

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7100623号

(P7100623)

(45)発行日 令和4年7月13日(2022.7.13)

(24)登録日 令和4年7月5日(2022.7.5)

(51)国際特許分類

A 6 1 F 9/007(2006.01)

F I

A 6 1 F 9/007 2 0 0 Z

A 6 1 F 9/007 2 0 0 C

請求項の数 14 (全13頁)

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|----------|--------------------------------------|
| (21)出願番号 | 特願2019-510898(P2019-510898) | (73)特許権者 | 319008904 |
| (86)(22)出願日 | 平成29年8月23日(2017.8.23) | | アルコン インコーポレイティド |
| (65)公表番号 | 特表2019-526334(P2019-526334 A) | | スイス国, 1 7 0 1 フリプー、リュ ルイ - ダフリー 6 |
| (43)公表日 | 令和1年9月19日(2019.9.19) | (74)代理人 | 100099759 |
| (86)国際出願番号 | PCT/IB2017/055087 | | 弁理士 青木 篤 |
| (87)国際公開番号 | WO2018/037357 | (74)代理人 | 100123582 |
| (87)国際公開日 | 平成30年3月1日(2018.3.1) | | 弁理士 三橋 真二 |
| 審査請求日 | 令和2年3月11日(2020.3.11) | (74)代理人 | 100092624 |
| (31)優先権主張番号 | 15/245,328 | | 弁理士 鶴田 準一 |
| (32)優先日 | 平成28年8月24日(2016.8.24) | (74)代理人 | 100114018 |
| (33)優先権主張国・地域又は機関 | 米国(US) | | 弁理士 南山 知広 |
| | | (74)代理人 | 100117019 |
| | | | 弁理士 渡辺 陽一 |
| | | (74)代理人 | 100173107 |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 眼科手術中に医師を支援する予測装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

眼科手術を行う際に医師を支援するシステムによって実行される方法であって、
 眼の複数の領域において、複数の眼内圧における複数の準リアルタイム画像を取得する工程であって、前記複数の眼内圧は、前記複数の準リアルタイム画像における歪みの様々な度合い及び眼の組織におけるストレス集中の様々な度合いの指示をもたらし、工程と、
 前記複数の準リアルタイム画像に基づき、複数の領域におけるストレスレベルを判断する工程であって、前記複数の領域の第1の部分は、前記複数の領域の第2の部分より高いストレスを有する、工程と、
 前記準リアルタイム画像および前記眼の計算モデルに基づき、推奨される次の領域を前記第1の部分とし、かつ、推奨される次の手順を網膜上膜（ERM）除去とする、判断をする工程と、
 前記準リアルタイム画像および前記計算モデルを使用して、網膜上膜（ERM）除去によって引き起こされる網膜組織のストレスが解放されるように前記推奨される次の手順の予想される次の結果を計算する工程と、
 前記推奨される次の領域、前記推奨される次の手順および前記予想される結果をグラフィックディスプレイ上において前記医師に表示する工程と、
 を含む方法。

【請求項 2】

前記医師が少なくとも1つの手順を行った後に取得、判断、計算および表示する工程を反

復的に繰り返す工程をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記準リアルタイム画像は、光学的干渉断層画像、超音波画像、高周波超音波画像、超音波生体顕微鏡検査法（UBM）画像および三次元画像の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

複数の前記準リアルタイム画像を捕捉する工程をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記準リアルタイム画像を捕捉する前記工程は、30 分以下の時間がかかる、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記準リアルタイム画像を捕捉する前記工程は、10 分以下の時間がかかる、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 7】

前記準リアルタイム画像を捕捉する前記工程は、1 分以下の時間がかかる、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 8】

前記準リアルタイム画像を捕捉する前記工程は、前記複数の領域の前記第 1 の部分および前記複数の領域の前記第 2 の部分を指示する工程をさらに含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 9】

前記計算モデルは、前記眼の機械的性質を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記推奨される次の手順は、ERM の推奨される切断を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

眼科手術を行う際に医師を支援するシステムであって、
眼の複数の領域において、複数の眼内圧における複数の準リアルタイム画像を取得し、複数の眼内圧は、前記複数の準リアルタイム画像における歪みの様々な度合い及び眼の組織におけるストレス集中の様々な度合いの指示をもたらし、準リアルタイム画像捕捉ユニットと、

前記複数の準リアルタイム画像に基づき、複数の領域におけるストレスレベルを判断し、前記複数の領域の第 1 の部分は、前記複数の領域の第 2 の部分より高いストレスを有しており、

前記準リアルタイム画像および前記眼の計算モデルに基づき、推奨される次の領域を前記第 1 の部分とし、かつ、推奨される次の手順を網膜上膜（ERM）除去とする、判断をする、予測ユニットであって、前記準リアルタイム画像および前記計算モデルを使用して、前記推奨される次の手順が、前記網膜上膜（ERM）除去によって引き起こされる網膜組織のストレスの解放である、と予想される次の結果を計算する予測ユニットと、
前記推奨される次の領域、前記推奨される次の手順および前記予想される結果を前記医師に表示するユーザインターフェースと、
を含むシステム。

【請求項 12】

前記準リアルタイム画像は、光学的干渉断層画像、超音波画像、高周波超音波画像、超音波生体顕微鏡検査法（UBM）画像および三次元画像の少なくとも 1 つを含む、請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 13】

前記準リアルタイム画像は、1 分以下で捕捉される、請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 14】

前記計算モデルは、前記眼の機械的性質を含む、請求項 11 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【背景技術】**【0001】**

人間の眼は、角膜と呼ばれる眼の透明な外側部分を通して光を透過および屈折され、水晶体を介してこの光を集束し、集束された光を、硝子体腔を介して網膜上に透過することによって見る。集束像の質は、限定されないが、眼の大きさ、形状および長さ、硝子体液の質、角膜および水晶体の形状および透明性を含む多くの因子に依存する。外傷、年齢、疾病および/または別の疾患が個人の視力を劣化させ得る。このような症状の治療は、眼科手術を含む。

【0002】

例えば、自発的であるかまたは病気に起因するかのいずれかである硝子体腔の変化は、硝子体腔内に網膜上膜（ERM）成長を生じさせ得る。ERMは、視力に悪影響を与えかつ網膜を引っ張り得る。網膜は、しわが寄り、最終的に裂け得る。これに対処するために、眼科手術がERMを除去するために行われ得る。

10

【0003】

ERM除去を行うために、医師は、眼を拡げて検査することによって眼底検査を行い得る。医師は、検査中に眼を撮影するかまたは眼の図を生成することもできる。手術が次にスケジュールされ得る。医師は、検査からの写真および臨床ノートに基づいて手術計画を作成し得る。手術計画は、検査中にERMが硝子体腔内のいずれの箇所に存在していたかを指示し、除去のためにERMに対して切断が行われ得る可能性の高い位置を示し得る。医師は、手術計画に部分的に基づいて手術を開始し、患者の現在の状態に基づいて進行し得る。

20

【0004】

眼科手術が行われ得るが、眼の状態は、最後の臨床検査の時点と手術との間で著しく変化している場合がある。例えば、糖尿病性網膜症に関して、最後の検査と手術との間の期間内に相当な悪化があり得る。その結果、医師は、手術計画に対する変更をその場で行う必要があると得る。加えて、医師に提示される状況は、非常に複雑であり得る。したがって、ERM除去または他の手順の出発点および/または手順内の次の工程を判断することが困難であり得る。

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】**

30

【0005】

したがって、必要とされるものは、手術を計画および実行する際に医師を支援する機構である。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

方法およびシステムは、眼科手術を行う際に医師を支援する。本方法は、眼の少なくとも第1の部分の準リアルタイム画像を受信する工程を含む。眼の少なくとも第1の部分は、眼科手術の手術野を含む。推奨される次の領域および推奨される次の手順は、準リアルタイム画像および眼の計算モデルに基づいて判断される。推奨される次の手順の予想される次の結果は、準リアルタイム画像および計算モデルを使用して計算される。推奨される次の領域、推奨される次の手順および予想される結果は、医師に提供される。

40

【0007】

本明細書に開示される方法およびシステムによると、医師は、次の手順の推奨だけでなく、次の手順の予想される結果も提供され得る。したがって、医師は、手術をより良好に準備しかつ行うことができる。

【図面の簡単な説明】**【0008】**

【図1】準リアルタイム画像を使用して、眼科手術中に医師を支援する方法の例示的实施形態を描写するフローチャートである。

【図2A】手順の推奨および予想される結果を含む眼の準リアルタイム画像の例示的实施

50

形態を描写する。

【図 2 B】手順の推奨および予想される結果を含む眼の準リアルタイム画像の例示的实施形態を描写する。

【図 2 C】手順の推奨および予想される結果を含む眼の準リアルタイム画像の例示的实施形態を描写する。

【図 2 D】手順の推奨および予想される結果を含む眼の準リアルタイム画像の例示的实施形態を描写する。

【図 3】準リアルタイム画像を使用して、眼科手術中に医師を支援する方法の例示的实施形態を描写するフローチャートである。

【図 4】準リアルタイム画像を使用して、眼科手術中に医師を支援する装置の例示的实施形態のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

例示的实施形態は、眼科手術を含む手術中に医師を支援する機構に関する。以下の説明は、当業者が本発明を行いかつ使用できるようにするために提示され、特許出願およびその要件に関連して提供される。本明細書で説明される例示的实施形態ならびに一般的原理および特徴に対する様々な修正形態は、容易に明らかになるであろう。例示的实施形態は、特定の实施形態において提供される特定の方法及びシステムの観点で主として説明される。しかし、本方法及びシステムは、他の实施形態において有効に動作する。「例示的实施形態」、「一実施形態」および「別の实施形態」などの語句は、複数の实施形態だけでなく、同じまたは異なる实施形態も指し得る。本実施形態は、いくつかの部品を有するシステムおよび/または装置に関して説明される。しかし、本システムおよび/または装置は、示されたものより多いまたは少ない部品を含み得、部品の配置およびタイプの変形形態は、本発明の範囲から逸脱することなくなされ得る。さらに、特定のブロックが描写されるが、これらのブロックの様々な機能は、異なるブロックに分離されるかまたは組み合わせられ得る。例示的实施形態はまた、いくつかの工程を有する特定の方法及びシステムに関連して説明される。しかし、本方法及びシステムは、異なるおよび/または追加の工程および例示的实施形態と矛盾しない異なる順番の工程を有する他の方法に関して有効に動作する。したがって、本発明は、示された实施形態に限定されるように意図されず、本明細書に記載の原理および特徴に整合する最も広い範囲を与えられる。

【0010】

本方法及びシステムはまた、複数物よりむしろ単数物の観点で説明される。例えば、単数の準リアルタイム画像、推奨される次の領域、推奨される次の手順および予想される結果について論述される。当業者は、これらの単数形の用語が複数を包含することを認識するであろう。例えば、準リアルタイム画像は、1つまたは複数の準リアルタイム画像を含み得、予想される結果は、1つまたは複数の予想される結果を含み得、推奨される次の手順は、1つまたは複数の手順を含み得、次の手順は、1つまたは複数の次の手順を含み得る等である。

【0011】

いくつかの実施形態では、本システムは、1つまたは複数のプロセッサおよびメモリを含む。1つまたは複数のプロセッサは、添付図面に記載されかつ以下に説明される処理を生成および制御するために、メモリ内に格納された命令を実行するように構成され得る。本明細書で使用されるように、プロセッサは、1つまたは複数の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(FPGA)、コントローラまたは任意の他の好適なコンピュータ装置もしくはリソースを含み得、メモリは、限定されないが、磁気媒体、光媒体、ランダムアクセスメモリ(RAM)、読み取り専用メモリ(ROM)、着脱可能媒体または任意の他の好適なメモリ部品を含む揮発性または不揮発性メモリの形態を取り得る。メモリは、プロセッサによって実行されると、処理機能を含む任意のこのようなプロセッサ、メモリまたは部品に関して本明細書で説明される機能を実施するプログラムおよびアルゴリズムのための命令を格納し得る。さらに、本方法及びシステムの態様は、完

10

20

30

40

50

全にハードウェアの実施形態、完全にソフトウェアの実施形態（ファームウェア、常駐ソフトウェア、マイクロコードなどを含む）またはソフトウェア態様とハードウェア態様とを組み合わせた実施形態の形態を取り得る。さらに、本方法およびシステムの態様は、少なくとも1つのプロセッサ上で実行されるソフトウェア部品であって、その上で具現化されるコンピュータ可読プログラムコードを有する1つまたは複数のコンピュータ可読媒体内で具現化され得るソフトウェア部品の形態を取り得る。

【0012】

本方法およびシステムは、眼科手術を行う際に医師を支援する。本方法は、眼の少なくとも第1の部分の準リアルタイム画像を受信する工程を含む。眼のこの部分は、眼科手術の手術野を含む。推奨される次の領域および推奨される次の手順は、準リアルタイム画像および眼の計算モデルに基づいて判断される。推奨される次の手順の予想される次の結果は、準リアルタイム画像および計算モデルを使用して計算される。推奨される次の領域、推奨される次の手順および予想される結果は、医師に提供される。

10

【0013】

図1は、準リアルタイム画像を使用して、眼科手術中に医師を支援する方法100の例示的实施形態を描写するフローチャートである。簡潔さのために、いくつかの工程は、省略され得、交互配置され得、別の順番で行われ得、かつ/または組み合わせられ得る。方法100は、1つまたは複数のプロセッサ上で命令を実行する工程を含み得る。さらに、方法100は、眼科手術に関連して説明される。しかし、方法100は、他のタイプの手術に拡張され得る。

20

【0014】

眼の少なくとも一部分の少なくとも1つの準リアルタイム画像が工程102を介して受信される。工程102における画像の受信は、別個の撮像システムから画像のデータを受信する工程、または方法100を実行する本システムの一部によって画像を捕捉する工程を含み得る。工程102は、医師のために画像をレンダリングする工程を含む必要はない。代わりに、工程102は、眼のデータを取得する工程を含む。準リアルタイム画像は、その場で捕捉される。換言すれば、準リアルタイム画像は、手術室内で捕捉される。さらに、準リアルタイム画像は、眼全体または眼の一部を含み得る。しかし、医師が次の外科的処置を行うことを望む手術野は、準リアルタイム画像内に示される。準リアルタイム画像は、光学的干渉断層画像（OCT）、超音波画像、高周波超音波画像、超音波生体顕微鏡検査法（UBM）画像および/または他の画像を含み得る。したがって、本明細書で使用されるように、用語「画像」は、定量的走査を指し得る。したがって、準リアルタイム画像は、眼の容積または単に眼の断面を含み得る。いくつかの実施形態では、時間の進行を示すための映像または他の機構は、工程102において受信される準リアルタイム画像の一部であり得る。さらに、撮像技術の解像度は、医師が手術野内で眼の関連する特徴を見ることを可能にするのに十分である。準リアルタイム画像は、画像を捕捉するために使用される手順が手術中に行われるのに十分に速いため、「準リアルタイム」と称される。例えば、いくつかの実施形態では、画像は、30分以下で提供され得る。いくつかのこのような実施形態では、画像を捕捉する工程は、10分以下で完了され得る。いくつかの実施形態では、準リアルタイム画像を捕捉する工程は、1分以下の時間を必要とし得る。

30

40

【0015】

本明細書で使用されるように、画像を捕捉する工程は、任意の集束および/または他の処理が行われる工程を含み得る。例えば、準リアルタイム画像がストレス集中を指示することが望まれる場合、工程102は、患者の眼に対して異なる眼内圧（IOP）で光干渉断層撮影（OCT）を使用して、複数の準リアルタイム画像を取得する工程を含み得る。いくつかの場合、眼のOCT画像は、各IOPにおいて取得される。様々なIOPは、低ストレス領域より高ストレス領域の様々な歪みを生じ得る。さらに、眼の特定の構成要素を薄層化するかまたは裂くことは、様々なIOPにおいてより良好に指示され得る。高および低ストレス領域を指示する眼の単一の連結画像またはモデルは、以下に述べるように形成され得る。

50

【 0 0 1 6 】

推奨される次の領域および推奨される次の手順は、工程 1 0 4 を介して準リアルタイム画像および眼の計算モデルに基づいて判断される。眼の計算モデルは、眼の一部分に特徴的なデータだけでなく、患者に特有のデータも含み得る。例えば、工程 1 0 2 において受信される準リアルタイム画像または患者の眼の手術前画像は、眼の様々な構成要素の大きさおよび / または E R M などの特徴の予想される場所を判断するために使用され得る。このようなデータは、患者に特有であり得る。計算モデルは、眼内のいくつかの組織の抗張力などの眼の機械的性質も含み得る。このようなデータは、様々な患者全体にわたる組織に特徴的であり得る。いくつかの実施形態では、眼の有限要素分析法 (F E M) モデルが生成され、眼の計算モデルとして使用され得る。

10

【 0 0 1 7 】

したがって、工程 1 0 4 の一部として、工程 1 0 2 において受信された準リアルタイム画像のデータが処理される。例えば、特定の領域内のストレスは、様々な I O P において準リアルタイム画像データ内に見られる歪みから判断され得る。同様に、様々な領域内の高ストレスに起因する条痕、折り目、薄膜化、断裂および / または他の問題は、取得されたデータと、どのように眼が挙動すると予想されるかを指示し得る計算モデルとに基づいて判断され得る。

【 0 0 1 8 】

工程 1 0 4 における推奨される次の領域および次の手順の判断は、手術野内の高ストレスまたは他の問題の領域を識別する工程を含み得る。例えば、工程 1 0 4 は、高ストレス下の組織の近傍および / または薄層化組織の近傍の矢印のデータを生成する工程も含み得る。工程 1 0 4 は、眼の視覚的モデルを生成する工程も含み得る。例えば、1つの色 (例えば、赤) は、高ストレス領域または網膜裂孔近傍領域に関して選択され得、別の色 (例えば、青色) は、低ストレス領域に関して選択され得る。したがって、より問題でありかつ / または次の手順のための可能性の高い候補である領域が判断される。

20

【 0 0 1 9 】

いくつかの実施形態では、工程 1 0 4 は、特定の推奨される手順を明示的に判断する工程を含み得る。しかし、一般的に、推奨される手順は、進行中に特定の手術に関して知らされる。例えば、E R M 除去に関して、次の手順は、通常、E R M の断面を切断することである。したがって、高ストレスの領域をハイライトすることが本質的に次の手順 (切断) を指示し得る。

30

【 0 0 2 0 】

推奨される次の手順の予想される次の結果も、工程 1 0 8 を介して準リアルタイム画像および計算モデルを使用して計算される。例えば、E R M 除去に関して、特定の推奨される領域における次の推奨される手順 (切断) は、その領域内のストレスを解放する。この手順は、その位置内の E R M の解放も生じ得る。したがって、工程 1 0 8 は、その領域内のストレスの解放に対する周囲組織の反応を判断するために眼の計算モデルを使用する工程を含む。例えば、E R M は、特定の方向に移動することが予想され得る。工程 1 0 8 は、この反応をモデル化する。

【 0 0 2 1 】

40

推奨される次の領域、推奨される次の手順および予想される結果は、工程 1 0 8 を介して医師に提供される。工程 1 0 8 の一部は、様々な時間に行われ得る。例えば、推奨される次の領域および推奨される次の手順は、工程 1 0 4 において生成された準リアルタイム画像またはモデルをレンダリングすることによって行われ得る。例えば、矢印は、推奨される次の領域および / または手順を指示するために高ストレス下の組織の近傍および / または薄層化組織の近傍に置かれ得る。代わりに、準リアルタイム画像は、医師が画像を解析することを可能にするために単純にレンダリングされかつ医師に示され得る。工程 1 0 8 は、工程 1 0 4 において生成された眼の視覚的モデルをレンダリングする工程も含み得る。例えば、画像は、高ストレス領域または網膜裂孔近傍の領域を1つの色 (例えば、赤色) で、および低ストレス領域を別の色 (例えば、青色) でレンダリングし得る。したがっ

50

て、より問題でありかつ／または次の手順のための可能性の高い候補である領域が指示される。外科医は、異なる色の特定の高ストレス領域を有する眼のモデルを示され得るか、またはそうでなければ指示され得る。予想される結果を医師に提供する工程は、受信された入力に応じて行われ得る。例えば、特定の推奨される領域が選択される場合、（工程 106 において計算された）その領域において推奨される手順を行うことの予想される結果は、工程 108 において提供される。したがって、工程 108 は、工程 106 において計算された眼のモデルをレンダリングする工程を含み得る。

【0022】

方法 100 の出力は、例えば、図 2A ~ 2D を介して見られ得る。図 2A、2B、2C および 2D は、手順の推奨および予想される結果を含む眼 200 の準リアルタイム画像およびモデルの例示的实施形態を描写する。図 2A ~ 2D は、原寸に比例しておらず、説明の目的のみのものである。したがって、特定の患者、症状または反応は、図 2A ~ 2D に示されるように意図されない。図 2A は、眼の画像 200 を描写する。角膜 202、水晶体 204、虹彩 206、瞳孔 208、硝子体腔 210 および網膜 220 が説明の目的のために示される。硝子体腔 210 内の領域 230 は、ERM、高ストレスまたは他の問題の領域であり得る。説明の目的のために、領域 230 は、ERM 230 であると仮定する。画像 200 は、手術の直前にまたは手術中の何らかの時点で撮影された準リアルタイム画像またはその一部であり得る。代わりに、画像 200 は、期せずして眼の状態を表し続ける以前に撮影された手術前画像であり得る。

【0023】

図 2B は、矢印によって指示される推奨される領域 232 および 234 を有する眼の画像 200 を描写する。推奨される領域 232 および 234 は、高ストレス領域および／または ERM 230 が網膜 220 を引っ張っている領域であり得る。画像 200 は、純粹にモデルであり得、またはハイライトされた推奨される領域 232 および 234 を有する図 2A に示す画像 200 であり得る。ERM 230 が除去されるため、推奨される手順（ERM 230 を切断する）が必然的に知られる。画像 200' は、医師が見るグラフィックディスプレイ上でレンダリングされ得る。他の実施形態では、推奨は、別の方法で提供され得る。

【0024】

図 2C は、画像 200'、すなわち推奨される領域 232 のための推奨される手順の予想される結果を描写する。したがって、画像 200' は、切断が領域 232 において行われた場合の眼のモデルであると考えられ得る。分かるように、ERM 230' は、領域 232 から後退し、形状を変化し、回転するようにモデル化される。様々なストレスに対する形状および／または位置の他の変化がモデル化され得る。画像 200' は、医師が領域 232 を選択することに応じて医師が見るためにグラフィックディスプレイ上でレンダリングされ得る。他の実施形態では、予想される結果は、別の方法で提供され得る。

【0025】

図 2C は、画像 200''、すなわち推奨される領域 234 のための推奨される手順の予想される結果を描写する。したがって、画像 200'' は、切断が領域 234 において行われた場合の眼のモデルであると考えられ得る。分かるように、ERM 230' は、領域 234 から後退し、形状を変化し、回転するようにモデル化される。様々なストレスに対する形状および／または位置の他の変化がモデル化され得る。画像 200'' は、医師が領域 234 を選択することに応じて医師が見るためにグラフィックディスプレイ上でレンダリングされ得る。他の実施形態では、予想される結果は、別の方法で提供され得る。

【0026】

方法 100 を使用して、外科医は、手術を眼に対してより良好に行うことができ得る。例えば、手術の直前に、方法 100 は、眼に関する最新情報を提供し、それらの手術計画が依然として適切であるかどうかを医師に示すために使用され得る。そうでなければ、外科医は、異なる方法で進めることを選択し得る。1つまたは複数の手順（例えば、切断）が手術の一部として行われた後、方法 100 は、反復され得る。したがって、外科医は、眼

10

20

30

40

50

が予想通りに反応しているかどうかを判断し得、手術計画に対する逸脱に合わせて調整することができ得る。外科医は、特定の手順前に眼がどのように反応すると予想されるかの一般的な考えも有し得、適切な選択肢をより良好に選択することができ得る。したがって、医師が手術を行う能力が改善される。方法 100 は、外科医が、非常に複雑でありおよび/または手術計画の形成後に著しく修正された状況を提示される場合に特に有用であり得る。したがって、方法 100 は、比較的速く進行し、かつ/または外科医に複雑な病状を提示する糖尿病性網膜症もしくは増殖性硝子体網膜症などの症状に対して特別な実用性を有し得る。したがって、医師が手術を行う能力が改善される。

【0027】

図 3 は、準リアルタイム画像を使用して、眼科手術中に医師を支援する方法 150 の例示的実施形態を描写するフローチャートである。簡潔さのために、いくつかの工程は、省略され得、交互配置され得、別の順番で行われ得、かつ/または組み合わせられ得る。方法 150 は、1 つまたは複数のプロセッサ上で命令を実行する工程を含み得る。さらに、方法 150 は、眼科手術に関連して説明される。しかし、方法 150 は、他のタイプの手術に拡張され得る。

10

【0028】

眼の少なくとも一部分の少なくとも 1 つの初期画像が工程 152 を介して受信される。工程 152 における画像の受信は、別個の撮像システムから画像のデータを受信する工程、または方法 150 を行う本システムの一部分によって画像を捕捉する工程を含み得る。したがって、工程 152 において受信される画像は、準リアルタイム画像であり得るが、必ずしもそうである必要はない。工程 152 において受信される画像は、OCT、超音波画像、高周波超音波画像、UBM 画像および/または別の三次元画像を含み得る。

20

【0029】

推奨される初期領域および推奨される初期手順は、工程 154 を介して初期画像および眼の計算モデルに基づいて判断される。眼の計算モデルは、方法 100 に関して上に論述された計算モデルに類似し得る。したがって、工程 154 の一部として、工程 152 において受信された初期画像のデータが処理される。例えば、特定の領域内のストレスは、初期画像データ内に見られる歪みから判断され得る。同様に、高ストレスに起因する条痕、折り目、薄膜化、断裂および/または様々な領域内の他の問題は、画像データおよび計算モデルに基づいて判断され得る。工程 154 は、上述の工程 104 に類似した方法で行われ得る。しかし、準リアルタイム画像であってもなくてもよい初期画像が使用される。いくつかの実施形態では、工程 154 は、特定の推奨される手順を明示的に判断する工程を含み得る。しかし、一般的に、推奨される手順は、進行中に特定の手術に関して知らされる。

30

【0030】

初期手順の初期の予想される結果は、工程 156 を介して計算される。工程 156 は、上述の工程 106 に類似し得る。しかし、準リアルタイム画像であってもなくてもよい初期画像が使用される。初期の推奨される領域、初期の推奨される手順および初期の予想される結果は、工程 158 を介して医師に提供され得る。工程 158 は、工程 108 に類似している。したがって、眼の画像および/または眼のモデルが医師のために表示され得る。したがって、いくつかの実施形態では、この情報は、医師にグラフィック的に提供される。他の実施形態では、初期の推奨される領域、初期の推奨される手順および初期の予想される結果を提供する別の機構が使用される。

40

【0031】

次に、外科医は、切断するなどの 1 つまたは複数の手順を行い得る。外科医は、工程 158 において提供された推奨を採用するかまたは別の手順を行うことを選択し得る。例えば、外科医は、異なる位置において切断を行うことを望み得る。外科医は、複数の手順も行い得る。

【0032】

外科医が手順を行った後、眼の少なくとも一部分の少なくとも 1 つのその場の準リアルタイム画像が工程 160 を介して受信される。工程 160 における画像の受信は、別個の撮

50

像システムから画像のデータを受信する工程、または方法 1 5 0 を行う本システムの一部分によって画像を捕捉する工程を含み得る。工程 1 6 0 は、医師のために画像をレンダリングする工程を含む必要はない。代わりに、工程 1 6 0 は、眼のデータを取得する工程を含む。したがって、工程 1 6 0 は、工程 1 0 2 に類似している。

【 0 0 3 3 】

推奨される次の領域および推奨される次の手順は、工程 1 6 2 を介して準リアルタイム画像および眼の計算モデルに基づいて判断される。工程 1 6 2 は、工程 1 0 4 に類似している。

【 0 0 3 4 】

推奨される次の手順の予想される次の結果も、工程 1 6 4 を介して準リアルタイム画像および計算モデルを使用して計算される。したがって、工程 1 6 4 は、その領域内のストレスの解放に対する周囲組織の反応を判断するために眼の計算モデルを使用する工程を含む。

10

【 0 0 3 5 】

推奨される次の領域、推奨される次の手順および予想される結果は、工程 1 6 6 を介して医師に提供される。工程 1 6 6 の一部は、様々な時間に行われ得る。例えば、推奨される次の領域および推奨される次の手順は、工程 1 6 2 において生成された準リアルタイム画像またはモデルをレンダリングすることによって行われ得る。予想される結果を医師に提供する工程は、受信された入力に応じて行われ得る。例えば、特定の推奨される領域が選択される場合、その領域において推奨される手順を行うことの予想される結果は、工程 1 6 6 において提供される。したがって、工程 1 6 6 は、工程 1 6 4 において計算された眼のモデルをレンダリングする工程を含み得る。

20

【 0 0 3 6 】

次に、外科医は、1 つまたは複数の他の手順を実行することを許容され得る。例えば、1 つまたは複数の他の切断が行われ得る。医師は、方法 1 5 0 において提供された推奨に従い得るが、必ずしもそのようにする必要はない。次に、工程 1 6 0 に戻り、眼が再走査され得る。次の工程および次の領域の推奨は、工程 1 6 4 において判断された新しい推奨の新しい走査および予想される結果によって判断され得る。これらの新しい推奨および新しい予想される結果は、工程 1 6 6 を介して医師に提供され得る。したがって、工程 1 6 0 、1 6 2、1 6 4 および 1 6 6 は、外科医を支援するために反復的に繰り返され得る。これらの工程は、外科医が手順を行うたびに反復され得るが、必ずしもそうする必要はない。代わりに、工程 1 6 0、1 6 2、1 6 4 および 1 6 6 は、手術中の選択された時点で反復され得る。したがって、医師は、有用であるかまたは必要であると見なすときにのみ、これらの工程を反復することを選択し得る。

30

【 0 0 3 7 】

方法 1 5 0 を使用して、外科医は、手術を眼に対してより良好に行うことができ得る。方法 1 5 0 は、外科医の以前の情報（より古い初期画像）を使用し始め、かつ / または最近捕捉された準リアルタイム画像を使用することができる。したがって、医師は、自らの手術計画が依然として適切であるかどうかを判断し得る。1 つまたは複数の手順が手術の一部として行われた後、工程 1 6 0、1 6 2、1 6 4 および 1 6 6 が行われ得るかまたは反復され得る。したがって、外科医は、眼が予想通りに反応しているかどうかを判断し得、手術全体にわたって自らの行為に合わせて調整することができ得る。外科医は、特定の手順前に眼がどのように反応すると予想されるかの一般的な考えも有し得、適切な選択肢をより良好に選択することができ得る。したがって、医師が眼科手術を行う能力が強化され得る。

40

【 0 0 3 8 】

図 4 は、準リアルタイム画像を使用して、眼科手術中に医師を支援する装置 3 0 0 の例示的实施形態のブロック図である。簡潔さのために、いくつか部品のみが示される。加えて、図 4 において描写される部品は、OCT または他の撮像システムなどの単一装置内に一緒にパッケージ化され得る。代わりに、データ収集および処理の部分などのいくつかの部品は、別々に実装され得る。さらに、部品は、ハードウェアおよびいくつかの場合にはソ

50

フトウェアで実装され得る。また、図 4 に示すのは、調べられるサンプルの眼 3 0 2 である。

【 0 0 3 9 】

装置 3 0 0 は、撮像システム 3 1 0、コントローラ/プロセッサ 3 2 0、予測ユニット 3 3 0 およびユーザインターフェース (U/I) 3 4 0 を含む。撮像システム 3 1 0 は、システム 3 0 0 の残り部分と別個であり得る。したがって、撮像システム 3 1 0 は、破線によって接続されて示される。装置 3 0 0 の一部である撮像システム 3 1 0 は、プロセッサ 3 2 0 によって制御される。作業者は、命令を入力し、U/I 3 4 0 からの出力を受信し得る。例えば、作業者は、撮像システム 3 1 0 によって走査される眼 3 0 2 の領域を設定し、その結果を見ることができ、またはそうでなければ命令を与えてシステム 3 0 0 からの出力を受信することができる。いくつかの実施形態では、コントローラ/プロセッサ 3 2 0 は、眼 3 0 2 の I/O または他の特徴を設定するシステムにリンクされるかまたはそれを制御する。したがって、コントローラ/プロセッサ 3 2 0 は、準リアルタイム画像捕捉を制御するために使用され得る。

10

【 0 0 4 0 】

予測ユニット 3 3 0 は、少なくとも部分的にソフトウェアで実現され得る。予測ユニット 3 3 0 は、撮像システム 3 1 0 からのデータを処理する。したがって、眼の画像データ 3 3 2 および計算モデル 3 3 4 が示される。計算モデル 3 3 4 の一部分は、メモリ内に格納され得、したがって図 4 に示される。例えば、計算モデル 3 3 4 のための患者のパラメータだけでなく、眼 3 0 2 の様々な部分の抗張力または密度の値も格納され得る。したがって、眼の FEA モデルまたは他のモデルが生成および使用され得る。推奨/予想結果生成器 3 3 6 は、画像データ 3 3 2 を処理し、推奨される領域、推奨される手順および予想される結果を判断するために計算モデル 3 3 4 を使用する。任意選択的なレンダリング装置 3 3 8 を使用して、これらは、U/I 3 4 0 上で医師にグラフィック的に表示され得る。任意選択的なレンダリング装置 3 3 8 は、準リアルタイム画像データを U/I 3 4 0 上に単に表示するためにも使用され得る。したがって、装置 3 0 0 は、眼 3 0 2 が手術中に走査およびマッピングされることと、眼のデータが処理されることと、眼 3 0 2 の推奨および予想される反応が判断されることとを可能にする。したがって、装置 3 0 0 を使用して、方法 1 0 0 および/または 1 5 0 が実施され得る。したがって、本方法 1 0 0 および/または 1 5 0 の恩恵の 1 つまたは複数が実現され得る。

20

30

【 0 0 4 1 】

特に眼科手術の外科医を支援する方法およびシステムが説明された。本方法およびシステムは、示された例示的实施形態に従って説明された。当業者は、実施形態に対する変形形態があり得ることと、いかなる変形形態も本方法およびシステムの趣旨および範囲内に入るであろうこととを容易に認識するであろう。したがって、添付された請求項の趣旨および範囲から逸脱することなく多くの修正形態が当業者によってなされ得る。

40

50

【図面】

【図 1】

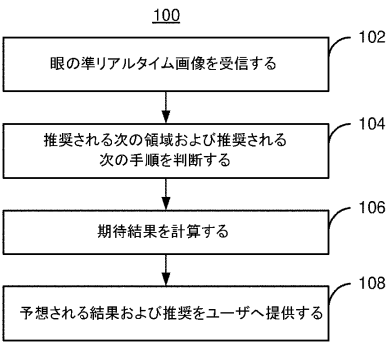


図 1

【図 2 A】

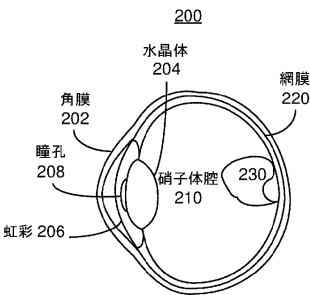


図2A

10

【図 2 B - D】

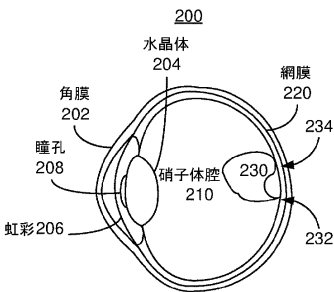


図2B

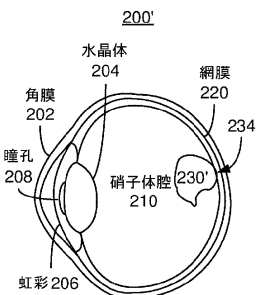


図2C

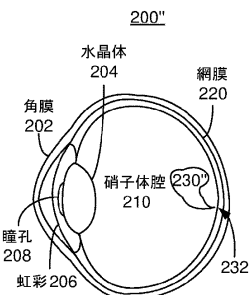


図2D

【図 3】

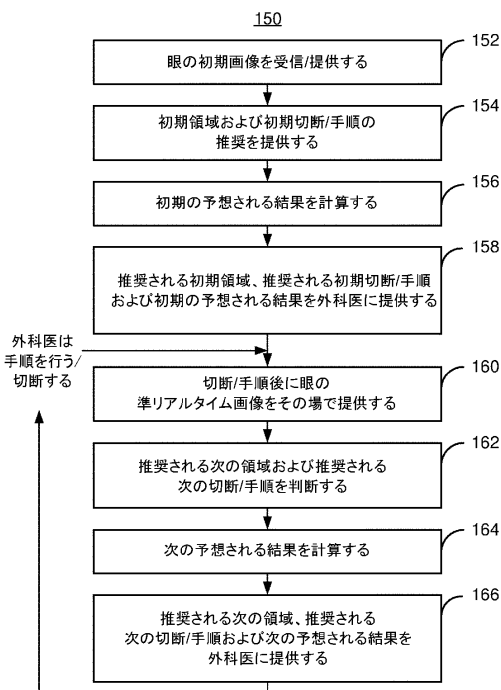


図 3

20

30

40

50

【 図 4 】

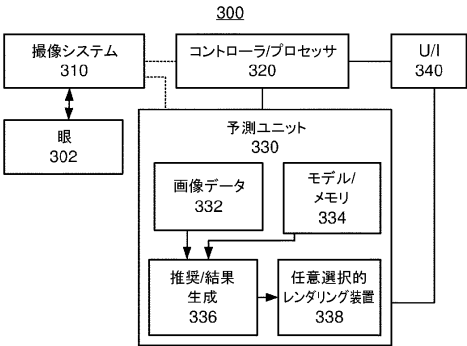


図 4

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 弁理士 胡田 尚則
- (72)発明者 マイケル パパック
アメリカ合衆国, カリフォルニア 92630, レイクフォレスト, レイクフォレスト ドライブ
20511, シーノオー アルコン リサーチ, リミティド
- (72)発明者 ロバート サンチェス, ジュニア
アメリカ合衆国, カリフォルニア 92057, オーシャンサイド, メドー スプリング ウェイ
4323
- 審査官 寺澤 忠司
- (56)参考文献 国際公開第2015/017375(WO, A2)
国際公開第2016/082017(WO, A1)
国際公開第94/018636(WO, A1)
米国特許出願公開第2016/0192835(US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A61F 9/007