

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年4月20日(20.04.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/065018 A1

- (51) 国際特許分類:
A61F 9/007 (2006.01) *A61B 3/10* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/078981
- (22) 国際出願日: 2016年9月30日(30.09.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-203409 2015年10月15日(15.10.2015) JP
- (71) 出願人: ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 大月 知之 (OOTSUKI Tomoyuki); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 西川 孝, 外 (NISHIKAWA Takashi et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿7丁目5番2号 西新宿木村屋ビルディング9階 Tokyo (JP).

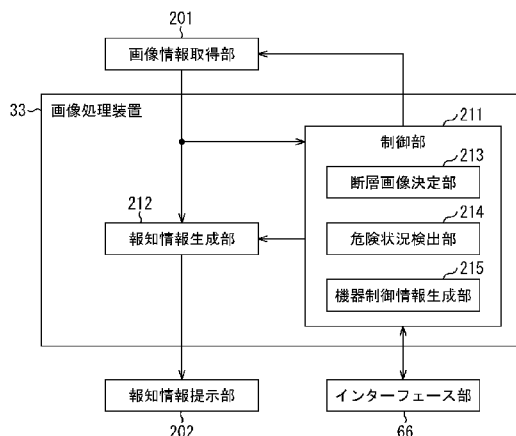
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: IMAGE PROCESSING DEVICE, IMAGE PROCESSING METHOD, AND SURGICAL MICROSCOPE

(54) 発明の名称: 画像処理装置、画像処理方法、および手術顕微鏡



(57) Abstract: This technology pertains to an image processing device, an image processing method, and a surgical microscope that allow detection and notification of a dangerous situation during eye surgery on the basis of a tomographic image. An image processing device comprises a dangerous situation detecting unit that detects a dangerous situation on the basis of a tomographic image of an eye acquired during eye surgery, and a control information generating unit that generates and outputs control information for coping with the detected dangerous situation. For example, this technology can be applied to surgical systems and the like that are used for eye surgery or the like.

(57) 要約: 本技術は、眼の手術中に、断層画像に基づいて危険状況を検出し、報知することができるようにする画像処理装置、画像処理方法、および手術顕微鏡に関する。画像処理装置は、眼の手術中に取得された眼の断層画像に基づいて、危険状況を検出する危険状況検出部と、検出された危険状況に対処するための制御情報を生成して出力する制御情報生成部とを備える。本技術は、例えば、眼の手術等に用いる手術システム等に適用できる。

- 33 Image processing device
66 Interfacing unit
201 Image information acquiring unit
202 Notification information presenting unit
211 Controlling unit
212 Notification information generating unit
213 Tomographic image determining unit
214 Dangerous situation detecting unit
215 Equipment control information generating unit

明 細 書

発明の名称：画像処理装置、画像処理方法、および手術顕微鏡 技術分野

[0001] 本技術は、画像処理装置、画像処理方法、および手術顕微鏡に関し、特に、眼の手術中に、断層画像に基づいて危険状況を検出し、報知することができるようにする画像処理装置、画像処理方法、および手術顕微鏡に関する。

背景技術

[0002] 眼の手術において、眼を正面から撮影した正面画像の他に、眼の奥行き方向の断面の画像である断層画像が、診断や解析のための画像として用いられている。例えば、特許文献1には、OCT（Optical Coherence Tomography：光干渉断層計）によって取得された眼の断層画像の解析結果を出力する眼科解析装置が開示されている。OCTは、施術対象の眼に近赤外光を照射し、眼の各組織による反射波を再構成して像を生成する技術である。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2014-140490号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、従来、眼の手術中に、断層画像に基づいて合併症などの危険状況を検出したり、報知することは行われていなかった。

[0005] 本技術は、このような状況に鑑みてなされたものであり、眼の手術中に、断層画像に基づいて危険状況を検出し、報知することができるようにするものである。

課題を解決するための手段

[0006] 本技術の第1の側面の画像処理装置は、眼の手術中に取得された前記眼の断層画像に基づいて、危険状況を検出する危険状況検出部と、検出された前記危険状況に対処するための制御情報を生成して出力する制御情報生成部と

を備える。

[0007] 本技術の第2の側面の画像処理方法は、画像処理装置が、眼の手術中に取得された前記眼の断層画像に基づいて、危険状況を検出し、検出された前記危険状況に対処するための制御情報を生成して出力するステップを含む。

[0008] 本技術の第3の側面の手術顕微鏡は、手術対象の眼の断層画像を撮影する断層画像撮影部と、手術中に取得された前記眼の断層画像に基づいて、危険状況を検出する危険状況検出部と、検出された前記危険状況に対処するための制御情報を生成して出力する制御情報生成部とを備える。

[0009] 本技術の第1乃至第3の側面においては、眼の手術中に取得された前記眼の断層画像に基づいて、危険状況が検出され、検出された前記危険状況に対処するための制御情報が生成されて出力される。

[0010] 画像処理装置は、独立した装置であっても良いし、1つの装置を構成している内部ブロックであっても良い。

発明の効果

[0011] 本技術の第1乃至第3の側面によれば、眼の手術中に、断層画像に基づいて危険状況を検出し、報知することができる。

[0012] なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載されたいずれかの効果であってもよい。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本技術を適用した手術システムの一実施の形態の構成例を示す図である。

[図2]手術顕微鏡の詳細な構成を示すブロック図である。

[図3]白内障手術について簡単に説明する図である。

[図4]危険状況の検出と報知に関する部分のブロック図である。

[図5]画像情報取得部の構成例を示すブロック図である。

[図6]手術顕微鏡による危険状況検出報知処理を説明するフローチャートである。

[図7]正面画像の画像認識処理を説明する図である。

[図8]浅前房の検出における断層面の決定を説明する図である。

[図9]浅前房の検出におけるリスクパラメータを説明する図である。

[図10]外部機器としての超音波乳化吸引装置を示す図である。

[図11]浅前房の検出における断層画像の例を示す図である。

[図12]IMSリスクの検出におけるリスクパラメータを説明する図である。

[図13]IMSリスクの検出における断層画像の例を示す図である。

[図14]後嚢破損の検出における断層面の決定を説明する図である。

[図15]後嚢破損の検出におけるリスクパラメータを説明する図である。

[図16]後嚢破損の検出における断層面の決定を説明する図である。

[図17]後嚢破損の検出における断層面の決定を説明する図である。

[図18]後嚢破損の検出における断層面の決定を説明する図である。

[図19]後嚢破損の検出における断層面の決定を説明する図である。

[図20]後嚢破損の検出における断層面の決定を説明する図である。

[図21]後嚢破損の検出における断層画像の例を示す図である。

[図22]核落下を説明する図である。

[図23]核落下の検出における断層画像の例を示す図である。

[図24]インプラント誤挿入の検出における断層面の決定を説明する図である。

。

[図25]インプラント誤挿入の検出におけるリスクパラメータを説明する図である。

[図26]インプラント誤挿入の検出における断層面の決定を説明する図である。

。

[図27]インプラント誤挿入の検出における断層面の決定を説明する図である。

。

[図28]インプラント誤挿入の検出における断層画像の例を示す図である。

[図29]虹彩脱出リスクの検出における断層面の決定を説明する図である。

[図30]虹彩脱出リスクの検出における断層面の決定を説明する図である。

[図31]虹彩脱出リスクの検出におけるリスクパラメータを説明する図である。

。

[図32]虹彩脱出リスクの検出における断層画像の例を示す図である。

[図33]ボリュームデータの例を示す図である。

[図34]本技術を適用したコンピュータの一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本技術を実施するための形態（以下、実施の形態という）について説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

1. 手術システムの構成例
2. 危険状況の検出と報知に関するブロック図
3. 危険状況検出報知処理の処理フロー
4. 浅前房の検出例
5. IMSリスクの検出例
6. 後囊破損の検出例
7. 核落下の検出例
8. インプラント誤挿入の検出例
9. 虹彩脱出リスクの検出例
10. コンピュータの構成例

[0015] <1. 手術システムの構成例>

図1は、本技術を適用した手術システムの一実施の形態の構成例を示す図である。

[0016] 図1に示す手術システム11は、眼の手術に用いられるシステムであり、手術顕微鏡21および患者用ベッド22を有する。患者は患者用ベッド22に横たわった状態で眼の手術を受ける。また、術者である医師は、手術顕微鏡21により患者の眼を観察しながら手術を行う。

[0017] 手術顕微鏡21は、手術対象となる患者の眼を拡大観察するための対物レンズ31や接眼レンズ32、画像処理装置33、モニタ34などを有している。

- [0018] 画像処理装置 33 は、対物レンズ 31 を介して撮影された画像に対して所定の画像処理を行うことにより、手術中の危険な状況を検出して、出力する。
- [0019] モニタ 34 は、対物レンズ 31 を介して撮影された画像や、画像処理装置 33 により生成された所定の情報、例えば、手術中の危険な状況（以下、危険状況ともいう。）を術者に報知する報知情報を表示する。
- [0020] 手術システム 11 において、例えば、医師は、接眼レンズ 32 を覗き、対物レンズ 31 を介して患者の眼を観察しながら手術を行う。また、医師は、モニタ 34 に表示される画像や、画像処理装置 33 によりモニタ 34 に表示される所定の情報を確認しながら、手術を行う。
- [0021] 図 2 は、手術顕微鏡 21 の詳細な構成を示すブロック図である。なお、図 2 において図 1 における場合と対応する部分には同一の符号を付してあり、その説明は適宜省略する。
- [0022] 手術顕微鏡 21 は、光源 61、観察光学系 62、正面画像撮影部 63、断層画像撮影部 64、提示部 65、インターフェース部 66、および、スピーカ 67 を有している。
- [0023] 光源 61 は、画像処理装置 33 の制御に従って照明光を射出し、患者の眼を照明する。また、観察光学系 62 は、例えば対物レンズ 31 やハーフミラー 71、図示せぬレンズなどの光学素子から構成され、患者の眼から反射された光（観察光）を接眼レンズ 32 および正面画像撮影部 63 へと導く。
- [0024] すなわち、患者の眼から反射された光は、観察光として、対物レンズ 31 や図示せぬレンズ等を介してハーフミラー 71 に入射される。ハーフミラー 71 に入射された観察光のうちの略半分は、ハーフミラー 71 をそのまま透過し、透過型の提示部 65 を介して接眼レンズ 32 へと入射される。一方、ハーフミラー 71 に入射された観察光の残りの半分は、ハーフミラー 71 で反射されて正面画像撮影部 63 へと入射される。
- [0025] 正面画像撮影部 63 は、例えばビデオカメラなどからなり、観察光学系 62 から入射された観察光を受光して光電変換することで、患者の眼を正面か

ら観察した画像、つまり患者の眼を略眼軸方向から撮影した画像である正面画像を撮影する。正面画像撮影部 6 3 は、画像処理装置 3 3 の制御に従って正面画像を撮影し、得られた正面画像を画像処理装置 3 3 に供給する。

[0026] 断層画像撮影部 6 4 は、例えば光干渉断層計（OCT(Optical Coherence Tomography)）やシャインブルークカメラなどからなる。断層画像撮影部 6 4 は、画像処理装置 3 3 の制御に従って患者の眼の断面の画像である断層画像を撮影し、得られた断層画像を画像処理装置 3 3 に供給する。ここで、断層画像とは、患者の眼における眼軸方向と略平行な方向の断面の画像である。

[0027] なお、断層画像撮影部 6 4 は、例えば赤外光を用いて干渉原理により断層画像を取得するが、その際の赤外光の光路と、観察光学系 6 2 内の観察光の光路の一部とが共通の光路となるようにしてもよい。

[0028] 接眼レンズ 3 2 は、提示部 6 5 を介して観察光学系 6 2 から入射された観察光を集光して、患者の眼の光学像を結像させる。これにより、接眼レンズ 3 2 を覗いている術者には、患者の眼の光学像が観察される。

[0029] 提示部 6 5 は、透過型の表示デバイスからなり、接眼レンズ 3 2 と観察光学系 6 2 との間に配置されている。提示部 6 5 は、観察光学系 6 2 から入射された観察光を透過させて接眼レンズ 3 2 に入射させるとともに、画像処理装置 3 3 から供給された正面画像や断層画像、報知情報なども、必要に応じて提示（表示）する。正面画像や断層画像、報知情報などは、例えば、患者の眼の光学像に重畳されて提示されてもよいし、光学像を邪魔しないように、光学像の周辺部に提示されてもよい。

[0030] 画像処理装置 3 3 は、手術顕微鏡 2 1 全体の動作を制御する。例えば、画像処理装置 3 3 は、光源 6 1 の照明条件を変更したり、観察光学系 6 2 のズーム倍率を変更したりする。また、画像処理装置 3 3 は、インターフェース部 6 6 から供給される術者等の操作情報などに基づいて、正面画像撮影部 6 3 及び断層画像撮影部 6 4 の画像取得を制御する。

[0031] インターフェース部 6 6 は、例えばモニタ 3 4 に重畳して設けられたタッチパネルや、コントローラ、図示せぬリモートコントローラからの指令を受

信したり、外部装置との通信を行ったりする通信部などからなり、術者等の操作に応じた情報などを画像処理装置 33 に供給する。また、インターフェース部 66 は、危険な状況が検出されたときに画像処理装置 33 から供給される、外部機器を制御するための機器制御情報などを、外部機器に出力する。

[0032] モニタ 34 は、画像処理装置 33 の制御に応じて正面画像や断層画像、報知情報などを表示する。スピーカ 67 は、手術中に危険な状況を検出した場合に、その危険状況を術者等に報知するための、ブザー音、メロディ音などの音、「～を検出しました」等のメッセージ（音声）などを出力する。その他、手術顕微鏡 21 は、危険状況を術者等に報知するための回転灯や表示灯（ランプ）を備えていてもよい。

[0033] 以上のように構成される手術システム 11 では、画像処理装置 33 が、正面画像撮影部 63 及び断層画像撮影部 64 で取得された正面画像及び断層画像に基づいて、眼の手術中に発生した危険な状況を検出し、モニタ 34 やスピーカ 67 等で術者に危険状況を報知することができる。

[0034] 以下では、眼の手術の中でも、白内障手術を行う場合を例に、画像処理装置 33 による危険状況の検出と、その報知について説明する。

[0035] そこで、初めに、図 3 を参照して、白内障手術について簡単に説明する。

[0036] 白内障手術では、図 3 の矢印 A11 に示すように、まず患者の眼球 101 の角膜 102 部分等がナイフにより切開され、創口 103 が作成される。そして、創口 103 部分から術具が挿入されて眼球 101 内部にある水晶体 104 の前方部分、つまり前囊部分が円形状に切開される。

[0037] そして、矢印 A12 に示すように創口 103 から水晶体 104 の前囊切開部分に術具が挿入されて、核処理と呼ばれる超音波振動による水晶体 104 の核の乳化（粉碎）と吸引が行われ、さらに皮質も吸引される。その後、矢印 A13 に示すように水晶体 104 内部に眼内レンズ 105 が挿入されて手術終了となる。

[0038] このような白内障手術では、検出すべき危険状況として、例えば、以下に

示されるものが挙げられる。

(1) 浅前房：角膜裏面と虹彩表面の間の空間である前房が浅くなること

(2) IMS (Infusion Misdirection Syndrome) リスク：手術用の灌流液が水晶体の裏側に流れ込んでしまう状況

(3) 後囊破損：水晶体の後方部分である後囊が破損すること

(4) 核落下：後囊破損が起きたときに、その破損部分から、水晶体の核が落下すること

(5) インプラント誤挿入：インプラント（体内埋め込み物体）の位置が正常ではない位置に挿入されること

(6) 虹彩脱出リスク：虹彩が創口から眼外に出ること

[0039] 上述した(1)乃至(6)には、例えば、後囊破損やインプラント誤挿入などのように、危険な状況が発生したことを検出する場合と、例えば、虹彩脱出リスクやIMSリスクなどのように、危険な状況の発生が想定される状況を検出する場合とがあるが、本明細書では、これらの両方を含めて、危険状況と定義する。

[0040] <2. 危険状況の検出と報知に関するブロック図>

図4は、手術システム11のうち、危険状況の検出と報知に関する部分のブロック図である。図4においても、図1及び図2における部分と対応する部分には同一の符号を付してあり、その説明は適宜省略する。

[0041] 手術システム11は、危険状況の検出と報知に関し、画像情報取得部201、画像処理装置33、報知情報提示部202、及び、インターフェース部66を有している。また、画像処理装置33は、制御部211、及び、報知情報生成部212を有する。

[0042] 画像情報取得部201は、画像処理装置33の制御部211からの制御に基づいて、断層画像や正面画像を取得して、画像処理装置33に供給する。画像情報取得部201は、具体的には、図5に示されるように、正面画像撮影部63および断層画像撮影部64に対応する。正面画像撮影部63が、正面画像を撮影して、制御部211および報知情報生成部212に供給すると

ともに、断層画像撮影部 6 4 が、断層画像を撮影して、制御部 2 1 1 および報知情報生成部 2 1 2 に供給する。断層画像の取得方法は、正面画像の認識結果及びその他の情報を基に、制御部 2 1 1 により決定され、制御部 2 1 1 から断層画像撮影部 6 4 に指示される。

[0043] 画像処理装置 3 3 の制御部 2 1 1 は、光源 6 1 の照明条件を変更したり、観察光学系 6 2 のズーム倍率を変更したりなど、手術顕微鏡 2 1 全体の動作を制御する。

[0044] また、制御部 2 1 1 は、危険状況の検出と報知に関し、断層画像決定部 2 1 3、危険状況検出部 2 1 4、及び、機器制御情報生成部 2 1 5 を有する。

[0045] 断層画像決定部 2 1 3 は、画像情報取得部 2 0 1 から供給される正面画像等に基づいて、断層画像撮影部 6 4 が撮影する撮影面（断層面）を決定し、断層画像撮影部 6 4 に指定する。例えば、断層画像決定部 2 1 3 は、正面画像を画像認識することにより、眼の角膜の範囲や瞳孔の範囲などを検出し、角膜の中心位置を通る面を断層面に決定する。断層面の決定方法は、検出すべき危険状況に応じて異なるため、詳細は後述する。

[0046] 危険状況検出部 2 1 4 は、画像情報取得部 2 0 1 から供給される断層画像に基づいて、眼の手術中における危険状況を検出する。危険状況検出部 2 1 4 は、断層画像から所定のリスクパラメータを算出し、算出されたリスクパラメータに基づいて危険状況を検出する場合もあるし、断層画像から直接、危険状況を検出する場合もある。

[0047] 危険状況検出部 2 1 4 は、危険状況が検出された際に、その危険状況を術者等に報知するための報知情報の生成を報知情報生成部 2 1 2 に指示する。

[0048] 機器制御情報生成部 2 1 5 は、危険状況が検出された際に、外部機器を制御する機器制御情報を生成し、インターフェース部 6 6 に供給する。例えば、機器制御情報生成部 2 1 5 は、危険状況検出部 2 1 4 で算出されたリスクパラメータを、機器制御情報として、インターフェース部 6 6 を介して外部機器に供給する。また例えば、機器制御情報生成部 2 1 5 は、外部機器としての超音波乳化吸引装置 2 6 1（図 10）の動作を停止させる機器制御信号

を、機器制御情報として、インターフェース部 66 を介して外部機器に供給する。

[0049] 報知情報生成部 212 は、制御部 211 の制御に基づいて、危険状況が検出された際に、その危険状況を術者等に報知するための報知情報を生成し、報知情報提示部 202 に供給する。報知情報は、例えば、ブザー音、メロディ音などの音を出力させるための音制御信号、危険状況の検出を知らせる画面の画面制御信号などである。また、正面画像や断層画像そのものも、報知情報として報知情報提示部 202 に供給される場合もある。

[0050] 機器制御情報生成部 215 と報知情報生成部 212 は、検出された危険状況に対処するための制御情報を生成して出力する制御情報生成部に相当する。

[0051] 報知情報提示部 202 は、報知情報生成部 212 から供給された報知情報を、術者に提示する。報知情報提示部 202 は、モニタ 34 やスピーカ 67 等、回転灯や表示灯（ランプ）に対応する。

[0052] <3. 危険状況検出報知処理の処理フロー>

図 6 のフローチャートを参照して、上述した（1）乃至（6）の危険状況に共通な処理として、手術顕微鏡 21 による危険状況検出報知処理について説明する。

[0053] 初めに、ステップ S1 において、画像情報取得部 201 は、眼の正面画像を取得し、制御部 211 に供給する。

[0054] ステップ S2 において、制御部 211 の断層画像決定部 213 は、画像情報取得部 201 から供給された眼の正面画像の画像認識処理を行う。正面画像の画像認識処理では、例えば、図 7 に示される、眼の角膜（角膜輪部）231 の中心位置 232 など、断層面を決定するために必要となる眼の所定の位置が検出される。図 7 は、開瞼器で開いた患者の眼を正面から撮影した正面画像のイメージ図である。図 7 において、角膜 231 の内側に瞳孔 233 があり、瞳孔 233 より外側の角膜 231 の領域に、創口位置 234 がある。

- [0055] ステップS 3において、制御部2 1 1の断層画像決定部2 1 3は、正面画像の画像認識結果に基づいて、断層画像を取得する面である断層面を決定する。決定された断層面を特定する情報（断層面特定情報）は、制御部2 1 1から、画像情報取得部2 0 1へ供給される。
- [0056] ステップS 4において、画像情報取得部2 0 1は、制御部2 1 1から供給された断層面特定情報に基づいて、断層画像を取得し、制御部2 1 1及び報知情報生成部2 1 2に供給する。断層画像は、所定のフレームレート（例えば、3 0枚/秒）で継続的に取得される。
- [0057] ステップS 5において、制御部2 1 1の危険状況検出部2 1 4は、画像情報取得部2 0 1から供給された断層画像に基づいて、リスクパラメータの算出と出力を行う。なお、リスクパラメータの算出及び出力は、検出対象となる危険状況によっては省略される場合もある。リスクパラメータが出力される場合、算出されたリスクパラメータは、機器制御情報生成部2 1 5を介してインターフェース部6 6へ供給され、インターフェース部6 6から外部機器へ出力される。
- [0058] ステップS 6において、危険状況検出部2 1 4は、算出されたリスクパラメータに基づいて、検出対象となる危険状況を検出したかを判定する。また、リスクパラメータの算出が省略される場合には、危険状況検出部2 1 4は、画像情報取得部2 0 1から供給された断層画像に基づいて、検出対象となる危険状況を検出したかを判定する。
- [0059] ステップS 6で、検出対象となる危険状況を検出したと判定された場合、処理はステップS 7へ進み、後述するステップS 7及びS 8の処理が実行される。一方、ステップS 6で、危険状況を検出していないと判定された場合、ステップS 7及びS 8の処理がスキップされ、処理はステップS 9へ進められる。
- [0060] ステップS 6で、検出対象となる危険状況を検出したと判定された場合、処理はステップS 7へ進み、報知情報生成部2 1 2は、制御部2 1 1の制御に従い、報知情報の生成と出力を行う。

- [0061] より具体的には、ステップS 7において、例えば、制御部2 1 1の危険状況検出部2 1 4は、報知情報生成部2 1 2に、報知情報として、ブザー音を出力するように指示する。また、危険状況検出部2 1 4は、画像情報取得部2 0 1から供給される断層画像を報知情報とすることを報知情報生成部2 1 2に指示する。報知情報生成部2 1 2は、制御部2 1 1の制御に従い、スピーカ6 7を制御する制御信号（音響信号）を報知情報提示部2 0 2に出力するとともに、画像情報取得部2 0 1から供給される断層画像を、報知情報として、報知情報提示部2 0 2に供給する。
- [0062] また、検出された危険状況に対して、外部機器を制御する場合には、ステップS 7において、制御部2 1 1の機器制御情報生成部2 1 5が、外部機器を制御するための機器制御情報をインターフェース部6 6に供給する。
- [0063] ステップS 8において、報知情報提示部2 0 2は、報知情報生成部2 1 2から供給された報知情報に基づいて、報知情報を提示する。例えば、報知情報提示部2 0 2としてのスピーカ6 7は、ブザー音を出力する。報知情報提示部2 0 2としてのモニタ3 4は、報知情報生成部2 1 2から供給された断層画像を表示する。
- [0064] なお、ブザー音の出力と断層画像の表示を同時に行うのではなく、例えば、報知情報提示部2 0 2が初めにブザー音を出力し、ブザー音に基づいて危険状況を認識した術者が、インターフェース部6 6を介して断層画像の表示を指示した場合に、報知情報提示部2 0 2が断層画像を提示（表示）するようにしてもよい。
- [0065] ステップS 9において、制御部2 1 1は、危険状況検出報知処理を終了するかを判定する。例えば、制御部2 1 1は、ステップS 8において報知情報が提示された後、処理の停止がタッチパネルの操作等により、術者から指示された場合、危険状況検出報知処理を終了すると判定する。
- [0066] ステップS 9で、危険状況検出報知処理をまだ終了しないと判定された場合、処理はステップS 1に戻り、それ以降の処理が繰り返し実行される。
- [0067] 一方、ステップS 9で、危険状況検出報知処理を終了すると判定された場

合、処理が終了する。

[0068] 以上のように実行される危険状況検出報知処理によれば、眼の手術中に、断層画像に基づいて危険状況を検出し、術者に報知することができる。また、外部機器を術者の操作なしに（自動で）制御することができる。

[0069] 次に、白内障手術における上述した6種類の危険状況、即ち、（１）浅前房、（２）IMSリスク、（３）後囊破損、（４）核落下、（５）インプラント誤挿入、（６）虹彩脱出リスクのそれぞれの場合について、図6で説明した危険状況検出報知処理において異なる部分について、具体的に説明する。なお、各危険状況の説明では、図6に示した危険状況検出報知処理の各ステップを適宜引用して説明する。

[0070] ＜4．浅前房の検出例＞

最初に、（１）浅前房の検出について説明する。

[0071] 浅前房の検出では、ステップS3において、制御部211は、図8に示されるように、正面画像から画像認識された角膜231の中心位置232を通り、正面画像の水平方向と垂直方向にそれぞれ平行な面G1及びG2を、断層面に決定する。そして、制御部211は、決定した断層面を特定する断層面特定情報を生成し、画像情報取得部201に供給する。

[0072] ステップS4において、画像情報取得部201は、制御部211から供給される断層面特定情報に基づいて、断層画像を取得し、制御部211に供給する。

[0073] ステップS5において、制御部211は、画像情報取得部201から供給された断層画像に基づいて、リスクパラメータとして、図9に示されるように、角膜頂点241から隅角242までの距離（例えば、鉛直方向の距離）P1を算出する。なお、図9では、角膜頂点241として、角膜231の底面側としているが、角膜231の上面側でもよい。また、角膜頂点241から隅角242までの距離P1を角膜半径で除算した正規化後の値を、リスクパラメータとして用いてもよい。

[0074] また、ステップS5では、算出されたリスクパラメータが、インターフェ

ース部 66 を介して、図 10 に示される超音波乳化吸引装置 261 に、外部機器を制御する機器制御情報として出力される。超音波乳化吸引装置 261 は、供給されたリスクパラメータに基づいて、灌流液の圧力（灌流圧）を制御する。より具体的には、超音波乳化吸引装置 261 は、リスクパラメータが所定の値よりも小さくなると灌流圧を上げるような制御を行う。灌流圧の制御は、例えば、灌流液のボトル高さを制御することで行うことができる。

[0075] ステップ S6 において、制御部 211 は、リスクパラメータとしての、角膜頂点 241 から隅角 242 までの距離 P1 が予め設定した閾値よりも小さいか否かにより、危険状況、即ち、浅前房を検出したかを判定する。

[0076] ステップ S6 で、浅前房が検出されたと判定された場合、ステップ S7 において、報知情報生成部 212 は、制御部 211 の制御に従い、報知情報を生成し、報知情報提示部 202 に供給する。

[0077] ステップ S8 において、報知情報提示部 202 としてのスピーカ 67 は、ブザー音を出力する。報知情報提示部 202 としてのモニタ 34 は、報知情報生成部 212 から供給された断層画像を表示する。なお、断層画像の表示は、上述したように、術者による断層画像を表示させる操作が行われてから実行するようにしてもよい。

[0078] 図 11 は、報知情報としてモニタ 34 に表示された断層画像の例を示している。断層画像では、術具 243 の下側は、断層情報を取得することができないため、影となっている。

[0079] 上述した、浅前房を検出して術者に報知する危険状況検出報知処理によれば、虹彩損傷や角膜内皮細胞障害等の合併症を生じやすい状況を検出し、迅速に対処することができるので、合併症の発生を防止することができる。また、リスクパラメータである、角膜頂点 241 から隅角 242 までの距離 P1 を機器制御情報として外部機器に出力することで、合併症の予防に貢献することができる。

[0080] <5. IMS リスクの検出例>

次に、（2）IMS リスクの検出について説明する。

- [0081] IMSリスクの検出では、危険状況検出報知処理のステップS 3において、制御部2 1 1は、図8に示したように、正面画像から画像認識された角膜2 3 1の中心位置2 3 2を通り、正面画像の水平方向と垂直方向にそれぞれ平行な面G 1及びG 2を、断層面に決定する。そして、制御部2 1 1は、決定した断層面を特定する断層面特定情報を生成し、画像情報取得部2 0 1に供給する。
- [0082] ステップS 4において、画像情報取得部2 0 1は、制御部2 1 1から供給される断層面特定情報に基づいて、断層画像を取得し、制御部2 1 1に供給する。
- [0083] ステップS 5において、制御部2 1 1は、画像情報取得部2 0 1から供給された断層画像に基づいて、リスクパラメータとして、図1 2に示されるように、角膜頂点2 4 1から後嚢下端2 4 4までの距離（例えば、鉛直方向の距離）P 2を算出する。なお、図1 2では、角膜頂点2 4 1として、角膜2 3 1の底面側としているが、角膜2 3 1の上面側でもよい。また、角膜頂点2 4 1から後嚢下端2 4 4までの距離P 2を角膜半径で除算した正規化後の値を、リスクパラメータとして用いてもよい。
- [0084] また、ステップS 5では、算出されたリスクパラメータが、インターフェース部6 6を介して、図1 0に示した超音波乳化吸引装置2 6 1に機器制御情報として出力される。超音波乳化吸引装置2 6 1は、供給されたリスクパラメータに基づいて、灌流液の圧力（灌流圧）を制御する。より具体的には、超音波乳化吸引装置2 6 1は、リスクパラメータが所定の値よりも大きくなると灌流圧を下げるような制御を行う。灌流圧の制御は、例えば、灌流液のボトル高さを制御することで行うことができる。
- [0085] ステップS 6において、制御部2 1 1は、リスクパラメータとしての、角膜頂点2 4 1から後嚢下端2 4 4までの距離P 2が予め設定した閾値よりも大きいかな否かにより、危険状況、即ち、IMSリスクを検出したかを判定する。
- [0086] ステップS 6で、IMSリスクが検出されたと判定された場合、ステップS 7において、報知情報生成部2 1 2は、制御部2 1 1の制御に従い、報知情報

を生成し、報知情報提示部 202 に供給する。

[0087] ステップ S 8 において、報知情報提示部 202 としてのスピーカ 67 は、ブザー音を出力する。報知情報提示部 202 としてのモニタ 34 は、報知情報生成部 212 から供給された断層画像を表示する。なお、断層画像の表示は、上述したように、術者による断層画像を表示させる操作が行われてから実行するようにしてもよい。

[0088] 図 13 は、報知情報としてモニタ 34 に表示された断層画像の例を示している。断層画像では、術具 243 の下側は、断層情報を取得することができないため、影となっている。

[0089] 上述した、IMS リスクを検出して術者に報知する危険状況検出報知処理によれば、合併症である IMS を生じやすい状況を検出し、迅速に対処することができるので、合併症の発生を防止することができる。また、リスクパラメータである、角膜頂点 241 から後嚢下端 244 までの距離 P 2 を機器制御情報として外部機器に出力することで、合併症の予防に貢献することができる。

[0090] <6. 後嚢破損の検出例>

次に、(3) 後嚢破損の検出について説明する。

[0091] 後嚢破損の検出では、危険状況検出報知処理のステップ S 3 において、制御部 211 は、図 14 に示されるように、正面画像から画像認識された術具 262 の先端を通り、術具 262 の長手方向に平行な面 G 11 と、面 G 11 に対して、術具 262 の先端を中心に所定の角度だけずれた（回転させた）面 G 12 を、断層面に決定する。そして、制御部 211 は、決定した断層面を特定する断層面特定情報を生成し、画像情報取得部 201 に供給する。なお、面 G 11 と面 G 12 の交差角度は任意であり、例えば、直交する角度であってもよい。

[0092] ステップ S 4 において、画像情報取得部 201 は、制御部 211 から供給される断層面特定情報に基づいて、断層画像を取得し、制御部 211 に供給する。

[0093] ステップ S 5 において、制御部 211 は、画像情報取得部 201 から供給

された断層画像に基づいて、リスクパラメータとして、図 15 に示されるように、術具 262 の先端から後囊下端 244 までの距離（例えば、鉛直方向の距離）P3 を算出する。

[0094] 次のステップ S6 では、取得された断層画像に基づいて、後囊破損が検出されたか否かが判定されるが、リスクパラメータである、術具 262 の先端から後囊下端 244 までの距離 P3 が、ある程度、小さい値になるまでは、ステップ S1 乃至ステップ S9 の処理（ステップ S6 では NO と判定される）が繰り返される。

[0095] そして、リスクパラメータが所定の値より小さい値となり、術具 262 の先端から後囊下端 244 までの距離が所定の近さになると、ステップ S3 において、制御部 211 は、図 16 に示されるように、複数の面 G21 乃至 G25 を、断層面に決定する。複数の面 G21 乃至 G25 それぞれは、術具 262 の先端を平面方向の中心として、断面方向と水平方向及び垂直方向とからなる所定の三次元空間（以下、断層撮影空間という。）を、複数の断層面で等分割するような面である。

[0096] 術具 262 の先端から後囊下端 244 までの距離が、さらに近づくと、ステップ S3 において、制御部 211 は、図 17 に示されるように、断層撮影空間をさらに小さく設定し、断層画像の本数と密度を大きくするように断層面を決定する。図 17 の例では、断層撮影空間が、図 16 における場合よりも小さく設定され、断層面の数も、図 16 における 5 つの面 G21 乃至 G25 よりも 2 つ多い、7 つの面 G21 乃至 G27 が断層面に決定されている。

[0097] このように、後囊破損の検出では、手術中に変化するリスクパラメータに応じて、撮影される断層面も動的に決定（変更）される。

[0098] なお、断層面は、断層撮影空間をカバーするように、複数の断層面位置が決定されればよい。図 16 及び図 17 に示したような、術具 262 の長手方向に平行な複数の断層面に限られない。例えば、図 18 に示されるような、術具 262 の長手方向に垂直な複数の面 G21 乃至 G25 や、図 19 に示されるような、術具 262 の長手方向に所定の角度の複数の面 G21 乃至

G 2 5、図 2 0 に示されるような、放射状の複数の面 G 2 1 乃至 G 2 5 を、断層面に決定してもよい。また、断層面の面数も 5 つに制限されず、任意である。

[0099] ステップ S 6 では、取得された断層画像に基づいて、後囊破損が検出されたか否かが判定される。後囊破損の検出は、具体的には、例えば、断層画像における後囊に不連続部分があることの検出により行う。

[0100] ステップ S 6 で、後囊破損が検出されたと判定された場合、ステップ S 7 において、報知情報生成部 2 1 2 は、制御部 2 1 1 の制御に従い、報知情報を生成し、報知情報提示部 2 0 2 に供給する。

[0101] ステップ S 8 において、報知情報提示部 2 0 2 としてのスピーカ 6 7 は、ブザー音を出力する。報知情報提示部 2 0 2 としてのモニタ 3 4 は、報知情報生成部 2 1 2 から供給された断層画像を表示する。断層画像の表示は、上述したように、術者による断層画像を表示させる操作が行われてから実行するようにしてもよい。

[0102] ここで、報知情報として表示される断層画像は、後囊破損後の断層画像となっており、後囊を破損した瞬間の断層画像ではない。そこで、報知情報生成部 2 1 2 は、過去の一定時間の断層画像を保持（記録）しておくようにして、術者から再生の要求がされたときに、後囊破損が検出された瞬間を含む所定期間の断層画像の動画像、または、後囊破損が検出された瞬間の断層画像（静止画）を報知情報提示部 2 0 2 に提示させるようにしてもよい。

[0103] 図 2 1 は、報知情報としてモニタ 3 4 に表示された後囊破損後の断層画像の例を示している。断層画像では、術具 2 6 2 の下側は、断層情報を取得することができないため、影となっている。

[0104] さらに、後囊破損の検出では、ステップ S 7 において、制御部 2 1 1 が、機器制御情報を外部機器に出力することで、図 1 0 に示した超音波乳化吸引装置 2 6 1 の動作を停止させる制御を行うようにすることができる。具体的には、機器制御情報生成部 2 1 5 が、超音波乳化吸引時は、超音波と吸引を停止させ、I/A（灌流／吸引）時は、吸引を停止させる制御を行うことができ

る。

[0105] 上述した、後嚢破損を検出して術者に報知する危険状況検出報知処理によれば、合併症を早期に検出し、迅速に対処することができるので、重篤化を防止することができる。また、後嚢破損が検出された際に、外部機器を制御する機器制御情報を外部機器に出力することで、合併症発生時の重篤化防止に貢献することができる。

[0106] < 7. 核落下の検出例 >

次に、(4) 核落下の検出について説明する。

[0107] 危険状況検出報知処理として、核落下が検出される場合には、後嚢破損が検出された時から、核落下の危険状況検出報知処理が開始される。

[0108] 核の落下は、図 22 に示されるように、後嚢破損個所から起きるので、制御部 211 は、ステップ S3 において、後嚢破損位置を中心に断層撮影空間を設定して、断層面を決定する。具体的には、後嚢破損の検出のときと同様に、後嚢破損位置を中心にして、図 16 に示した術具 262 の長手方向に平行な複数の面 G21 乃至 G25、図 18 に示した術具 262 の長手方向に垂直な複数の面 G21 乃至 G25、図 19 に示した術具 262 の長手方向に所定の角度の複数の面 G21 乃至 G25、または、図 20 に示した放射状の複数の面 G21 乃至 G25 などを、断層面に決定することができる。眼が移動した場合であっても、画像認識により、後嚢破損位置に追従して、断層面が決定される。

[0109] ステップ S6 では、取得された断層画像に基づいて、核落下が検出されたか否かが判定される。制御部 211 は、断層画像において、後嚢破損位置を、散乱の大きな物体が上から下に通過した場合、核落下が発生したと検出する。なお、落下した物体（核）のサイズが所定のサイズ以下である場合には、予後に影響しないので、核落下と検出しないようにしてもよい。

[0110] ステップ S6 で、核落下が検出されたと判定された場合、ステップ S7 において、報知情報生成部 212 は、制御部 211 の制御に従い、報知情報を生成し、報知情報提示部 202 に供給する。

[0111] ステップS 8において、報知情報提示部202としてのスピーカ67は、ブザー音を出力する。報知情報提示部202としてのモニタ34は、報知情報生成部212から供給された断層画像を表示する。なお、断層画像の表示は、上述したように、術者による断層画像を表示させる操作が行われてから実行するようにしてもよい。

[0112] 報知情報提示時の断層画像は、核落下後の断層画像となっているので、核が落下した瞬間の断層画像ではない。そこで、報知情報生成部212は、過去の一定時間の断層画像を保持（記録）しておくようにして、術者から再生の要求がされたときに、核落下が検出された瞬間を含む所定期間の断層画像の動画像、または、核落下が検出された瞬間の断層画像（静止画）を報知情報提示部202に提示させるようにしてもよい。

[0113] 図23は、報知情報としてモニタ34に表示された核落下時の断層画像の例を示している。断層画像では、術具262の下側は、断層情報を取得することができないため、影となっている。

[0114] 上述した、核落下を検出して術者に報知する危険状況検出報知処理によれば、核落下に対する適切な処置、具体的には、例えば、硝子体手術の実施を促し、合併症への対応漏れの可能性を低減することができる。

[0115] <8. インプラント誤挿入の検出例>

次に、（5）インプラント誤挿入の検出について説明する。なお、以下では、インプラントが眼内レンズである場合を例にして説明する。

[0116] インプラント誤挿入の検出では、危険状況検出報知処理のステップS 3において、制御部211は、図24に示されるように、正面画像から画像認識された眼内レンズ271の特定部分（長手方向の端部）272を通り、長手方向に平行な面G31を、断層面に決定する。そして、制御部211は、決定した断層面を特定する断層面特定情報を生成し、画像情報取得部201に供給する。

[0117] ステップS 4において、画像情報取得部201は、制御部211から供給される断層面特定情報に基づいて、断層画像を取得し、制御部211に供給

する。

[0118] ステップS 5において、制御部2 1 1は、画像情報取得部2 0 1から供給された断層画像に基づいて、リスクパラメータとして、図2 5に示されるように、眼内レンズ2 7 1の特定部分2 7 2から囊上端2 7 3までの距離（例えば、鉛直方向の距離）P 4を算出する。

[0119] リスクパラメータが所定の値より小さい値となるまで、ステップS 1乃至ステップS 9の処理（ステップS 6ではN Oと判定される）が繰り返される。そして、眼内レンズ2 7 1の特定部分2 7 2から囊上端2 7 3までの距離P 4が所定の近さになると、ステップS 3において、制御部2 1 1は、図2 6に示されるように断層面の撮影範囲が狭く、密度が高くなるように、断層面を決定する。図2 6の例では、眼内レンズ2 7 1の特定部分2 7 2付近で長手方向の向きに複数の断層面をとるように、複数の面G 3 1乃至G 3 7が決定されている。なお、断層面の個数及び密度、断層撮影空間の大きさ、断層面の向きなどは、この例に限定されず、任意に決定することができる。また、算出されるリスクパラメータ（眼内レンズ2 7 1の特定部分2 7 2から囊上端2 7 3までの距離P 4）に応じて、断層面を、適宜変更してもよい。

[0120] また、眼内レンズ2 7 1の特定部分2 7 2から囊上端2 7 3までの距離P 4が所定の値以下の近さになる箇所が2か所となった場合には、制御部2 1 1は、図2 7に示されるように、リスクパラメータが所定の値以下となった箇所それぞれについて、複数の断層面をとるように、複数の面G 3 1乃至4 0を決定する。図2 7の例では、1個目の箇所について複数の面G 3 1乃至3 5が設定されており、2個目の箇所について複数の面G 3 6乃至G 4 0が設定されている。

[0121] このように、インプラント誤挿入の検出においても、手術中に変化するリスクパラメータに応じて、断層面も動的に決定（変更）される。

[0122] ステップS 6では、取得された断層画像に基づいて、インプラント誤挿入が検出されたか否かが判定される。即ち、囊の中に入れるべき眼内レンズ2 7 1（やCTR:(Capsular Tension Ring)）が囊の上に設定されてしまっている

かどうか、断層画像に基づいて判定される。

[0123] ステップS 6で、インプラント誤挿入が検出されたと判定された場合、ステップS 7において、報知情報生成部212は、制御部211の制御に従い、報知情報を生成し、報知情報提示部202に供給する。

[0124] ステップS 8において、報知情報提示部202としてのスピーカ67は、制御部211の制御に従い、ブザー音を出力する。報知情報提示部202としてのモニタ34は、報知情報生成部212から供給された断層画像を表示する。なお、断層画像の表示は、上述したように、術者による断層画像を表示させる操作が行われてから実行するようにしてもよい。

[0125] 図28は、報知情報としてモニタ34に表示された、インプラント誤挿入検出後の断層画像の例を示している。

[0126] 上述した、インプラント誤挿入を検出して術者に報知する危険状況検出報知処理によれば、誤った処置を早期に検出し、望ましい処置の実施を可能とすることができる。

[0127] <9. 虹彩脱出リスクの検出例>

次に、(6)虹彩脱出リスクの検出について説明する。

[0128] 虹彩脱出リスクの検出において、繰り返し実行される危険状況検出報知処理のステップS 1乃至S 9のうち、創口作成完了までのステップS 3の処理では、制御部211は、図29に示されるように、正面画像から画像認識された角膜231の中心位置232と、術具281の先端を通る面G51を、断層面に決定する。そして、制御部211は、決定した断層面を特定する断層面特定情報を生成し、画像情報取得部201に供給する。

[0129] なお、制御部211は、術具281が角膜231内に入り、その後、角膜231から出たことを検出した場合に、創口作成完了と判断することができる。

[0130] そして、創口作成完了以降のステップS 3の処理では、制御部211は、図30に示されるような、創口位置234周辺を断層撮影空間とする断層面を決定する。図30では、断層面として、角膜231の中心位置232と創

口位置 2 3 4 を通る線（図中、破線で示される線）に平行な複数の面 G 6 1 乃至 G 6 5 が決定されている。そして、制御部 2 1 1 は、決定した断層面を特定する断層面特定情報を生成し、画像情報取得部 2 0 1 に供給する。

[0131] ステップ S 4 において、画像情報取得部 2 0 1 は、制御部 2 1 1 から供給される断層面特定情報に基づいて、断層画像を取得し、制御部 2 1 1 に供給する。制御部 2 1 1 は、複数の面 G 6 1 乃至 G 6 5 それぞれの断層画像が、一定時間以上にわたって取得されるように制御する。断層画像の取得レートが、例えば、30 枚/秒であり、少なくとも 1 / 3 秒以上は断層画像を取得するように制御した場合、面 G 6 1 乃至 G 6 5 それぞれの断層画像が 10 セット得られる。

[0132] ステップ S 5 において、制御部 2 1 1 は、画像情報取得部 2 0 1 から供給された断層画像に基づいて、リスクパラメータとして、図 3 1 に示されるように、角膜 2 3 1 内皮側の創口位置 2 3 4 から虹彩 2 9 1 までの距離（例えば、鉛直方向の距離）P 5 を算出する。

[0133] ステップ S 6 において、制御部 2 1 1 は、リスクパラメータとしての、角膜 2 3 1 内皮側の創口位置 2 3 4 から虹彩 2 9 1 までの距離 P 5 が予め設定した閾値よりも短いかな否かにより、危険状況、即ち、虹彩脱出リスクを検出したかを判定する。

[0134] ステップ S 6 で、角膜 2 3 1 内皮側の創口位置 2 3 4 から虹彩 2 9 1 までの距離 P 5 が所定の閾値よりも短く、虹彩脱出リスクが検出されたと判定された場合、ステップ S 7 において、報知情報生成部 2 1 2 は、制御部 2 1 1 の制御に従い、報知情報を生成し、報知情報提示部 2 0 2 に供給する。

[0135] ステップ S 8 において、報知情報提示部 2 0 2 としてのスピーカ 6 7 は、ブザー音を出力する。報知情報提示部 2 0 2 としてのモニタ 3 4 は、報知情報生成部 2 1 2 から供給された断層画像を表示する。なお、断層画像の表示は、上述したように、術者による断層画像を表示させる操作が行われてから実行するようにしてもよい。

[0136] 図 3 2 は、報知情報としてモニタ 3 4 に表示された断層画像の例を示して

いる。

[0137] 上述した、虹彩脱出リスクを検出して術者に報知する危険状況検出報知処理によれば、合併症である虹彩脱出を生じやすい状況を検出し、合併症を回避するための適切な処置、具体的には、例えば、創口の作り直しを促すことができるので、合併症の発生を防止することができる。

[0138] 以上、説明したように、図1の手術システム11によれば、白内障手術における上述した6種類の危険状況、即ち、(1)浅前房、(2)IMSリスク、(3)後囊破損、(4)核落下、(5)インプラント誤挿入、(6)虹彩脱出リスクを検出し、術者に報知したり、外部機器を制御したりすることができる。これにより、合併症の発生を防止したり、合併症発生時の重篤化を防止することができる。

[0139] なお、上述の説明では、6種類の危険状況それぞれを個別に説明したが、手術システム11では、2種類以上の危険状況を同時に（並行して）検出する危険状況検出報知処理を実行することが可能である。

[0140] 上述した各危険状況を検出する危険状況検出報知処理においては、所定の断層撮影空間に対して一定間隔を空けて複数の断層面を決定し、複数の断層画像を取得するようにしたが、断層面を取得する間隔を密にすることで、図33に示されるボリュームデータ292を取得することができる。

[0141] 図33のボリュームデータ292は、互いに並行な複数の断層面どうしの間隔を密に設定することで、各断層面位置の断層画像の集積結果として得られる立体画像である。画像処理装置33が手術中の眼のボリュームデータ292を有する場合、術者は、所定の断層面を指定することで、任意の断層画像を確認することができる。

[0142] 上述した各危険状況を検出する危険状況検出報知処理において、画像処理装置33は、複数の断層画像を取得する代わりに、所定の断層撮影空間のボリュームデータ292を取得し、そのなかの所定の断層画像を、報知情報として表示するようにしてもよい。

[0143] <10. コンピュータの構成例>

上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行することもできるし、ソフトウェアにより実行することもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行する場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、コンピュータにインストールされる。ここで、コンピュータには、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータや、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のパーソナルコンピュータなどが含まれる。

[0144] 図34は、上述した一連の処理をプログラムにより実行するコンピュータのハードウェアの構成例を示すブロック図である。

[0145] コンピュータにおいて、CPU (Central Processing Unit) 301, ROM (Read Only Memory) 302, RAM (Random Access Memory) 303は、バス304により相互に接続されている。

[0146] バス304には、さらに、入出力インターフェース305が接続されている。入出力インターフェース305には、入力部306、出力部307、記録部308、通信部309、及びドライブ310が接続されている。

[0147] 入力部306は、キーボード、マウス、マイクロフォン、撮像素子などよりなる。出力部307は、ディスプレイ、スピーカなどよりなる。記録部308は、ハードディスクや不揮発性のメモリなどよりなる。通信部309は、ネットワークインターフェースなどよりなる。ドライブ310は、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、又は半導体メモリなどのリムーバブル記録媒体311を駆動する。

[0148] 以上のように構成されるコンピュータでは、CPU301が、例えば、記録部308に記録されているプログラムを、入出力インターフェース305及びバス304を介して、RAM303にロードして実行することにより、上述した一連の処理が行われる。

[0149] コンピュータ (CPU301) が実行するプログラムは、例えば、パッケージメディア等としてのリムーバブル記録媒体311に記録して提供することができる。また、プログラムは、ローカルエリアネットワーク、インターネッ

ト、デジタル衛星放送といった、有線または無線の伝送媒体を介して提供することができる。

[0150] コンピュータでは、プログラムは、リムーバブル記録媒体 311 をドライブ 310 に装着することにより、入出力インターフェース 305 を介して、記録部 308 にインストールすることができる。また、プログラムは、有線または無線の伝送媒体を介して、通信部 309 で受信し、記録部 308 にインストールすることができる。その他、プログラムは、ROM 302 や記録部 308 に、あらかじめインストールしておくことができる。

[0151] なお、コンピュータが実行するプログラムは、本明細書で説明する順序に沿って時系列に処理が行われるプログラムであっても良いし、並列に、あるいは呼び出しが行われたとき等の必要なタイミングで処理が行われるプログラムであっても良い。

[0152] 本明細書において、システムとは、複数の構成要素（装置、モジュール（部品）等）の集合を意味し、すべての構成要素が同一筐体中にあるか否かは問わない。したがって、別個の筐体に収納され、ネットワークを介して接続されている複数の装置、及び、1つの筐体の中に複数のモジュールが収納されている1つの装置は、いずれも、システムである。

[0153] また、本技術の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

[0154] 例えば、本技術は、1つの機能をネットワークを介して複数の装置で分担、共同して処理するクラウドコンピューティングの構成をとることができる。

[0155] また、上述のフローチャートで説明した各ステップは、1つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。

[0156] さらに、1つのステップに複数の処理が含まれる場合には、その1つのステップに含まれる複数の処理は、1つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。

[0157] なお、本明細書に記載された効果はあくまで例示であって限定されるもの

ではなく、本明細書に記載されたもの以外の効果があってもよい。

[0158] なお、本技術は以下のような構成も取ることができる。

(1)

眼の手術中に取得された前記眼の断層画像に基づいて、危険状況を検出する危険状況検出部と、

検出された前記危険状況に対処するための制御情報を生成して出力する制御情報生成部と

を備える画像処理装置。

(2)

前記危険状況検出部は、前記眼の断層画像に基づいてリスクパラメータを算出し、前記リスクパラメータに基づいて危険状況を検出する

前記(1)に記載の画像処理装置。

(3)

前記危険状況検出部は、前記リスクパラメータとして、角膜頂点から隅角までの距離を算出し、危険状況を検出する

前記(1)または(2)に記載の画像処理装置。

(4)

前記危険状況検出部は、前記危険状況として、浅前房を検出する

前記(1)乃至(3)のいずれかに記載の画像処理装置。

(5)

前記危険状況検出部は、前記リスクパラメータとして、角膜頂点から後嚢下端までの距離を算出し、危険状況を検出する

前記(2)乃至(4)のいずれかに記載の画像処理装置。

(6)

前記危険状況検出部は、前記危険状況として、IMSリスクを検出する

前記(1)乃至(5)のいずれかに記載の画像処理装置。

(7)

前記危険状況検出部は、前記リスクパラメータとして、インプラントの特

定部分から囊上端までの距離を算出し、危険状況を検出する

前記（２）乃至（６）のいずれかに記載の画像処理装置。

（８）

前記危険状況検出部は、前記危険状況として、インプラントの誤挿入を検出する

前記（１）乃至（７）のいずれかに記載の画像処理装置。

（９）

前記危険状況検出部は、前記リスクパラメータとして、角膜の創口位置から虹彩までの距離を算出し、危険状況を検出する

前記（２）乃至（８）のいずれかに記載の画像処理装置。

（１０）

前記危険状況検出部は、前記危険状況として、虹彩脱出リスクを検出する

前記（１）乃至（９）のいずれかに記載の画像処理装置。

（１１）

前記危険状況検出部は、前記危険状況として、後囊破損を検出する

前記（１）乃至（１０）のいずれかに記載の画像処理装置。

（１２）

前記危険状況検出部は、前記危険状況として、核落下を検出する

前記（１）乃至（１１）のいずれかに記載の画像処理装置。

（１３）

前記眼の正面画像に基づいて、取得する前記眼の断層画像の撮影面を決定する断層画像決定部をさらに備える

前記（１）乃至（１２）のいずれかに記載の画像処理装置。

（１４）

前記断層画像決定部は、角膜範囲の中心位置を通る面を、前記撮影面に決定する

前記（１３）に記載の画像処理装置。

（１５）

前記断層画像決定部は、術具の先端を通り、前記術具の長手方向に平行な面を、前記撮影面に決定する

前記（１３）または（１４）に記載の画像処理装置。

（１６）

前記断層画像決定部は、インプラントの特定部分を通る面を、前記撮影面に決定する

前記（１３）乃至（１５）のいずれかに記載の画像処理装置。

（１７）

前記断層画像決定部は、既に取得された前記断層画像にも基づいて、前記眼の断層画像の撮影面を決定する

前記（１３）乃至（１６）のいずれかに記載の画像処理装置。

（１８）

前記断層画像決定部は、眼の手術中に、取得する前記眼の断層画像の撮影面を動的に決定する

前記（１３）乃至（１７）のいずれかに記載の画像処理装置。

（１９）

前記制御情報生成部は、前記危険状況に対処するための制御情報として、術者に前記危険状況を報知する報知情報を生成して出力する

前記（１）乃至（１８）のいずれかに記載の画像処理装置。

（２０）

前記制御情報生成部は、前記報知情報として、取得された前記断層画像の動画または静止画を表示する

前記（１９）に記載の画像処理装置。

（２１）

前記制御情報生成部は、前記危険状況に対処するための制御情報として、外部機器を制御する機器制御情報を生成して出力する

前記（１）乃至（２０）のいずれかに記載の画像処理装置。

（２２）

画像処理装置が、

眼の手術中に取得された前記眼の断層画像に基づいて、危険状況を検出し

、

検出された前記危険状況に対処するための制御情報を生成して出力する

ステップを含む画像処理方法。

(23)

手術対象の眼の断層画像を撮影する断層画像撮影部と、

手術中に取得された前記眼の断層画像に基づいて、危険状況を検出する危険状況検出部と、

検出された前記危険状況に対処するための制御情報を生成して出力する制御情報生成部と

を備える手術顕微鏡。

符号の説明

[0159] 11 手術システム, 21 手術顕微鏡, 33 画像処理装置, 34 モニタ, 63 正面画像撮影部, 64 断層画像撮影部, 65 提示部, 66 インターフェース部, 67 スピーカ, 201 画像情報取得部, 202 報知情報生成部, 211 制御部, 212 報知情報生成部, 213 断層画像決定部, 214 危険状況検出部, 215 機器制御情報生成部, 231 角膜, 232 中心位置, 233 瞳孔, 241 角膜頂点, 242 隅角, 243 術具, 244 後嚢下端, 261 超音波乳化吸引装置, 262 術具, 271 眼内レンズ, 272 特定部分, 273 嚢上端, 291 虹彩, 301 CPU, 302 ROM, 303 RAM, 306 入力部, 307 出力部, 308 記録部, 309 通信部, 310 ドライブ

請求の範囲

- [請求項1] 眼の手術中に取得された前記眼の断層画像に基づいて、危険状況を検出する危険状況検出部と、
検出された前記危険状況に対処するための制御情報を生成して出力する制御情報生成部と
を備える画像処理装置。
- [請求項2] 前記危険状況検出部は、前記眼の断層画像に基づいてリスクパラメータを算出し、前記リスクパラメータに基づいて危険状況を検出する請求項1に記載の画像処理装置。
- [請求項3] 前記危険状況検出部は、前記リスクパラメータとして、角膜頂点から隅角までの距離を算出し、危険状況を検出する請求項2に記載の画像処理装置。
- [請求項4] 前記危険状況検出部は、前記危険状況として、浅前房を検出する請求項1に記載の画像処理装置。
- [請求項5] 前記危険状況検出部は、前記リスクパラメータとして、角膜頂点から後囊下端までの距離を算出し、危険状況を検出する請求項2に記載の画像処理装置。
- [請求項6] 前記危険状況検出部は、前記危険状況として、IMSリスクを検出する請求項1に記載の画像処理装置。
- [請求項7] 前記危険状況検出部は、前記リスクパラメータとして、インプラントの特定部分から囊上端までの距離を算出し、危険状況を検出する請求項2に記載の画像処理装置。
- [請求項8] 前記危険状況検出部は、前記危険状況として、インプラントの誤挿入を検出する請求項1に記載の画像処理装置。
- [請求項9] 前記危険状況検出部は、前記リスクパラメータとして、角膜の創口位置から虹彩までの距離を算出し、危険状況を検出する

請求項 2 に記載の画像処理装置。

[請求項10] 前記危険状況検出部は、前記危険状況として、虹彩脱出リスクを検出する

請求項 1 に記載の画像処理装置。

[請求項11] 前記危険状況検出部は、前記危険状況として、後囊破損を検出する
請求項 1 に記載の画像処理装置。

[請求項12] 前記危険状況検出部は、前記危険状況として、核落下を検出する
請求項 1 に記載の画像処理装置。

[請求項13] 前記眼の正面画像に基づいて、取得する前記眼の断層画像の撮影面を決定する断層画像決定部をさらに備える

請求項 1 に記載の画像処理装置。

[請求項14] 前記断層画像決定部は、角膜範囲の中心位置を通る面を、前記撮影面に決定する

請求項 1 3 に記載の画像処理装置。

[請求項15] 前記断層画像決定部は、術具の先端を通り、前記術具の長手方向に平行な面を、前記撮影面に決定する

請求項 1 3 に記載の画像処理装置。

[請求項16] 前記断層画像決定部は、インプラントの特定部分を通る面を、前記撮影面に決定する

請求項 1 3 に記載の画像処理装置。

[請求項17] 前記断層画像決定部は、既に取得された前記断層画像にも基づいて、前記眼の断層画像の撮影面を決定する

請求項 1 3 に記載の画像処理装置。

[請求項18] 前記断層画像決定部は、眼の手術中に、取得する前記眼の断層画像の撮影面を動的に決定する

請求項 1 3 に記載の画像処理装置。

[請求項19] 前記制御情報生成部は、前記危険状況に対処するための制御情報として、術者に前記危険状況を報知する報知情報を生成して出力する

請求項 1 に記載の画像処理装置。

[請求項20] 前記制御情報生成部は、前記報知情報として、取得された前記断層画像の動画または静止画を表示する

請求項 1 に記載の画像処理装置。

[請求項21] 前記制御情報生成部は、前記危険状況に対処するための制御情報として、外部機器を制御する機器制御情報を生成して出力する

請求項 1 に記載の画像処理装置。

[請求項22] 画像処理装置が、

眼の手術中に取得された前記眼の断層画像に基づいて、危険状況を検出し、

検出された前記危険状況に対処するための制御情報を生成して出力する

ステップを含む画像処理方法。

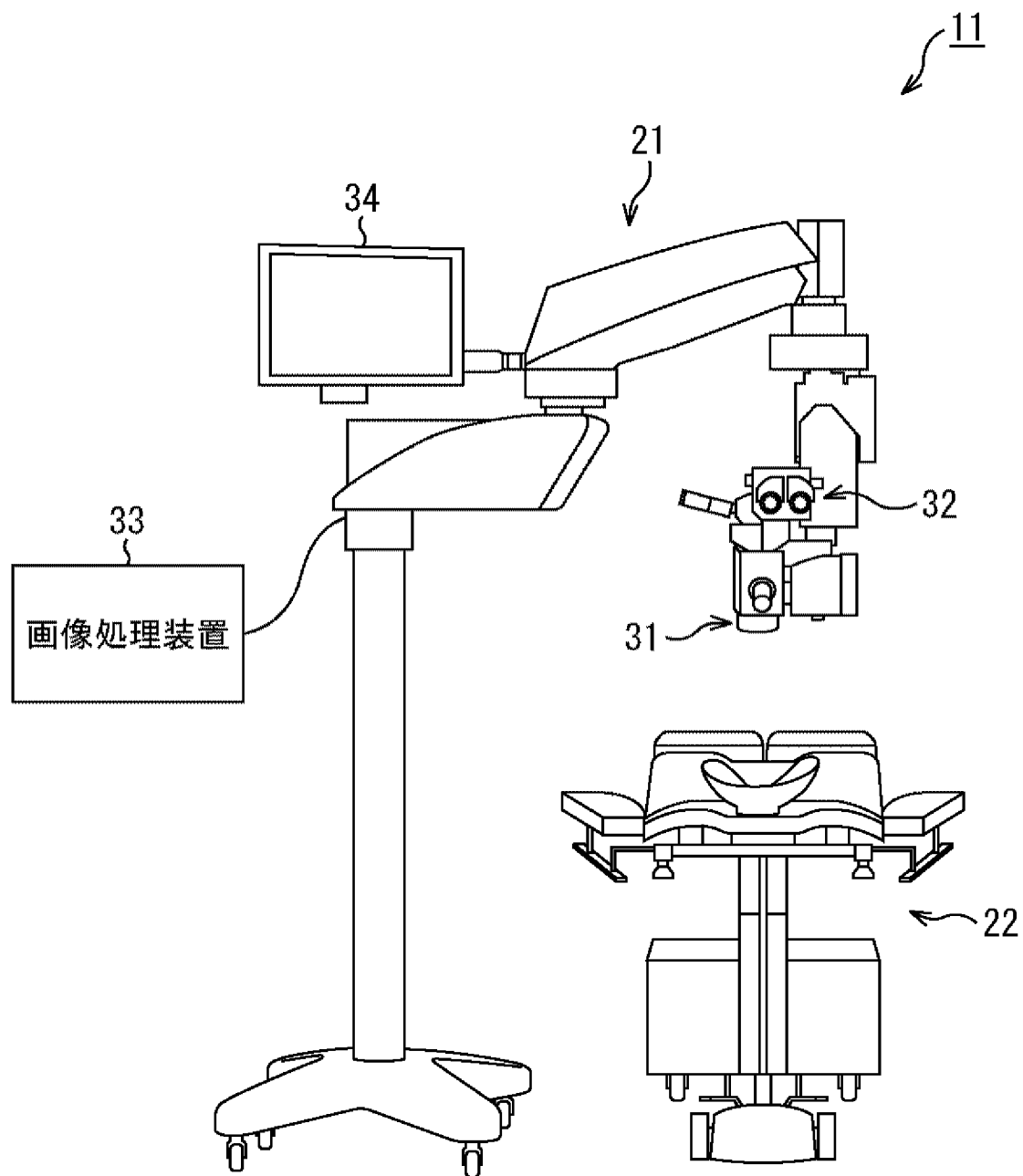
[請求項23] 手術対象の眼の断層画像を撮影する断層画像撮影部と、

手術中に取得された前記眼の断層画像に基づいて、危険状況を検出する危険状況検出部と、

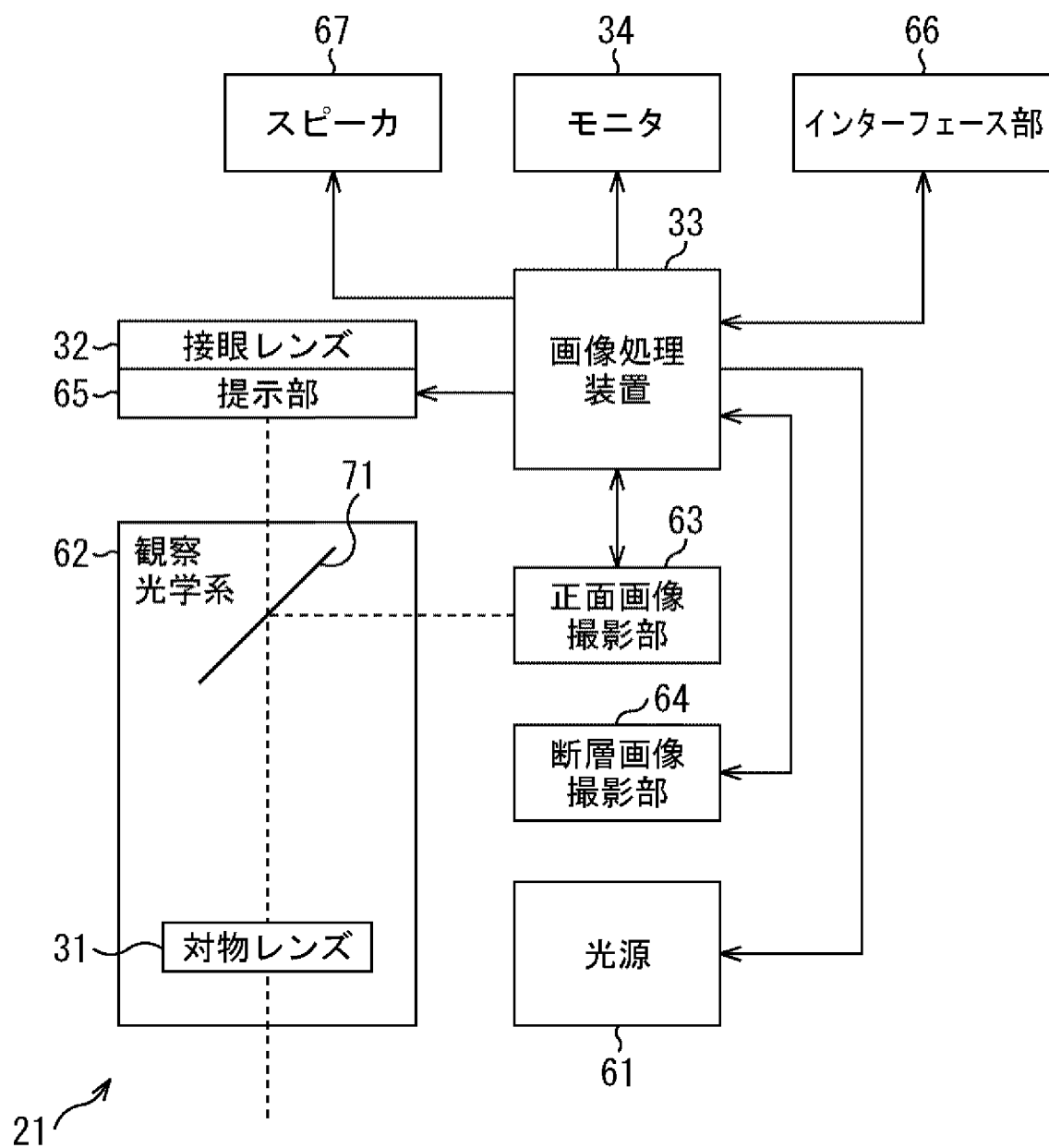
検出された前記危険状況に対処するための制御情報を生成して出力する制御情報生成部と

を備える手術顕微鏡。

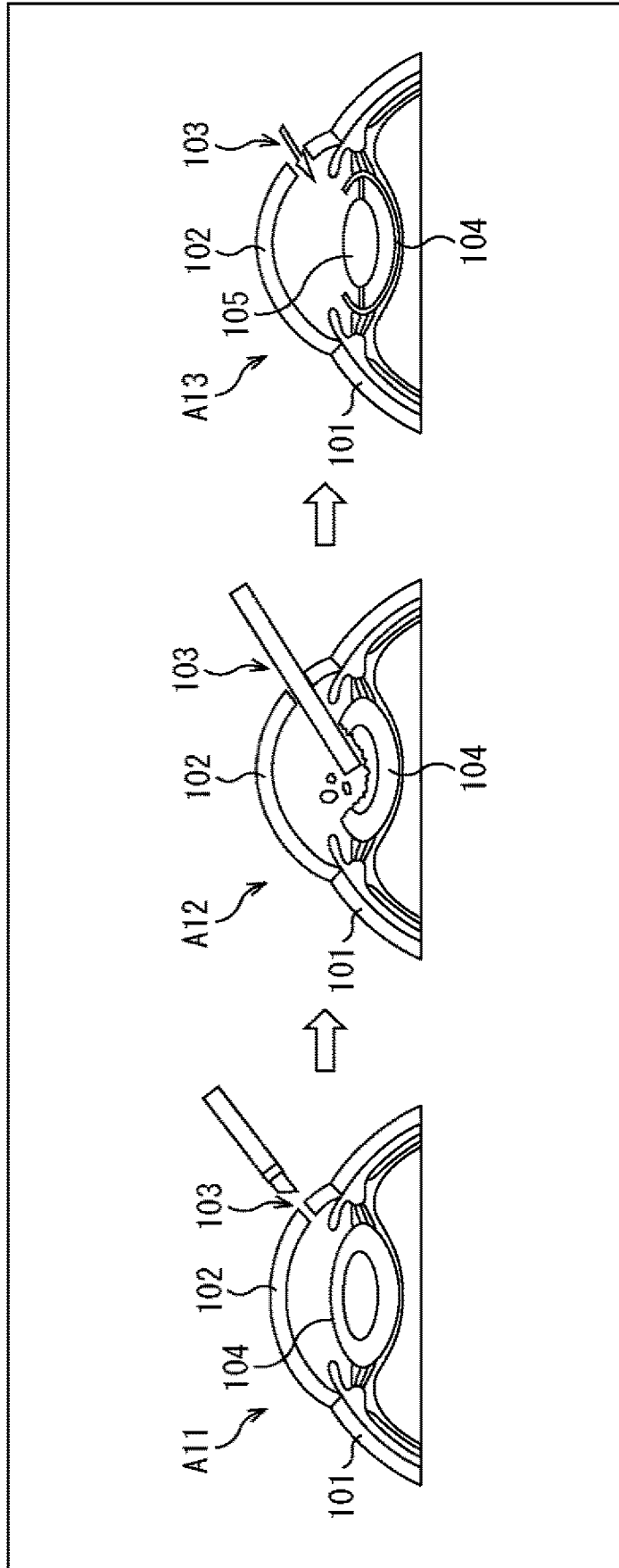
[図1]
FIG. 1



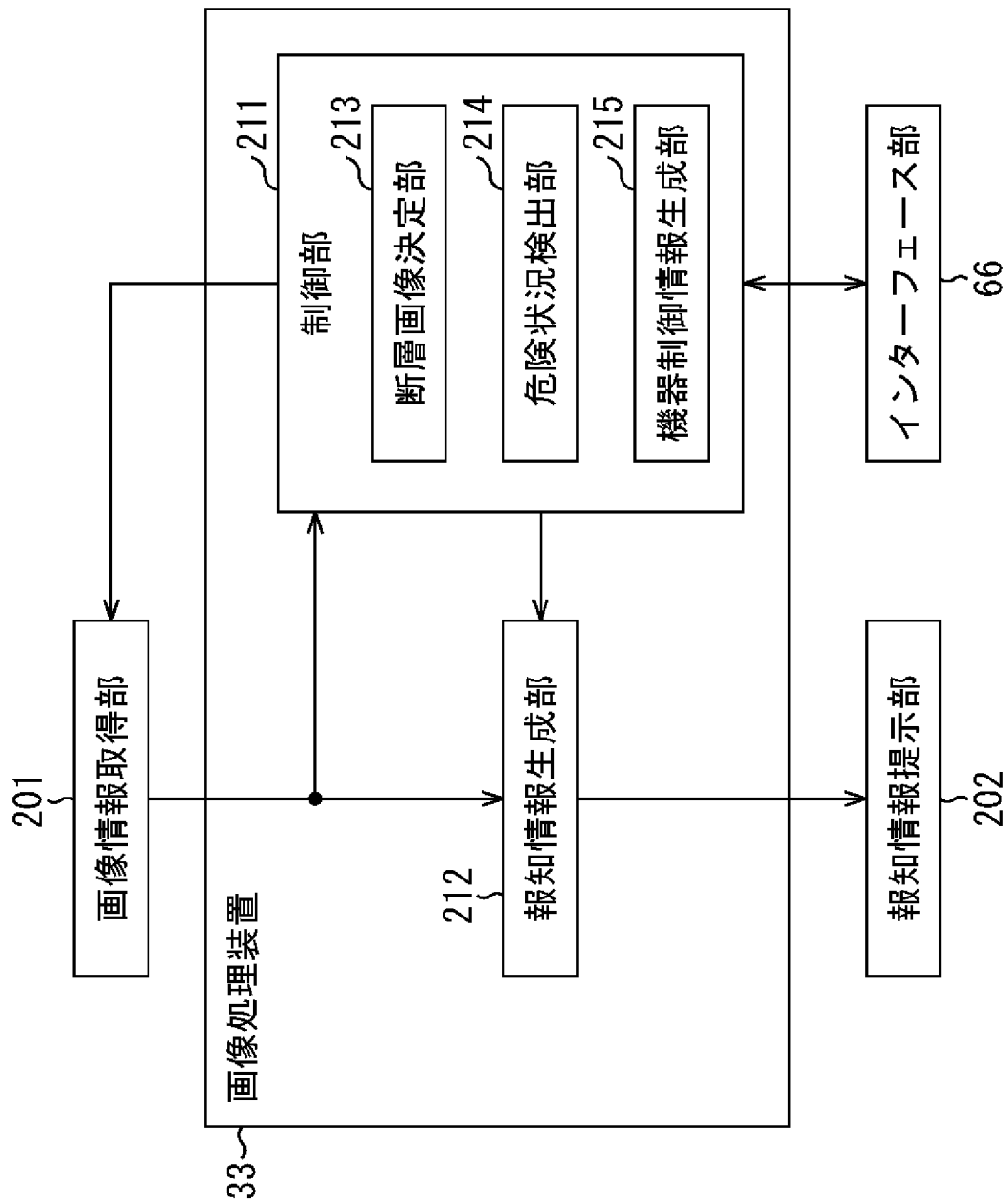
[図2]
FIG. 2



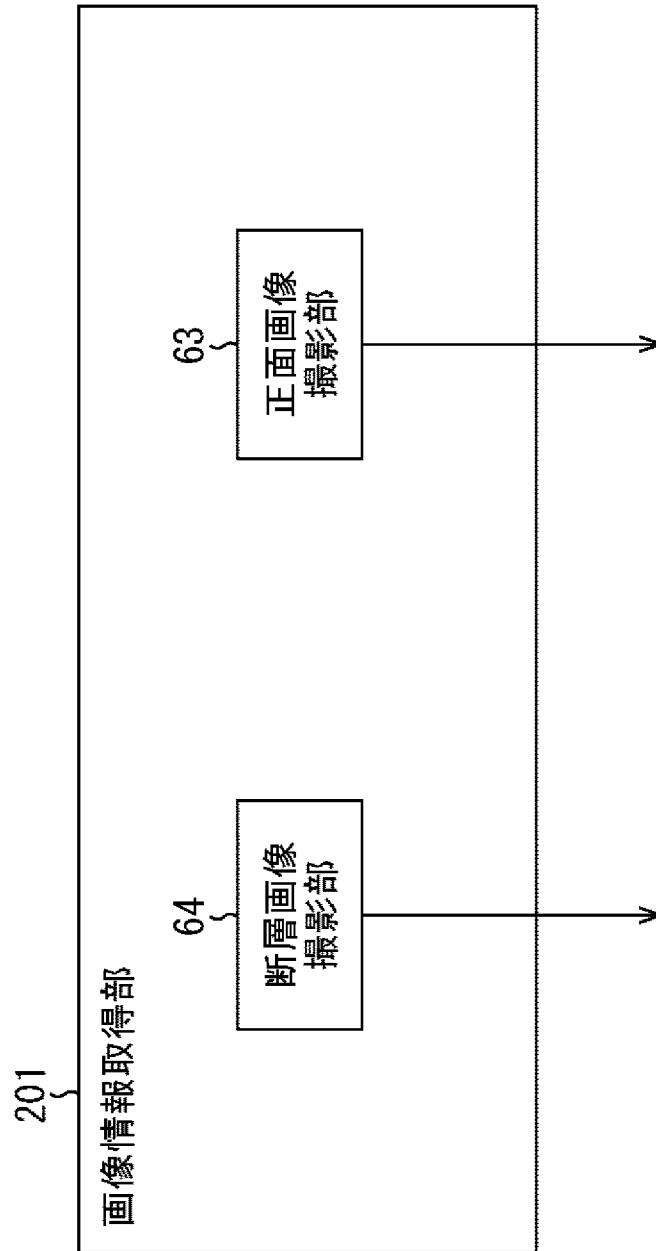
[図3]
FIG. 3



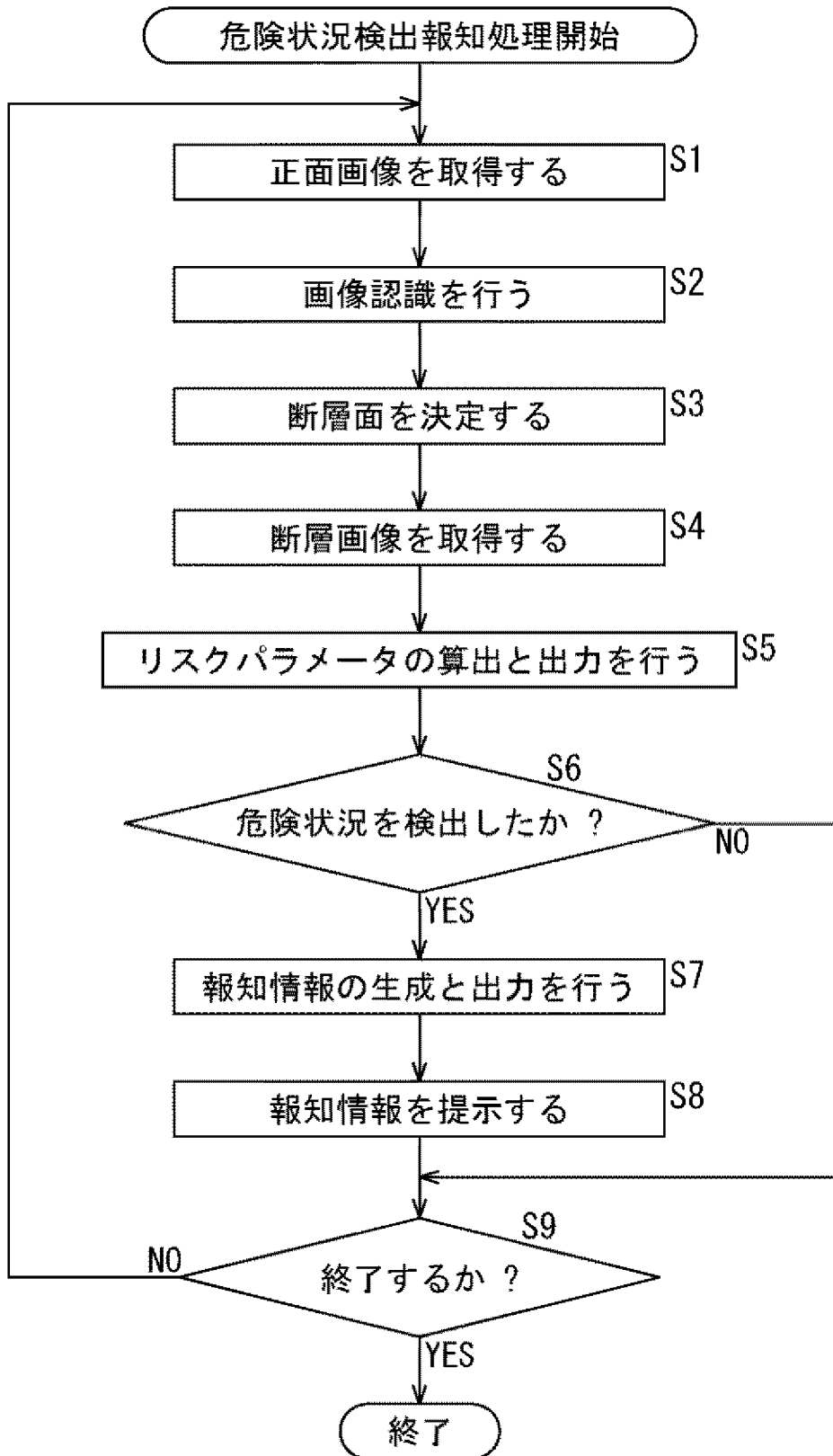
[図4]
FIG. 4



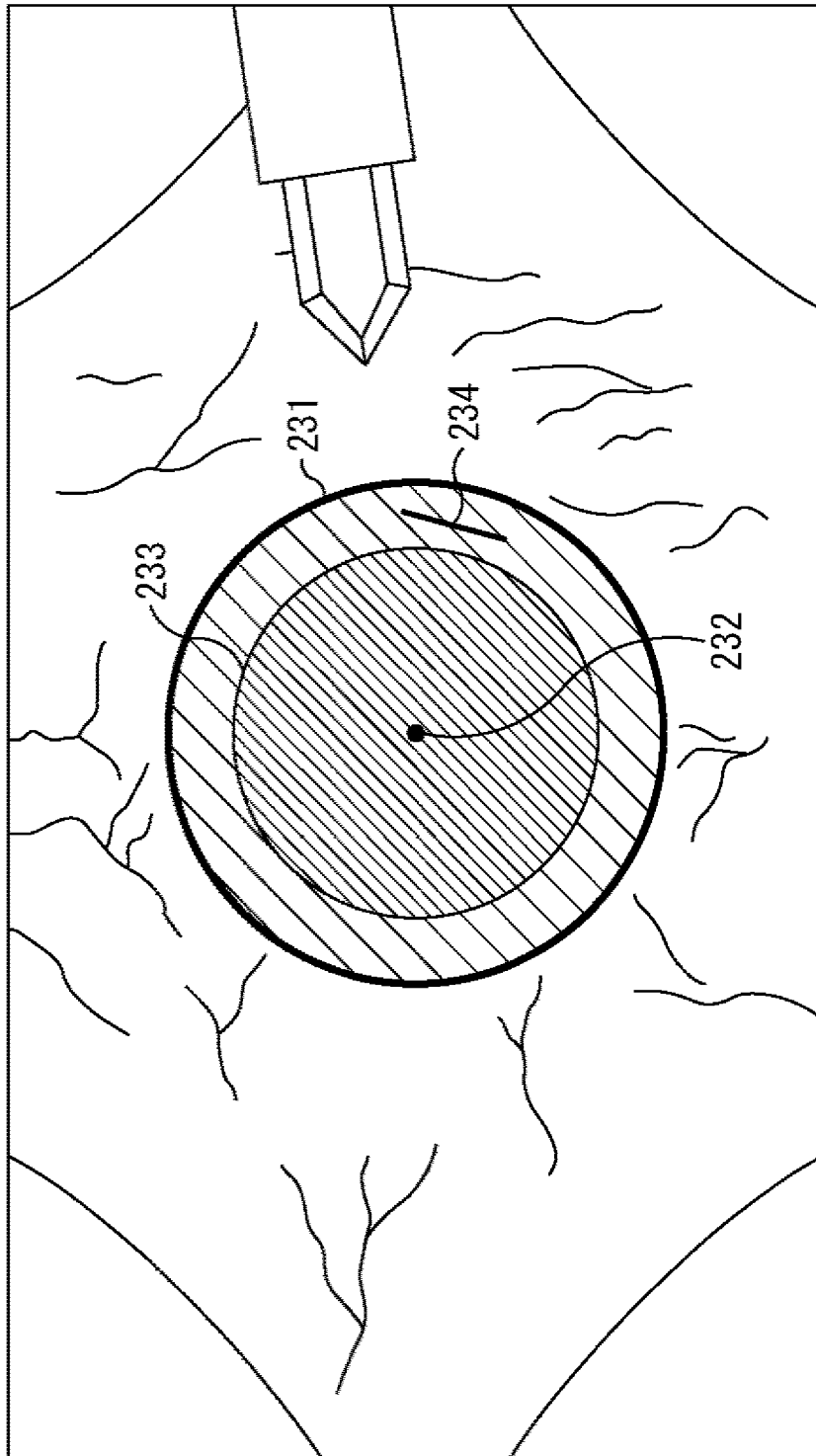
[図5]
FIG. 5



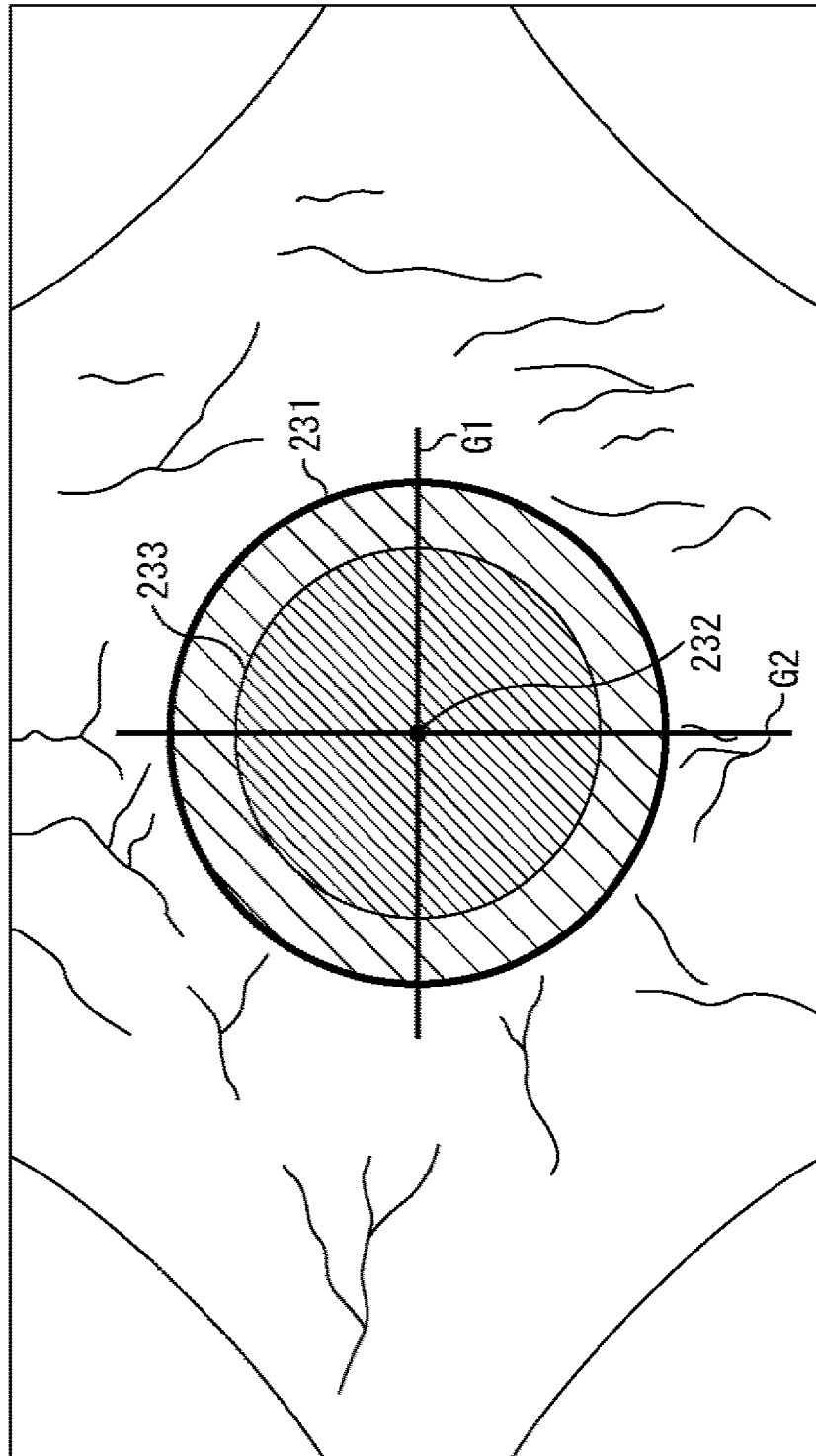
[図6]
FIG. 6



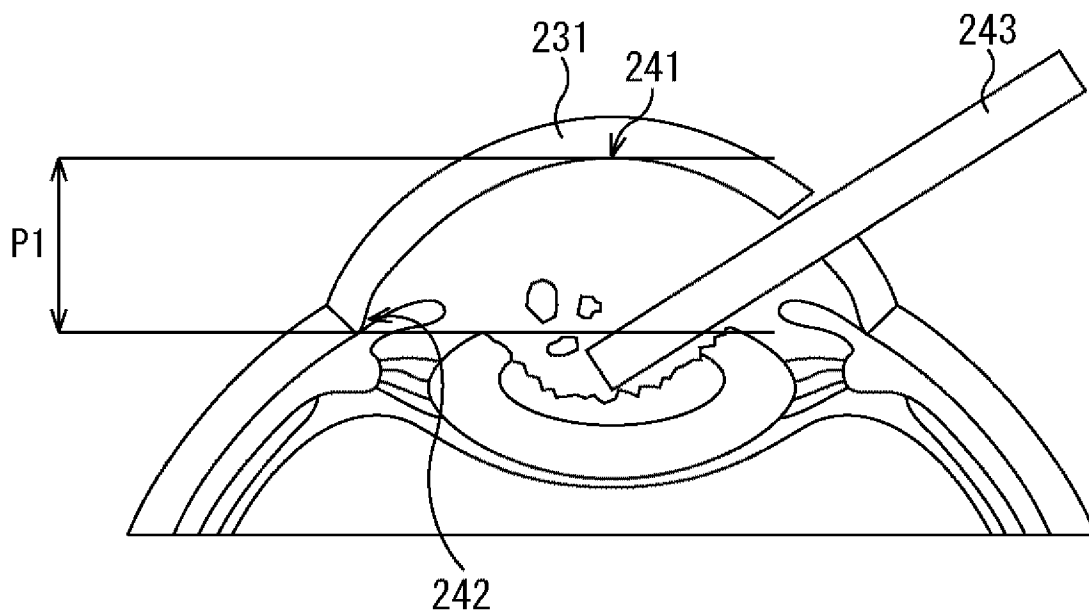
[図7]
FIG. 7



[図8]
FIG. 8



[図9]
FIG. 9



[図10]
FIG. 10

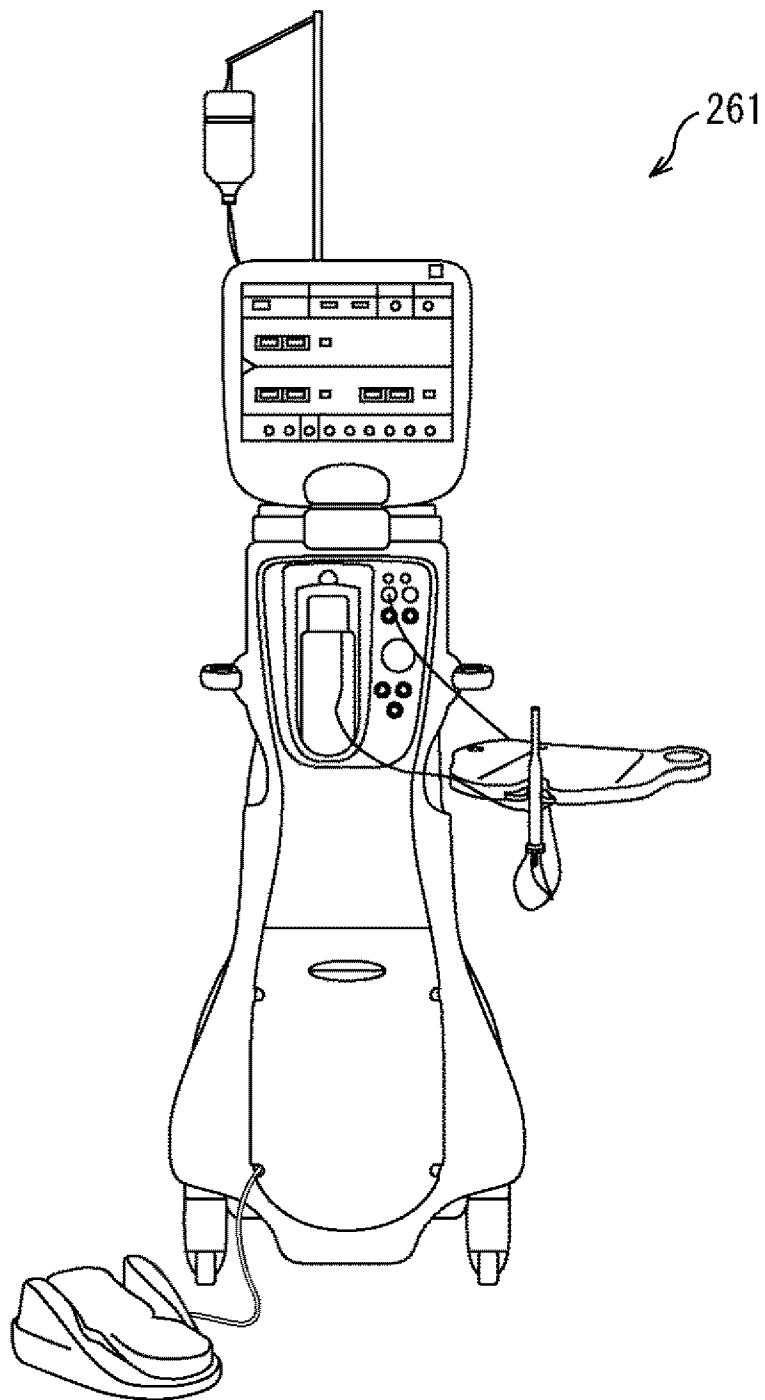
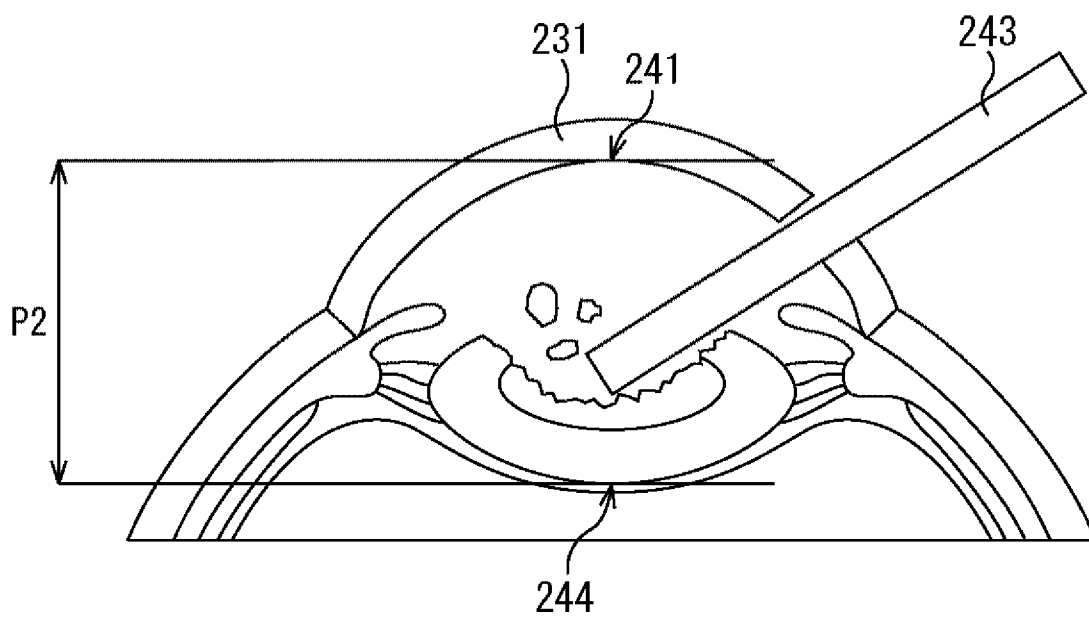
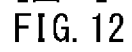
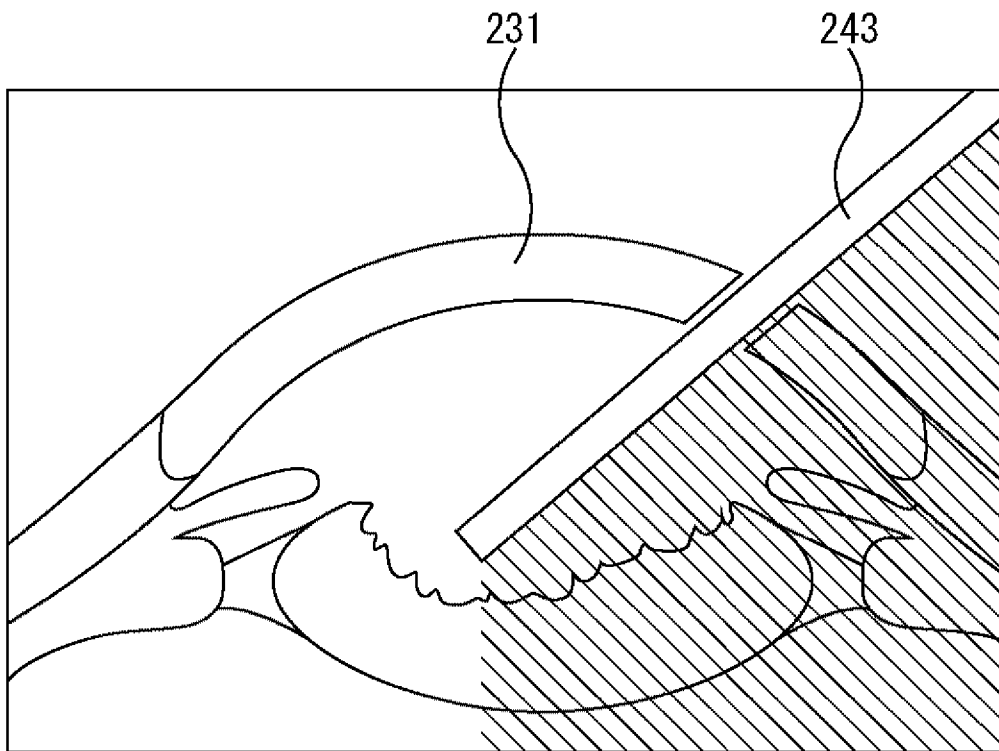


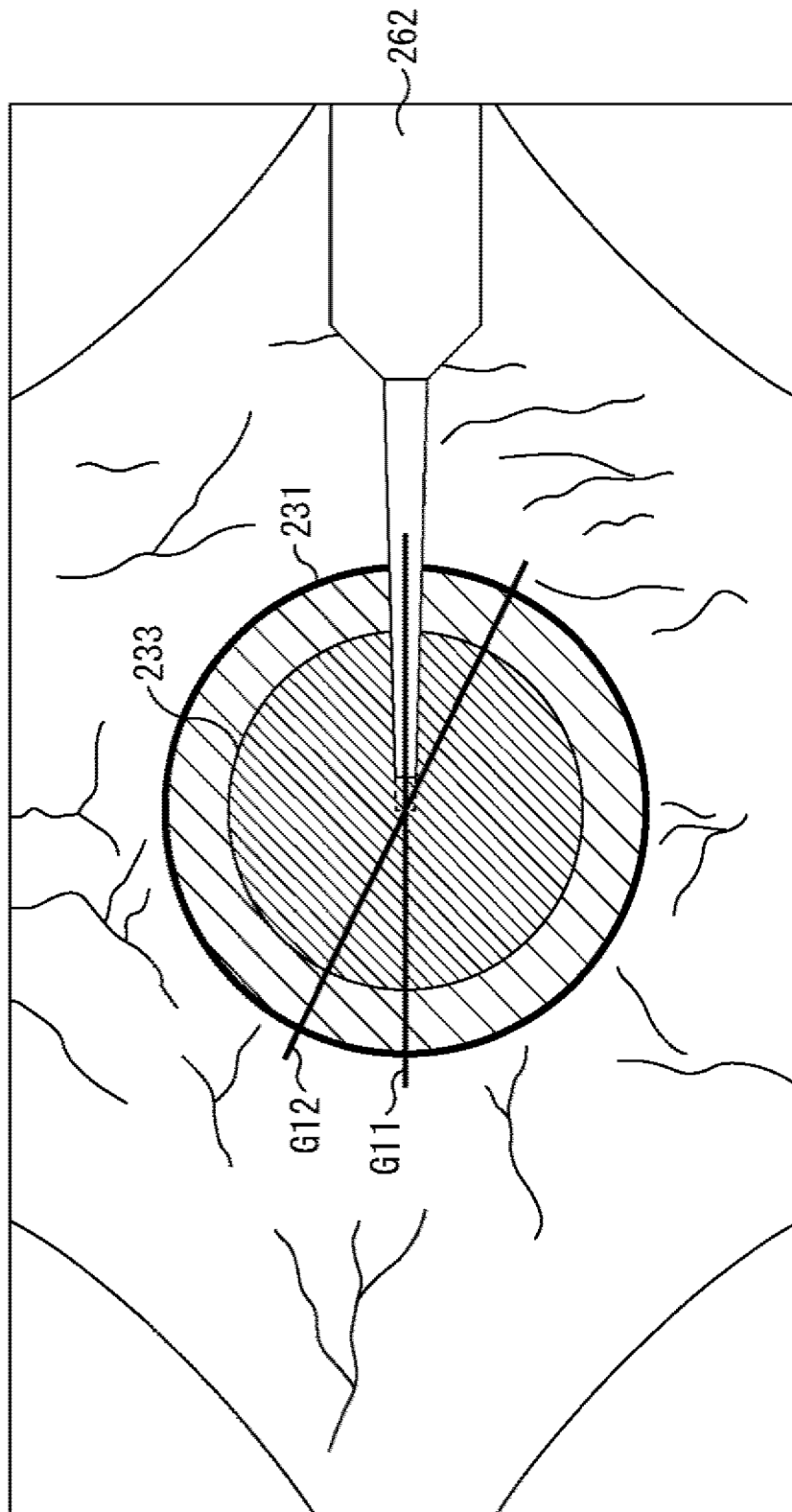
FIG. 11



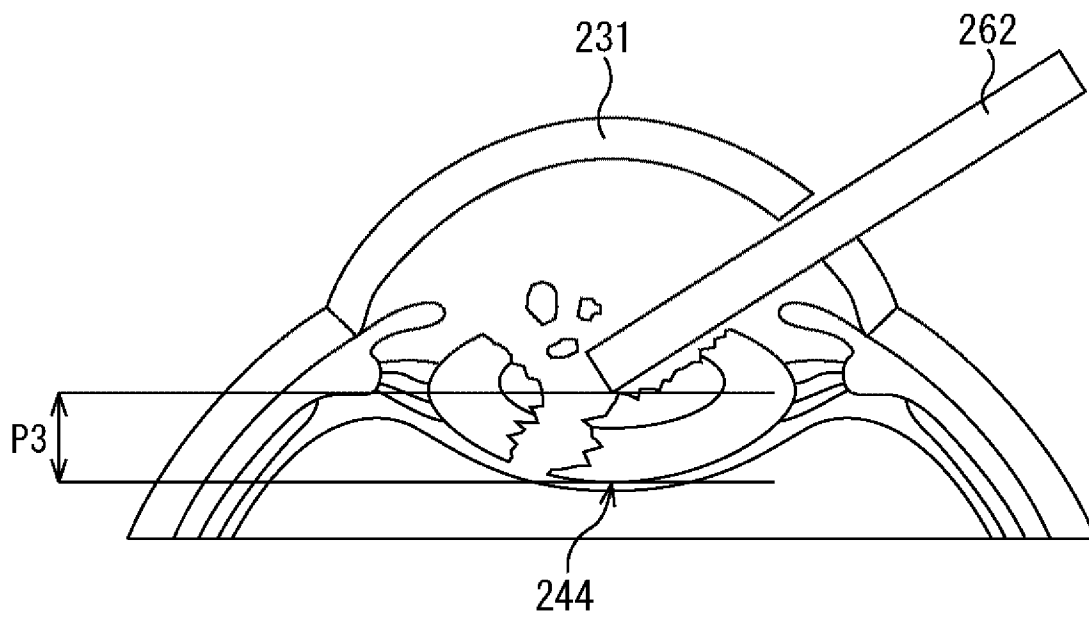
[図13]
FIG. 13



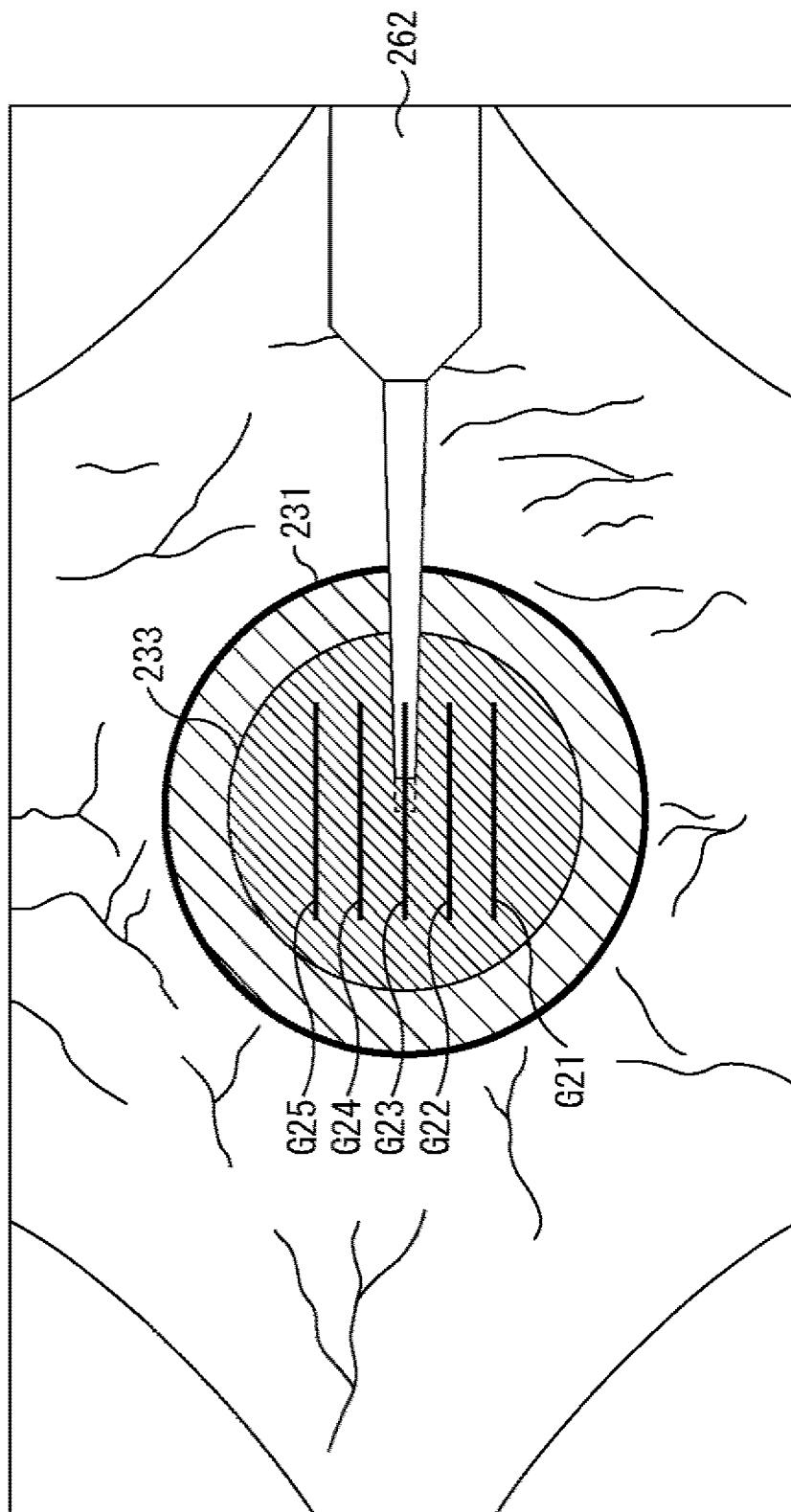
[図14]
FIG. 14



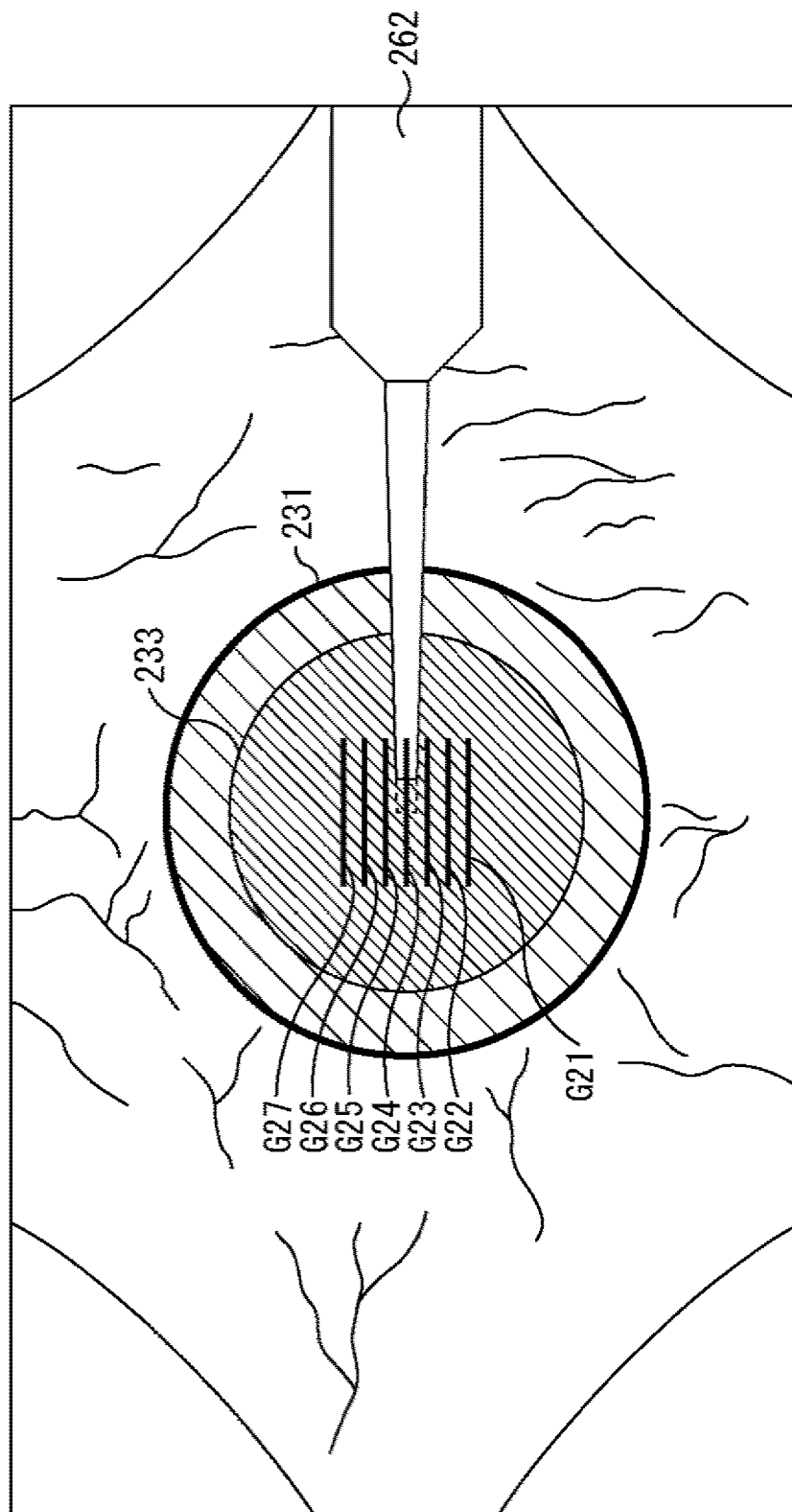
[図15]
FIG. 15



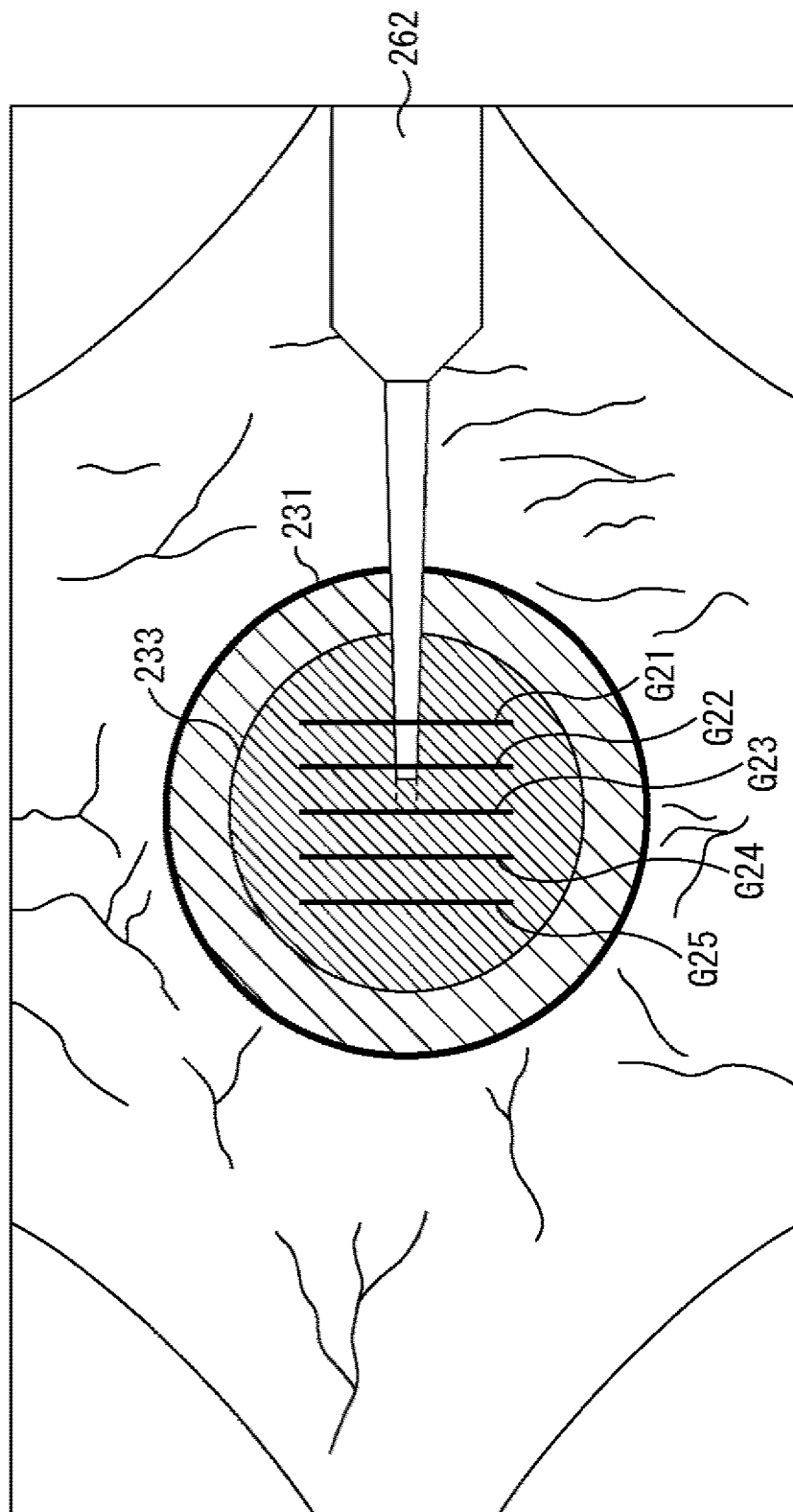
[図16]
FIG. 16



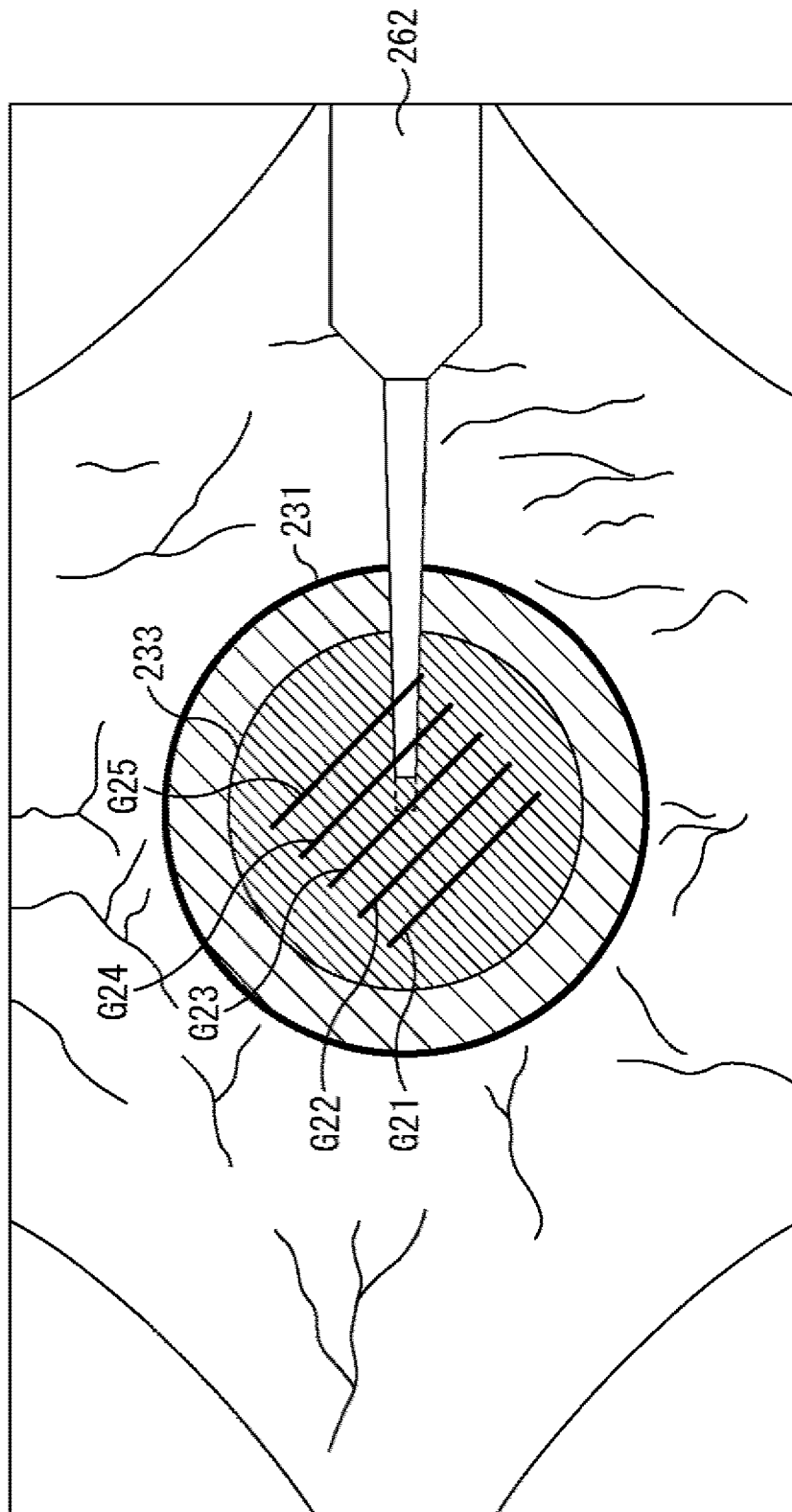
[図17]
FIG. 17



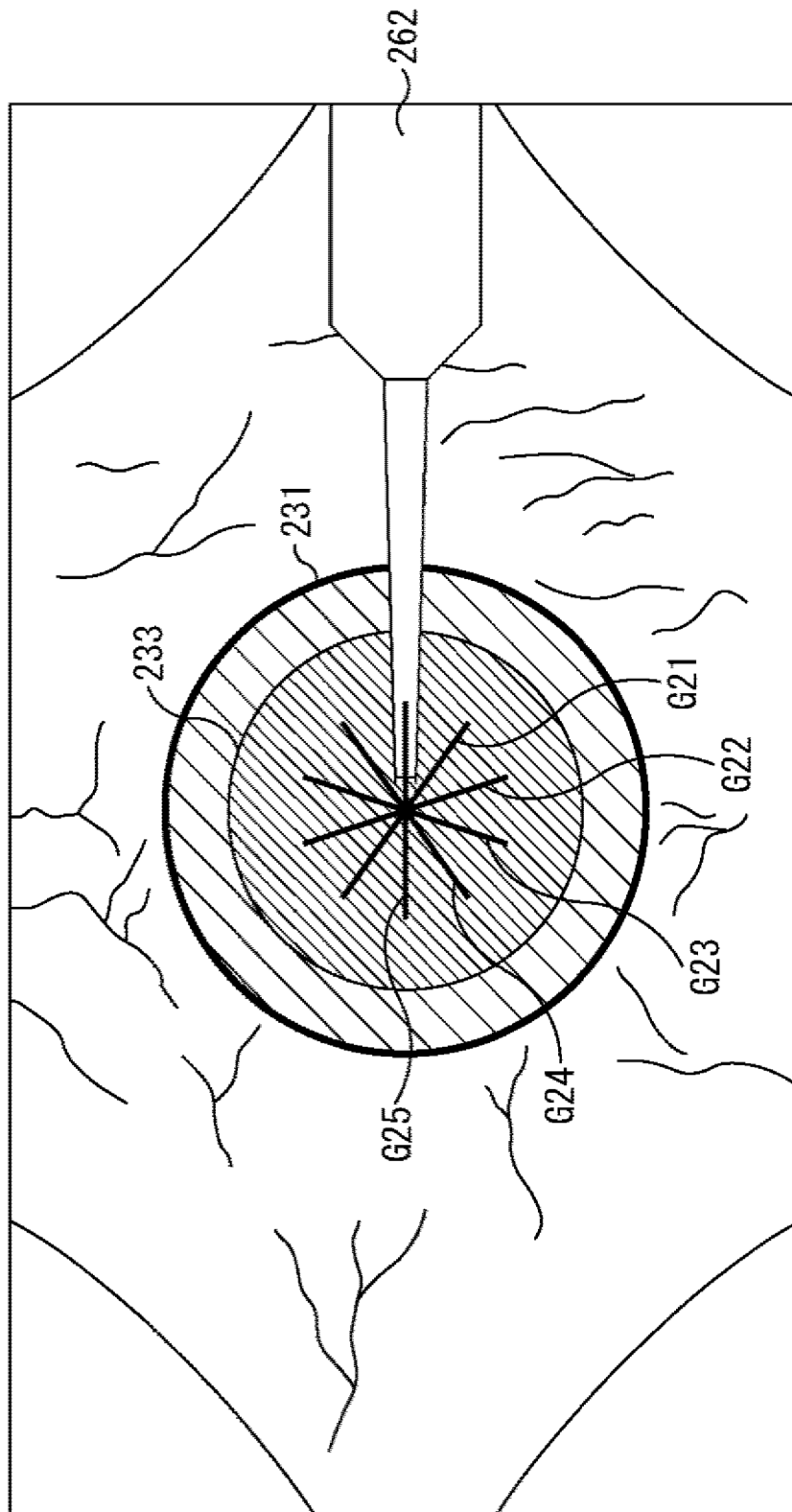
[図18]
FIG. 18



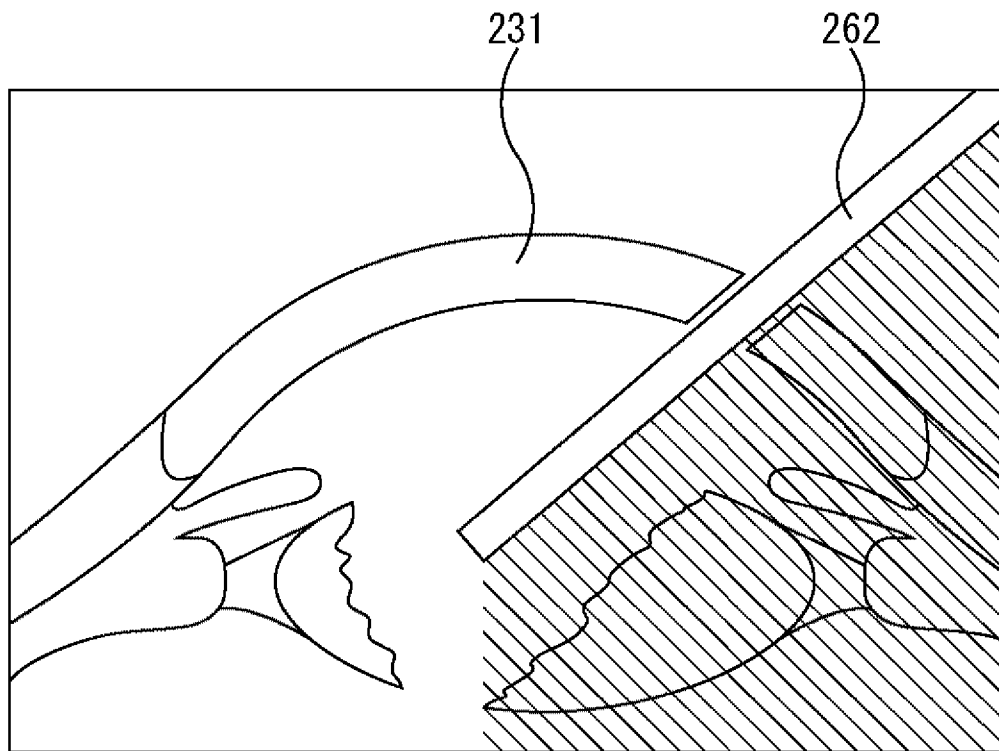
[図19]
FIG. 19



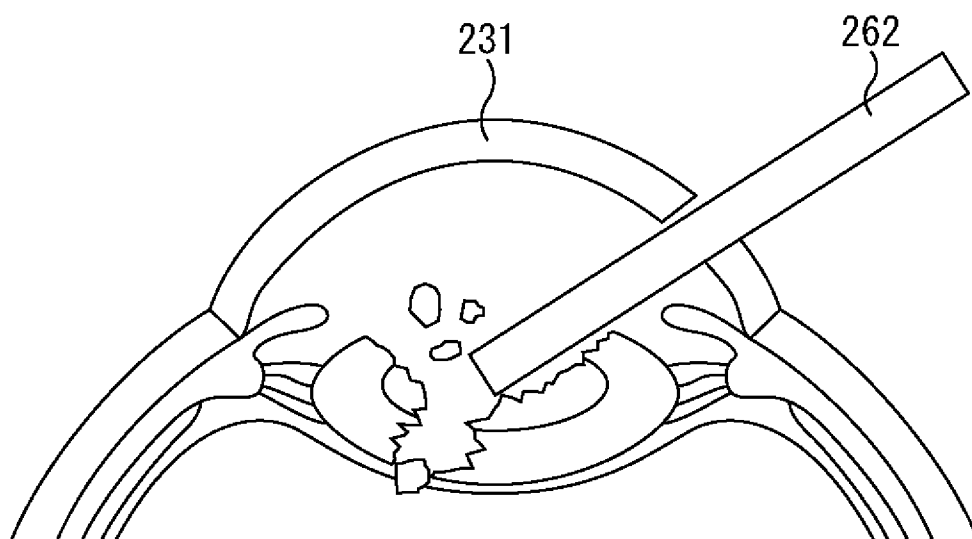
[図20]
FIG. 20



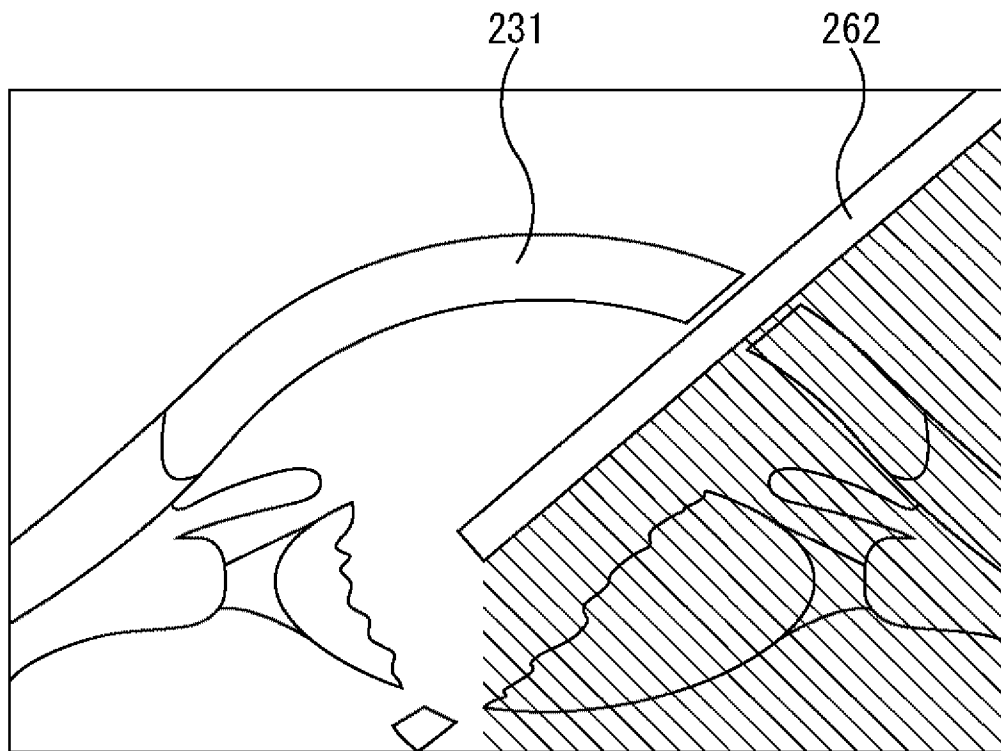
[図21]
FIG. 21



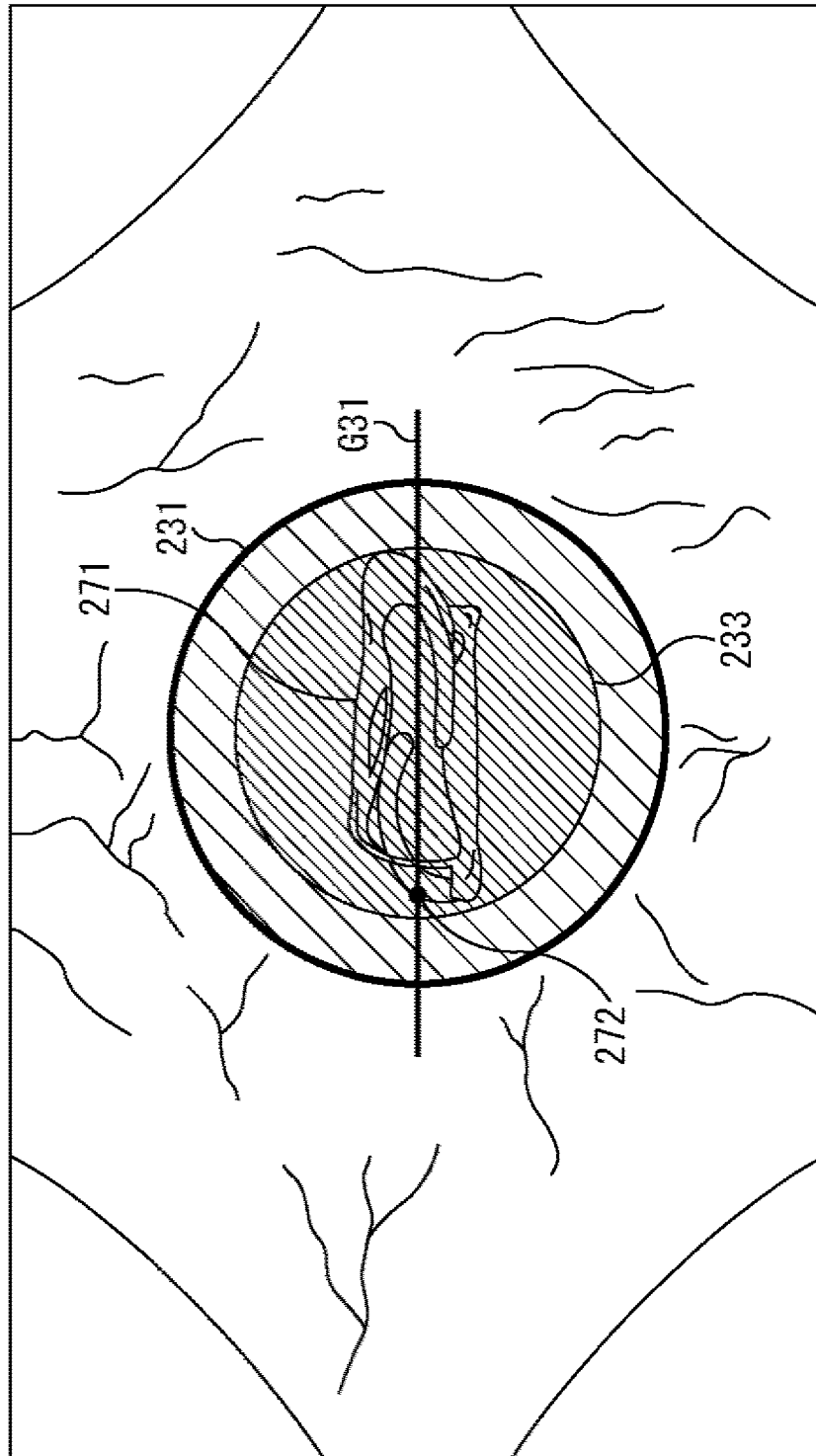
[図22]
FIG. 22



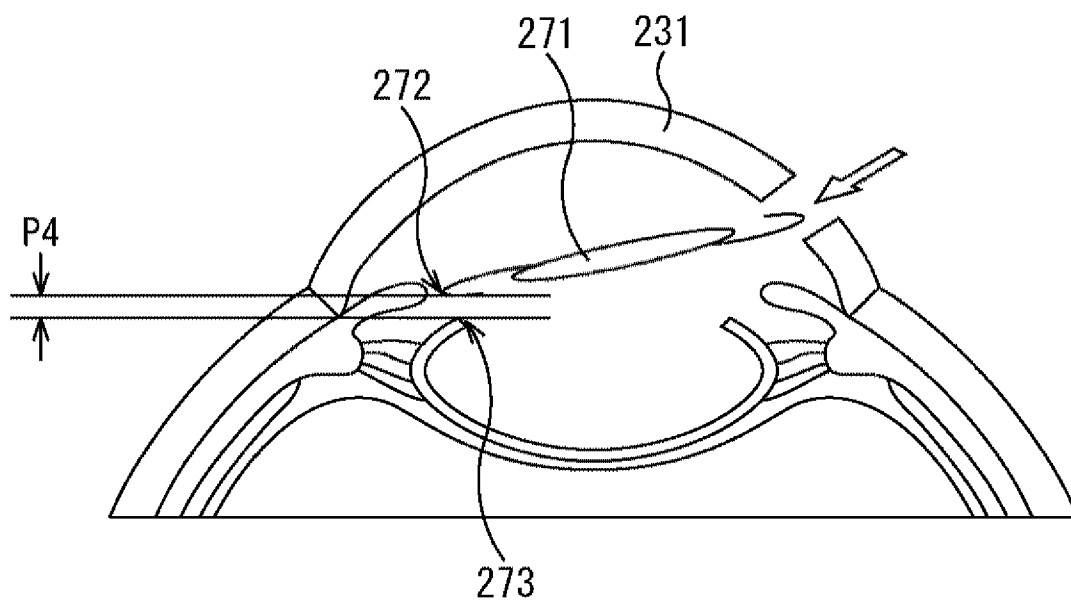
[図23]
FIG. 23



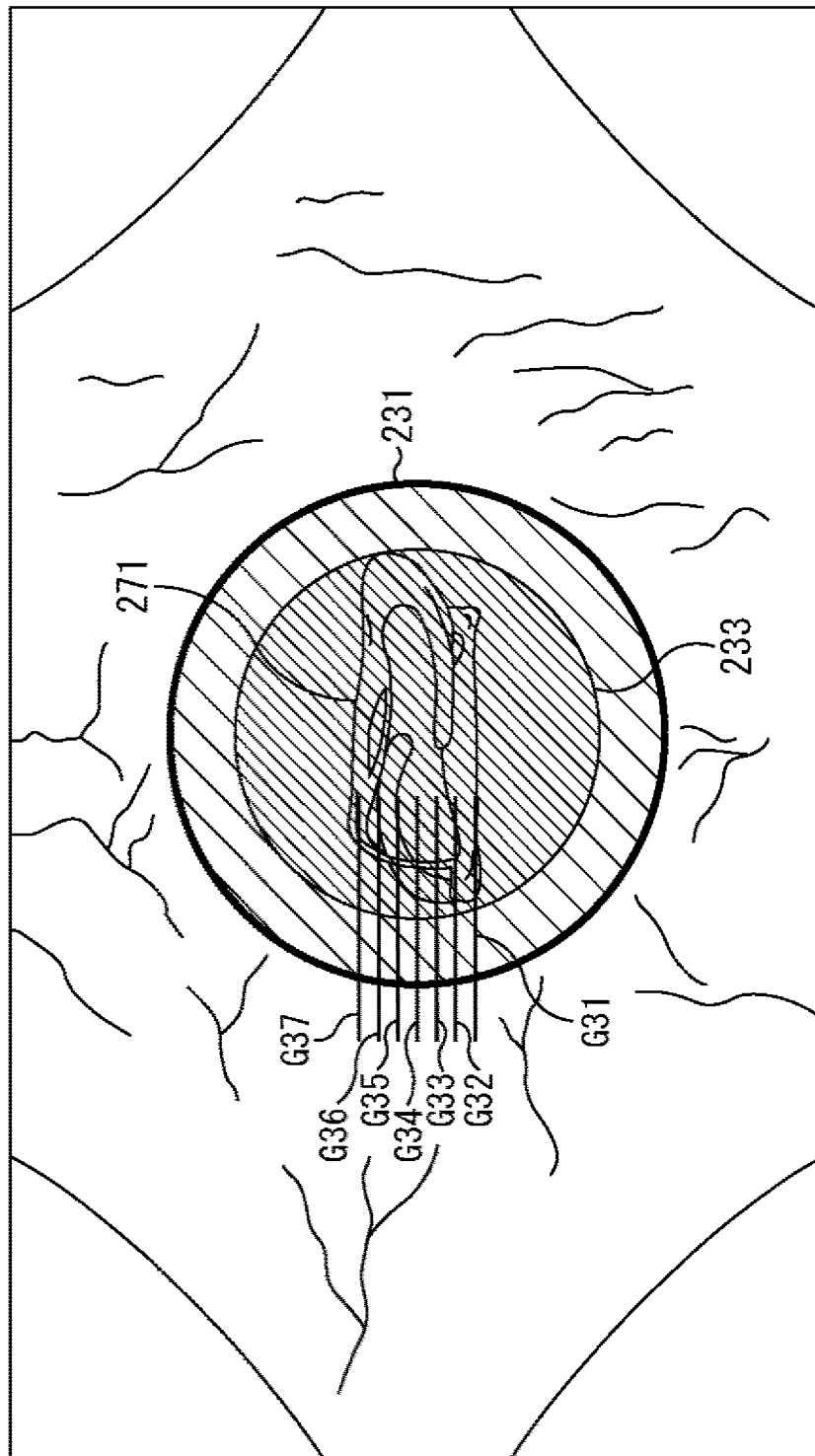
[図24]
FIG. 24



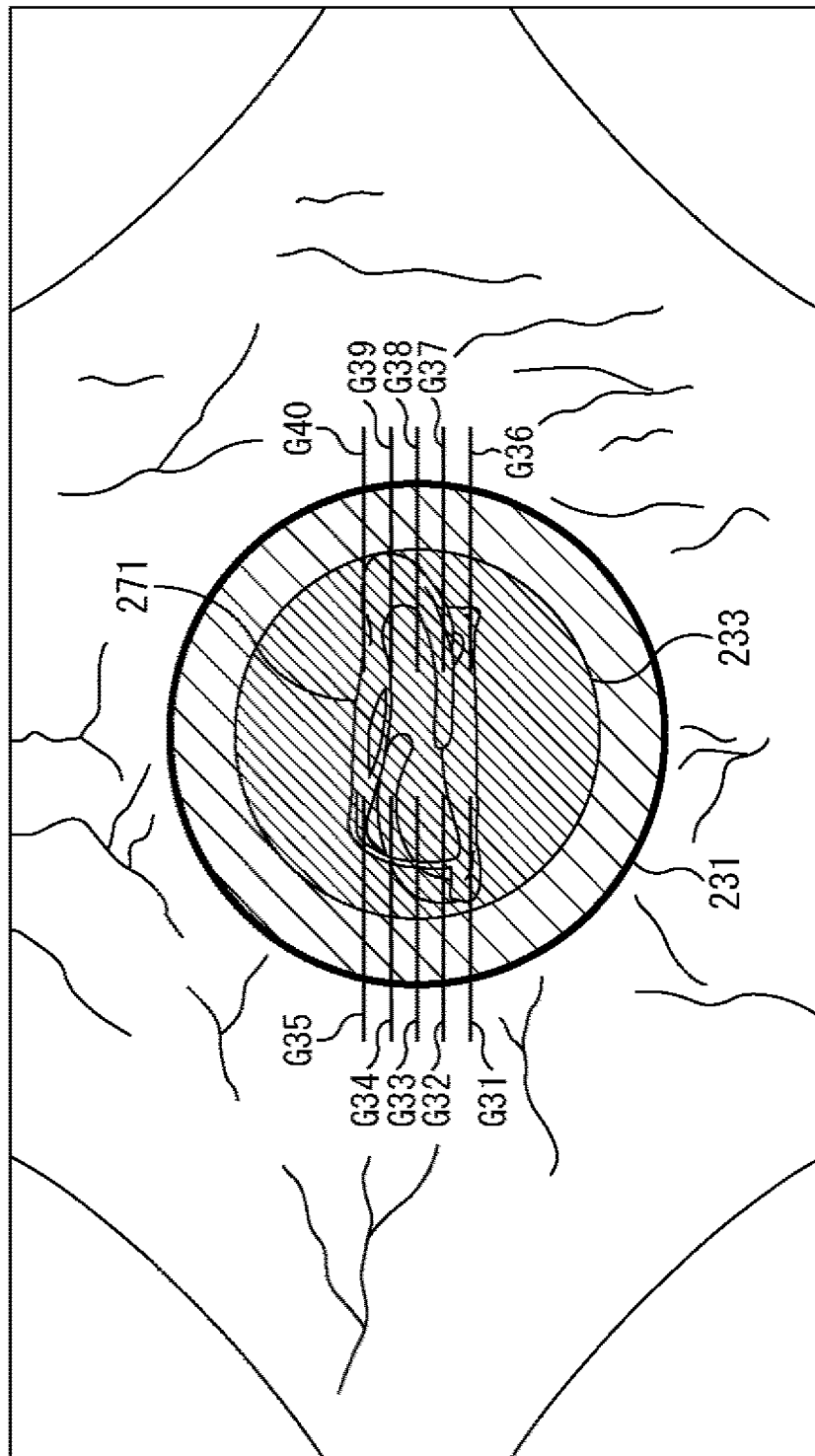
[図25]
FIG. 25



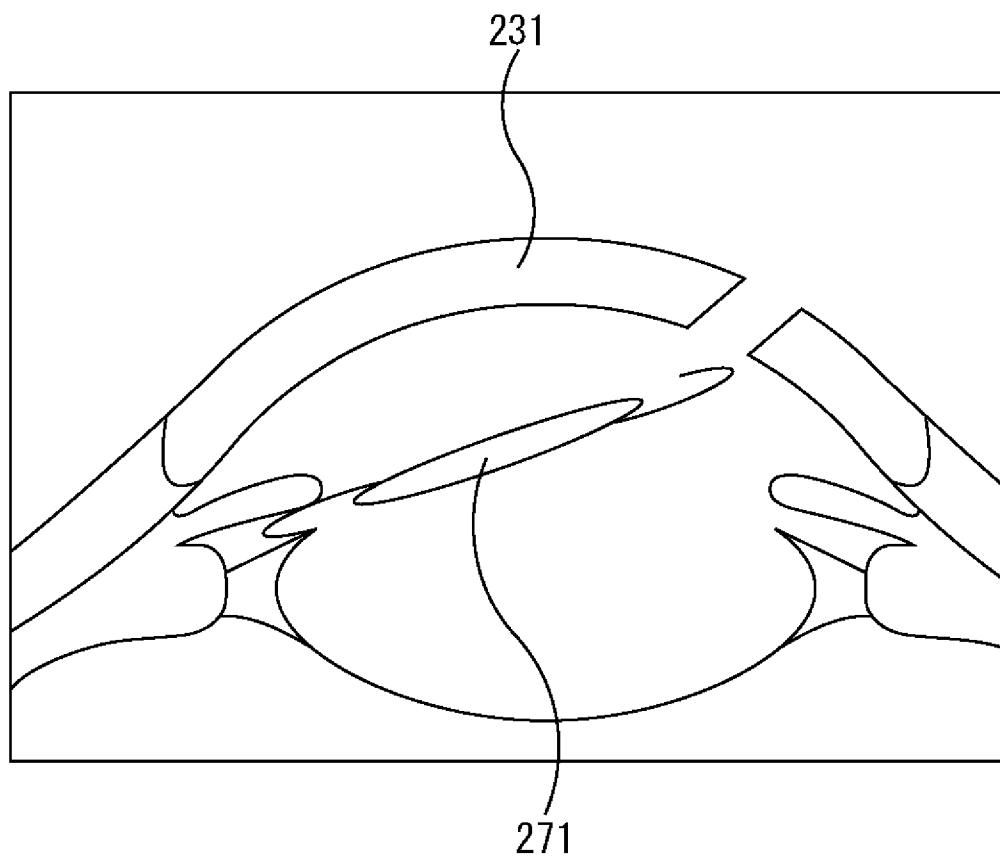
[図26]
FIG. 26



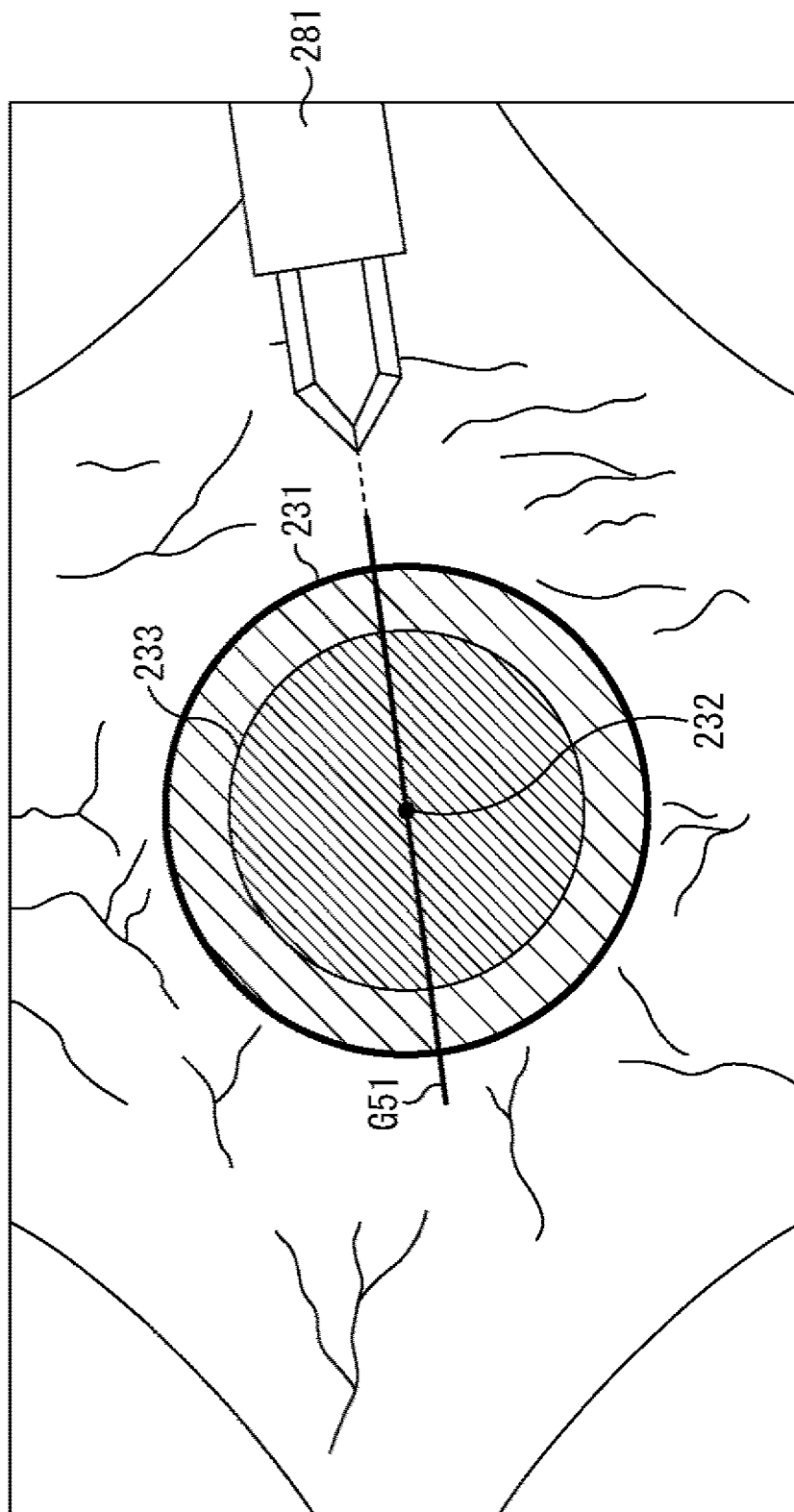
[図27]
FIG. 27



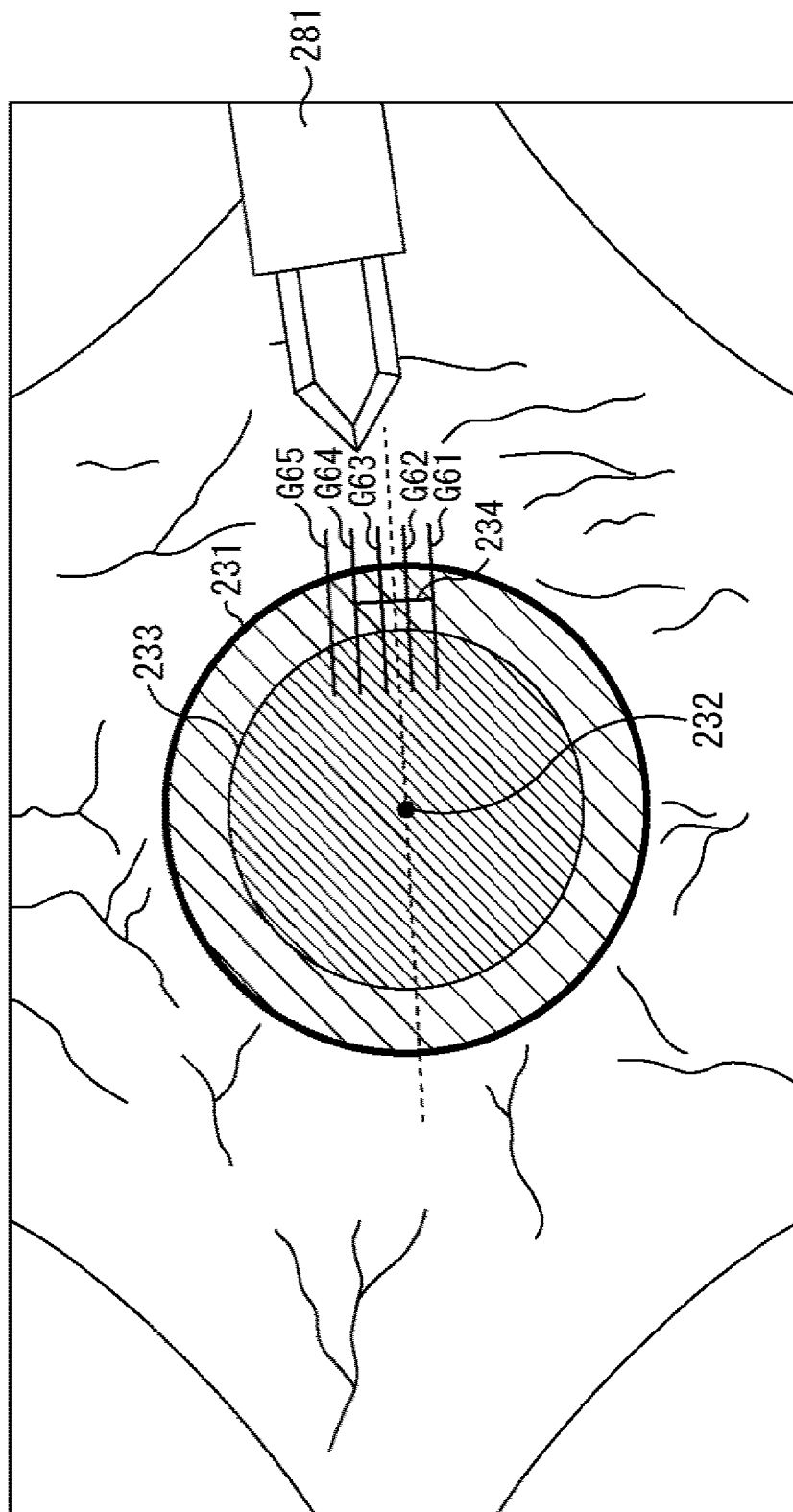
[図28]
FIG. 28



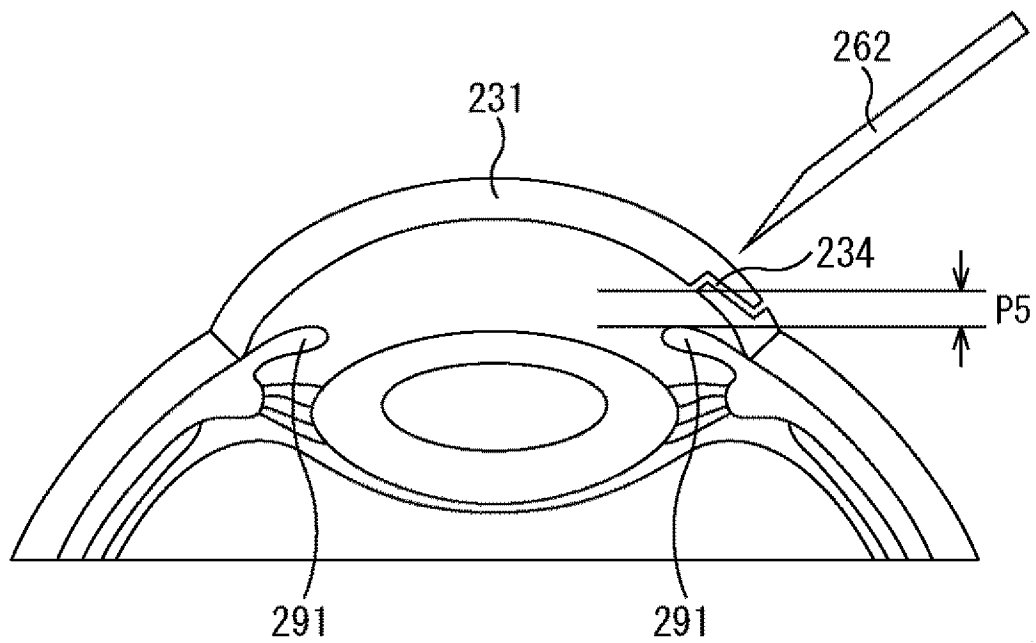
[図29]
FIG. 29



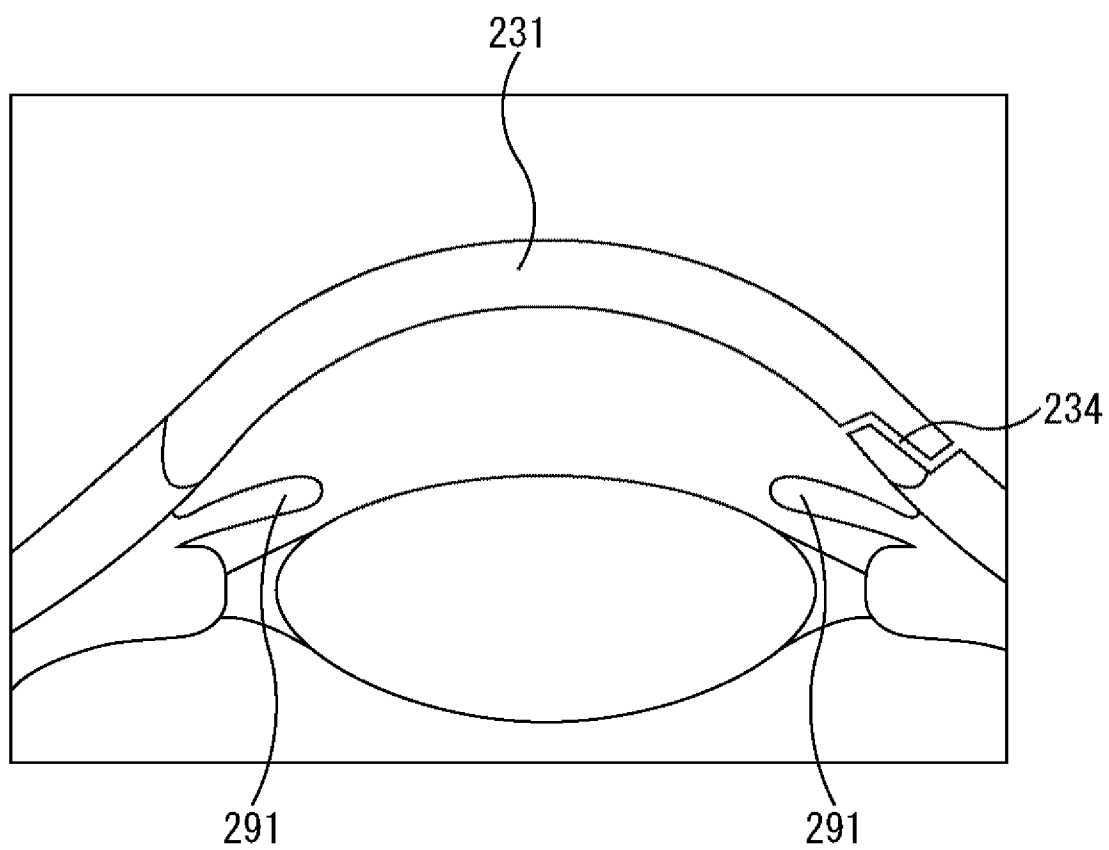
[図30]
FIG. 30



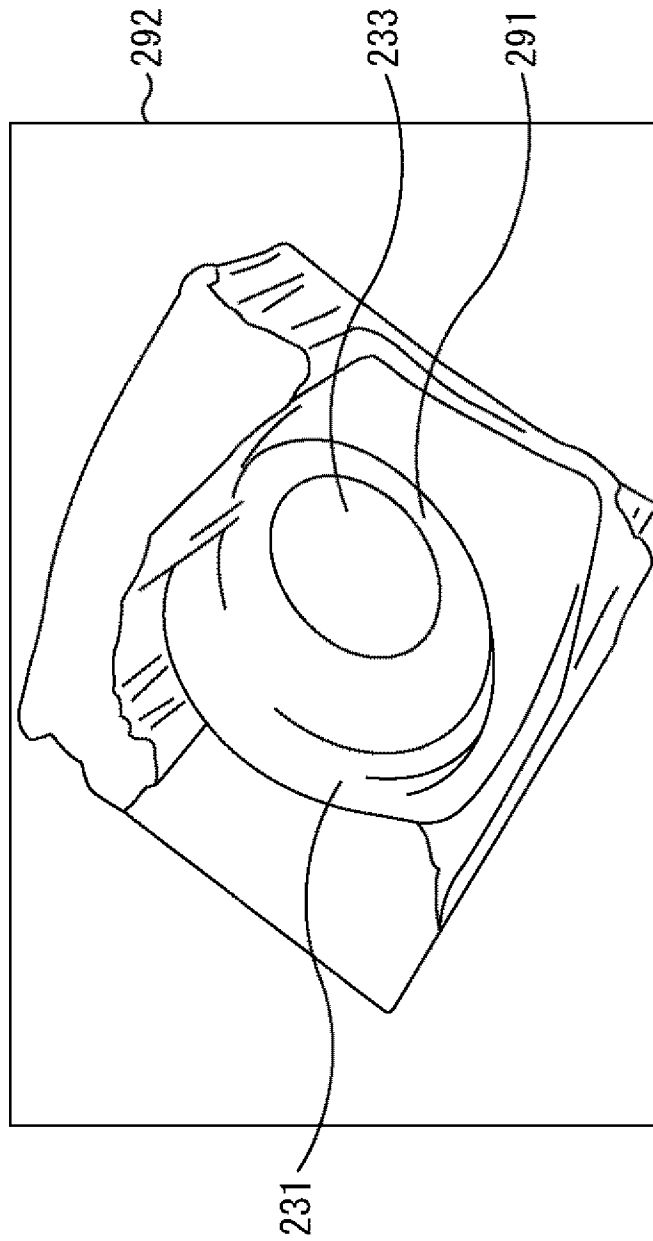
[図31]
FIG. 31



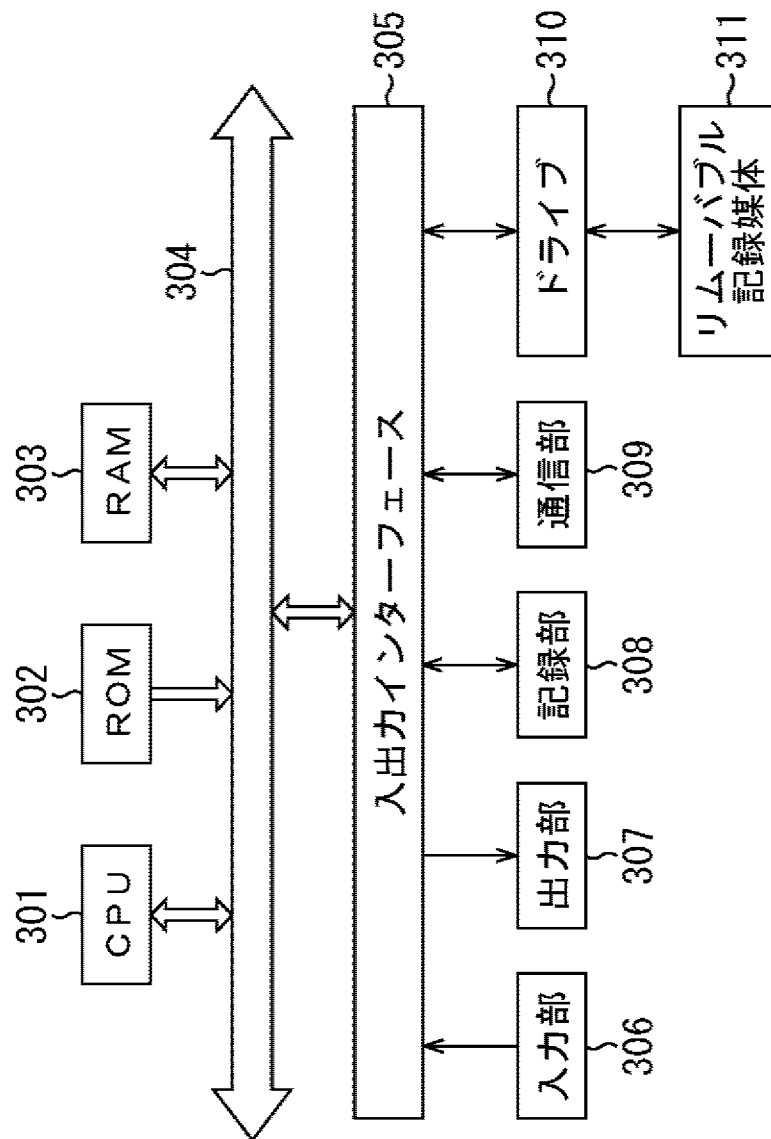
[図32]
FIG. 32



[図33]
FIG. 33



[図34]
FIG. 34



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/078981

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61F9/007(2006.01) i, A61B3/10(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61F9/007, A61B3/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2011/059018 A1 (Nidek Co., Ltd.), 19 May 2011 (19.05.2011), & US 2012/0188357 A1 & EP 2471442 A1	1-23
A	US 2014/0221822 A1 (THE CLEVELAND CLINIC FOUNDATION), 07 August 2014 (07.08.2014), & WO 2014/121268 A1 & EP 2950763 A1	1-23
A	JP 2012-506272 A (Sensomotoric Instruments Gesellschaft für innovative Sensorik mbH), 15 March 2012 (15.03.2012), & US 2011/0230751 A1 & WO 2010/046371 A1 & EP 2184005 A1	1-23

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 October 2016 (14.10.16)

Date of mailing of the international search report
01 November 2016 (01.11.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A61F9/007(2006.01)i, A61B3/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A61F9/007, A61B3/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2011/059018 A1（株式会社ニデック）2011.05.19, & US 2012/0188357 A1 & EP 2471442 A1	1-23
A	US 2014/0221822 A1 (THE CLEVELAND CLINIC FOUNDATION) 2014.08.07, & WO 2014/121268 A1 & EP 2950763 A1	1-23
A	JP 2012-506272 A（ゼンゾモトリック インストルメンツ ゲゼル シャフト フュア イノベイティブ ゼンゾリク ミット ベシュ レンクテル ハフツング）2012.03.15, & US 2011/0230751 A1 & WO 2010/046371 A1 & EP 2184005 A1	1-23

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14.10.2016

国際調査報告の発送日

01.11.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

石田 宏之

31

9258

電話番号 03-3581-1101 内線 3386