのための様々な代替的な又は追加のハードウェア又は構成は明らかに理解されるであろう。

30

【 0 1 0 2 】

記憶装置は、リードオンリーメモリ (R O M) 、ランダムアクセスメモリ (R A M) 、磁気ディスク記憶媒体、光学記憶媒体、フラッシュメモリデバイス、又は同様な記憶媒体などの 1 つ又は複数の機械可読記憶媒体を含むことができる。様々な実施形態において、記憶装置は、プロセッサによって実行される命令、又はその上でプロセッサが動作するデータを格納し得る。例えば、記憶装置は、ハードウェアの様々な基本動作を制御するための基本オペレーティングシステムを保存し得る。記憶装置は、さらに、アプリケーションモジュールを、実行可能ソフトウェア / ファームウェア及び / 又はアプリケーションモジュールの形式で記憶し得る。

40

【 0 1 0 3 】

図 1 0 A に示される実施形態では、画像誘導モーションスケールロボットコントローラ 1 6 2 a は、モーションスケールマッパー (m a p p e r) 1 7 0 、運動ベクトル生成器 1 7 1 a 、及び外科用ロボットアームアクチュエータ 1 7 2 a を含むアプリケーションモジュールを使用し得る。

【 0 1 0 4 】

図 1 0 A を参照して、モーションスケールマッパー 1 7 0 は、撮像システム 1 4 0 (図 8) (使用されている場合) からの撮像データ I M D I S 及び / 又は撮像器具 (使用されている場合) (例えば内視鏡) からの撮像データ I M D I I を処理し、さらに、グラフィカルユーザインターフェース (図示せず) からのモーションスケール描写信号 M S D を処

50

理し、それによって、本明細書で前述したように画像座標空間内にモーションスケールをマッピングする。

【0105】

モーションスケールマッパー170は、モーションスケールマップMSMを運動ベクトル生成器171aに伝達し、運動ベクトル生成器171aは、入力装置（例えば、ハンドル、ジョイスティック、ローラーボールなど）からの入力信号ISSRA、及び追跡システム150（使用されている場合）（図8）からの追跡データTDTRSをさらに処理し、それによって、入力信号ISSRAによる要求に従い、かつ、追跡データTDTRSに基づきモーションスケールマップMSMに応じて減衰又は増幅された、外科用座標系161b内の外科用ロボットアーム168の並進、回転、及び/又はピボットを表す運動ベクトルMVを生成する。

10

【0106】

符号化された追跡データTDTRSの代わりに、運動ベクトル生成器171aは、外科用ロボットアームアクチュエータ172aからの符号化された追跡データTDSRAを処理し、それによって、入力信号ISSRAによる要求に従い、かつ、符号化された追跡データTDSRAに基づきモーションスケールマップMSMに応じて減衰又は増幅された、外科用座標系161b内の外科用ロボットアーム168の並進、回転、及び/又はピボットを表す運動ベクトルMVを生成してもよい。

【0107】

運動ベクトル生成器171aは、運動ベクトルMVを外科用ロボットアームアクチュエータ172aに伝達し、外科用ロボットアームアクチュエータ172aは、外科用座標系161b内での外科用ロボットアーム168の並進、回転、及び/又はピボットを指示する作動コマンドACを生成する。

20

【0108】

図10Bに示される他の実施形態では、画像誘導モーションスケールロボットコントローラ162bは、モーションスケールマッパー（mapper）170、運動ベクトル生成器171b、及び外科用ロボットアームアクチュエータ172bを含むアプリケーションモジュールを使用し得る。

【0109】

図10Bを参照して、上記したように、モーションスケールマッパー170は、撮像システム140（図8）（使用されている場合）からの撮像データIMDIS及び/又は撮像器具（使用されている場合）（例えば内視鏡）からの撮像データIMDIIを処理し、さらに、グラフィカルユーザインターフェース（図示せず）からのモーションスケール描写信号MSDを処理し、それによって、本明細書で前述したように画像座標空間内にモーションスケールをマッピングする。

30

【0110】

運動ベクトル生成器171bは、入力装置（例えば、ハンドル、ジョイスティック、ローラーボールなど）からの入力信号ISSRAを処理し、それによって外科用座標系161b内での外科用ロボットアーム168の並進、回転、及び/又はピボットを表す運動ベクトルMVを生成する。

40

【0111】

モーションスケールマッパー170はモーションスケールマップMSMを外科用ロボットアームアクチュエータ172bに伝達し、運動ベクトル生成器171bは運動ベクトルMVを外科用ロボットアームアクチュエータ172bに伝達する。外科用ロボットアームアクチュエータ172bはさらに、追跡システム150（使用されている場合）（図8）からの追跡データTDTRSを処理し、それによって、入力信号ISSRAによる要求に従い、かつ、追跡データTDTRSに基づきモーションスケールマップMSMに応じて減衰又は増幅された、外科用座標系161b内の外科用ロボットアーム168の並進、回転、及び/又はピボットを表す差動コマンドACを生成する。

【0112】

50

追跡データ $T D_{T R S}$ の代わりに、外科用ロボットアームアクチュエータ 172b は符号化された追跡データ $T D_{S R A}$ を処理し、それによって、入力信号 $I S_{S R A}$ による要求に従い、かつ、符号化された追跡データ $T D_{S R A}$ に基づきモーションスケールマップ $M S M$ に応じて減衰又は増幅された、外科用座標系 161b 内の外科用ロボットアーム 168 の並進、回転、及び / 又はピボットを表す作動コマンド $A C$ を生成してもよい。

【0113】

図1～図10を参照して、当業者は本開示の多数の利点、例えば、ロボットアームが動作する環境に依存し、かつ、患者の負傷のリスクの低減及び外科手術時間の短縮を容易にすることによって取り扱いを改善することを可能にするモーションスケールを提供する点において本開示の発明による外科用ロボットシステムに対する改良等を理解するであろう。

10

【0114】

さらに、本明細書において提供される教示に鑑みて当業者が理解するように、本開示 / 明細書に記載され及び / 又は図面に描かれる特徴、要素、部品などは、電子部品 / 回路、ハードウェア、実行可能ソフトウェア、及び実行可能ファームウェアの様々な組み合わせで実装され、単一の要素内又は複数の要素内に組み合わせ可能な機能を提供し得る。例えば、各図に示す / 図示する / 描写する様々な特徴、要素、部品等の機能は、専用ハードウェアや、適切なソフトウェアと関連してソフトウェアを実行することができるハードウェアを使用して提供することができる。プロセッサによって提供される場合、機能は、単一の専用プロセッサ、単一の共有プロセッサ、又は複数の個別のプロセッサ（その一部が共有及び / 又は多重化されてもよい）によって提供され得る。さらに、「プロセッサ」という用語の明示的な使用は、ソフトウェアを実行可能なハードウェアを排他的に指すものと解釈されるべきではなく、暗示的に、例えばデジタルシグナルプロセッサ（「DSP」）ハードウェア、メモリ（例えば、ソフトウェアを保存するためのリードオンリーメモリ（「ROM」）、ランダムアクセスメモリ（「RAM」）、不揮発性記憶装置など）、及びプロセスを実行及び / 又は制御可能な（及び / 又はそのように構成可能な）実質的に任意の手段及び / 又は機械（例えば、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、回路、これらの組み合わせ等）を含み得る。

20

【0115】

さらに、本発明の原理、側面、及び実施形態、ならびにそれらの具体例を説明する本明細書におけるすべての記述は、それらの構造的及び機能的均等物の両方を包含するように意図されている。さらに、そのような均等物は、現在知られている均等物、及び将来開発される均等物の両方を含むことが意図される（例えば、構造にかかわらず、同じ又は実質的に同様な機能を果たすことができる任意の開発された要素）。したがって、例えば、本明細書に提示されるブロック図は、本発明の原理を具体化する例示的なシステム構成要素及び / 又は回路の概念図を表し得ることが、本明細書において提供される教示に接した当業者には理解されるであろう。同様に、本明細書において提供される教示に接した当業者は、あらゆるフローチャート及びフロー図などが、コンピュータ可読記憶媒体内に実体的に表され、コンピュータ又はプロセッサが明示的に示されているか否かに関わらず、コンピュータ、プロセッサ、又は処理機能を有する他のデバイスによって実行され得る様々なプロセスを表し得ることを理解するであろう。

30

40

【0116】

さらに、本開示の例示的实施形態は、例えばコンピュータ又は任意の命令実行システムによって使用される又はこれらに関連して使用されるプログラムコード及び / 又は命令を提供するコンピュータ可用及び / 又はコンピュータ可読媒体からアクセス可能なコンピュータプログラム製品又はアプリケーションモジュールの形態を取り得る。本開示によれば、コンピュータ可用又はコンピュータ可読記憶媒体は、例えば、命令実行システム、装置、又はデバイスによって使用される又はこれらに関連して使用されるプログラムを含む、格納する、通信する、伝搬する、又は転送することができる任意の装置であり得る。このような例示的媒体は、例えば電子、磁気、光学、電磁気、赤外線、若しくは半導体システム（又は装置若しくはデバイス）又は伝播媒体であり得る。コンピュータ可読媒体の例に

50

は、半導体又は固体メモリ、磁気テープ、取り外し可能コンピュータディスク、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、読み出し専用メモリ（ＲＯＭ）、フラッシュ（ドライブ）、剛性磁気ディスク、及び光ディスクが含まれる。光ディスクの現在の例には、ＣＤ－ＲＯＭ、ＣＤ－Ｒ／Ｗ、及びＤＶＤが含まれる。さらに、今後開発される可能性のあるあらゆる新しいコンピュータ可読媒体もまた、本開示の例示的实施形態に従って使用又は言及され得るコンピュータ可読媒体であると見なされるべきことが理解されよう。

【０１１７】

新規かつ進歩性のある画像誘導モーションスケールの好ましい例示的实施形態（実施形態は例示的であり、限定的ではないと意図される）を説明してきたが、図面を含め本明細書において提供される教示に接した当業者は、改変及び変更をなし得ることに留意されたい。したがって、本明細書に開示される実施形態の範囲内にある、本開示の好ましい例示的实施形態に変更を加えることができることを理解されたい。

10

【０１１８】

さらに、本開示に係るデバイスを組み込んだ及び／又は実装する、又はデバイスにおいて使用／実装され得る対応する及び／又は関連するシステムもまた、本開示の範囲内であると考えられる。また、本開示に係るデバイス及び／又はシステムを製造及び／又は使用するための対応する及び／又は関連する方法もまた、本開示の範囲内であると考えられる。

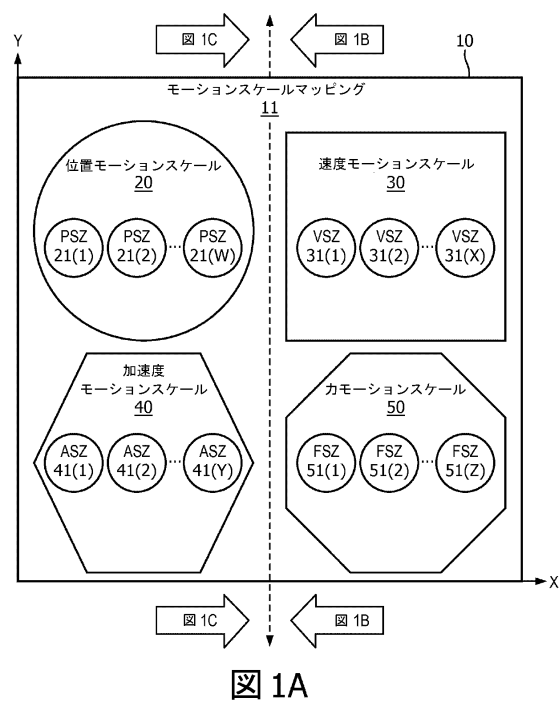
20

30

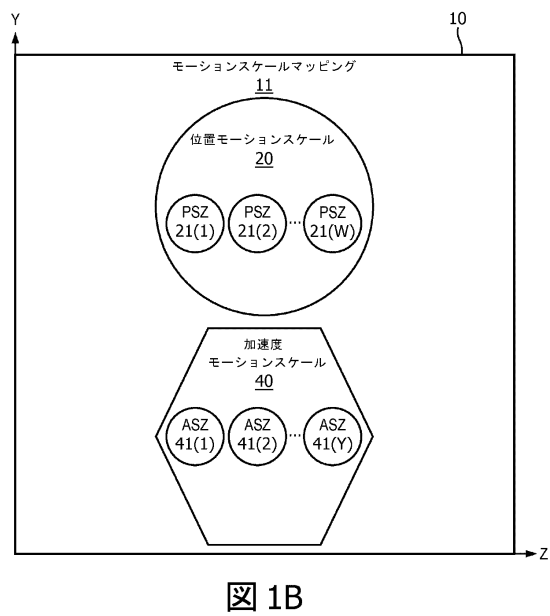
40

50

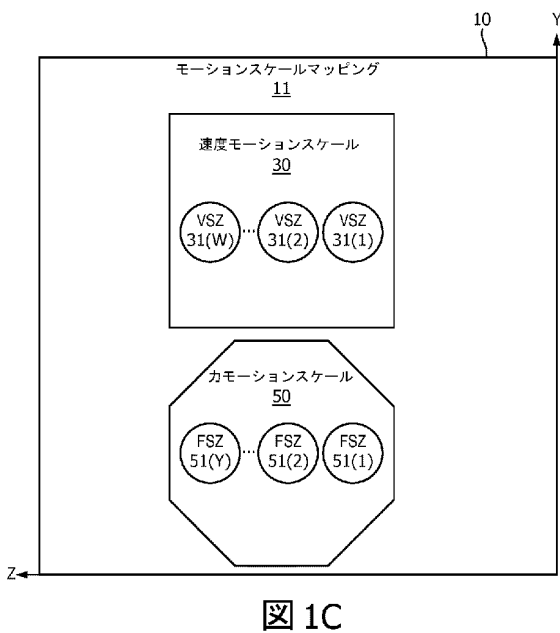
【図面】
【図 1 A】



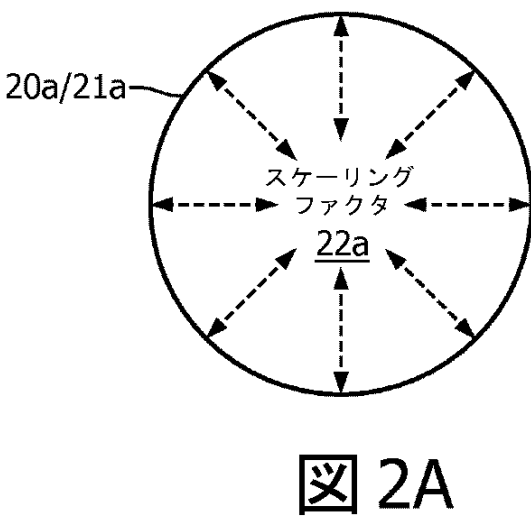
【図 1 B】



【図 1 C】



【図 2 A】



10

20

30

40

50

【図 2 B】

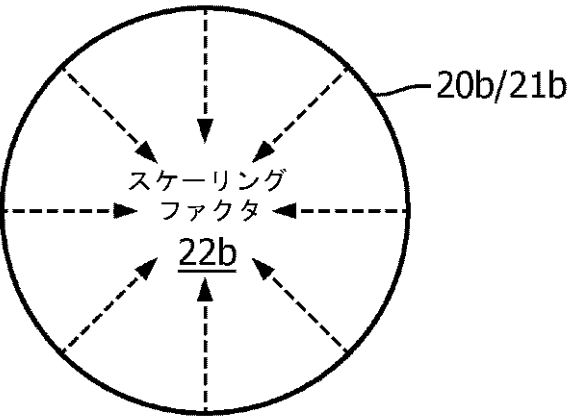


図 2B

【図 2 C】

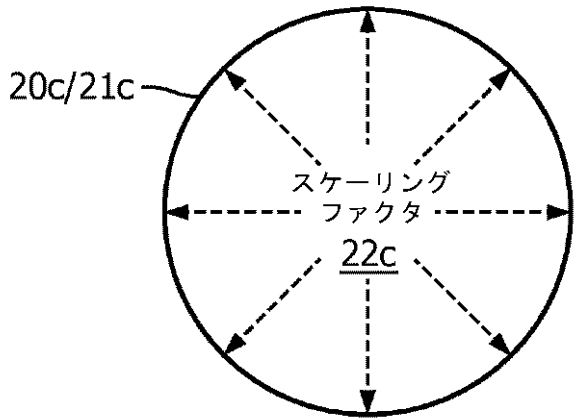


図 2C

【図 2 D】

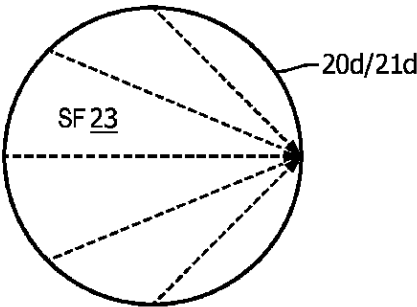


FIG. 2D

【図 2 E】

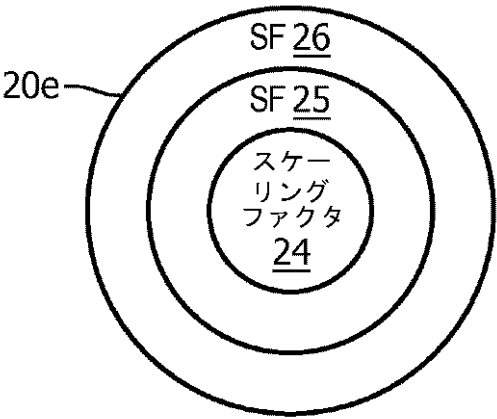


図 2E

10

20

30

40

50

【図 2 F】

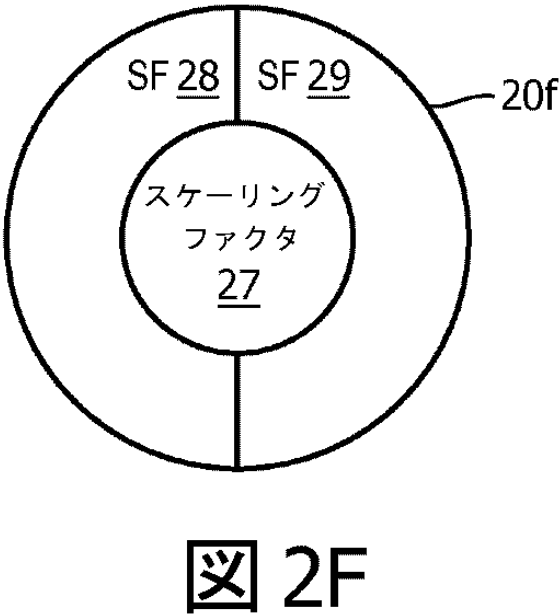


図 2F

【図 3 A】

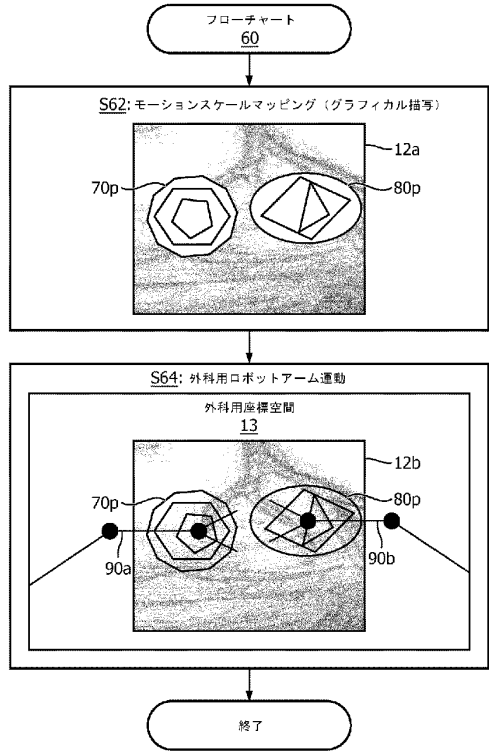


図 3A

【図 3 B】

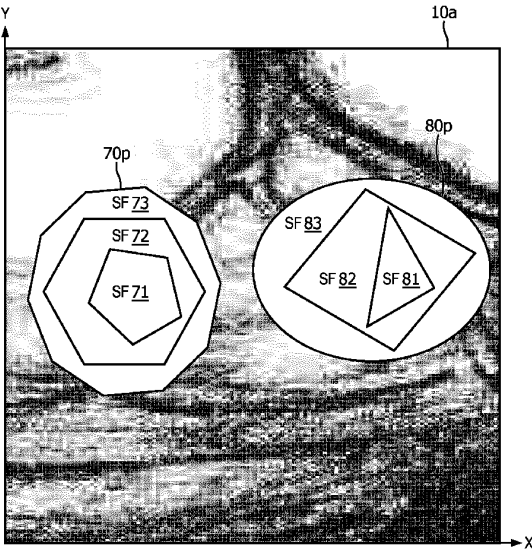


FIG. 3B

【図 4 A】

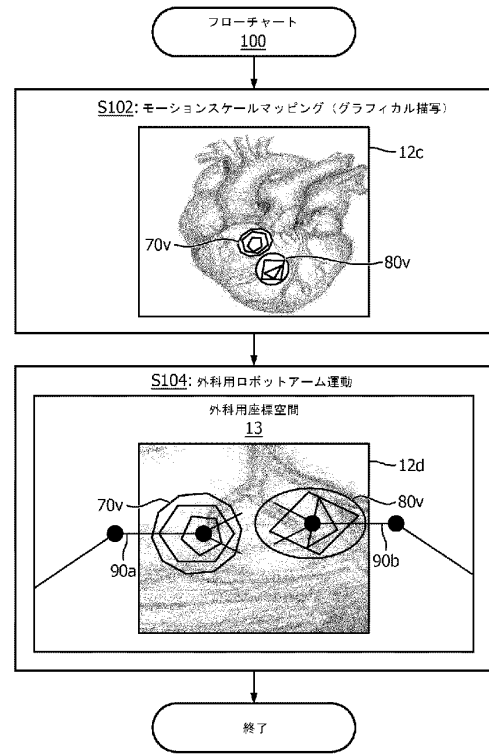


図 4A

10

20

30

40

50

【 図 4 B 】

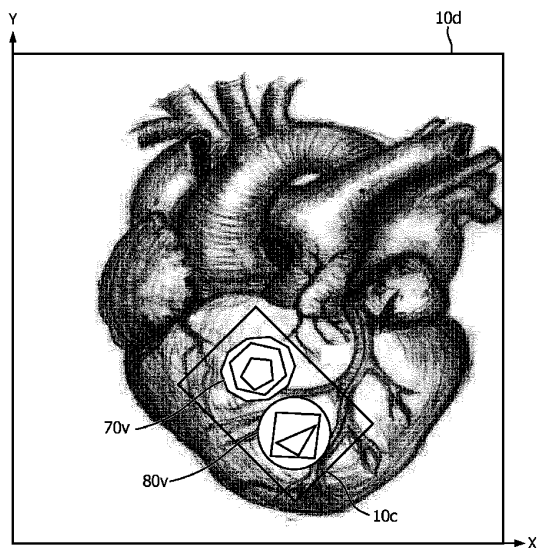


FIG. 4B

【 図 5 A 】

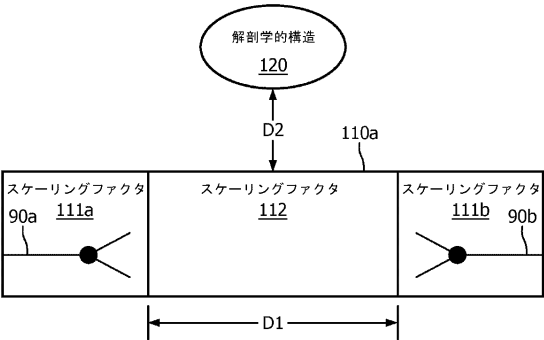


図 5A

10

【 図 5 B 】

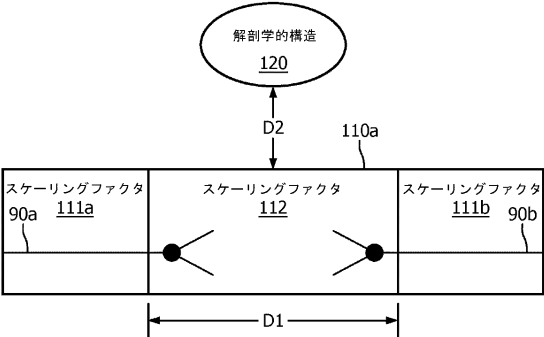


図 5B

【 図 6 A 】

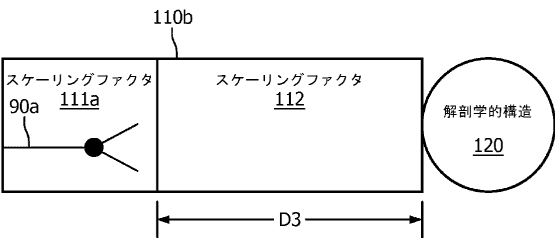


図 6A

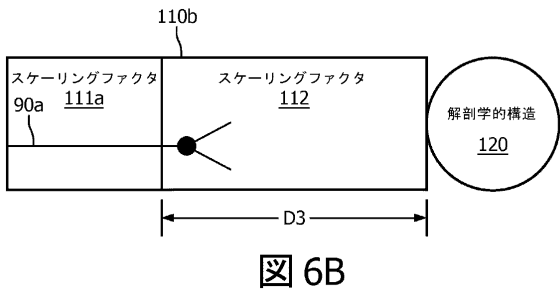
20

30

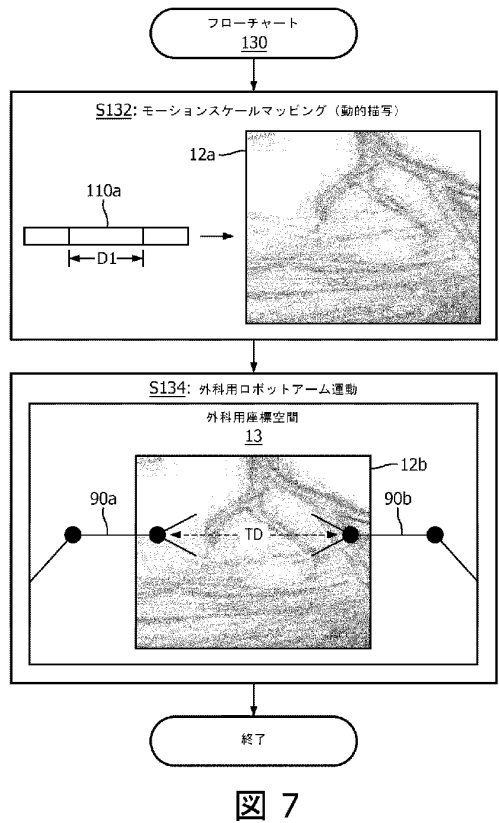
40

50

【図 6 B】



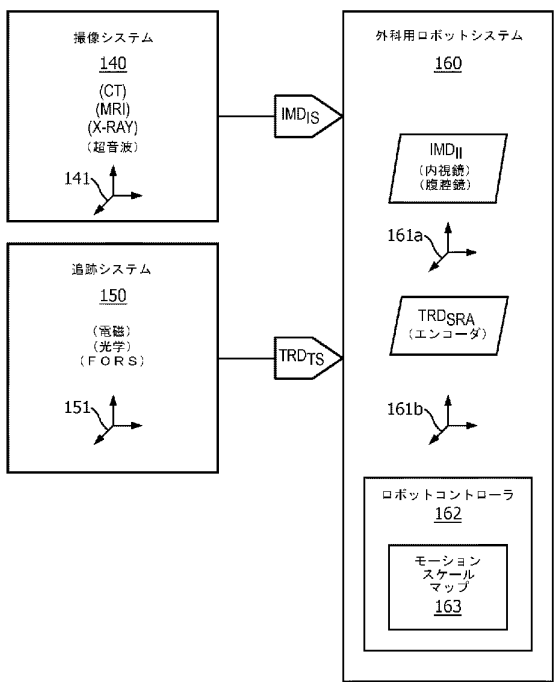
【図 7】



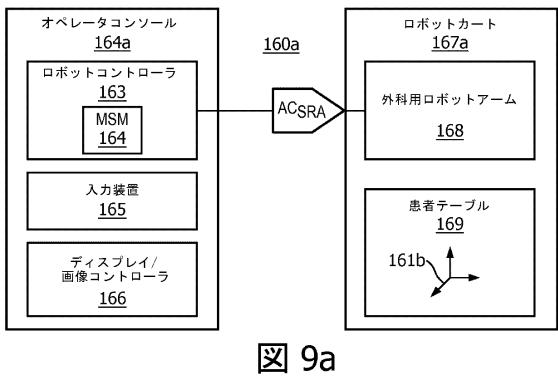
10

20

【図 8】



【図 9 a】



30

40

50

【図 9 b】

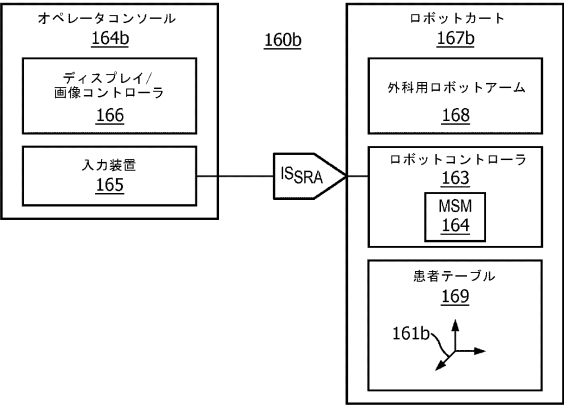


図 9b

【図 10 a】

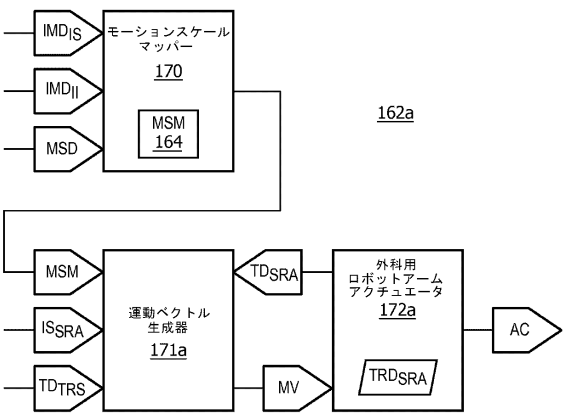


図 10a

【図 10 b】

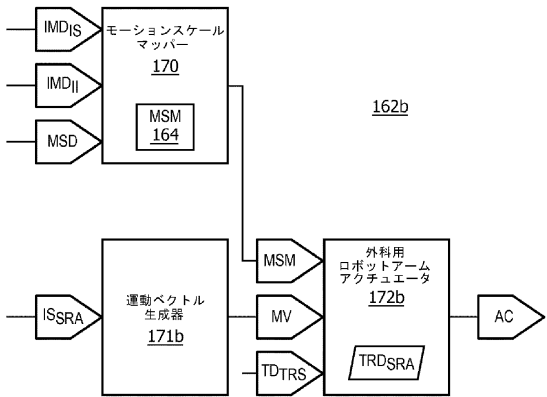


図 10b

10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 和田 将彦

- (56)参考文献 国際公開第2016/028858(WO,A1)
中国特許出願公開第102614019(CN,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A61B 34/35
A61B 34/30