

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7224816号
(P7224816)

(45)発行日 令和5年2月20日(2023.2.20)

(24)登録日 令和5年2月10日(2023.2.10)

(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 C

請求項の数 9 外国語出願 (全14頁)

(21)出願番号 特願2018-166633(P2018-166633)
 (22)出願日 平成30年9月6日(2018.9.6)
 (65)公開番号 特開2019-51304(P2019-51304A)
 (43)公開日 平成31年4月4日(2019.4.4)
 審査請求日 令和3年6月10日(2021.6.10)
 (31)優先権主張番号 10 2017 121 085.7
 (32)優先日 平成29年9月12日(2017.9.12)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 ドイツ(DE)

(73)特許権者 506085066
 カール・ツアイス・メディテック・アーダー
 ドイツ連邦共和国・0 7 7 4 5 ・イエナ・ゴッシュヴィツツァー・シュトラーセ・5 1 - 5 2
 (74)代理人 100098394
 弁理士 山川 茂樹
 100064621
 弁理士 山川 政樹
 (72)発明者 ヨアヒム・シュテフェン
 ドイツ連邦共和国・ディ - 7 3 4 6 3 ・
 ヴェストハウゼン・ドナウシュヴァーベンシュトラーセ・9
 (72)発明者 クリストフ・ハウガ

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 眼科手術視覚化システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

眼科手術視覚化システム(10、10'、10'')であって、イメージセンサ(40、46)を含み、前記イメージセンサ(40、46)上の結像面(58、60)内に光学結像ビーム経路で物体領域(14)の画像(68)を生成するための結像系を含み、前記物体領域(14)の画像(68)であって、前記イメージセンサ(40、46)によって捕捉されており、かつ像面を有する画像(68)を処理するための画像処理ルーチンを含むコンピュータユニット(62)を含み、および前記コンピュータユニット(62)内で処理された画像の画像データを視覚化するための画像表示装置(64)を含む眼科手術視覚化システム(10、10'、10'')であって、

患者の眼(54)内にある部分(52)を、前記イメージセンサ(40、46)上の前記結像面(58、60)と共に役である中間像面(56)内に結像するための検眼ルーペ(50)であって、前記画像処理ルーチンは、前記物体領域(14)の前記画像(68)の第一の部分(70)であって、前記イメージセンサ(40、46)によって捕捉され、かつ前記検眼ルーペ(50)を通過する結像ビーム経路によって生成されている第一の部分(70)を、前記イメージセンサ(40、46)上の前記結像面(58、60)内の前記物体領域(14)の前記画像(68)の第二の部分(72)であって、前記イメージセンサ(40、46)によって捕捉され、かつ前記検眼ルーペ(50)の外側に延びる結像ビーム経路によって生成されており、および前記第一の部分(70)と相補的である第二の部分(72)から分離して、前記物体領域(14)の前記画像(68)の前記第一の部分

10

20

(70)を、前記画像(68)の前記像面内にありかつ相互に垂直である2つのミラー軸(86、88)を中心とした前記第一の部分(70)のミラー反転に対応する自己同型写像においてミラー反転された第一の部分(70')に変換し、および前記ミラー反転された第一の部分(70')と、前記第一の部分(70)と相補的である前記第二の部分(72)とを合体させて、画像表示装置(64)に供給される合成物体領域画像(68')を形成する役割を果たす、検眼ルーペ(50)によって特徴付けられ、

前記画像処理ルーチンは、前記患者の眼(54)の網膜の一部の形態の画像情報に応じて、網膜視覚化ルーチンにおいて前記画像(68)の前記第一の部分(70)に関する画像データの排他的処理をトリガする、画像データの評価ステージを含み、前記画像データの評価ステージでは、前記物体領域(14)の前記画像(68)の前記第一の部分(70)
10)は、前記画像(68)の前記像面内にありかつ相互に垂直である2つのミラー軸(86、88)を中心とした前記第一の部分(70)のミラー反転に対応する自己同型写像においてミラー反転された第一の部分(70')に変換され、かつ前記画像表示装置(64)に網膜視覚化ルーチン物体領域画像として出力されることを特徴とする眼科手術視覚化システム(10、10'、10'')。

【請求項2】

眼科手術視覚化システム(10、10'、10'')であって、第一のイメージセンサ(40)を含み、前記第一のイメージセンサ(40)上の結像面(58)内に光学結像ビーム経路で物体領域(14)の画像(68)を生成するための第一の結像系を含み、前記物体領域(14)の画像(68)であって、前記第一のイメージセンサ(40)によって捕捉されており、かつ像面を有する画像(68)を処理するための画像処理ルーチンを含むコンピュータユニット(62)を含み、および前記コンピュータユニット(62)内で処理された前記第一のイメージセンサ(40)の画像(68)の画像データを視覚化するための画像表示装置(64)を含む眼科手術視覚化システム(10、10'、10'')であって、

第二のイメージセンサ(46)、および前記第二のイメージセンサ(46)上の結像面(58、60)内に光学結像ビーム経路で物体領域(14)の画像(68)を生成するための第二の結像系であって、前記コンピュータユニットにおける前記画像処理ルーチンは、前記物体領域(14)の画像(68)を処理するようにも設計され、前記画像は、前記第二のイメージセンサ(46)によって捕捉されており、前記第二の結像系は、画像処理ルーチンを有し、

前記画像表示装置(64)は、前記コンピュータユニット(62)内で処理された前記第二のイメージセンサ(46)の画像(68)の画像データを視覚化するようにも設計される、第二のイメージセンサ(46)および第二の結像系、

患者の眼(54)内にある部分(52)を、前記第一のイメージセンサ(40)上の前記結像面(58)と共に役である中間像面(56)内に結像し、かつ患者の眼(54)内にある部分(52)を、前記第二のイメージセンサ(46)上の前記結像面(60)と共に役である中間像面(56)内に結像するための検眼ルーペ(50)であって、前記画像処理ルーチンは、前記物体領域(14)の前記それぞれの画像の第一の部分(70)であって、前記第一のイメージセンサ(40)および前記第二のイメージセンサ(46)によって捕捉され、かつそれぞれ前記検眼ルーペ(50)を通過する結像ビーム経路によって生成されている第一の部分(70)を、前記第一および第二のイメージセンサ(40、46)上の前記結像面(58、60)内の前記物体領域(14)の前記それぞれの画像(68)の第二の部分(72)であって、前記第一および第二のイメージセンサ(40、46)によって捕捉され、かつそれぞれ前記検眼ルーペ(50)の外側に延びる結像ビーム経路によって生成されており、および前記第一の部分(70)と相補的である第二の部分(72)から分離して、前記物体領域(14)の前記画像(68)の前記それぞれの第一の部分(70)を、前記画像(68)の前記像面内にありかつ相互に垂直である2つのミラー軸(86、88)を中心とした前記第一の部分(70)のミラー反転に対応する自己同型写像においてそれぞれミラー反転された第一の部分(70')に変換し、および前記ミラー反転された第一の部分(70')と、前記ミラー反転された第一の部分(70')と相補的で

10

20

30

40

50

ある前記第二の部分（72）とをそれぞれ合体させて、前記画像表示装置（64）に供給される合成物体領域画像（68'）を形成する役割を果たす、検眼ルーペ（50）によって特徴付けられ、

前記画像処理ルーチンは、前記患者の眼（54）の網膜の一部の形態の画像情報に応じて、網膜視覚化ルーチンにおいて前記物体領域（14）の前記それぞれの画像（68）の前記第一の部分（70）に関する画像データの排他的処理をトリガする、画像データの評価ステージを含み、前記画像データの評価ステージでは、前記物体領域（14）の前記それぞれの画像（68）の前記第一の部分（70）は、前記画像の前記像面内にありかつ相互に垂直である2つのミラー軸（86、88）を中心とした前記第一の部分（70）のミラー反転に対応する自己同型写像においてミラー反転された第一の部分（70'）に変換され、かつその後、前記画像表示装置（64）にそれぞれの網膜視覚化ルーチン物体領域画像として出力されることを特徴とする眼科手術視覚化システム（10、10'、10''）。

【請求項3】

前記第一の結像系は、前記第二の結像系より大きい倍率で前記物体領域（14）を結像することを特徴とする、請求項2に記載の眼科手術視覚化システム。

【請求項4】

前記第一のイメージセンサ（40）は、前記物体領域（14）の第一の立体的な部分的画像を捕捉する役割を果たし、かつ前記第二のイメージセンサ（46）は、前記物体領域（14）の第二の立体的な部分的画像を捕捉する役割を果たし、および前記画像表示装置（64）は、前記第一のイメージセンサ（40）と前記第二のイメージセンサ（46）との、前記コンピュータユニット（62）内で処理された画像（68）の画像データを立体的に視覚化するように設計されることを特徴とする、請求項2又は3に記載の眼科手術視覚化システム。

【請求項5】

前記画像処理ルーチンは、画像処理によって前記検眼ルーペ（50）のレンズ端部を認識するためのアルゴリズムを含み、かつ前記物体領域（14）の前記画像（68）において前記検眼ルーペ（50）の縁部（82）によって取り囲まれる区域を、前記検眼ルーペ（50）を通過する結像ビーム経路で生成された前記物体領域（14）の前記画像（68）の第一の部分として定義することを特徴とする、請求項1～4の何れか一項に記載の眼科手術視覚化システム。

【請求項6】

前記検眼ルーペ（50）は、検眼ルーペ支持体（49）上に保持され、および前記検眼ルーペ（50）の縁部（82）を認識するための前記アルゴリズムは、前記検眼ルーペ支持体（49）の少なくとも1つの部分の特徴的な色にマッチされる色評価ルーチンを含むことを特徴とする、請求項5に記載の眼科手術視覚化システム。

【請求項7】

前記画像処理ルーチンは、画像処理によって前記患者の眼（54）の瞳孔を認識するためのアルゴリズムを含み、かつ前記物体領域（14）の前記画像（68）において前記検眼ルーペ（50）のレンズ縁部によって取り囲まれる区域を、前記検眼ルーペ（50）を通過する結像ビーム経路で生成された前記物体領域（14）の前記画像（68）の第一の部分として定義することを特徴とする、請求項1～6の何れか一項に記載の眼科手術視覚化システム。

【請求項8】

コンピュータが、患者の眼（54）を視覚化するための画像データを提供する方法であつて、

イメージセンサ（40、46）が、患者の眼（54）の画像（68）を画像処理ルーチンに供給するステップと、

コンピュータユニット（62）が、画像処理ルーチンにおいて前記画像（68）を処理して画像データを形成するステップと

を含む方法において、

10

20

30

40

50

前記患者の眼（54）の前記画像（68）は、検眼ルーペ（50）を少なくとも部分的に通過する結像ビーム経路で捕捉され、および

前記検眼ルーペ（50）を通過する結像ビーム経路で生成されている、物体領域（14）の前記画像（68）の前記捕捉された第一の部分（70）は、前記物体領域（14）の前記画像（68）の第二の部分（72）であって、前記検眼ルーペ（50）の外側に延びる結像ビーム経路で生成されており、かつ前記第一の部分（70）と相補的である第二の部分から分離され、

前記物体領域（14）の前記画像（68）の前記第一の部分（70）は、前記画像（68）の像面内にありかつ相互に垂直である2つのミラー軸（86、88）を中心とした前記第一の部分（70）のミラー反転に対応する自己同型写像においてミラー反転された第一の部分（70'）に変換され、および前記ミラー反転された第一の部分（70'）は、前記第一の部分（70）と相補的である前記第二の部分（72）と合体されて、合成物体領域画像（68'）に関する画像データを形成、

前記画像処理ルーチンは、前記患者の眼（54）の網膜の一部の形態の画像情報に応じて、網膜視覚化ルーチンにおいて前記画像（68）の前記第一の部分（70）に関する画像データの排他的処理をトリガする、画像データの評価ステージを含み、前記画像データの評価ステージでは、前記物体領域（14）の前記画像（68）の前記第一の部分（70）は、前記画像（68）の前記像面内にありかつ相互に垂直である2つのミラー軸（86、88）を中心とした前記第一の部分（70）のミラー反転に対応する自己同型写像においてミラー反転された第一の部分（70'）に変換され、かつ網膜視覚化ルーチン物体領域画像として出力されることを特徴とする方法。

【請求項9】

前記コンピュータユニット（62）上において、請求項8に記載の方法を実行するためのプログラムコード手段を有するコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、イメージセンサを含む眼科手術視覚化システムであって、イメージセンサ上の結像面内の光学結像ビーム経路で物体領域の画像を生成するための結像系を含み、物体領域の画像であって、イメージセンサによって捕捉されており、かつ像面を有する画像のための画像処理ルーチンを含むコンピュータユニットを含み、およびコンピュータユニット内で処理された画像の画像データを視覚化するための画像表示装置を含む眼科手術視覚化システムに関する。本発明は、第一のイメージセンサを含む眼科手術視覚化システムであって、第一のイメージセンサ上の結像面内に光学結像ビーム経路で物体領域の画像を生成するための結像系を含み、第二のイメージセンサを含み、第二のイメージセンサ上の結像面内に光学結像ビーム経路で物体領域の画像を生成するための第二の結像系を含み、物体領域の画像であって、第一のイメージセンサによって捕捉されており、かつ像面を有する画像を処理し、および物体領域の画像であって、第二のイメージセンサによって捕捉されており、かつ像面を有する画像を処理するための画像処理ルーチンを含むコンピュータユニットを含み、およびコンピュータユニットで処理された第一のイメージセンサおよび第二のイメージセンサの画像の画像データを視覚化するための画像表示装置を含む眼科手術視覚化システムにも関する。さらに、本発明は、患者の眼を可視化するための画像データを提供する方法と、コンピュータプログラムとに関する。

【背景技術】

【0002】

イメージセンサを含み、かつ物体領域の画像であって、イメージセンサによって捕捉されている画像のための画像処理ルーチンを含むコンピュータユニットを含む眼科手術視覚化システムは、（特許文献1）から知られている。

【0003】

眼科手術視覚化システムは、眼科手術において、例えば患者の眼の後方部分に対する外

10

20

30

40

50

科的介入の場合に使用される。

【0004】

(特許文献2)には、顕微鏡主要対物レンズの下に顕微鏡の鏡筒の延長線に沿って配置された検眼アタッチメントモジュールを備える手術顕微鏡を含む眼科手術視覚化システムが記載されている。この検眼アタッチメントモジュールは、1つまたは複数の検眼ルーペを含み、これは、患者の眼の眼底の倒立像、すなわち上下および前後が逆になった像を第一の中間像面内に生成する役割を果たす。画像正立および瞳交換のための光学系により、この第一の中間像面の画像は正立像にされ、第二の中間像面内に横方向に正しく結像される。この第二の中間像面の像は、観察者により、眼科手術視覚化システムにおいて、顕微鏡主要対物レンズ、および顕微鏡主要対物レンズと、検眼アタッチメントモジュール内の画像正立および瞳交換系との間に配置される移動式レンズを通じて見られ得る。検眼アタッチメントモジュールにより、観察者は、患者の眼の内部の関心対象領域を観察できる。

【0005】

検眼ルーペを使用して眼科手術視覚化システムで物体領域を検査する観察者には、検眼ルーペ内の部分と検眼ルーペの外側の部分とで異なる向きを有する物体領域の画像が視覚的に提示される。その結果、特にいわゆる硝子体網膜手術において、検眼ルーペを通じて見られる物体領域の部分は、観察者に対して横方向に正しく提示されるのに対し、検眼ルーペに隣接して位置する物体領域の部分は、観察者から見て横方向に正しく結像されない。

【0006】

しかしながら、観察者が、検眼ルーペの、顕微鏡鏡筒と反対の側にある物体領域の区域と、検眼ルーペを通して認識されない区域との両方を1つの同じ画像向きで観察できることが望ましい。なぜなら、これにより、観察者は、前記観察者がトロカールを通じて内視鏡ライトガイドを患者の眼内に挿入する眼科手術中、観察画像に関してミラー反転された状態でライトガイドを移動させる必要がなくなるからである。これは、患者の眼の一部が観察者に対して検眼ルーペを通じて横方向に正しく表示されないと、観察者、すなわち基本的に外科医は、外部から患者の眼の内部に向けた、すなわち観察画像の縁部からその中心に向けた器具の術野への供給を、眼科手術視覚化システムによる手術の場合に器具の実際の移動に対応するであろうものと異なって認識するからである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】独国特許出願公開第10 2009 030 504 A1号明細書

独国特許出願公開第41 14 646 A1号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

このような背景に対し、本発明の目的は、設定倍率とは関係なく、患者の眼の一部が患者の眼の内側にある場合の物体領域の観察を容易にし、異なる画像向きを有する画像部分を有する観察画像が工程中に視覚化されない、眼科手術視覚化システムを開発することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この目的は、請求項1および3に明記されている眼科手術視覚化システムと、請求項10に明記されている、患者の眼を視覚化するための画像データを提供する方法とによって達成される。本発明の有利な実施形態は、従属請求項に明記されている。

【0010】

本発明は、イメージセンサ、およびイメージセンサ上の結像面内に光学結像ビーム経路で物体領域の画像を生成するための結像系の提供と、眼科手術視覚化システムにおけるコンピュータユニットであって、物体領域の画像であって、イメージセンサによって捕捉されており、かつ像面を有する画像を処理するための画像処理ルーチンを含むコンピュータ

10

20

30

40

50

ユニットの提供とを提案する。この眼科手術視覚化システムには、コンピュータユニット内で処理された画像の画像データを視覚化するための画像表示装置がある。眼科手術視覚化システムは、患者の眼内にある部分を、イメージセンサ上の結像面と共に役である中間像面内に結像するための検眼ルーペを含む。画像処理ルーチンは、物体領域の画像の第一の部分であって、イメージセンサによって捕捉され、かつ検眼ルーペを通過する結像ビーム経路によって生成されている第一の部分を、イメージセンサ上の結像面内の物体領域の画像の第二の部分であって、イメージセンサによって捕捉され、かつ検眼ルーペの外側に延びる結像ビーム経路によって生成されており、および第一の部分と相補的である第二の部分から分離して、物体領域の画像の第一の部分を、画像の像面内にありかつ相互に垂直である2つのミラー軸を中心とした第一の部分のミラー反転に対応する自己同型写像においてミラー反転された第一の部分に変換し、およびミラー反転された第一の部分と、第一の部分と相補的である第二の部分とを合体させて、画像ディスプレイに供給される合成物体領域画像を形成する役割を果たす。

【0011】

ここで、相互に相補的である物体領域の画像の部分は、相互に分離され、かつ合体されたときに物体領域の画像をもたらす画像部分を意味するものと理解される。

【0012】

本発明による眼科手術視覚化システムはまた、第一のイメージセンサ、および第一のイメージセンサ上の結像面内に光学結像ビーム経路で物体領域の画像を生成するための結像系と、第二のイメージセンサ、および第二のイメージセンサ上の結像面内に光学結像ビーム経路で物体領域の画像を生成するための第二の結像系と、また、物体領域の画像であって、第一のイメージセンサによって捕捉されており、かつ像面を有する画像を処理し、および物体領域の画像であって、第二のイメージセンサによって捕捉されており、かつ像面を有する画像を処理するための画像処理ルーチンを有するコンピュータユニットとを含む。したがって、この眼科手術視覚化システムにおけるコンピュータユニット内で処理された第一のイメージセンサおよび第二のイメージセンサの画像の画像データを視覚化するための画像表示装置がある。本発明によるこの眼科手術視覚化システムは、同様に、患者の眼内にある部分を、第一のイメージセンサ上の結像面と共に役である中間像面内に結像し、かつ患者の眼内にある部分を、第二のイメージセンサ上の結像面と共に役である中間像面内に結像するための検眼ルーペを含む。眼科手術視覚化システムにおいて、画像処理ルーチンは、物体領域のそれぞれの画像の第一の部分であって、第一のイメージセンサおよび第二のイメージセンサによって捕捉され、かつそれぞれ検眼ルーペを通過する結像ビーム経路によって生成されている第一の部分を、第一および第二のイメージセンサ上の結像面内の物体領域のそれぞれの画像の第二の部分であって、イメージセンサによって捕捉され、かつそれぞれ検眼ルーペの外側に延びる結像ビーム経路によって生成されており、および第一の部分と相補的である第二の部分から分離して、物体領域のそれぞれの画像のそれぞれの第一の部分を、画像の像面内にありかつ相互に垂直である2つのミラー軸を中心とした第一の部分のミラー反転に対応する自己同型写像においてそれぞれミラー反転された第一の部分に変換し、およびミラー反転された第一の部分と、ミラー反転された第一の部分と相補的である第二の部分とをそれぞれ合体させて、画像表示装置に供給される合成物体領域画像を形成する役割を果たす。

【0013】

第一の結像系の倍率および第二の結像系の倍率は、同じであるかまたは異なり得る。

【0014】

本発明によれば、例えば、第一の結像系は、物体領域を第二の結像系より大きい倍率で結像するようになされ得る。このようにして、フォーマットに当てはめる方式において患者の眼の網膜を第一のイメージセンサ上に結像させ、患者の眼の強膜の画像を第二のイメージセンサに供給することが可能である。ここで、本発明による眼科手術視覚化システムの場合、物体領域の第一の立体的な部分的画像は、複数の第一のイメージセンサによって捕捉され、および物体領域の第二の立体的な部分的画像は、複数の第二のイメージセンサ

10

20

30

40

50

によって捕捉され、第一の立体的な部分的画像および第二の立体的な部分的画像は、異なる倍率を有し、第一の立体的な部分的画像と第二の立体的な部分的画像とは、合体されても、画像表示装置に供給される立体的な全体画像を形成するようになされ得ることに留意すべきである。

【0015】

本発明の好ましい実施形態において、画像処理ルーチンは、患者の眼の網膜の一部の形態の画像情報に応じて、網膜視覚化ルーチンにおいて画像の第一の部分に関する画像データの排他的処理をトリガする、画像データの評価ステージを含み、画像データの評価ステージでは、物体領域の画像の第一の部分は、画像の像面内にありかつ相互に垂直である2つのミラー軸を中心とした第一の部分のミラー反転に対応する自己同型写像においてミラー反転された第一の部分に変換され、かつ画像表示装置に網膜視覚化ルーチン物体領域画像として出力されるようになされる。このようにして、例えば、患者の眼の網膜の画像のみが物体領域画像として表示されるべきである場合、2つのビデオストリーム内の画像データの不必要的処理を回避することが可能である。

【0016】

眼科手術視覚化システムにおける画像処理ルーチンは、画像処理によって検眼ルーペのレンズ縁部を認識するためのアルゴリズムを含み得、前記アルゴリズムは、物体領域の画像において検眼ルーペのレンズ縁部によって取り囲まれる区域を、検眼ルーペを通過する結像ビーム経路で生成された物体領域の画像の第一の部分として定義する。

【0017】

眼科手術視覚化システムにおける検眼ルーペは、好ましくは、特徴的な色を有する少なくとも1つの部分を有する検眼ルーペ支持体上に保持され、検眼ルーペの縁部を認識するためのアルゴリズムは、検眼ルーペ支持体のその少なくとも1つの部分の特徴的な色にマッチされる色評価ルーチンを含む。

【0018】

本発明の好ましい実施形態は、画像処理によって患者の眼の瞳孔を認識するためのアルゴリズムを含み、かつ物体領域の画像において検眼ルーペのレンズ縁部によって取り囲まれた区域を、検眼ルーペを通過する結像ビーム経路で生成された物体領域の画像の第一の部分として定義する画像処理ルーチンを提供する。

【0019】

患者の眼を視覚化するための画像データを提供する本発明による方法は、患者の眼の画像を画像処理ルーチンに供給するステップと、画像処理ルーチンにおいて画像を処理して画像データを形成するステップとを含む。ここで、患者の眼の画像は、検眼ルーペを少なくとも部分的に通過する結像ビーム経路で捕捉される。ここで、イメージセンサによって捕捉され、かつ検眼ルーペを通過する結像ビーム経路によって生成されている、物体領域の画像の前記第一の部分は、イメージセンサ上の結像面内の物体領域の画像の第二の部分から分離され、前記第二の部分は、イメージセンサによって捕捉され、かつ検眼ルーペの外側に延びる結像ビーム経路によって生成されており、および第一の部分と相補的であり、物体領域の画像の第一の部分は、画像の像面内にありかつ相互に垂直である2つのミラー軸を中心とした第一の部分のミラー反転に対応する自己同型写像においてミラー反転された第一の部分に変換され、およびミラー反転された第一の部分は、第一の部分と相補的である第二の部分と合体されて、合成物体領域画像に関する画像データを形成する。

【0020】

本発明によるコンピュータプログラムは、コンピュータユニット上において、上記の方法を実行するためのプログラムコード手段を含む。

【0021】

本発明のさらなる詳細は、図を参照する例示的実施形態の以下の説明から明らかとなる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】第一の眼科手術視覚化システムを患者の眼と共に示す。

10

20

30

40

50

【図2】眼科手術視覚化システムのイメージセンサで捕捉された患者の眼の画像を示す。

【図3】眼科手術視覚化システムのコンピュータユニットの画像処理ルーチンのフローチャートを示す。

【図4】第二の眼科手術視覚化システムを示す。

【図5】第三の眼科手術視覚化システムを示す。

【発明を実施するための形態】

【0023】

図1に示される第一の眼科手術視覚化システム10は、手術顕微鏡12を含み、これは、物体領域14の立体的観察に使用される。手術顕微鏡12は、顕微鏡主要対物レンズ系18を備える結像光学ユニット16を含み、前記結像光学ユニットは、本体20内に受けられる。手術顕微鏡12には照明装置22があり、これは、物体領域14を、顕微鏡主要対物レンズ系18を通過する照明ビーム経路23で照明することを容易にする。手術顕微鏡12は、アフォーカル拡大系24を有し、その中を通るように第一の立体的な部分的観察ビーム経路26および第二の立体的な部分的観察ビーム経路28が案内される。手術顕微鏡12は、本体20の境界面29に接続される両眼鏡筒30を有し、前記両眼鏡筒は、観察者の左眼および右眼35a、35bのための第一の接眼レンズ32と、第二の接眼レンズ34とを有する。手術顕微鏡12の顕微鏡主要対物レンズ系18は、第一の立体的な部分的観察ビーム経路26および第二の立体的な部分的観察ビーム経路28によって通過される。手術顕微鏡12には、第一の対物レンズ系38と第一のイメージセンサ40とを備える第一の画像捕捉装置36がある。画像捕捉装置36は、第一の立体的な部分的観察ビーム経路26から画像情報を捕捉する役割を果たす。第二の画像捕捉装置42により、手術顕微鏡12内において第二の立体的な部分的観察ビーム経路28からの画像情報を捕捉できる。第二の画像捕捉装置42は、第二の対物レンズ系44を有し、かつ第二のイメージセンサ46を含む。

【0024】

検眼ルーペ支持体49内に受けられる検眼ルーペ50を含む検眼アタッチメントモジュール48は、手術顕微鏡12に接続される。検眼ルーペ50は、患者の眼54の内部にある部分52を、患者の眼54の天然の水晶体および角膜を通じて、第一のイメージセンサ40上の結像面58および第二のイメージセンサ46上の結像面60と共に役である中間像面56内に結像する役割を果たす。

【0025】

検眼ルーペ支持体49は緑色に染色され、この緑色は、患者の眼54の色合いおよび眼科手術中に使用される手術器具の色合いと容易に区別でき、かつ物体領域14内で容易に識別可能である。本発明の代替的実施形態では、検眼ルーペ支持体49は、特に黄色に染色され得ることに留意すべきである。検眼ルーペ支持体49は任意の他の適当な色も有し得、その色が、眼科手術中に物体領域14内において、例えば血液および体内組織等の体液および手術器具を有する画像の背景に関して容易に見られることを可能にする。

【0026】

眼科手術視覚化システム10は、物体領域14の画像であって、第一のイメージセンサ40および第二のイメージセンサ46によって捕捉されている画像のための画像処理ルーチンを含むコンピュータユニット62を有する。コンピュータユニット62には画像表示装置としてモニタ64が接続され、これは、3D画像情報の視覚化のために具現化される。眼科手術視覚化システム10のコンピュータユニット62は、入力インターフェースとしてのキーボード66によって制御され得る。

【0027】

眼科手術視覚化システムの改変型実施形態では、3D画像情報の視覚化のための第一および第二のモニタも提供され得ることに留意すべきである。したがって、例えば、物体領域の全体画像が第一のモニタに表示され得、および患者の眼の拡大部分が第二のモニタに表示され得る。

【0028】

10

20

30

40

50

図2は、結像面58における患者の眼の画像68を検眼ルーペ50および手術器具59と共に示し、前記画像は、画像捕捉装置36によって捕捉されている。画像68は、検眼ルーペ50を通過する結像ビーム経路によって生成される第一の部分70を有し、かつ第一の部分70と相補的であり、物体領域14から到来すると検眼ルーペ50を通過して案内される結像ビーム経路によって生じる第二の部分72を有する。

【0029】

コンピュータユニット62の画像処理ルーチンの技術的機能は、まず、物体領域14の画像68の第一の部分であって、イメージセンサ40上の画像捕捉装置36によって捕捉され、かつ検眼ルーペ50を通過する結像ビーム経路によって生成されている第一の部分を、第一のイメージセンサ40上の結像面58内の物体領域14の画像68の第二の部分72であって、第一のイメージセンサ40上に結像され、かつ検眼ルーペ50の外側に延びる結像ビーム経路によって生成されており、および第一の部分70と相補的である第二の部分から分離することからなる。それに対応して、コンピュータユニット62における画像処理ルーチンは、物体領域14の画像68に対応する画像の第一の部分であって、第二の画像捕捉装置42によって捕捉され、かつ検眼ルーペ50を通過する結像ビーム経路によって生成されている第一の部分を、第二のイメージセンサ46上の結像面60における物体領域14の画像68に対応する画像の第二の部分72であって、第一のイメージセンサ40によって捕捉され、かつ検眼ルーペ50の外側に延びる結像ビーム経路によって生成されており、および第一の部分70と相補的である第二の部分から分離する、すなわち分けるように設計される。

【0030】

さらに、コンピュータユニット62における画像処理ルーチンの機能は、物体領域14の画像の第一の部分70に対して画像反転動作を行うことにあり、これは、患者の眼54の内部に配置された部分52の画像であって、検眼ルーペ50によって中間像面56において生成されている画像が中間像面56において上下および前後が逆である、すなわち倒立像にされているからである。さらに、物体領域14の画像の第一の部分70と物体領域14の画像の第二の部分72を合体させて、その後、眼科手術視覚化システム10のモニタ64上に表示され得る合成された横方向に正しい正立物体画像を形成することは、コンピュータユニット62における画像処理ルーチンの機能である。

【0031】

図3は、画像処理ルーチンのフローチャート74を示す。コンピュータユニット62の画像処理ルーチンは、画像部分分離ステージ76を有し、それにイメージセンサ40、46の画像が供給される。画像処理ルーチンの画像部分分離ステージ76は、検眼ルーペ50のレンズ縁部を認識するためのアルゴリズムを含み、前記アルゴリズムは、画像処理により、イメージセンサ40、46に供給された画像において検眼ルーペ支持体49の構造を認識する。このために、画像部分分離ステージ76のアルゴリズム内において、検眼ルーペ支持体49の特徴的色にマッチされる色評価機能がある。

【0032】

画像処理ルーチンは、フィルタステージ78を含む。フィルタステージ78では、次に、画像のイメージセンサ40、46によって捕捉された画像部分がリングフィルタ80によって畳み込まれ、その後、そこから画像の像点集合を特定するために、捕捉された画像内でフィルタ中心81とフィルタ半径 r_1 および r_2 とが変化され、前記集合は、検眼ルーペ50を取り囲む検眼ルーペ支持体49の部分に対応する。畳み込み関数が極値をとるリングフィルタ80のフィルタ内半径 r_1 は、検眼ルーペ50の1つの縁部82として決定される。その後、次のステップにおいて、このようにして特定された検眼ルーペ50の縁部82に基づき、図2に示される物体領域14の画像の第一の部分70の区域が確立されて、その後、さらなるステップにおいて、これらの第一の部分70を、図2に示される物体領域14の画像内の第二の部分72の区域から分離する。

【0033】

フィルタステージ78によって画像の第二の部分72から分離された物体領域14の画

10

20

30

40

50

像の第一の部分 70 は、その後、画像処理ルーチン内のミラー反転ステージ 84 に供給される。ミラー反転ステージ 84 において、イメージセンサ 40、46 の画像の第一の部分 70 は、画像 68 の像面内にありかつ相互に垂直である 2 つのミラー軸 86、88を中心としたミラー反転による自己同型写像によってミラー反転された第一の部分 70' に変換される。代替的実施形態では、ミラー反転ルーチンの自己同型写像はまた、像面に垂直である回転軸の周囲での第一の部分 70 の回転として具現化され得ることに留意すべきである。さらに、例えば、このような自己同型写像としてポイントミラー反転を提供することが可能である。

【 0 0 3 4 】

ミラー反転された第一の部分 70' は、その後、画像処理ルーチンにおいて合体ステージ 90 に転送され、そこで、ミラー反転された第一の部分 70' と、イメージセンサ 40、46 によって捕捉されている物体領域 14 の画像の第二の部分 72 とが再び合成されて、合成物体領域画像 68' を形成する。合成画像の画像データは、次に物体領域 14 の立体的画像としてモニタ 64 上で視覚化される。

【 0 0 3 5 】

コンピュータユニット 62 における画像処理ルーチンは、第一のイメージセンサ 40 または第二のイメージセンサ 46 によって捕捉された画像データに関する画像データの評価ステージを含み得、前記評価ステージは、捕捉された画像情報、例えば患者の眼 54 の網膜の一部の形態の画像情報に応じて、第一または第二のイメージセンサ 40、46 によって提供される画像データの処理を抑制すること留意すべきである。

【 0 0 3 6 】

例えば、患者の眼 54 の網膜の画像のみが物体領域画像として表示されることを意図される場合、捕捉された画像情報に応じてトリガされる網膜視覚化ルーチンであって、物体領域 14 のそれぞれの画像の第一の部分 70 は、画像の像面内にありかつ相互に垂直である 2 つのミラー軸を中心とした第一の部分のミラー反転に対応する自己同型写像においてミラー反転された第一の部分に変換され、かつその後、モニタ 64 の形態の画像表示装置に網膜視覚化ルーチン物体領域画像として出力される、網膜視覚化ルーチンを含む画像処理ルーチンにより、画像データの不必要的処理が回避され得ることにも留意すべきである。

【 0 0 3 7 】

図 4 は、第二の眼科手術視覚化システム 10' を示す。眼科手術視覚化システム 10' におけるアセンブリおよび要素が上述の眼科手術視覚化システム 10 におけるアセンブリおよび要素に対応する限り、これらは、参照記号として同じ番号によって示される。眼科手術視覚化システム 10' には映り込みデータ 92 のための装置があり、これは、コンピュータユニット 62 に接続され、かつ第一および第二の立体的な部分的観察ビーム経路 26、28 内の表示情報を、両眼鏡筒 30 において視認可能な物体領域 14 の画像に重ねて表示することを容易にする。

【 0 0 3 8 】

図 5 は、第三の眼科手術視覚化システム 10'' を示す。眼科手術視覚化システム 10'' におけるアセンブリおよび要素が上述の眼科手術視覚化システム 10 におけるアセンブリおよび要素に対応する限り、これらは、参照記号として同じ番号によって示される。眼科手術視覚化システム 10 および 10' の手術顕微鏡 12 と異なり、眼科手術視覚化システム 10'' の手術顕微鏡 12 は、第一のイメージセンサ 40 および第二のイメージセンサ 46 による物体領域 14 の立体的な捕捉のための純粹にデジタル式の手術顕微鏡である。

【 0 0 3 9 】

第一の眼科手術視覚化システム 10 のコンピュータユニット 62 と同様に、第二および第三の眼科手術視覚化システム 10'、10'' のコンピュータユニット 62 も物体領域の画像を処理するための画像処理ルーチンを含み、前記画像は、イメージセンサ 40、46 によって捕捉されており、画像処理ルーチンは、図 3 に基づく上述の機能を有する。

【 0 0 4 0 】

要約すれば、本発明の下記の好ましい特徴に特に留意すべきである：眼科手術視覚化シ

10

20

30

40

50

ステム 10 は、イメージセンサ 40、46 を含み、かつ物体領域 14 の画像 68 をイメージセンサ 40、46 上の結像面 58、60 に光学結像ビーム経路で生成するための結像系を含む。眼科手術視覚化システム 10 は、コンピュータユニット 62 を含み、これは、物体領域 14 の画像 68 であって、イメージセンサ 46 によって捕捉されており、かつ像面を有する画像 68 のための画像処理ルーチンを含むコンピュータユニット 62 と、コンピュータユニット 62 内で処理された画像 68 の画像データを視覚化するための画像表示装置 64 とを含む。本発明によれば、眼科手術視覚化システム 10、10'、10'' は、患者の眼 54 内にある部分 52 を、イメージセンサ 40、46 上の像面 58、60 と共に役である中間像面 56 内に結像するための検眼ルーペ 50 を有する。画像処理ルーチンは、物体領域の画像 68 の第一の部分 70 であって、イメージセンサ 40、46 によって捕捉され、かつ検眼ルーペ 50 を通過する結像ビーム経路によって生成されている第一の部分を、イメージセンサ 40、46 上の結像面 60 内の物体領域 14 の画像 68 の第二の部分 72 であって、イメージセンサ 40、46 によって捕捉され、かつ検眼ルーペ 50 の外側に延びる結像ビーム経路によって生成されており、および第一の部分と相補的である第二の部分から分離して、物体領域 14 の画像 68 の第一の部分 70 を、画像 68 の像面内にありかつ相互に垂直である 2 つのミラー軸 86、88 を中心とした第一の部分 70 のミラー反転に対応する自己同型写像においてミラー反転された第一の部分 70' に変換し、およびミラー反転された第一の部分 70' と、第一の部分 70 と相補的である画像 68 の第二の部分 72 とを合体させて、画像ディスプレイに供給される合成物体領域画像を形成する役割を果たす。

10

20

【符号の説明】

【0041】

10、10'、10''、眼科手術視覚化システム

12 手術顕微鏡

14 物体領域

16 結像光学ユニット

18 顕微鏡主要対物レンズ系

20 本体

22 照明装置

23 照明ビーム経路

30

24 アフォーカル拡大系

26 第一の立体的な部分的観察ビーム経路

28 第二の立体的な部分的観察ビーム経路

29 インタフェース

30 両眼鏡筒

32 第一の接眼レンズ

34 第二の接眼レンズ

35 a 左眼

35 b 右眼

36 第一の画像捕捉装置

40

38 第一の対物レンズ系

40 第一のイメージセンサ

42 第二の画像捕捉装置

44 第二の対物レンズ系

46 第二のイメージセンサ

48 検眼アタッチメントモジュール

49 検眼ルーペ支持体

50 検眼ルーペ

52 部分

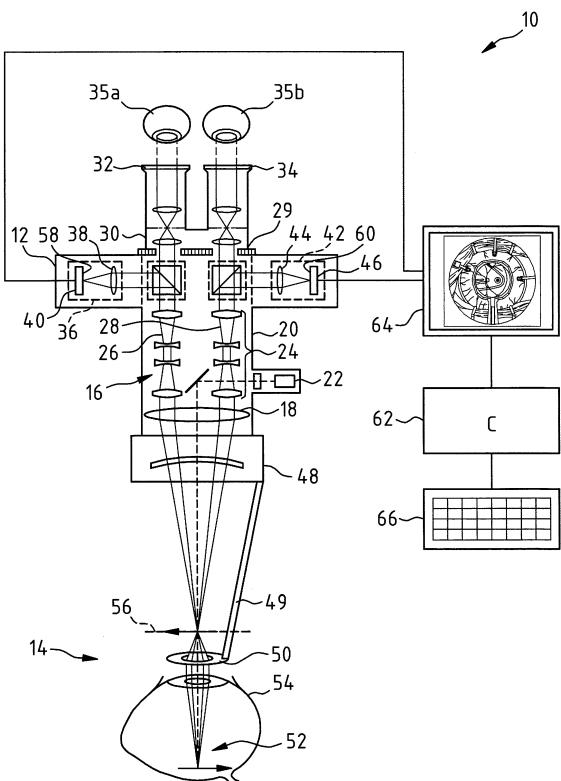
54 患者の眼

50

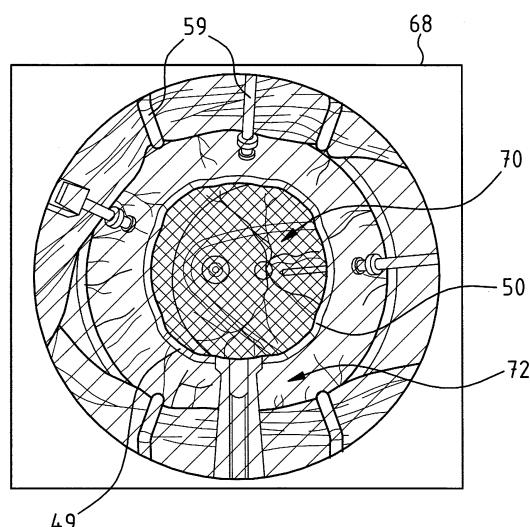
- | | | |
|-----|---------------|----|
| 5 6 | 中間像面 | |
| 5 8 | 結像面 | |
| 5 9 | 手術器具 | |
| 6 0 | 結像面 | |
| 6 2 | コンピュータユニット | |
| 6 4 | 画像表示装置(モニタ) | |
| 6 6 | キー ボード | |
| 6 8 | 画像 | |
| 6 8 | 合成物体領域画像 | |
| 7 0 | 第一の部分 | 10 |
| 7 0 | ミラー反転された第一の部分 | |
| 7 2 | 第二の部分 | |
| 7 4 | フローチャート | |
| 7 6 | 画像部分分離ステージ | |
| 7 8 | フィルタステージ | |
| 8 0 | リングフィルタ | |
| 8 1 | フィルタ中心 | |
| 8 2 | 縁部 | |
| 8 4 | ミラー反転ステージ | |
| 8 6 | 、 8 8 ミラー軸 | |
| 9 0 | 結合ステージ | |
| 9 2 | 映り込みデータ | |
| r 1 | 、 r 2 フィルタ半径 | |

〔圖面〕

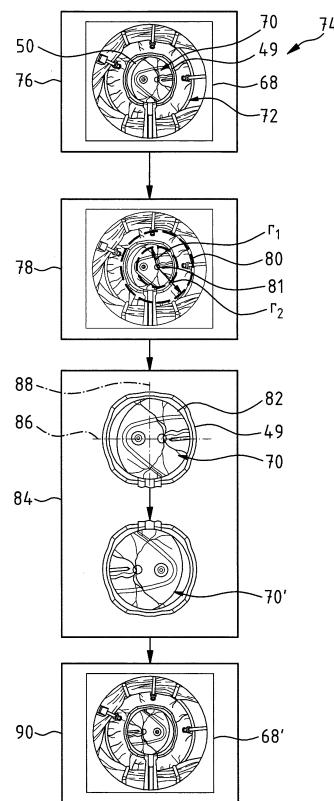
【図1】



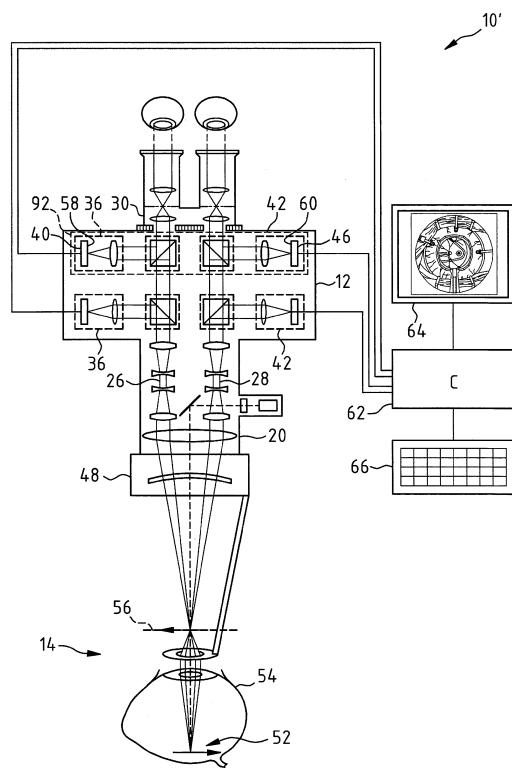
【 図 2 】



【図3】



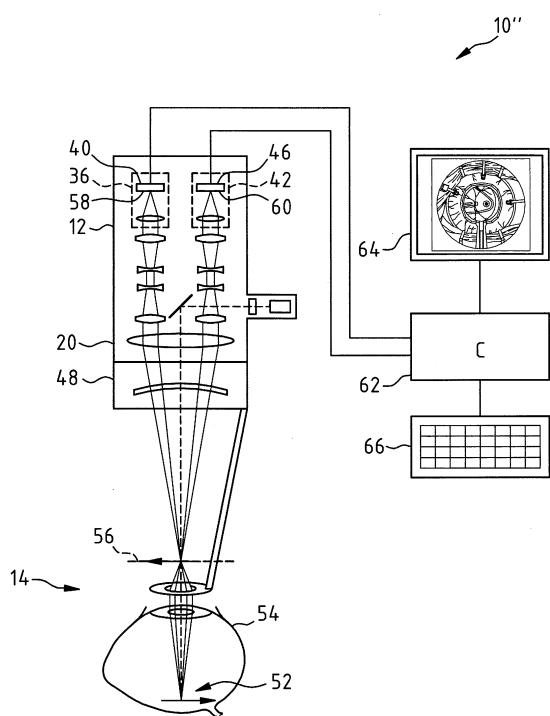
【図4】



10

20

【図5】



30

40

50

フロントページの続き

ドイツ連邦共和国・ディ - 7 3 4 3 1 ・アーレン・ベルタ - フォン - ズットナー - ヴェーク・4 6

審査官 小林 瞳

(56)参考文献 国際公開第2017/063714 (WO, A1)

特開2010-000110 (JP, A)

特開2003-325457 (JP, A)

国際公開第2016/109280 (WO, A2)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , DB名)

A 6 1 F 9 / 0 0 7