(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7375321号
(P7375321)

(45)発行日　令和5年11月8日(2023.11.8)

(24)登録日　令和5年10月30日(2023.10.30)

(51)国際特許分類

		FI		
Ａ６１Ｂ	*3/16 (2006.01)*	Ａ６１Ｂ	3/16	３００
Ａ６１Ｂ	*3/10 (2006.01)*	Ａ６１Ｂ	3/10	９００
		Ａ６１Ｂ	3/16	

請求項の数　5　（全15頁）

(21)出願番号　特願2019-65145(P2019-65145)
(22)出願日　平成31年3月28日(2019.3.28)
(65)公開番号　特開2020-162783(P2020-162783A)
(43)公開日　令和2年10月8日(2020.10.8)
審査請求日　令和4年2月25日(2022.2.25)

(73)特許権者　000135184
株式会社ニデック
愛知県蒲郡市拾石町前浜３４番地１４
(72)発明者　植村 努
愛知県蒲郡市拾石町前浜３４番地１４
株式会社ニデック拾石工場内
(72)発明者　水越 邦仁
愛知県蒲郡市拾石町前浜３４番地１４
株式会社ニデック拾石工場内
審査官　牧尾 尚能

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　眼圧測定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

被検眼に超音波を照射することにより被検眼の眼圧を非接触で測定する第１の眼圧測定手段と、前記第１の眼圧測定手段とは異なる方式により被検眼の眼圧を測定する第２の眼圧測定手段と、を備える眼圧測定装置であって、

前記第２の眼圧測定手段は、被検眼に流体を噴射することにより被検眼の眼圧を非接触にて測定する、または、被検眼の角膜にプローブで接触させることにより被検眼の眼圧を測定することを特徴とする眼圧測定装置。

【請求項２】

前記第１の眼圧測定手段と前記第２の眼圧測定手段とが一体的に設けられた装置本体と、前記装置本体を移動させるための駆動手段と、を備えることを特徴とする請求項１の眼圧測定装置。

【請求項３】

被検眼に超音波を照射することにより被検眼の眼圧を非接触で測定する第１の眼圧測定手段と、前記第１の眼圧測定手段とは異なる測定方式により被検眼の眼圧を測定する第２の眼圧測定手段と、第２の眼圧測定手段による測定の要否を判定する測定判定手段と、を備えることを特徴とする眼圧測定装置。

【請求項４】

被検眼に超音波を照射することにより被検眼の眼圧を非接触で測定する第１の眼圧測定手段と、前記第１の眼圧測定手段とは異なる測定方式により被検眼の眼圧を測定する第２

の眼圧測定手段と、を備える眼圧測定装置であって、
　第１の眼圧測定手段が設けられた装置本体を備え、前記第２の眼圧測定手段は、ケーブルを介して前記装置本体に接続されていることを特徴とする眼圧測定装置。
【請求項５】
　被検眼に超音波を照射することにより被検眼の眼圧を非接触で測定する第１の眼圧測定手段と、前記第１の眼圧測定手段とは異なる測定方式により被検眼の眼圧を測定する第２の眼圧測定手段による測定の要否を判定する測定判定手段と、を備えることを特徴とする眼圧測定装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
　本開示は、被検眼の眼圧を測定する眼圧測定装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
　被検眼の眼圧を測定する眼圧測定装置としては、例えば、エアパフ眼圧計や接触式眼圧計が知られている（例えば、特許文献１参照）。一方、被検眼の眼圧を超音波を用いて非接触にて測定する非接触式超音波眼圧計が提案されている（例えば、特許文献２参照）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】特開２０１４－６８８３０号公報
【文献】特開２００９－２６８６５１公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
　ところで、エアパフ式眼圧計や接触式眼圧計の場合、空気圧の噴射や角膜への接触等、被検眼への負担が比較的大きい。一方、本発明者らの調査によれば、非接触式超音波眼圧計においては、超音波デバイスのスペック（例えば、音圧）及びコスト等の問題によって眼圧計として必要な測定範囲（例えば、高眼圧領域（例：５０ｍｍＨｇ以上）を含む測定範囲）を確保できない可能性がありうる。
【０００５】
　本開示は、上記問題点を鑑み、被検眼の負担を軽減すると共に、被検眼の眼圧を適正に測定できる眼圧測定装置を提供することを技術課題とする。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
　上記課題を解決するために、本開示は、以下のような構成を備えることを特徴とする。
【０００７】
　（１－１）　被検眼に超音波を照射することにより被検眼の眼圧を非接触で測定する第１の眼圧測定手段と、前記第１の眼圧測定手段とは異なる方式により被検眼の眼圧を測定する第２の眼圧測定手段と、を備える眼圧測定装置であって、前記第２の眼圧測定手段は、被検眼に流体を噴射することにより被検眼の眼圧を非接触にて測定する、または、被検眼の角膜にプローブで接触させることにより被検眼の眼圧を測定することを特徴とする。
　（１－２）　被検眼に超音波を照射することにより被検眼の眼圧を非接触で測定する第１の眼圧測定手段と、前記第１の眼圧測定手段とは異なる測定方式により被検眼の眼圧を測定する第２の眼圧測定手段と、第２の眼圧測定手段による測定の要否を判定する測定判定手段と、を備えることを特徴とする。
　（１－３）　被検眼に超音波を照射することにより被検眼の眼圧を非接触で測定する第１の眼圧測定手段と、前記第１の眼圧測定手段とは異なる測定方式により被検眼の眼圧を測定する第２の眼圧測定手段と、を備える眼圧測定装置であって、第１の眼圧測定手段が設けられた装置本体を備え、前記第２の眼圧測定手段は、ケーブルを介して前記装置本体

に接続されていることを特徴とする。
【発明の効果】
【０００９】
本開示によれば、被検眼の負担を軽減すると共に、被検眼の眼圧を適正に測定できる。
【発明を実施するための形態】
【００１０】
本開示の実施形態の一例について図面に基づいて説明する。図１～図６は本実施形態の実施例に係る図である。なお、以下の＜＞にて分類された項目は、独立又は関連して利用されうる。
【００１１】
本実施形態に係る眼圧測定装置は、第１の眼圧測定部と、第１の眼圧測定部とは異なる方式により被検眼の眼圧を測定する第２の眼圧測定部と、を備えてもよい。第１の眼圧測定部は、非接触式超音波眼圧計であってもよく、眼圧測定において超音波を用いることで被検眼への負担を軽減できる。第２の眼圧測定部は、第１の眼圧測定部よりも高い眼圧を測定可能であってもよく、眼圧測定において高眼圧に対応できる。これによって、例えば、被検眼の負担を軽減できると共に、被検眼の眼圧を確実に測定できる。
【００１２】
＜第１の眼圧測定部＞
第１の眼圧測定部は、被検眼に超音波を照射することにより被検眼の眼圧を非接触で測定してもよい。第１の眼圧測定部の測定方式としては、例えば、超音波により被検眼を変形させたときの変形状態を検出する方式であってもよいし（例えば、特開２０１５－８９５５号参照）、超音波を被検眼に照射させた際の反射波の信号レベルを検出する方式であってもよい（例えば、特開２００９－２６８６５１公報参照）。もちろん測定方式は、上記方式に限定されない。
【００１３】
なお、第１の眼圧測定部による測定可能範囲としては、例えば、低眼圧の眼（例えば、２０ｍｍＨｇ以下）を測定できる範囲であってもよいし、一定の高眼圧の眼（例えば、３０ｍｍＨｇ以下）を含めて測定できる範囲であってもよい。なお、第１の眼圧測定部による測定可能範囲は、例えば、超音波を照射する超音波素子の音圧、価格等によって適宜設定されうる。
【００１４】
＜第２の眼圧測定部＞
第２の眼圧測定部の測定方式としては、被検眼に超音波を照射する方式とは異なる方式であってもよい。第２の眼圧測定部の測定方式としては、例えば、非接触式であってもよい。これによって、例えば、第１の眼圧測定部と第２の眼圧測定部の両方が非接触式によって構成されるので、各測定での被検眼への接触を回避できる。なお、非接触式としては、例えば、被検眼に流体を噴射することにより被検眼の眼圧を非接触にて測定してもよい（例えば、特開２０１４－６８８３０号公報参照）。
【００１５】
第２の眼圧測定部の測定方式としては、例えば、接触式であってもよい。これによって、例えば、被検眼の眼圧をより直接的に測定できるので、被検眼の眼圧を比較的正確に測定できる。なお、接触式としては、例えば、被検眼の角膜にプローブで接触させることにより被検眼の眼圧を測定してもよい（例えば、国際公開２０１７－１０３３３０参照）。
【００１６】
なお、第２の眼圧測定部による測定可能範囲としては、例えば、第１の眼圧測定部と測定可能範囲の少なくとも一部が重複し、かつ、第１の眼圧測定部よりも高い眼圧を測定できる範囲であってもよい。また、第２の眼圧測定部による測定可能範囲としては、例えば、第１の眼圧測定部と測定可能範囲の少なくとも一部が重複せず、かつ、第１の眼圧測定部よりも高い眼圧を測定できる範囲であってもよい。
【００１７】

＜眼圧測定装置の構成＞

本実施形態に係る眼圧測定装置は、例えば、第１の眼圧測定部と第２の眼圧測定部とが一体的に設けられた装置本体を備えてもよい（例えば、図１参照）。さらに、装置本体を移動させるための駆動部が備えられてもよい。これによって、例えば、各眼圧測定部による被検眼に対するアライメントをスムーズに行うことができる。なお、第１の眼圧測定部と第２の眼圧測定部とが一体的に装置本体に設けられる場合、例えば、第１の眼圧測定部と第２の眼圧測定部とが上下に積層配置された構成であってもよい。

【００１８】

本実施形態に係る眼圧測定装置は、例えば、第１の眼圧測定部が設けられた装置本体を備え、第２の眼圧測定部は、ケーブル又は無線を介して装置本体に接続された構成であってもよい（例えば、図６参照）。これによって、例えば、装置本体を大型化させることなく、第２の眼圧測定部による測定を行うことができる。この場合、第２の眼圧測定部としては、例えば、ポータブルタイプの眼圧測定装置が用いられてもよい。

【００１９】

＜測定要否判定＞

本実施形態に係る眼圧測定装置は、例えば、第２の眼圧測定部による測定の要否を判定する測定判定部を備えてもよい。これによって、例えば、超音波で測定できない場合であっても、異なる方式により眼圧を確実に測定できる。なお、測定判定部としては、例えば、第２の眼圧測定部による測定の要否を判定処理する制御部であってもよい。

【００２０】

測定判定部は、例えば、第１の眼圧測定部によって得られた測定結果に基づいて第２の眼圧測定部による測定の要否を判定してもよい。この場合、第１の眼圧測定部によって得られた測定結果が、第１の眼圧測定部による測定可能範囲の上限を少なくとも含む所定範囲内である場合、第２の眼圧測定部による測定を必要と判定し、第１の眼圧測定部によって得られた測定結果が、所定範囲を下回る場合、第２の眼圧測定部による測定を不要と判定するようにしてもよい。

【００２１】

なお、測定要否を判定する手法としては、測定結果に限定されず、超音波を照射したときの角膜の変形状態（例えば、変形量が所定量より少ない等）によって要否を判定してもよい。この場合、例えば、超音波による変形状態が所定の変形状態（例えば、圧平状態）に達しなかった場合、第２の眼圧測定部による測定を必要と判定してもよい。なお、角膜の変形状態を検出するための構成として、例えば、角膜の変形を検出するための光を被検眼に投受光する構成、角膜の変形を検出するための超音波を被検眼に当受信する構成が用いられてもよい。

【００２２】

また、角膜からの反射光量と圧力との時間変化の対比から要否を判定する手法として、例えば、角膜からの反射光量の最大値が閾値を超えなかった否かによって要否を判定してもよく、最大値が閾値を超えなかった場合、第２の眼圧測定部による測定を必要と判定してもよい。また、光量分布の形状から要否を判定してもよい。この場合、第１の眼圧測定部による測定可能範囲と、光量分布の形状との関係を予め実験等によって求めておいてもよい。また、角膜の変形速度から要否を判定してもよく、例えば、変位速度に閾値を設け、閾値よりも変形速度が遅い場合、第２の眼圧測定部による測定を必要と判定してもよい。

【００２３】

さらに、測定判定部は、要否判定の結果に基づいて、第２の眼圧測定部による測定を誘導するようにしてもよい。測定判定部は、例えば、要否判定の結果において要と判定された場合、第２の眼圧測定部によって眼圧測定を行う第２眼圧測定モードに自動的に移行するようにしてもよい。また、測定判定部は、例えば、要否判定の結果において要と判定された場合、第２の測定部による測定を促す報知を行うようにしてもよい。なお、報知の手法としては、例えば、表示部への表示、音声による報知等があり得る。また、測定判定部は、要否判定の結果において否と判定された場合、第２の眼圧測定部による測定が必ず

しも必要ない旨を報知したり、第１の眼圧測定部による測定で充分である旨を報知するようにしてもよい。

【００２４】

なお、上記測定判定部は、第１の眼圧測定部単体を備える眼圧測定装置に設けられてもよい。これによって、例えば、超音波で測定できない場合であっても、異なる方式による眼圧が必要か否かを判定できる。

【００２５】

＜その他＞

本実施形態に係る眼圧測定装置は、例えば、第１の眼圧測定部によって得られた測定結果と、第２の眼圧測定部によって得られた測定結果とを同一の表示部に表示するようにしてもよい。これによって、例えば、眼圧が高い場合であっても、被検眼の適切な眼圧値を表示部に表示できる。なお、上記に限定されず、第１の眼圧測定部によって得られた測定結果と、第２の眼圧測定部によって得られた測定結果と、が別々の表示部に表示される構成であってもよい。

【００２６】

＜実施例＞

以下、本実施形態に係る眼圧測定装置の実施例について図面に基づいて説明する。

【００２７】

＜外観＞

図１に基づいて眼圧測定装置の外観を説明する。図１に示すように、本実施例の眼圧測定装置１は、測定部４と、駆動部２と、制御部２０を主に備える。本実施例の測定部４は、第１の眼圧測定部４ａと、第１の眼圧測定部とは異なる方式により被検眼の眼圧を測定する第２の眼圧測定部４ｂと、を備える。第１の眼圧測定部４ａは、被検眼に超音波を照射することにより被検眼の眼圧を非接触で測定する。本実施例において、第２の眼圧測定部４ｂは、被検眼に流体を噴射することにより被検眼の眼圧を非接触にて測定する。

【００２８】

測定部４は、駆動部２の駆動によってＸＹＺ方向に移動されてもよい。第２の眼圧測定部４ｂは、Ｚ駆動部１３の駆動により第１の眼圧測定部４ａに対してＺ方向に移動可能に配置されてもよい（図２参照）。眼圧測定装置１は、測定軸Ｌａと測定軸Ｌｂを被検眼Ｅに対してそれぞれ位置合わせする。また、第２の眼圧測定部４ｂを使用する場合、Ｚ駆動部１３の駆動によって、第１の眼圧測定部４ａの最前面に対して眼圧測定部４ｂに設けられたノズル６３が被検眼Ｅ側にせり出した状態にて使用されてもよい。

【００２９】

制御部２０は、眼圧測定装置１の各部を制御する。眼圧測定装置１は、筐体６、表示部７、操作部８、顔支持部９等を備えてもよい。例えば、筐体６は、測定部４、駆動部２、制御部２０等を収納する。表示部７は、例えば、被検眼Ｅの観察画像および測定結果等を表示させる。表示部７は、例えば、眼圧測定装置１と一体的に設けられてもよいし、眼圧測定装置１とは別に設けられてもよい。操作部８は、眼圧測定装置１の各種設定、測定開始時の操作などに用いられる。操作部８には、検者による各種操作指示が入力される。本実施例の操作部８は、タッチパネルであるが、ジョイスティック、マウス、キーボード、トラックボール、ボタン等の各種ヒューマンインターフェイスであってもよい。また、表示部７および操作部８としてタブレット端末が用いられてもよい。顔支持部９は、例えば、額当て１０と顎台１１を備えてもよい。顎台１１は、顎台駆動部１２の駆動によって上下方向に移動されてもよい。

【００３０】

図２は本実施形態に係る測定部４の構成について説明する構成概略図である。

＜第１の眼圧測定部＞

第１の眼圧測定部４ａについて説明する。第１の眼圧測定部４ａは、例えば、比較的低い眼圧の被検眼を測定可能に構成されている。

【００３１】

超音波ユニット１００は、例えば、超音波を被検眼Ｅに照射する。例えば、超音波ユニット１００は、角膜に対して超音波を照射し、角膜に音響放射圧を発生させる。音響放射圧は、例えば、音波の進む方向に働く力である。本実施例の超音波眼圧計１は、例えば、この音響放射圧を利用して、角膜を変形させる。なお、本実施例の超音波ユニットは、円筒状であり、中央の開口部１０１に、後述する光学ユニット２００の光軸Ｏ１が配置される。

【００３２】

図３（ａ）は、超音波ユニット１００の概略構成を示す断面図であり、図３（ｂ）は、図３（ａ）に示す範囲Ａ１を拡大した様子である。本実施例の超音波ユニット１００は、いわゆるランジュバン型振動子である。超音波ユニット１００は、例えば、超音波素子１１０、電極１２０、マス部材１３０、締付部材１６０等を備える。超音波素子１１０は、超音波を発生させる。超音波素子１１０は、電圧素子（例えば、圧電セラミックス）、または磁歪素子等であってもよい。本実施例の超音波素子１１０はリング状である。例えば、超音波素子１１０は複数の圧電素子が積層されたものでもよい。本実施例では、超音波素子１１０は積層された２つの圧電素子（例えば、圧電素子１１１、圧電素子１１２）が用いられる。例えば、２つの圧電素子には、それぞれ電極１２０（電極１２１,電極１２２）が接続される。本実施例の電極１２１,電極１２２は、例えば、リング状である。

【００３３】

マス部材１３０は、例えば、超音波素子１１０を挟む。マス部材１３０は、超音波素子１１０を挟み込むことによって、例えば、超音波素子１１０の引っ張り強度を強くし、強い振動に耐えられるようにする。これによって、高出力の超音波を発生させることができる。マス部材１３０は、例えば、金属ブロックであってもよい。例えば、マス部材１３０は、ソノトロード（ホーン、またはフロントマスともいう）１３１と、バックマス１３２等を備える。

【００３４】

ソノトロード１３１は、超音波素子１１０の前方（被検眼側）に配置されたマス部材である。ソノトロード１３１は、超音波素子１１０によって発生した超音波を空気中に伝搬させる。本実施例のソノトロード１３１は、円筒状である。ソノトロード１３１の内円部には、一部に雌ねじ部１３３が形成される。雌ねじ部１３３は、後述する締付部材１６０に形成された雄ねじ部１６１と螺合する。なお、ソノトロード１３１は、超音波を収束させる形状であってもよい。例えば、ソノトロード１３１の被検眼側の端面は、開口部１０１側に傾斜させ、テーパ形状としてもよい。また、ソノトロード１３１は、不均一な厚さを有する円筒であってもよい。例えば、ソノトロード１３１は、円筒の長手方向に関して外径と内径が変化する形状であってもよい。

【００３５】

バックマス１３２は、超音波素子１１０の後方に配置されたマス部材である。バックマス１３２は、ソノトロード１３１とともに超音波素子１１０を挟み込む。バックマス１３２は、例えば、円筒状である。バックマス１３２の内円部には、一部に雌ねじ部１３４が形成される。雌ねじ部１３４は、後述する締付部材１６０の雄ねじ部１６１と螺合する。また、バックマス１３２はフランジ部１３５を備える。フランジ部１３５は、後述する装着部４００によって保持される。

【００３６】

締付部材１６０は、例えば、マス部材１３０と、マス部材１３０に挟み込まれる超音波素子１１０と、を締め付ける。締付部材１６０は、例えば、中空ボルトである。締付部材１６０は、例えば、円筒状であり、外円部に雄ねじ部１６１を備える。締付部材１６０の雄ねじ部１６１は、ソノトロード１３１およびバックマス１３２の内側に形成された雌ねじ部１３３，１３４と螺合する。ソノトロード１３１とバックマス１３２は、締付部材１６０によって、互いに引き合う方向に締め付けられる。これによって、ソノトロード１３１とバックマス１３２との間に挟まれた超音波素子１０１が締め付けられ、圧力が負荷される。

【００３７】
なお、超音波ユニット１００は、絶縁部材１７０を備えてもよい。絶縁部材１７０は、例えば、電極１２０または超音波素子１１０などが締付部材１６０に接触することを防ぐ。絶縁部材１７０は、例えば、電極１２０と締付部材１６０との間に配置される。絶縁部材１７０は、例えば、スリーブ状である。
＜光学ユニット＞
光学ユニット２００は、例えば、被検眼の観察、または測定等を行う（図２参照）。光学ユニット２００は、例えば、対物系２１０、観察系２２０、固視標投影系２３０、指標投影系２５０、圧平検出系２６０、ダイクロイックミラー２０１、ビームスプリッタ２０２、ビームスプリッタ２０３、ビームスプリッタ２０４等を備える。
【００３８】
対物系２１０は、例えば、光学ユニット２００に測定部３の外からの光を取り込む、または光学ユニット２００からの光を測定部３の外に照射するための光学系である。対物系２１０は、例えば、光学素子を備える。対物系２１０は、光学素子（対物レンズ、リレーレンズなど）を備えてもよい。
【００３９】
照明光学系２４０は、被検眼を照明する。照明光学系２４０は、例えば、被検眼を赤外光によって照明する。照明光学系２４０は、例えば、照明光源２４１を備える。照明光源２４１は、例えば、被検眼の斜め前方に配置される。照明光源２４１は、例えば、赤外光を出射する。照明光源２４０は、複数の照明光源２４１を備えてもよい。
【００４０】
観察系２２０は、例えば、被検眼の観察画像を撮影する。観察系２２０は、例えば、被検眼の前眼部画像を撮影する。観察系２２０は、例えば、受光レンズ２２１、受光素子２２２等を備える。観察系２２０は、例えば、被検眼によって反射した照明光源２４１からの光を受光する。観察系は、例えば、光軸Ｏ１を中心とする被検眼からの反射光束を受光する。例えば、被検眼からの反射光は、超音波ユニット１００の開口部１１０を通り、対物系２１０、受光レンズ２２１を介して受光素子２２２に受光される。
【００４１】
固視標投影系２３０は、例えば、被検眼に固視標を投影する。固視標投影系２３０は、例えば、視標光源２３１、絞り２３２、投光レンズ２３３、絞り２３４等を備える。視標光源２３１からの光は、光軸Ｏ２に沿って絞り２３２、投光レンズ２３３、絞り２３２等を通り、ダイクロイックミラー２０１によって反射される。ダイクロイックミラー２０１は、例えば、固視標投影系２３０の光軸Ｏ２を光軸Ｏ１と同軸にする。ビームスプリッタ２によって反射された視標光源２３１からの光は、光軸Ｏ１に沿って対物系２１０を通り、被検眼に照射される。固視標投影系２３０の視標が被検者によって固視されることで、被検者の視線が安定する。
【００４２】
指標投影系２５０は、例えば、被検眼に指標を投影する。指標投影系２５０は、被検眼にＸＹアライメント用の指標を投影する。指標投影系２５０は、例えば、指標光源（例えば、赤外光源であってもよい）２５１と、絞り２５２、投光レンズ２５３等を備える。指標光源２５１からの光は、光軸Ｏ３に沿って絞り２５２、投光レンズ２５３を通り、ビームスプリッタ２０２によって反射される。ビームスプリッタ２０２は、例えば、指標投影系２５０の光軸Ｏ３を光軸Ｏ１と同軸にする。ビームスプリッタ２０２によって反射された指標光源２５１の光は、光軸Ｏ１に沿って対物系２１０を通り、被検眼に照射される。被検眼に照射された指標光源２５１の光は、被検眼によって反射され、再び光軸Ｏ１に沿って対物系２１０と受光レンズ２２１等を通り、受光素子２２２によって受光される。受光素子によって受光された指標は、例えば、ＸＹアライメントに利用される。この場合、例えば、指標投影系２５０および観察系２２０は、ＸＹアライメント検出手段として機能する。
【００４３】

変形検出系２６０は、例えば、被検眼の角膜形状を検出する。変形検出系２６０は、例えば、被検眼の角膜の変形を検出する。変形検出系２６０は、例えば、受光レンズ２６１、絞り２６２、受光素子２６３等を備える。変形検出系２６０は、例えば、受光素子２６３によって受光された角膜反射光に基づいて、角膜の変形を検出してもよい。例えば、変形検出系２６０は、指標光源２５１からの光が被検眼の角膜によって反射した光を受光素子２６３で受光することによって角膜の変形を検出してもよい。例えば、角膜反射光は、光軸Ｏ１に沿って対物系２１０を通り、ビームスプリッタ２０２、ビームスプリッタ２０３によって反射される。そして、角膜反射光は、光軸Ｏ４に沿って受光レンズ２６１および絞り２６２を通過し、受光素子２６３によって受光される。

【００４４】

変形検出系２６０は、例えば、受光素子２３６の受光信号の大きさに基づいて角膜の変形状態を検出してもよい。例えば、変形検出系２６０は、受光素子２３６の受光量が最大となったときに角膜が圧平状態になったことを検出してもよい。この場合、例えば、変形検出系２６０は、被検眼の角膜が圧平状態になったときに受光量が最大となるように設定される。

【００４５】

なお、変形検出系２６０は、ＯＣＴ又はシャインプルーフカメラ等の前眼部断面像撮像ユニットであってもよい。例えば、変形検出系２６０は、角膜の変形量または変形速度などを検出してもよい。

【００４６】

角膜厚測定系２７０は、例えば、被検眼の角膜厚を測定する。角膜厚測定系２７０は、例えば、測定光源２７１と、投光レンズ２７２と、絞り２７３と、受光レンズ２７４と、受光素子２７５等を備えてもよい。光源２７１からの光は、例えば、光軸Ｏ５に沿って投光レンズ２７２、絞り２７３を通り、被検眼に照射される。そして、被検眼によって反射された反射光は、光軸Ｏ６に沿って受光レンズ２７４によって集光され、受光素子２７５によって受光される。

【００４７】

Ｚアライメント検出系２８０は、例えば、Ｚ方向のアライメント状態を検出する。Ｚアライメント検出系２８０は、例えば、受光素子２８１を備える。Ｚアライメント検出系２８０は、例えば、角膜からの反射光を検出することによって、Ｚ方向のアライメント状態を検出してもよい。例えば、Ｚアライメント検出系は、光源２７１からの光が被検眼の角膜によって反射した反射光を受光してもよい。この場合、Ｚアライメント検出系２８０は、例えば、光源２７１からの光が被検眼の角膜によって反射してできた輝点を受光してもよい。このように、光源２７１は、Ｚアライメント検出用の光源として兼用されてもよい。例えば、角膜によって反射した光源２７１からの光は、光軸Ｏ６に沿ってビームスプリッタ２０４によって反射され、受光素子２８１によって受光される。

【００４８】

＜第２の眼圧測定部＞

続いて、第２の眼圧測定部４ｂについて説明する。第２の眼圧測定部４ｂは、例えば、比較的低い眼圧の被検眼から高眼圧の被検眼までを測定可能に構成されている。なお、Ｑ第２の眼圧測定部４ｂは、例えば、流体吹付部６０と、照明光学系１７０と、第２観察光学系７０と、第３指標光学系８０、第２固視標光学系８９と、変形検出光学系９８、Ｚアライメント検出系９９を備える。

【００４９】

流体吹付部６０は、空気などの流体を被検眼の角膜に吹付ける。流体吹付部は、例えば、シリンダ６１、ピストン６２、ノズル６３、ガラス版６４、ガラス版６５、圧力センサ６６等を備える。シリンダ６１は、空気を圧縮する。ピストン６２は、図示なきソレノイドの駆動力によってシリンダ６１内を移動する。ピストン６２の移動によってシリンダ６１内で圧縮された空気は、ノズル６３を介して被検眼Ｅの角膜Ｅｃに向けて噴射される。ガラス板６４は、透明なガラスでできており、ノズル６３を保持する。ガラス版６５は、

透明なガラスでできており、ノズル６３の背後に設けられる。ガラス板６５の背後には、後述する観察及びアライメントのための光学系が配置されている。圧力センサ６６は、シリンダ６１内の圧力を検出する。圧力センサ６６からの検出信号は、制御部２０に入力され、眼圧値の算出に利用される。

【００５０】

照明光学系１７０は、前眼部を照明する。照明光学系１７０は、例えば、赤外光源１７１を備える。赤外光源１７１は、ノズル６３の軸線と一致する光軸Ｌｂを中心に４個配置されている。

【００５１】

第２観察光学系７０は、被検眼の前眼部画像を撮影する。第２観察光学系７０は、ハーフミラー７１、対物レンズ７２、ダイクロイックミラー７３、フィルタ７４、二次元撮像素子７５等を備える。光源１７１による被検眼Ｅの前眼部像は、光軸Ｌｂ上に配置されたガラス板６５、ハーフミラー７１、対物レンズ７２、ダイクロイックミラー７３及びフィルタ７４を介して、二次元撮像素子７５により撮像される。なお、ダイクロイックミラー７３は、赤外光を透過し可視光を反射する特性を持つ。また、フィルタ７４は、光源１７０及び後述する光源８１の光を透過し、後述する光源９０の光を透過しない特性を持つ。二次元撮像素子７５により撮像された前眼部像は、制御部２０へ入力されたのちに表示部７上に表示される。

【００５２】

第３指標光学系８０は、赤外光源８１、投影レンズ８２などを備える。赤外光源８１は、Ｘ方向及びＹ方向のアライメント用の光源であり、その光は投影レンズ８２、ハーフミラー７１及びガラス板６５を介して、角膜Ｅｃに正面から投影される。光源８１による角膜反射像は、ガラス板６５からフィルタ７４までを介して撮像素子７５に撮像される。撮像素子７５からの撮像信号は、制御部２０へと入力され、Ｘ方向及びＹ方向のアライメントに利用される。なお、光源７０による角膜反射像をＸ方向及びＹ方向のアライメントに利用することもできる（詳しくは、本出願人による特開平１０－７１１２２号公報を参照）。

【００５３】

第２固視標光学系８９は固視標投影用の可視光源であり、光源８５により照明された固視標８６の光は、投影レンズ８７、ダイクロイックミラー７３、対物レンズ７２、ハーフミラー７１及びガラス板６５を介して、被検眼Ｅに向かう。

【００５４】

変形検出光学系９８は、角膜の変形状態を検出する。変形検出光学系９８は、例えば、赤外光源９０、コリメータレンズ９１、受光レンズ９２、フィルタ９３、ハーフミラー９４、ピンホール版９５、光検出器９６等を備える。光源９０による光は、コリメータレンズ９１により略平行光束とされて角膜Ｅｃに投影される。光源９０による角膜反射像は、受光レンズ９２、フィルタ９３、ハーフミラー９４及びピンホール板９５を介して、光検出器９６により受光される。フィルタ９３は、光源９０の光を透過し光源７０及び光源８１の光を透過しない特性を持つ。変形検出光学系は、角膜Ｅｃが所定の変形状態（偏平状態）のときに光検出器９６の受光量が最大になるように配置されている。光検出器９６からの検出信号は、制御部２０へと入力され、眼圧値の算出に用いられる。

【００５５】

Ｚアライメント検出系９９は、被検眼Ｅに対する第２の眼圧測定部４ｂの作動距離を検出する。Ｚアライメント検出系９９は、一次元位置検出素子９７と、変形検出光学系９８と共用される光源９０およびコリメータレンズ９１を備える。位置検出素子９７は、ＰＳＤまたはラインセンサ等である。光源９０による角膜反射像は、受光レンズ９２からハーフミラー９４を介して位置検出素子９７に入射する。そして、位置検出素子９７からの検出信号は、制御部２０に入力され、Ｚ方向のアライメント検出に利用される。すなわち、被検眼Ｅ（角膜Ｅｃ）がＺ方向に移動すると、光源９０による角膜反射像の入射位置も位置検出素子９７上を移動するため、位置検出素子９７からの検出信号に基づき被検眼Ｅに

対するＺ方向のアライメント状態を検出することができる。

【００５６】

なお、図２においては、説明の便宜上、これら角膜変形検出及び作動距離検出の光学系を上下に配置しているように図示したが、実際は被検眼に対して左右方向に配置されている。

【００５７】

＜制御系＞

図４に示すように、本装置１は制御部２０を備える。制御部２０は、本装置１の各種制御を司る。制御部２０は、例えば、一般的なＣＰＵ（Central Processing Unit）２１、ＲＯＭ２２、ＲＡＭ２３等を備える。例えば、ＲＯＭ２２には、眼圧測定装置１を制御するための眼科装置制御プログラム、初期値等が記憶されている。例えば、ＲＡＭ２３は、各種情報を一時的に記憶する。制御部２０は、測定部４、顔撮影部１９０、駆動部２、Ｚ駆動部１３、表示部７、操作部８、顎台駆動部１２、記憶部（例えば、不揮発性メモリ）２４等と接続されている。記憶部２４は、例えば、電源の供給が遮断されても記憶内容を保持できる非一過性の記憶媒体である。例えば、ハードディスクドライブ、着脱可能なＵＳＢフラッシュメモリ等を記憶部２４として使用することができる。

【００５８】

＜制御動作＞

以上のような構成を備える眼圧測定装置１において、その制御動作を説明する。眼圧測定装置１は、例えば、複数の測定モードを備え、各測定モードに応じて動作する。例えば、第１の眼圧測定部４ａによって被検眼の眼圧を測定する第１モードと、第２の眼圧測定部４ｂによって被検眼の眼圧を測定する第２モードと、を備える。制御部２０は、例えば、各測定モードに応じて、第１の眼圧測定部４ａまたは第２の眼圧測定部４ｂを被検眼に対して自動で位置合わせ（アライメント）し、測定を行う。なお、自動アライメントにおいて、被検眼の顔を撮影可能な顔撮影部１９０を用いてアライメントが行われてもよい。

【００５９】

まず、制御部２０は、検者の操作に応じて操作部８から出力された測定モードの選択信号を受け付ける。被検眼の負担を軽減するべく、通常、第１モードが選択される。選択信号を受け付けると、制御部２０は、受け付けた選択信号に基づいて、測定モードを切り換える。例えば、検者によって第１モードが選択された場合、制御部２０は、測定モードを第１モードに切り換える。第１モードの場合、制御部２０は、Ｙ駆動部６を駆動させることにより第１の眼圧測定部４ａの測定軸Ｌａと被検眼Ｅがほぼ同じ高さになるようにしておく（ラフで構わない）。

【００６０】

この場合、制御部２０は、顔支持部９に形成される図示なきアイレベル確認ラインと測定軸Ｌａが略同じ高さになるように測定部４の高さ位置を調整する。また、制御部２０は、駆動部１３を駆動させることにより、第２の眼圧測定部４ｂを第１の眼圧測定部４ａに対して装置本体側に後退させ（被検眼Ｅから遠ざかる方向に移動させ）、ノズル６３の先端が被検者の額等に接触しないようにしておく。

【００６１】

第１モードに切り換えられた場合、制御部２０は、被検眼Ｅに対して第１の眼圧測定部４ａをアライメントする。制御部７０は、顔支持部９に顔を支持された被検者の被検眼に対する測定部４のアライメントを行う。例えば、制御部２０は、受光素子２２２によって取得される前眼部正面画像から指標投影部２５０による輝点を検出し、輝点の位置が所定の位置になるように駆動部２を駆動させる。もちろん、検者は、表示部７を見ながら、操作部８等を用いて被検眼に対するアライメントを手動で行ってもよい。制御部２０は、駆動部２を駆動させると、前眼部画像の輝点の位置が所定の位置であるか否かによってアライメントの適否を判定する。

【００６２】

制御部２０は、超音波ユニット１００を用いて被検眼の眼圧を測定する。例えば、制御

部７０は、超音波素子に電圧を印加し、被検眼Ｅに超音波を照射する。制御部２０は、例えば、超音波によって音響放射圧を生じさせることによって角膜を変形させる。そして、制御部２０は、変形検出系２６０によって角膜の変形状態を検出する。例えば、制御部２０は、受光素子２６３の受光信号に基づいて角膜が所定形状（圧平状態または扁平状態）に変形したことを検出する。

【００６３】

制御部２０は、例えば、被検眼の角膜が所定形状に変形したときの音響放射圧に基づいて被検眼の眼圧を算出する。被検眼に加わる音響放射圧は超音波の照射時間と相関があり、超音波の照射時間が長くなるにつれて大きくなる。したがって、制御部２０は、超音波の照射時間に基づいて、角膜が所定形状に変形したときの音響放射圧を求める。角膜が所定形状に変形するときの音響放射圧と、被検眼の眼圧との関係は、予め実験等によって求められ、図示なき記憶部等に記憶される。制御部２０は、角膜が所定形状に変形したときの音響放射圧と、記憶部に記憶された関係に基づいて被検眼の眼圧を決定する。

【００６４】

もちろん、眼圧の算出方法は、上記に限らず、種々の方法が用いられてもよい。例えば、制御部７０は、変形検出系２６０によって角膜の変形量を求め、変形量に換算係数を掛けることによって眼圧を求めてもよい。

【００６５】

なお、制御部２０は、被検眼によって反射した超音波に基づいて眼圧を測定してもよい。例えば、被検眼によって反射した超音波の特性変化に基づいて眼圧を測定してもよいし、被検眼によって反射した超音波から角膜の変形量を取得し、その変形量に基づいて眼圧を測定してもよい。

【００６６】

次に、制御部２０は、第１の眼圧測定部４ａによって得られた測定結果が、第１の眼圧測定部４ａによる測定可能範囲の上限（例えば、２０ｍｍＨｇ）を少なくとも含む所定範囲内（例えば、１８ｍｍＨｇ～２０ｍｍＨｇ）である場合、第２の眼圧測定部４ｂによる測定を必要と判定し、第１の眼圧測定部によって得られた測定結果が、所定範囲を下回る場合、第２の眼圧測定部による測定を不要と判定するようにしてもよい。

【００６７】

図５（ａ）は、第２の眼圧測定部４ｂによる測定を必要と判定した場合の表示画面の一例を示す図である。第２の眼圧測定部４ｂによる測定を必要と判定した場合、制御部２０は、第２モードでの測定を促すガイド表示を表示部７に表示してもよい（例えば、第２モードでの測定を行って下さい、等）。第２の眼圧測定部４ｂによる測定を必要と判定した場合、制御部２０は、第２モードへの移行を自動的に行うようにしてもよい。

【００６８】

図５（ｂ）は、第２の眼圧測定部４ｂによる測定を不要と判定した場合の表示画面の一例を示す図である。この場合、制御部２０は、第１モードでの測定が適正である旨を表示部に表示する（例えば、「ＯＫ」等）。

【００６９】

上記のように判定処理が行われ、第２モードが選択された場合、制御部２０は、測定モードを第２モードに切り換える。第２モードの場合、制御部２０は、Ｙ駆動部６を駆動させることにより第２の眼圧測定部４ｂの測定軸Ｌｂと被検眼Ｅがほぼ同じ高さになるようにしておく（ラフで構わない）。

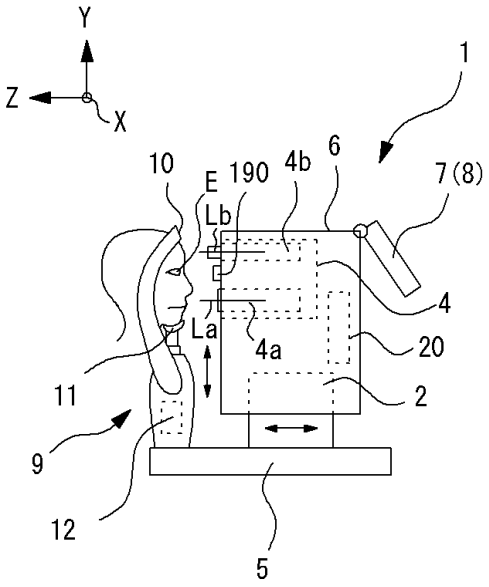
【００７０】

第２モードに切り換えられた場合、制御部２０は、被検眼Ｅに対して第２の眼圧測定部４ｂをアライメントする。制御部７０は、顔支持部９に顔を支持された被検者の被検眼に対する測定部４のアライメントを行う。例えば、制御部２０は、位置検出素子９７の検出結果に基づいて駆動部２を駆動制御し、Ｚ方向の詳細なアライメントを行う。また、制御部２０は、撮像素子７５の光源８１による角膜反射像の検出結果に基づき、駆動部２を駆動制御し、Ｘ方向及びＹ方向の詳細なアライメントを行う。もちろん、検者は、表示部７

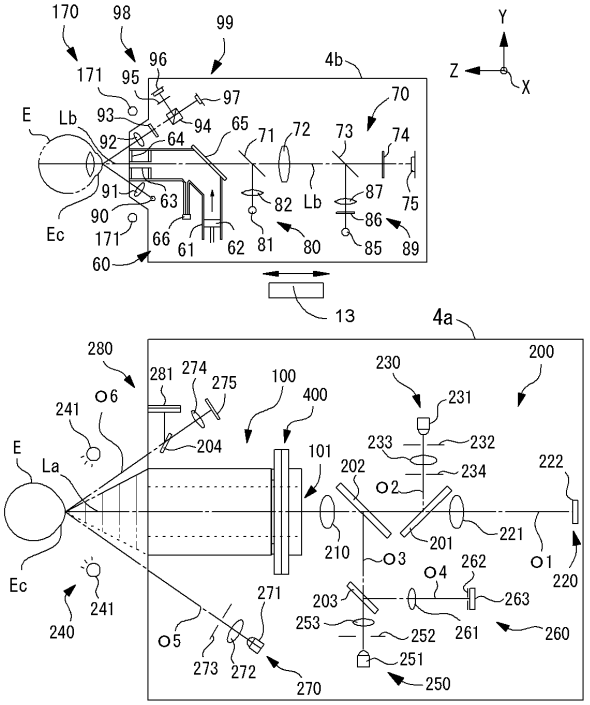
を見ながら、操作部８等を用いて被検眼に対するアライメントを手動で行ってもよい。
【００７１】
被検眼に対する第２の眼圧測定部４ｂのアライメントが完了すると、制御部２０は、第２の眼圧測定部４ｂによって被検眼の眼圧を測定する。例えば、制御部２０は、図示なきソレノイドを駆動させる。ソレノイドの駆動によりピストン６２が移動されると、シリンダ６１内の空気が圧縮され、圧縮空気がノズル６３から角膜Ｅｃに向けて吹き付けられる。角膜Ｅｃは、圧縮空気の吹き付けにより徐々に変形し、扁平状態に達したときに光検出器９６に最大光量が入射される。制御部２０は、圧力センサ６６からの出力信号と光検出器９６からの出力信号とに基づき眼圧値を求める。そして、測定結果を表示部７に表示する。ここで、所定の測定終了条件が満たされると、被検眼の眼圧測定を完了とする。
【００７２】
上記構成によれば、例えば、超音波を用いて被検眼の眼圧を得られなかった場合であっても、他の方式によって眼圧を測定できるので、被検眼の眼圧を確実に測定できる。また、超音波での眼圧測定が可能な構成を備えているので、超音波による測定可能眼であれば、被検眼に対する負担を軽減できる。
【００７３】
なお、上記構成においては、第１の眼圧測定部４ａと第２の眼圧測定部４ｂとが一体的に設けられる構成としたが、これに限定されない。例えば、図６に示されるように、ポータブルタイプの第２の眼圧測定部４ａがケーブルを介して装置本体に接続された構成であってもよい。
【図面の簡単な説明】
【００７４】
【図１】本実施形態に係る眼圧測定装置の一例を示す外観図である。
【図２】本実施形態に係る測定部４の構成の一例について説明する構成概略図である。
【図３】本実施形態に係る超音波ユニットの一例を示す図である。
【図４】本実施形態に係る眼圧測定装置の制御系の一例を示すブロック図である。
【図５】本実施形態に係る眼圧測定装置の表示画面の一例を示す図である。
【図６】本実施形態に係る眼圧測定装置の変容例を示す図である。
【符号の説明】
【００７５】
４ａ　第１の眼圧測定部４ａ
４ｂ　第２の眼圧測定部４ｂ
７　表示部
２０　制御部

【図面】

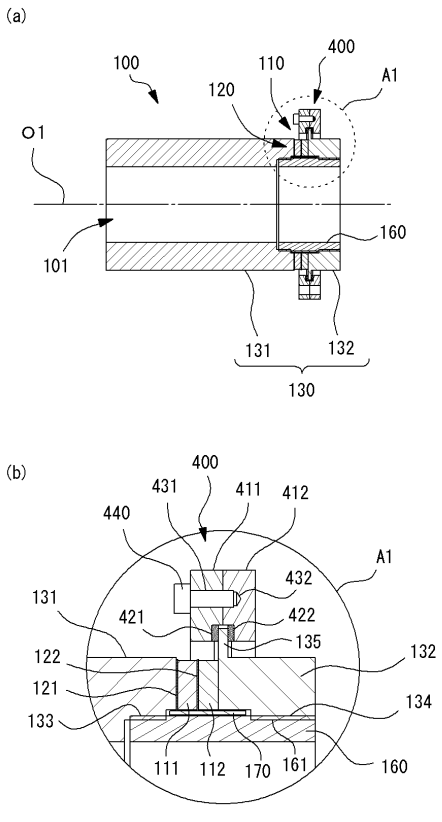
【図１】


Y
Z
X
1
10
E
190
4b
6
7(8)
Lb
4
La
4a
20
11
2
9
12
5

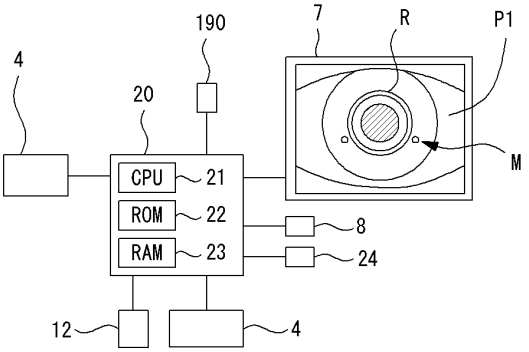
【図２】


170
98
99
4b
Y
Z
X
171
95
96
97
70
E
Lb
93
94
65
71
72
73
74
92
64
91
63
82
Lb
87
75
90
86
Ec
171
66
61
62
81
80
85
89
60
13
4a
280
281
274
275
100
400
230
200
231
241
6
204
233
232
E
La
101
202
234
222
2
210
201
221
1
220
3
4
262
Ec
241
203
263
240
271
253
252
261
260
5
273
272
251
270
250

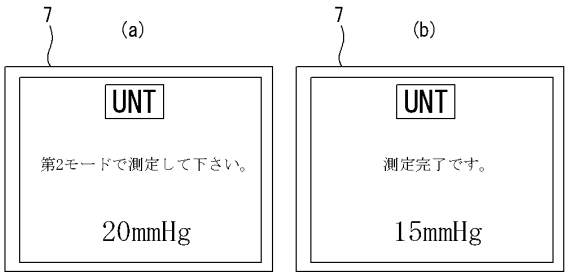
【図３】


(a)
100
110
400
120
A1
1
160
101
131
132
130
(b)
400
431
411
412
440
A1
432
131
421
422
135
122
132
121
134
133
111
112
170
161
160

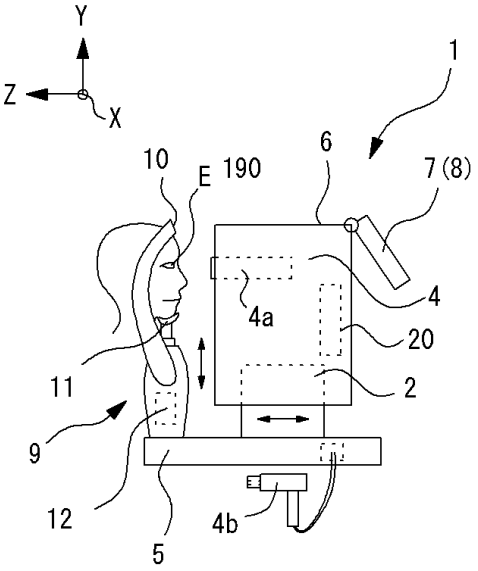
【図４】


190
7
R
P1
4
20
M
CPU
21
ROM
22
8
RAM
23
24
12
4

【図５】


7
(a)
UNT
第2モードで測定して下さい。
20mmHg
7
(b)
UNT
測定完了です。
15mmHg

【図６】


Y
Z
X
1
10
E
190
6
7(8)
4
4a
20
2
11
9
12
5
4b

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２００９－２６８６５１（ＪＰ，Ａ）
特表２００５－５３１３６８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１７２４６４（ＪＰ，Ａ）
特表２０１７－５０７００５（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－１０３４１０（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－１２３６０４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ａ６１Ｂ ３／００－ ３／１８