(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7268010号
(P7268010)

(45)発行日　令和5年5月2日(2023.5.2)

(24)登録日　令和5年4月24日(2023.4.24)

(51)国際特許分類

Ａ６１Ｂ　34/35　(2016.01)		Ａ６１Ｂ	34/35
Ａ６１Ｂ　34/10　(2016.01)		Ａ６１Ｂ	34/10

ＦＩ

請求項の数　15　（全20頁）

(21)出願番号	特願2020-515652(P2020-515652)
(86)(22)出願日	平成30年9月21日(2018.9.21)
(65)公表番号	特表2020-534063(P2020-534063A)
(43)公表日	令和2年11月26日(2020.11.26)
(86)国際出願番号	PCT/US2018/052230
(87)国際公開番号	WO2019/060733
(87)国際公開日	平成31年3月28日(2019.3.28)
審査請求日	令和3年9月15日(2021.9.15)
(31)優先権主張番号	62/561,814
(32)優先日	平成29年9月22日(2017.9.22)
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)

(73)特許権者	510253996 インテュイティブ サージカル オペレーションズ， インコーポレイテッド アメリカ合衆国 ９４０８６ カリフォルニア州 サニーヴェイル キーファー・ロード １０２０
(74)代理人	100107766 弁理士　伊東 忠重
(74)代理人	100070150 弁理士　伊東 忠彦
(74)代理人	100135079 弁理士　宮崎 修
(72)発明者	カルマン，ウィリアム ジェイソン 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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　コンピュータ支援遠隔操作手術における異なる組織間の可視的差異の増大

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

１つ又はそれよりも多くのディスプレイデバイスと、

手術シーンから反射又は透過される電磁放射を受信するように構成される１つ又はそれよりも多くのセンサと、

１つ又はそれよりも多くの処理デバイスと、を含み、

該処理デバイスは、

波長の可視範囲の外側にあり且つ波長の近赤外又は赤外範囲内にある第１の波長範囲の電磁放射を使用して前記手術シーンの第１の画像の表現を取得するステップであって、第１の組織タイプから１つ又はそれよりも多くの画像センサによって受信される前記第１の波長範囲の電磁放射の量は、第２の組織タイプについて受信される前記第１の波長範囲の電磁放射の量よりも少ない、ステップと、

前記波長の可視範囲の外側にあり且つ波長の近赤外又は赤外範囲内にある第２の波長範囲の電磁放射を使用して前記手術シーンの第２の画像の表現を取得するステップであって、前記第２の組織タイプから前記１つ又はそれよりも多くの画像センサによって受信される前記第２の波長範囲の電磁放射の量は、前記第１の組織タイプについて受信される前記第２の波長範囲の電磁放射の量と実質的に異なる、ステップと、

前記手術シーンの視覚的表現を前記１つ又はそれよりも多くのディスプレイに提示するステップであって、前記視覚的表現は、前記第１の画像の前記表現及び前記第２の画像の前記表現を使用して描出される、ステップと、

を遂行するように構成される、
手術システム。
【請求項２】
当該手術システムの少なくとも部分を制御するユーザ入力を受信するように構成される入力デバイスを更に含み、前記ユーザ入力は、前記視覚的表現を提示するステップに応答して受信される、請求項１に記載の手術システム。
【請求項３】
前記第１の組織タイプは、コラーゲンであり、前記第２の組織タイプは、脂質であり、前記視覚的表現は、尿管の表現と周囲の脂質層の表現との間の強化された可視的相違を含む、請求項１又は２に記載の手術システム。
【請求項４】
前記視覚的表現は、尿管の表現と周囲の脂質層の表現との間の強化された可視的相違を含む、請求項３に記載の手術システム。
【請求項５】
前記第１の波長範囲及び前記第２の波長範囲の各々は、７００～２０００ｎｍの範囲内にある、請求項１乃至４のうちのいずれか１項に記載の手術システム。
【請求項６】
前記第１の波長範囲は、１３００～１５００ｎｍであり、前記第２の波長範囲は、１２００～１２５０ｎｍである、請求項１乃至５のうちのいずれか１項に記載の手術システム。
【請求項７】
前記第１又は第２の波長範囲の電磁放射を使用して前記手術シーンの前記第１又は第２の画像の前記表現を取得するステップは、それぞれ、
前記第１の波長範囲又は前記第２の波長範囲の電磁放射を使用して前記手術シーンを照明するステップと、
前記１つ又はそれよりも多くのセンサによって取り込まれるデータを使用して前記第１の画像又は第２の画像の前記表現をそれぞれ生成するステップと、を含む、
請求項１乃至６のうちのいずれか１項に記載の手術システム。
【請求項８】
前記第１の波長範囲又は前記第２の波長範囲内の電磁放射を使用して前記手術シーンを照明するステップは、
第１の時間期間の間に前記第１の波長範囲内の電磁放射を使用して前記手術シーンを照明するステップと、
前記第１の時間期間と少なくとも部分的にオーバーラップしない第２の時間期間の間に前記第２の波長範囲内の電磁放射を使用して前記手術シーンを照明するステップとを含む、
請求項５に記載の手術システム。
【請求項９】
前記第１又は第２の波長範囲内の電磁放射を使用して前記手術シーンの前記第１又は第２の画像の前記表現を取得するステップは、それぞれ、
複数の波長を含む広帯域電磁放射を使用して前記手術シーンを照明するステップと、
前記１つ又はそれよりも多くの画像センサのうちの第１のセンサによって取り込まれるデータを使用して前記第１の画像の前記表現を生成するステップであって、前記第１のセンサは、前記手術シーンから反射又は透過される前記電磁放射の第１の部分を感知するように構成され、前記電磁放射の前記第１の部分は、前記第１の波長範囲内の電磁放射を選択的に通すように構成される第１のフィルタを通過する、ステップと、
前記１つ又はそれよりも多くのセンサのうちの第２のセンサ又は前記第１のセンサによって取り込まれるデータを使用して前記第２の画像の前記表現を生成するステップであって、前記第２のセンサは、前記手術シーンから反射又は透過される前記電磁放射の第２の部分を感知するように構成され、前記電磁放射の前記第２の部分は、前記第２の波長範囲内の電磁放射を選択的に通すように構成される第２のフィルタを通過する、ステップと、を含む、

請求項１乃至８のうちのいずれか１項に記載の手術システム。
【請求項１０】
前記第１又は第２の波長範囲内の電磁放射を使用して前記手術シーンの前記第１又は第２の画像の前記表現を取得するステップは、それぞれ、
複数の波長を含む広帯域電磁放射を使用して前記手術シーンを照明するステップと、
前記１つ又はそれよりも多くのセンサのうちの第１のセンサによって取り込まれるデータを使用して前記第１の画像の前記表現を生成するステップであって、前記第１のセンサは、前記手術シーンから反射又は透過されるような前記第１の波長範囲内の前記電磁放射の第１の部分を選択的に感知するように構成される、ステップと、
前記１つ又はそれよりも多くのセンサのうちの第２のセンサ又は前記第１のセンサによって取り込まれるデータを使用して前記第２の画像の前記表現を生成するステップであって、前記第２のセンサは、前記手術シーンから反射又は透過されるような前記第２の波長範囲内の前記電磁放射の第２の部分を選択的に感知するように構成される、ステップと、を含む、
請求項１乃至９のうちのいずれか１項に記載の手術システム。
【請求項１１】
前記１つ又はそれよりも多くの処理デバイスは、
前記波長の可視範囲の外側にある第３の波長範囲に基づいて前記手術シーンの第３の画像の表現を取得し、且つ
前記手術シーンの前記視覚的表現を前記ディスプレイに提示する、
ように更に構成され、
前記視覚的表現は、前記第３の画像の前記表現を使用しても描出される、
請求項１乃至１０のうちのいずれか１項に記載の手術システム。
【請求項１２】
前記第３の波長範囲は、脂質についての前記第３の波長範囲内の電磁放射の吸収がコラーゲンについての前記第３の波長範囲内の電磁放射の吸収と実質的に等しいように選択される、請求項１１に記載の手術システム。
【請求項１３】
前記第３の波長範囲は、脂質についての前記第３の波長範囲内の電磁放射の吸収がコラーゲンについての前記第３の波長範囲内の電磁放射の吸収と実質的に異なるように選択される、請求項１１又は１２に記載の手術システム。
【請求項１４】
前記１つ又はそれよりも多くの処理デバイスは、
前記波長の可視範囲の内側にある第３の波長範囲内の前記第１の画像の前記表現を生成し、
前記波長の可視範囲の内側にある第４の波長範囲内の前記第２の画像の前記表現を生成し、且つ
前記第１及び第２の画像の前記表現を組み合わせて前記手術シーンの前記視覚的表現を生成する、
ように更に構成される、
請求項１乃至１３のうちのいずれか１項に記載の手術システム。
【請求項１５】
手術システムと関連付けられる１つ又はそれよりも多くのディスプレイに描出される手術シーンの視覚的表現を使用して外科プロセスの視覚的フィードバックを提供するための手術システムの作動方法であって、
前記手術システムが、波長の可視範囲の外側にあり且つ波長の近赤外又は赤外範囲内にある第１の波長範囲の電磁放射を使用して前記手術シーンの第１の画像の表現を取得するステップであって、第１の組織タイプから１つ又はそれよりも多くのセンサによって受信される前記第１の波長範囲の電磁放射の量は、第２の組織タイプについて受信される前記第１の波長範囲の電磁放射の量よりも少ない、ステップと、

前記手術システムが、前記波長の可視範囲の外側にあり且つ波長の近赤外又は赤外範囲内にある第２の波長範囲の電磁放射を使用して前記手術シーンの第２の画像の表現を取得するステップであって、前記第２の組織タイプから前記１つ又はそれよりも多くのセンサによって受信される前記第２の波長範囲の電磁放射の量は、前記第１の組織タイプについて受信される前記第２の波長範囲の電磁放射の量と実質的に異なる、ステップと、
前記手術システムが、前記手術シーンの視覚的表現を前記１つ又はそれよりも多くのディスプレイに提示するステップであって、前記視覚的表現は、前記第１の画像の前記表現及び前記第２の画像の前記表現を使用して描出される、ステップと、を含む、
作動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

（関連出願の参照）

この出願は、２０１７年９月２２日に出願された米国仮出願第６２／５６１，８１４号に対する優先権を主張し、その全文を参照として本明細書に援用する。

【０００２】

この開示は、最小侵襲コンピュータ支援遠隔操作手術のためのデバイス及び方法に関する。

【背景技術】

【０００３】

手術における使用のための最小侵襲性遠隔手術システムは、外科医の器用さを高めるために並びに外科医が遠隔場所から患者を手術することを可能にするために開発されている。遠隔手術は、外科医が、器具を直接的に手で保持したり動かしたりするよりもむしろ、何らかの形態の遠隔制御装置、例えば、サーボ機構又は同等物を使用して手術器具の動きを操作する、外科システムについての一般的な用語である。そのような遠隔手術システムにおいて、外科医は、遠隔場所で手術部位の画像を提供される。外科医は、マスタ制御入力デバイスを操作することによって患者に対して外科処置を行い、その場合、マスタ制御入力デバイスは、ロボット器具の動きを制御する。

【発明の概要】

【０００４】

１つの態様において、この文書は、手術デバイスと関連付けられる１つ又はそれよりも多くのディスプレイに描出(レンダリング)される手術シーンの視覚的表現を使用して外科プロセスの間に視覚的フィードバックを提供する方法を特徴とする。本方法は、波長の可視範囲の外側にある第１の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第１の画像の表現を取得することを含み、第１の組織タイプから１つ又はそれよりも多くのセンサによって受信される第１の波長範囲の電磁放射の量は、第２の組織タイプについて受信される第１の波長範囲の電磁放射の量よりも少ない。本方法は、波長の可視範囲の外側にある第２の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第２の画像の表現を取得することも含み、第２の組織タイプから１つ又はそれよりも多くのセンサによって受信される第２の波長範囲の電磁放射の量は、第１の組織タイプについて受信される第２の波長範囲の電磁放射の量と実質的に異なる。本方法は、手術シーンの視覚的表現を１つ又はそれよりも多くのディスプレイに提示するステップを更に含み、視覚的表現は、第１の画像の表現及び第２の画像の表現を使用して描出される。

【０００５】

別の態様において、この文書は、手術デバイスと関連付けられる１つ又はそれよりも多くのディスプレイに描出される手術シーンの視覚的表現を使用して外科プロセスの間に視覚的フィードバックを提供する方法を特徴とする。本方法は、波長の可視範囲の外側にある第１の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第１の画像の表現を取得することを含み、第１の組織タイプから１つ又はそれよりも多くの画像センサによって受信される第１の波長範囲の電磁放射の量は、第２の組織タイプについて受信される第１の波長範囲の

電磁放射の量よりも少ない。本方法は、波長の可視範囲の外側にある第２の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第２の画像の表現を取得することも含み、第１の組織タイプから１つ又はそれよりも多くの画像センサによって受信される第２の波長範囲の電磁放射の量は、第２の組織タイプについて受信される第１の波長範囲の電磁放射の量よりも多い。本方法は、実質的に白色光照明を使用して手術シーンの第３の画像の表現を取得すること、及び手術シーンの視覚的表現を１つ又はそれよりも多くのディスプレイに提示することを更に含み、視覚的表現は、第３の画像の表現との組み合わせにおいて第１及び第２の画像の前記表現を使用して描出される。

【０００６】

別の態様において、この文書は、手術デバイスと関連付けられる１つ又はそれよりも多くのディスプレイに描出される手術シーンの視覚的表現を使用して外科プロセスの間に視覚的フィードバックを提供する方法を特徴とする。本方法は、波長の可視範囲の外側にある第１の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第１の画像の表現を取得することを含み、第１の組織タイプから１つ又はそれよりも多くの画像センサによって受信される第１の波長範囲の電磁放射の量は、第２の組織タイプについて受信される第１の波長範囲の電磁放射の量よりも少ない。本方法は、波長の可視範囲の外側にある第２の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第２の画像の表現を取得することも含み、第１の組織タイプから１つ又はそれよりも多くの画像センサによって受信される第２の波長範囲の電磁放射の量は、第２の組織タイプについて受信される第１の波長範囲の電磁放射の量よりも多い。本方法は、実質的に白色光照明を使用して手術シーンの第３の画像の表現を取得すること、及び手術シーンの視覚的表現を１つ又はそれよりも多くのディスプレイに提示することを更に含み、視覚的表現は、第３の画像の表現との組み合わせにおいて第１及び第２の画像の前記表現を使用して描出される。

【０００７】

別の態様において、この文書は、１つ又はそれよりも多くのディスプレイデバイスと、手術シーンから反射又は透過される電磁放射を受信するように構成される１つ又はそれよりも多くのセンサと、１つ又はそれよりも多くの処理デバイスとを含む、手術システムを特徴とする。１つ又はそれよりも多くの処理デバイスは、波長の可視範囲の外側にある第１の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第１の画像の表現を取得するように構成され、第１の組織タイプから１つ又はそれよりも多くの画像センサによって受信される第１の波長範囲の電磁放射の量は、第２の組織タイプについて受信される第１の波長範囲の電磁放射の量よりも少ない。処理デバイスは、波長の可視範囲の外側にある第２の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第２の画像の表現を取得するようにも構成され、第２の組織タイプから１つ又はそれよりも多くの画像センサによって受信される第２の波長範囲の電磁放射の量は、第１の組織タイプについて受信される第２の波長範囲の電磁放射の量と実質的に異なる。処理デバイスは、手術シーンの視覚的表現を１つ又はそれよりも多くのディスプレイに提示するように更に構成され、視覚的表現は、第１の画像の表現及び第２の画像の表現を使用して描出される。

【０００８】

別の態様において、この文書は、１つ又はそれよりも多くのディスプレイデバイスと、手術シーンから反射又は透過される電磁放射を受信するように構成される１つ又はそれよりも多くのセンサと、１つ又はそれよりも多くの処理デバイスとを含む、手術システムを特徴とする。１つ又はそれよりも多くの処理デバイスは、波長の可視範囲の外側にある第１の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第１の画像の表現を取得するように構成され、第１の組織タイプから画像センサによって受信される第１の波長範囲の電磁放射の量は、第２の組織タイプについて受信される第１の波長範囲の電磁放射の量よりも少ない。処理デバイスは、実質的に白色光の照明を使用して手術シーンの第２の画像の表現を取得し、手術シーンの視覚的表現を１つ又はそれよりも多くのディスプレイに提示するようにも構成され、視覚的表現は、第２の画像の表現との組み合わせにおいて第１の画像の表現を使用して描出される。

【０００９】
別の態様において、この文書は、１つ又はそれよりも多くのディスプレイデバイスと、手術シーンから反射又は透過される電磁放射を受信するように構成される１つ又はそれよりも多くのセンサと、１つ又はそれよりも多くの処理デバイスとを含む、手術システムを特徴とする。１つ又はそれよりも多くの処理デバイスは、波長の可視範囲の外側にある第１の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第１の画像の表現を取得するように構成され、第１の組織タイプから１つ又はそれよりも多くの画像センサによって受信される第１の波長範囲の電磁放射の量は、第２の組織タイプについて受信される第１の波長範囲の電磁放射の量よりも少ない。処理デバイスは、波長の可視範囲の外側にある第２の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第２の画像の表現を取得するステップようにも構成され、第１の組織タイプから１つ又はそれよりも多くの画像センサによって受信される第２の波長範囲の電磁放射の量は、第２の組織タイプについて受信される第１の波長範囲の電磁放射の量よりも多い。処理デバイスは、実質的に白色光照明を使用して手術シーンの第３の画像の表現を取得し、手術シーンの視覚的表現を１つ又はそれよりも多くのディスプレイに提示するように更に構成され、視覚的表現は、第３の画像の表現との組み合わせにおいて第１及び第２の画像の表現を使用して描出される。

【００１０】
別の態様において、この文書は、１つ又はそれよりも多くの処理デバイスに様々な動作を遂行させるように構成される機械可読命令で符号化される１つ又はそれよりも多くの機械可読非一時的記憶デバイスを特徴とする。動作は、波長の可視範囲の外側にある第１の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第１の画像の表現を取得することを含み、第１の組織タイプから１つ又はそれよりも多くの画像センサによって受信される第１の波長範囲の電磁放射の量は、第２の組織タイプについて受信される第１の波長範囲の電磁放射の量よりも少ない。動作は、波長の可視範囲の外側にある第２の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第２の画像の表現を取得することを更に含み、第２の組織タイプから１つ又はそれよりも多くの画像センサによって受信される第２の波長範囲の電磁放射の量は、第１の組織タイプについて受信される第２の波長範囲の電磁放射の量と実質的に異なる。動作は、手術シーンの視覚的表現を１つ又はそれよりも多くのディスプレイに提示することも含み、視覚的表現は、第１の画像の表現及び第２の画像の表現を使用して描出される

【００１１】
別の態様において、この文書は、１つ又はそれよりも多くの処理デバイスに、波長の可視範囲の外側にある第１の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第１の画像の表現を取得することを含む動作を遂行させるように構成される機械可読命令で符号化され、１つ又はそれよりも多くの機械可読非一時的記憶デバイスを特徴とし、第１の組織タイプから画像センサによって受信される第１の波長範囲の電磁放射の量は、第２の組織タイプについて受信される第１の波長範囲の電磁放射の量よりも少ない。動作は、実質的に白色光の照明を使用して手術シーンの第２の画像の表現を取得し、手術シーンの視覚的表現を１つ又はそれよりも多くのディスプレイに提示することも含み、視覚的表現は、第２の画像の表現との組み合わせにおいて第１の画像の表現を使用して描出される。

【００１２】
別の態様において、この文書は、１つ又はそれよりも多くの処理デバイスに、波長の可視範囲の外側にある第１の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第１の画像の表現を取得することを含む動作を遂行させるように構成される機械可読命令で符号化される１つ又はそれよりも多くの機械可読非一時的記憶デバイスを特徴とし、第１の組織タイプから１つ又はそれよりも多くの画像センサによって受信される第１の波長範囲の電磁放射の量は、第２の組織タイプについて受信される第１の波長範囲の電磁放射の量よりも少ない。動作は、波長の可視範囲の外側にある第２の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第２の画像の表現を取得することも含み、第１の組織タイプから１つ又はそれよりも多くの画像センサによって受信される第２の波長範囲の電磁放射の量は、第２の組織タイプ

について受信される第１の波長範囲の電磁放射の量よりも多い。動作は、実質的に白色光照明を使用して手術シーンの第３の画像の表現を取得し、手術シーンの視覚的表現を１つ又はそれよりも多くのディスプレイに提示することを更に含み、視覚的表現は、第３の画像の表現との組み合わせにおいて第１及び第２の画像の表現を使用して描出される。

【００１３】

別の態様において、この文書は、手術デバイスと関連付けられる１つ又はそれよりも多くのディスプレイに描出される手術シーンの視覚的表現を使用して外科プロセスの間に視覚的フィードバックを提供する方法を特徴とする。本方法は、波長の可視範囲の外側にある波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの画像の表現を取得するステップであって、コラーゲンから１つ又はそれよりも多くのセンサによって受信される波長範囲の電磁放射の量は、脂質について受信される波長範囲の電磁放射の量よりも少ない、ステップと、手術シーンの視覚的表現を、画像の前記表現を使用して１つ又はそれよりも多くのディスプレイに提示するステップとを含む。

【００１４】

上記態様の実施は、以下のうちの１つ又はそれよりも多くを含むことができる。

【００１５】

手術デバイスの少なくとも部分を制御するユーザ入力を受信するために入力デバイスを使用することができ、ユーザ入力は、視覚的表現を提示することに応答して受信される。幾つかの実施において、ユーザ入力は、視覚的表現と通常の手術ビューとの間の切替えを可能にする。第１の組織タイプは、コラーゲンであることができ、第２の組織タイプは、脂質であることができる。視覚的表現は、尿管の表現と周囲の脂質層の表現との間の強化された可視的相違を含むことができる。第１の波長範囲及び第２の波長範囲の各々は、７００～２０００ｎｍの範囲内にあることができる。第１の波長範囲は、１３００～１５００ｎｍであることができ、第２の波長範囲は、１２００～１２５０ｎｍであることができる。

【００１６】

第１又は第２の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンの第１又は第２の画像の表現を取得するステップは、それぞれ、第１の波長範囲又は第２の波長範囲の電磁放射を使用して手術シーンを照明する命令を出力するステップと、１つ又はそれよりも多くのセンサによって取り込まれるデータを使用して第１の画像又は第２の画像の表現をそれぞれ生成するステップとを含み、１つ又はそれよりも多くのセンサは、手術シーンから反射又は透過される電磁放射の部分を感知するように構成される。第１の波長範囲又は第２の波長範囲内の電磁放射を使用して手術シーンを照明するステップは、第１の時間期間の間に第１の波長班員合いの電磁放射を使用して手術シーンを照明するステップと、第１の時間期間と少なくとも部分的にオーバーラップしない第２の時間期間の間に第２の波長範囲内の電磁放射を使用して手術シーンを照明するステップとを含むことができる。第１又は第２の波長範囲内の電磁放射を使用して手術シーンの第１又は第２の画像の表現を取得するステップは、それぞれ、複数の波長を含む広帯域電磁放射を使用して手術シーンを照明するステップと、手術シーンから反射又は透過される電磁放射の第１の部分を感知するように構成される第１のセンサによって取り込まれるデータを使用して第１の画像の表現を生成するステップであって、電磁放射の第１の部分は、第１の波長範囲内の電磁放射を選択的に通すように構成される第１のフィルタを通過する、ステップと、手術シーンから反射又は透過される電磁放射の第２の部分を感知するように構成される第２のセンサ又は第１のセンサによって取り込まれるデータを使用して第２の画像の表現を生成するステップであって、電磁放射の第２の部分は、第２の波長範囲内の電磁放射を選択的に通すように構成される第２のフィルタを通過する、ステップとを含むことができる。第１又は第２の波長範囲内の電磁放射を使用して手術シーンの第１又は第２の画像の表現を取得するステップは、それぞれ、複数の波長を含む広帯域電磁放射を使用して手術シーンを照明するステップと、手術シーンから反射又は透過されるような第１の波長内の電磁放射の第１の部分を選択的に感知するように構成される第１のセンサによって取り込まれるデータを使用して第

１の画像の表現を生成するステップと、手術シーンから反射又は透過されるような第２の波長内の電磁放射の第２の部分を選択的に感知するように構成される第２のセンサ又は第１のセンサによって取り込まれるデータを使用して第２の画像の表現を生成するステップとを含むことができる。

【００１７】

波長の可視範囲の外側にある第３の波長範囲に基づいて外科シーンの第３の画像の表現を取得することができ、外科シーンの視覚的表現をディスプレイに提示することができ、視覚的表現は、第３の画像の表現を使用しても描出される。脂質についての第３の波長範囲内の電磁放射の吸収がコラーゲンについての第３の波長範囲内の電磁放射の吸収と実質的に等しいように第３の波長範囲を選択することができる。脂質についての第３の波長範囲内の電磁放射の吸収がコラーゲンについての第３の波長範囲内の電磁放射の吸収と実質的に異なるように第３の波長範囲を選択することができる。

波長の可視範囲の内側にある第３の波長範囲内で第１の画像の表現を生成することができる。波長の可視範囲の内側にある第４の波長範囲で第２の画像の表現を生成することができ、第１及び第２の画像の表現を組み合わせて手術シーンの視覚的表現を生成することができる。

【００１８】

本明細書に記載する実施形態の一部又は全部は、以下の利点のうちの１つ又はそれよりも多くを提供することがある。外科医のディスプレイデバイスに提示される画像中で２つ又はそれよりも多くの異なるタイプの組織の間の可視的差異を強化することができる。異なる組織タイプが互いに隣接する幾つかの場合において、これは外科医が所望の組織のみにアクセスするのを助け、それによって、外科プロセスの精度を潜在的に向上させることがある。例えば、コラーゲンと脂質との間の差異を増大させる撮像波長の慎重な選択によって、本明細書に記載する技術は、周囲の脂質層の存在の下で（主にコラーゲンからなる）尿管の改良された可視化を可能にすることがある。これは、ひいては、一部の外科医、特に経験の浅い外科医が、増大した自信を持って遠隔手術システムで手術を遂行するのを助けることがある。

【図面の簡単な説明】

【００１９】

【図１Ａ】コンピュータ支援遠隔操作手術システムの例示的な患者側カートの斜視図である。

【００２０】

【図１Ｂ】コンピュータ支援遠隔操作手術システムの例示的な外科医コンソールの正面図である。

【００２１】

【図１Ｃ】コンピュータ支援遠隔操作手術システムの例示的なロボットマニピュレータアームアセンブリの側面図である。

【００２２】

【図２】人体内の異なる物質及び組織による電磁放射の吸収に関する実験結果を例示するプロットの集合である。

【００２３】

【図３Ａ】広帯域画像内に取り込まれたときの隣接する脂肪層の存在下の人体の尿管を示している。

【００２４】

【図３Ｂ】本明細書に記載する技術に従った縮小帯域画像に取り込まれたときの図３Ａにおけると同じ人体の部分を示している。

【００２５】

【図４】外科プロセス中に視覚的フィードバックを提供する例示的なプロセスを例示するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００２６】
この文書は、ある場合には、（本明細書では、最小侵襲手術（ＭＩＳ）とも呼ぶ）最小侵襲ロボット手術のような画像誘導外科プロセスの間に手術部位及び解剖学的部分の視覚化(visualization)を改良する技術を記述する。例えば、本技術は、外科医コンソール上に表示されるときに、手術部位での異なる組織タイプの間の可視的差異(visible differences)を高めることを可能にする。ある場合には、これは、ひいては、さもなければ異なる種類の隣接する組織の存在下では比較的区別がつかないことがある組織の可視化の向上を可能にすることがある。例えば、人間の尿管は、典型的には、脂肪の層内に埋め込まれており、可視範囲内の波長を用いて撮像されるときに尿管の場所を識別することは困難(challenging)なことがある。本明細書に記載する技術は、撮像波長(imaging wavelengths)が外科医コンソール又はディスプレイデバイス上に描出(レンダリング)される表現中の組織間の可視的差異を高めるために選択される、縮小帯域撮像(reduced-band imaging)を可能にする。尿管及び脂肪の例では、脂肪に対するコラーゲン(尿管の主成分)の吸収特性が選択される波長について異なる結果、外科医コンソール上に描出される画像中の尿管と周囲の脂肪層との間の可視的差異の強化を伴う画像の取込み、処理、及び／又は増強を行う能力をもたらすように、撮像波長を選択することができる。ある場合には、これは、隣接し且つ被覆する脂肪層からより区別可能である尿管をもたらすことがあり、従って、外科医がより自信を持って手術部位内をナビゲートするのを可能にすることがある。何故ならば、デリケートな構造の場所は、デリケートな構造が介在組織層によって隠されているか或いはそれらの周囲に対して顕著ではない可視範囲内の波長を用いて手術部位を撮像する場合と比較して、より顕著であるからである。ある場合には、本明細書に記載する技術は、尿管を周囲の脂肪層からより容易に区別し得ることが有益であると理解することがある新しい外科医にとって特に有用なことがある。

【００２７】
本技術の態様は、Sunnyvale, CaliforniaのIntuitive Surgical, Inc.によって商品化されたda Vinci（登録商標）Surgical Systemを使用する実装に関して主に記載される。そのような手術システムの例は、da Vinci（登録商標）Xi（ＴＭ）Surgical System Model（IS4000）及びda Vinci（登録商標）Si（ＴＭ）HD（ＴＭ）Surgical System Model（IS3000）である。本明細書に開示する態様は、コンピュータ支援、非コンピュータ支援、並びに手動及びコンピュータ支援のハイブリッドな組み合わせの実施形態及び実装を含む、様々な方法において具現され或いは実施されてよいことが理解されるべきである。da Vinci（登録商標）Surgical System（例えば、Model IS4000、Model IS3000、Model IS2000、Model IS1200）に関する実装は、説明の目的のために記載されており、本明細書に開示する発明的な態様の範囲を制限するものと考えられてならない。適用可能な場合、発明的な態様は、比較的より小さな手持ち式の手動操作デバイス及び追加的な機械的支持を有する比較的より大きなシステムの両方において並びにコンピュータ支援遠隔操作医療デバイスの他の実施形態において具現され或いは実施されてよい。

【００２８】
図１Ａ及び図１Ｂを参照すると、（ＭＩＳとも呼ぶ）最小侵襲コンピュータ支援遠隔手術のためのシステムは、患者側カート１００と、外科医コンソール４０とを含むことができる。遠隔手術は、外科医が、器具を直接的に手で保持したり動かしたりするよりもむしろ、何らかの形態の遠隔制御装置、例えば、サーボ機構又は同等物を使用して手術器具の動きを操作する、外科システムについての一般的な用語である。ロボット操作可能な手術器具を小さな最小侵襲外科孔を通じて挿入して、患者内の外科部位にある組織を治療し、観血手術のためのアクセスに関連する外傷を回避することができる。これらのロボットシステムは、しばしば、器具のシャフトを最小侵襲孔で枢動させること、孔を通じてシャフトを軸方向にスライドさせること、孔内でシャフトを回転させること、及び／又は同等のことによって、非常に複雑な外科タスクを実行するのに十分な器用さで、手術器具の作用端を動かすことができる。

【００２９】
図示の実施形態において、患者側カート１００は、ベース１１０、第１のロボットマニピュレータアームアセンブリ１２０、第２のロボットマニピュレータアームアセンブリ１３０、第３のロボットマニピュレータアームアセンブリ１４０、及び第４のロボットマニピュレータアームアセンブリ１５０を含む。各ロボットマニピュレータアームアセンブリ１２０、１３０、１４０、及び１５０は、ベース１１０に枢動可能に連結されている。幾つかの実施形態では、４個よりも少ない又は４個よりも多いロボットマニピュレータアームアセンブリが、患者側カート１００の一部として含められてよい。図示の実施形態において、ベース１１０は、可動性の容易さを可能にするキャスタを含むが、幾つかの実施形態において、患者側カート１００は、床、天井、手術台、構造枠組、又は同等物に固定的に取り付けられる。
【００３０】
典型的な用途では、ロボットマニピュレータアームアセンブリ１２０、１３０、１４０、又は１５０のうちの２つが手術器具を保持し、第３のものが立体内視鏡を保持する。残りのロボットマニピュレータアームアセンブリは、別の器具が手術部位で導入されるように利用可能である。代替的に、残りのロボットマニピュレータアームアセンブリは、第２の内視鏡又は超音波プローブのような別の画像取込みデバイスを手術部位に導入するために使用されてよい。
【００３１】
ロボットマニピュレータアームアセンブリ１２０、１３０、１４０、及び１５０の各々は、従来、作動可能なジョイントを通じて連結され且つ操作されるリンクで形成される。ロボットマニピュレータアームアセンブリ１２０、１３０、１４０、及び１５０の各々は、セットアップアームと、デバイスマニピュレータとを含む。セットアップアームは、枢動点が患者へのその入口孔で生じるように、その保持されたデバイスを位置決めする。次に、デバイスマニピュレータは、その保持されたデバイスが枢動点について枢動させられ、入口孔に挿入され、入口孔から引き出され、そのシャフト軸について回転させられることがあるように、その保持されたデバイスを操作してよい。
【００３２】
図示の実施形態において、外科医コンソール４０は、ユーザが患者側カート１００の立体視カメラによって取り込まれる画像から立体視において手術作業部位を見ることがあるように、立体視ディスプレイ４５を含む。ユーザが左右の目でディスプレイ４５の内側の左右のディスプレイスクリーンをそれぞれ見ることがあるように、左右の接眼レンズ４６、４７が立体視ディスプレイ４５内に設けられる。外科医は、典型的には適切なビューア又はディスプレイ上で手術部位の画像を見る間に、マスタ制御入力デバイス４９を操作することによって患者に対する外科処置を行い、マスタ制御入力デバイス４９は、次に、ロボット器具の動きを制御する。
【００３３】
外科医コンソール４０は、患者側カート１００のロボットマニピュレータアームアセンブリ１２０、１３０、１４０、及び１５０によって保持されているデバイス（例えば、手術器具）を、好ましくは、６自由度（「ＤＯＦ」）で操作するために、ユーザが彼／彼女の左手及び右手でそれぞれ把持することがある、左右の入力デバイス４１、４２も含む。ユーザがフットペダルと関連付けられるデバイスの動き及び／又は作動をユーザが制御することがあるように、褄先及び踵制御装置を備えるフットペダル４４が外科医コンソール４０に設けられる。
【００３４】
制御及び他の目的のために、処理デバイス４３が外科医コンソール４０に設けられる。処理デバイス４３は、医療ロボットシステムにおける様々な機能を実行する。処理デバイス４３によって実行される１つの機能は、入力デバイス４１、４２の機械的運動を転換させ(translate)且つ伝達して(transfer)、外科医が手術器具のようなデバイスを効果的に操作できるようにそれらの関連するロボットマニピュレータアームアセンブリ１２０、１３

０、１４０、及び１５０内のそれらのそれぞれのジョイントを作動させることである。処理デバイス４３の別の機能は、本明細書に記載する方法、クロスカップリング制御ロジック、及びコントローラを実装することである。

【００３５】

処理デバイス４３は、１つ又はそれよりも多くのプロセッサ、デジタル信号プロセッサ、及び／又はマイクロコントローラを含むことができ、ハードウェア、ソフトウェア、及び／又はファームウェアの組み合わせとして実装されてよい。また、本明細書に記載するその機能は、１つのユニットによって実行されてよく、或いは多数のサブユニットに分割されてよく、各サブユニットは、ハードウェア、ソフトウェア及びファームウェアの任意の組み合わせによって順に実装されてよい。更に、外科医コンソール４０の一部として或いは外科医コンソール４０に物理的に隣接して示されているが、処理デバイス４３は、遠隔手術システムを通じてサブユニットとして分散されてもよい。サブユニットのうちの１つ又はそれよりも多くは、遠隔手術システムに対して物理的に遠隔であってよい（例えば、遠隔サーバに配置されてよい）。

【００３６】

図１Ｃも参照すると、ロボットマニピュレータアームアセンブリ１２０、１３０、１４０、及び１５０は、ＭＩＳを実施するために手術器具のようなデバイスを操作することができる。例えば、図示の構成において、ロボットマニピュレータアームアセンブリ１２０は、器具ホルダ１２２に枢動可能に連結されている。次に、カニューレ１８０及び手術器具２００が、器具ホルダ１２２に解放可能に連結される。カニューレ１８０は、手術中に患者インターフェース部位に配置される管状部材である。カニューレ１８０は、手術器具２００の細長いシャフト２２０をスライド可能に配置する管腔を画定する。以下に更に記載するように、幾つかの実施形態において、カニューレ１８０は、体壁開創器部材(body wall retractor member)を備える遠位端部分を含む。器具ホルダ１２２は、ロボットマニピュレータアームアセンブリ１２０の遠位端に枢動可能に連結されている。幾つかの実施形態において、器具ホルダ１２２とロボットマニピュレータアームアセンブリ１２０の遠位端との間の枢動可能な連結は、外科医コンソール４０及びプロセッサ４３から作動可能な電動ジョイントである。

【００３７】

器具ホルダ１２２は、器具ホルダフレーム１２４、カニューレクランプ１２６、及び器具ホルダキャリッジ１２８を含む。図示の実施形態において、カニューレクランプ１２６は、器具ホルダフレーム１２４の遠位端に固定される。カニューレ１８０と連結するように或いはカニューレ１８０から分離するようにカニューレクランプ１２６を作動させることができる。器具ホルダキャリッジ１２８は、器具ホルダフレーム１２４に移動可能に連結される。より具体的には、器具ホルダキャリッジ１２８は、器具ホルダフレーム１２４に沿って直線的に並進可能である。幾つかの実施形態において、器具ホルダフレーム１２４に沿う器具ホルダキャリッジ１２８の移動は、プロセッサ４３によって作動可能／制御可能な電動の並進移動である。手術器具２００は、伝動装置アセンブリ２１０、細長いシャフト２２０、及びエンドエフェクタ２３０を含む。伝達アセンブリ２１０は、器具ホルダキャリッジ１２８に解放可能に連結されてよい。シャフト２２０は、伝動装置アセンブリ２１０から遠位に延びる。エンドエフェクタ２３０は、シャフト２２０の遠位端に配置される。

【００３８】

シャフト２２０は、カニューレ１８０の長手軸と一致する長手軸２２２を画定する。器具ホルダキャリッジ１２８が器具ホルダフレーム１２４に沿って並進すると、手術器具２００の細長いシャフト２２０は、長手軸２２２に沿って移動させられる。そのようにして、エンドエフェクタ２３０を患者の体内の外科作業空間に挿入することができ且つ／或いは患者の体内の外科作業空間から後退させることができる。

【００３９】

幾つかの実施態様では、外科医コンソール４０上に描出される表現中の異なる組織間の

可視的差異を強化するために、撮像される組織に従って照明波長の波長範囲を選択することができる。光は、例えば、光の吸収、反射、及び／又は散乱における対応する変動の故に、異なる方法で異なる組織と相互作用する。幾つかの実装では、例えば、撮像される対応する組織の吸収及び／又は反射特性に関する実験的又は理論的知識に基づいて、照明波長又は波長範囲を選択することができる。図２は、人体内の異なる物質(materials)及び組織(tissues)による電磁放射の吸収に関する実験結果を例示するプロットの集合である。図２のｘ軸は、波長を表しており、ｙ軸は、正規化された吸収係数(normalized absorption coefficients)を表している。従って、図２は、図示の波長範囲に亘る人体の様々な成分(components)の吸収特性の変動を例示している。

【００４０】

図２に図示する実験結果から、幾つかの成分の吸収特性は、波長の可視範囲又はスペクトルにおいて一般的に類似していることを観察することができる。例えば、脂質（脂肪）についてのプロット２０５とコラーゲン（結合組織）についてのプロット２１０とを比較することによって、両者についての正規化された吸収係数は、約１１００ｎｍまで、より低い波長で概ね低いまま（約０．１以下）であることを観察することができる。この範囲は、可視スペクトルの約７００ｎｍの上端を含む。従って、可視スペクトル内の照明を用いて脂質及びコラーゲンを撮像することは、２つのタイプの組織による類似の吸収をもたらし、それは、時には、結果として得られる画像中でそれらを区別するのを困難にし得る。この例が図３Ａに示されており、それは、可視スペクトル内の波長を用いて得られた典型的な広帯域画像に取り込まれるような、脂肪の隣接し且つ被覆する層の存在下での人体内の尿管を示している。部分３０５は、画像内の尿管の場所を表しており、部分３１０は、周囲の脂肪層を表している。しかしながら、可視スペクトルにおける特性は、脂質及びコラーゲンについて実質的に類似しているので、尿管と脂肪層との間の境界は非常に微妙であり、見え難いことがある。

【００４１】

本明細書に記載する技術は、提示される画像中の異なる組織（一例においてはコラーゲン及び脂肪）の間の可視的差異を強化することができるように、近赤外（ＮＩＲ）又は赤外（ＩＲ）スペクトルにおいて撮像波長を選択することを可能にする。幾つかの実施では、撮像される組織に従ってＮＩＲ及び／又はＩＲ範囲（例えば、８５０～２０００ｎｍの範囲）内の特定の波長（又は波長範囲）を選択し、そのような波長に基づいて画像を取り込むことによって、これを達成することができる。例えば、コラーゲンと脂質との間の可視的差異を強化するために、コラーゲンによる電磁放射の吸収が脂質による電磁放射の吸収よりも有意に高い（或いは相応してコラーゲンから反射されるか或いはコラーゲンを通じて透過される電磁放射の量が脂質についての対応する量よりも低い）第１の波長範囲を用いて、並びに脂質による吸収がコラーゲンによる吸収よりも有意に高い（或いは相応して脂質から反射されるか或いは脂質を通じて透過される電磁放射の量がコラーゲンについての対応する量よりも低い）第２の波長を用いて、組織を撮像することができる。幾つかの実施において、そのような相補的な吸収特性は、対応する波長を組織によって実質的に異なって吸収させることによって、結果として得られる画像の可視的差異を強化することができる。

【００４２】

幾つかの実施では、実験データに基づいて、異なる組織を撮像するための特定の波長又は波長範囲を選択することができる。例えば、図２のプロット２０５及び２１０を参照すると、約１２００ｎｍでの脂質の吸収は、コラーゲンの吸収よりも有意に高いことが分かる。加えて、約１３５０ｎｍでのコラーゲンの吸収は、脂質の吸収よりも有意に高いことが分かる。従って、尿管と隣接する脂肪層との間の可視的差異を強化するために、１２００～１２５０ｎｍ及び１３００～１３５０ｎｍの波長範囲を選択することができる。図３Ｂは、１２００～１２５０ｎｍ及び１３００～１３５０ｎｍの波長範囲を使用する縮小帯域画像(reduced-band image)中に取り込まれた、図３Ａにおけると同じ人体の部分を示している。幾つかの実施では、特定の組織を撮像するために、波長範囲の代わりに、１つ

又はそれよりも多くの別個の波長が選択されてもよい。例えば、結果として得られる画像中のコラーゲン及び脂質の間の可視的差異を強化するために、１２００ｎｍ及び１３５０ｎｍの波長が選択されてよい。図３Ｂから分かるように、選択された波長についてのコラーゲン及び脂肪の異なる吸収特性の故に、図３Ｂにおける尿管３１５の表現と脂肪層３２０の表現との間の差異が、図３Ａにおける対応する部分３０５及び３１０のそれぞれの間の差異と比較して、提示される可視画像において有意に強化されることを可視的に強調するために、ＮＩＲ画像が提示されてよい。

【００４３】

幾つかの実装では、異なる組織を撮像するために、１つ又はそれよりも多くの追加的な波長又は波長範囲が選択されてもよい。追加的な波長は、様々な基準に基づいて選択されてよい。幾つかの実装形態では、第３の波長を用いて手術部位の１つ又はそれよりも多くの特性を推定することによって、提示される全体的な画像を改良するために、第３の波長又は波長範囲が選択されてよい。例えば、第３の波長又は波長範囲は、その波長又は波長範囲についての吸収又は反射／透過特性が、撮像される組織についてと実質的に類似するように、選択されることができる。その場合、第３の波長又は波長範囲と関連付けられる反射率は、関心対象の組織の間の差異を可視的に強化する局所基準輝度(local reference brightness)を提供する。ある場合には、これは人間の知覚の観点から重要であることができ、外科医のために描画された画像の明瞭度(intelligibility)を潜在的に向上させることができる。

【００４４】

幾つかの実施において、第３の波長又は波長範囲は、組織間の差異性を更に向上させるために選択されてもよい。例えば、コラーゲン及び脂質を撮像する場合には、選択される波長又は波長範囲で、コラーゲンによる電磁放射の吸収が脂質による電磁放射の吸収よりも有意に高いか、或いは、対応して、コラーゲンから反射されるか或いはコラーゲンを辻手透過される電磁放射の量が脂質についての対応する量よりも低いように、第３の波長又は波長範囲を選択することができる。逆特性を有する波長又は波長範囲が選択されてもよい。例えば、選択される波長又は波長範囲で、脂質による電磁放射の吸収がコラーゲンによる電磁放射の吸収よりも著しく高いか、或いは、対応して、脂質から反射されるか或いは脂質を通じて透過される電磁放射の量がコラーゲンについての対応する量より低いように、第３の波長又は波長範囲を選択することができる。

【００４５】

幾つかの実施態様では、第３の波長又は波長範囲は、波長の可視範囲の外側にある。幾つかの実施において、第３の波長又は波長範囲は、可視及びＩＲ／ＮＩＲ範囲内の波長の組み合わせが全体的な撮像処理のために使用されるように、波長の可視範囲の内側にある。ある場合には、これは、外科医コンソールで描出される画像の知覚性(perceptibility)又は明瞭度を向上させることがある。例えば、第３の波長範囲として６００～７００ｎｍの範囲を選択し、第１及び第２の波長範囲を使用して得られる情報を可視範囲の適切な部分にマッピングすることによって、撮像される組織の少なくとも一部を自然に近い色に見せることができる。コラーゲン及び脂質の例では、１３００～１３５０ｎｍの波長を可視範囲の「緑色」部分にマッピングし、１２００～１２５０ｎｍの波長を可視範囲の「青色」部分にマッピングし、且つ６００～７００ｎｍを可視範囲の元の「赤色」部分に保持することによって、可視範囲へのマッピングが行われない場合と比較して、（白色照明で通常のカラー画像を取り込むことを必要とせずに）脂質部分をより自然に見せることができる。上述のマッピングは、血管を青く見せることもあり、それは、ある場合には、外科医が血管をより容易に見つけるのを助けることができる。

【００４６】

上述のように、波長又は波長範囲の選択されたセットを使用する撮像プロセスは、様々なタイプの撮像システムを使用して実施されてよい。幾つかの実装において、カメラセンサは、各々が特定の波長又は波長範囲を検出するように構成された、３つの別個のセンサ（例えば、電荷結合素子（ＣＣＤ））又は検出器を含むことができる。これは、例えば、

特定のセンサについて適切な波長を通すように構成された適切なフィルタを使用することによって達成されることができる。ある場合には、センサ自体が、特定の波長範囲に対して感受性を有してよい。例えば、１０００ｎｍより下の波長について相補型金属酸化物半導体（ＣＭＯＳ）センサを使用することができ、１０００ｎｍを超える波長についてインジウムガリウムヒ素化合物（ＩｎＧａＡｓ）センサを使用することができる。他のタイプの撮像センサが使用されてもよい。

【００４７】

複数のタイプのセンサ及び／又はフィルタが使用されるとき、それらは、カメラのセンサアレイ内に異なる方法で配置されることができる。例えば、２つの異なるタイプのセンサ及び／又はフィルタが、カメラのセンサアレイ上にチェッカー盤パターンで配置されることができる。そのような帯域幅制限センサ(bandwidth-limited sensors)又はフィルタが使用されるときには、標的組織を選択的な波長又は波長範囲で反射又は透過させる広帯域照明(wideband illumination)を使用して手術部位を照らしてよい。次に、組織から反射された或いは透過された電磁放射は、複数の帯域幅制限画像(bandwidth-limited images)の表現として複数のセンサによって同時に収集されることができる。

【００４８】

幾つかの実装形態では、複数の帯域幅制限画像の表現を得るために、同じセンサが使用されてよい。例えば、異なる波長を用いて手術部位を順次式に照らしてよく、同じセンサを使用して標的組織から透過又は反射される電磁放射を取り込むことができる。上述のように、標的組織タイプについて選択された波長に従って照明波長を選択することができる。そのような狭帯域照明を、例えば、レーザ光源を用いて達成することができる。上述の技法の組み合わせを使用するものを含む他の実施も、この開示の範囲内にある。組織識別のための照明が、通常の白色光撮像のために使用される画像センサの感受性の外側にある、幾つかの実装において、２つの光源は、同時にオンであってもよい。画像センサの感受性にオーバーラップがあるならば、必要に応じて、１つ又はそれよりも多くのフィルタが組み込まれてよい。幾つかの実装において、これらのフィルタは、反射性又は吸収性であってよい。

【００４９】

図４は、手術デバイスと関連付けられたディスプレイ上に描出された手術シーンの視覚的表現を使用して外科プロセス中に視覚的フィードバックを提供する例示的なプロセス４００を例示するフローチャートである。幾つかの実施では、プロセス４００の少なくとも一部は、コンピュータ支援遠隔操作手術システムの外科医コンソールで（例えば、図２に示す外科医コンソール４０の処理デバイス４３によって）実行されてよい。プロセス４００の動作は、可視範囲の波長の外側にある第１の波長範囲の電磁放射を使用して、手術シーンの第１の画像の表現を取得することを含む（４０１）。第１の組織タイプから受け取る第１の波長範囲の電磁放射の量が、第２の組織タイプから受け取る第１の波長範囲の電磁放射の量よりも少ないように、（ある場合には、１つ又はそれよりも多くの別個の波長を含むことがある）第１の波長範囲を選択することができる。幾つかの実施では、第１の組織タイプは、コラーゲン、脂質、又は筋肉のうちの１つであることができ、第２の組織タイプは、第１の組織タイプとは異なるタイプであることができる。例えば、第１の組織タイプは、コラーゲンであることができ、第２の組織タイプは、脂質であることができ、それは、外科医コンソール上に描出されるような、対応する手術部位の画像において、尿管と周囲の脂肪層との間の可視的相違を強化することを可能にする。

【００５０】

プロセス４００の動作は、可視範囲の波長の外側にある第２の波長範囲の電磁放射を使用して、手術シーンの第２の画像の表現を取得することも含む（４０２）。第２の組織タイプから受け取る第２の波長範囲の電磁放射の量が、第１の組織タイプから受け取る第２の波長範囲の電磁放射の量と実質的に異なるように、（ある場合には、１つ又はそれよりも多くの別個の波長を含むことがある）第２の波長範囲を選択することができる。幾つかの実施では、第１の波長範囲及び第２の波長範囲の各々は、７００～２０００ｎｍの範囲

内にある。例えば、第１の波長範囲は、１３００～１３５０ｎｍの範囲内にあることができ、第２の波長範囲は、１２００～１２５０ｎｍの範囲内にあることができる。

【００５１】

幾つかの実施では、手術シーンの第１の画像又は第２の画像の表現を取得することは、第１の波長又は第２の波長の電磁放射を使用して手術シーンを照明すること、及び手術シーンから反射又は透過される電磁放射の部分を感知するように構成されるセンサによって取り込まれるデータを使用して、第１の画像又は第２の画像の表現をそれぞれ生成することを含むことができる。幾つかの実施態様では、標的組織から反射又は透過される照明の部分が対応する選択される波長範囲内にあるように、照明波長を選択することができる。幾つかの実施では、電磁放射を使用して手術シーンを照明することは、第１の時間期間の間に第１の波長の電磁放射を使用して手術シーンを照明すること、及び第２の時間期間の間に第２の波長の電磁放射を使用して手術シーンを照明することを含むことができる。第２の時間期間は、第１の時間期間と完全に又は少なくとも部分的にオーバーラップしないことができる。

【００５２】

幾つかの実施において、手術シーンの第１の画像又は第２の画像の表現を取得することは、複数の波長を含む広帯域電磁放射を使用して手術シーンを照明すること、及び第１のセンサ及び第２のセンサによってそれぞれ取り込まれるデータを使用して第１の画像及び第２の画像の表現を生成することを含むことができる。そのような場合には、手術シーンから反射又は透過される電磁放射の第１の部分を感知するように第１のセンサを構成することができ、手術シーンから反射又は透過される電磁放射の第２の部分を感知するように第２のセンサを構成することができる。第１の波長範囲内の電磁放射を選択的に通すように構成された第１のフィルタを使用して電磁放射の第１の部分を生成することができ、第２の波長範囲内の電磁放射を選択的に通すように構成された第２のフィルタを使用して電磁放射の第２の部分を生成することができる。

【００５３】

幾つかの実施では、可視範囲の波長の外側にある（１つ又はそれよりも多くの別個の波長を含むことがある）第３の波長範囲、及びディスプレイ上の手術シーンの視覚的表現を提示することに基づいて、手術シーンの第３の画像の表現を取得することができる。第３の画像の表現を使用しても外科医コンソール上に提示される視覚的表現を描出することができる。第３の波長又は波長範囲は、様々な基準に基づいて選択されてよい。例えば、第３の波長又は波長範囲は、例えば、結果として得られる画像の全体的な反射率を向上させ、組織間の区別可能性(differentiability)を更に向上させ、且つ／或いは最終的に描出される画像の人間の知覚性を向上させるために選択されてよい。幾つかの実施では、異なる標的組織と第３の波長範囲内の電磁放射との相互作用に基づいて第３の波長範囲を選択することができる。例えば、１つの組織タイプ（例えば、脂質）についての第３の波長範囲内の電磁放射の吸収は、異なる組織タイプ（例えば、コラーゲン）についての第３の波長範囲内の電磁放射の吸収と実質的に等しい（或いは有意に異なる）ことができる。

【００５４】

プロセス４００の動作は、ディスプレイ上に手術シーンの視覚的表現を提示することも含むことができ、視覚的表現は、第１の画像の表現及び第２の画像の表現を使用して描出（４３０）。幾つかの実施において、第１及び第２の画像の表現は、視覚的表現の明瞭度及び／又は表現を向上させるよう、様々な方法で処理されてよい。例えば、第１及び／又は第２の画像の表現は、視覚的表現の外観を調整するために、スペクトルの他の部分（例えば、スペクトルの可視範囲内）にマッピングされてよい。これは、例えば、異なる組織が表現される色に影響を与えるように行われてよい。１つの特定の例では、１３００～１３５０ｎｍの範囲を可視スペクトルの「緑色」部分にマッピングし、１２００～１２５０ｎｍの範囲を可視スペクトルの「青色」部分にマッピングし、且つ可視スペクトルの「赤色」部分内で第３の波長範囲を選択することによって、視覚的表現中の脂肪の色を自然に（或いは少なくとも自然に近く）見せ、血管を青色に見せることができる。ある場合には

、カラーマッピングは、外科医が組織タイプについて行う典型的な推測に従って並びに／或いは視覚的表現についての外科医の理解を向上させるために行われてよい。幾つかの実施では、他の形態のプレゼンテーションが使用されてよい。例えば、小さな差込みグレースケール画像を、ピクチャ・イン・ピクチャ設定、第１又は第２の画像に対応するグレースケール画像、又は第１及び第２の画像からの情報の何らかの組み合わせを使用して生成される画像において提示することができる。

【００５５】

上述のプロセスの他のバリエーションも可能である。例えば、（第１の波長範囲に対応する）第１の画像の表現及び（第２の波長範囲に対応する）第２の画像の表現を（実質的に白色光照明の下で取得される）可視光画像と共に使用して、ディスプレイ上に手術シーンの視覚的表現を提示することができる。第１及び第２の画像を個々に又は組み合わせにおいて使用して白色光画像を修正して、特定の組織構成の視覚的顕著性を増大させることができる。幾つかの実施では、第２の画像の取込み及び使用は任意的とされることができ、視覚的表現を生成する際に第１の画像のみが可視光画像と共に使用されてよい。白色光画像は、第１の波長範囲及び（任意的に）第２の波長範囲によって識別される特定の構成を備える画像を提示する。

【００５６】

本明細書に記載する機能性、又はその一部、及びその様々な修正（以下「機能」という）は、少なくとも部分的には、コンピュータプログラム製品、例えば、１つ又はそれよりも多くのデータ処理装置、例えば、プログラマブルプロセッサ、ＤＳＰ、マイクロコントローラ、コンピュータ、複数のコンピュータ、及び／又はプログラマブルロジック構成要素による実行のために、又はそれらの動作を制御するために、１つ又はそれよりも多くの非一時的な機械可読媒体又は記憶デバイスのような情報キャリア内に実体的に具現されたコンピュータプログラムを介して、実装されることができる。

【００５７】

コンピュータプログラムは、コンパイル言語又は解釈された言語を含む任意的な形態のプログラミング言語で記述されることができ、コンピュータプログラムは、スタンドアローンプログラムのような形態、又はコンピューティング環境における使用に適したモジュール、コンポーネント、サブルーチン、もしくは他のユニットのような形態を含む、任意的な形態において配置されることができる。コンピュータプログラムは、１つのサイトで１つ又はそれよりも多くの処理デバイスで実行されるように配置されることができ、或いは複数のサイトに亘って分散されて、ネットワークによって相互接続されることができる。

【００５８】

機能の全部又は一部を遂行することに関連するアクションを、本明細書に記載するプロセスの機能を遂行するために１つ又はそれよりも多くのコンピュータプログラムを実行する１つ又はそれよりも多くのプログラマブルプロセッサ又は処理デバイスによって遂行することができる。機能の全部又は一部を、特殊目的論理回路、例えば、ＦＰＧＡ及び／又はＡＳＩＣ（特定用途向け集積回路）として実装することができる。

【００５９】

コンピュータプログラムの実行に適したプロセッサは、例えば、汎用及び専用マイクロプロセッサの両方、並びに任意の種類のデジタルコンピュータの任意の１つ又はそれよりも多くのプロセッサを含む。一般的に、プロセッサは、読出し専用記憶装置又はランダムアクセス記憶装置又はそれらの両方から命令及びデータを受信する。コンピュータの構成要素は、命令を実行するためのプロセッサと、命令及びデータを格納するための１つ又はそれよりも多くのメモリデバイスとを含む。

【００６０】

この明細書は、多くの具体的な実施の詳細を含むが、これらはいずれかの発明又は特許請求されることがあるものの範囲に対する限定と解釈されるべきでなく、むしろ特定の発明の特定の実施形態に特有であることがある構成の記述として解釈されるべきである。別個の実施形態の文脈において本明細書に記載する特定の構成を、単一の実施形態において

組み合わせにおいて実施することもできる。逆に、単一の実施形態の文脈において記載される様々な構成を、複数の実施形態において別個に或いは任意の適切なサブコンビネーションにおいて実施することもできる。その上、構成は、本明細書において、特定の組み合わせで作用するものとして記載されることがあり、最初にそのように特許請求されることさえあるが、特許請求される組み合わせからの１つ又はそれよりも多くの構成は、ある場合には、組み合わせから削り取られることができ、特許請求される組み合わせは、サブコンビネーション又はサブコンビネーションの変形に向けられることがある。

【００６１】

同様に、図面には動作が特定の順序で図示されているが、これは、そのような動作が特定の順序で又は順次式の順序で実施されること又は全ての例示の動作が所望の結果を達成するために実施されることを要求するものとして理解されるべきでない。特定の状況の下では、マルチタスク及び並列処理が有利なことがある。その上、本明細書に記載する実施形態中の様々なシステムモジュール及びコンポーネントの分離は、そのような分離が全ての実施形態において必要とされるものとして理解されるべきでなく、記載のプログラムコンポーネント及びシステムを、一般的に、単一の製品に一緒に統合し得ること、又は複数の製品にパッケージ化し得ることが理解されるべきである。

【００６２】

１つの実施形態、実装、又は適用を参照して詳細に記載する要素は、任意的に、実際的であるときにはいつでも、それらが具体的に図示されていないか或いは記載されていない他の実施形態、実装、又は適用に含まれてよい。例えば、ある要素が１つの実施形態を参照して詳細に記載されており、第２の実施形態を参照して記載されていない場合、それにも拘わらず、その要素は、第２の実施形態に含まれるものとして特許請求されることがある。よって、以下の記述における不要な反復を避けるために、１つの実施形態、実装、又は用途に関連して図示され且つ記載される１つ又はそれよりも多くの要素は、他のことが特に記載されていない限り、１つ又はそれよりも多くの要素が実施形態又は実装を非機能的にしない限り、或いは要素のうちの２つ又はそれよりも多くが矛盾する機能を提供しない限り、他の実施形態、実装、又は態様に組み込まれてよい。

【００６３】

主題の特定の実施形態が記載されている。他の実施形態は、以下の特許請求の範囲の範囲内にある。

【図面】

【図１Ａ】

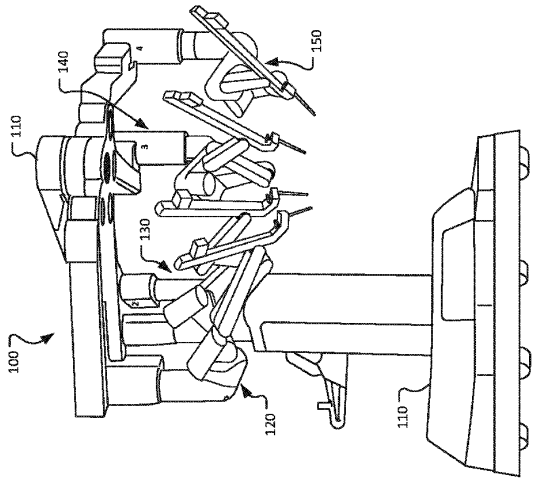


FIG. 1A

【図１Ｂ】

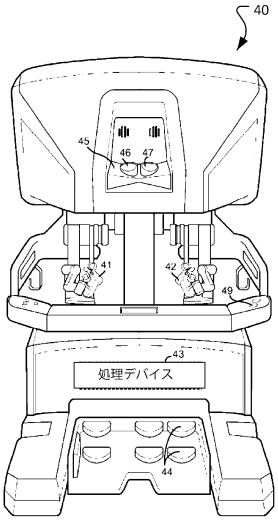


FIG. 1B

【図１Ｃ】

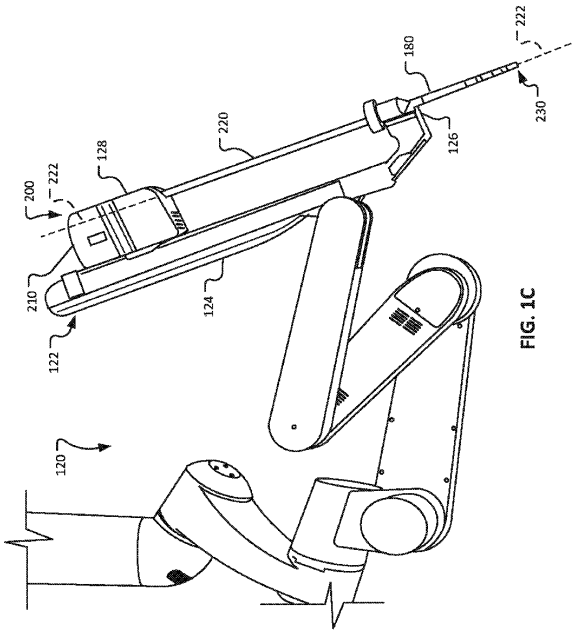


FIG. 1C

【図２】

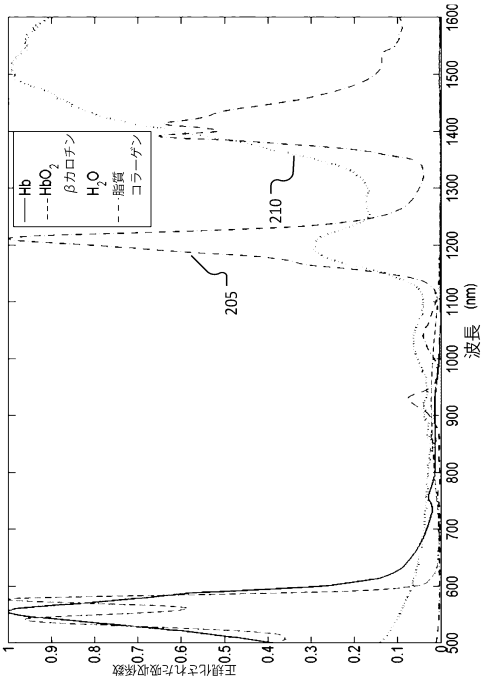


FIG. 2

【図３Ａ】

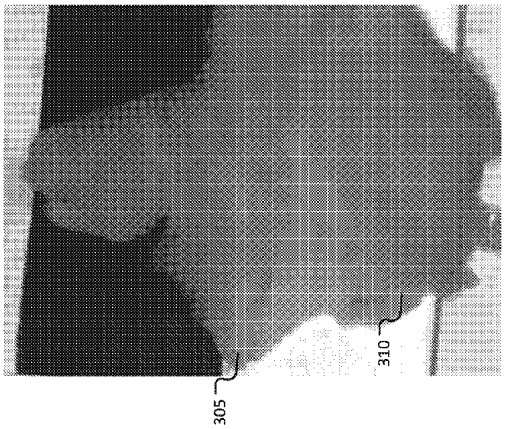


FIG. 3A

【図３Ｂ】

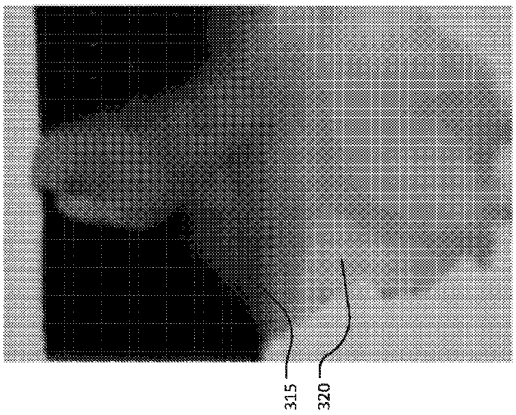


FIG. 3B

【図４】

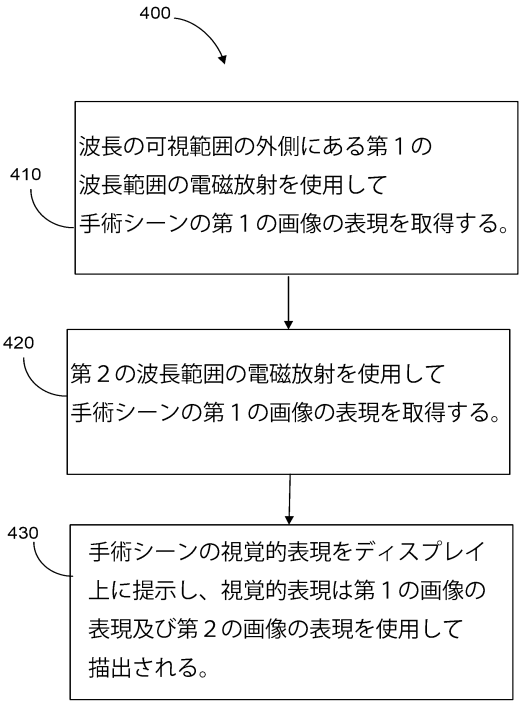


FIG. 4

フロントページの続き

ード １０２０
(72)発明者　ディカルロ，ジェフリー エム．
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　マクドウォール，イアン イー．
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
審査官　石川 薫
(56)参考文献　国際公開第２０１６／１００２１４（WO，Ａ１）
特表２０１７－５００５５０（ＪＰ，Ａ）
(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ａ６１Ｂ　３４／００－３４／３７