

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-136212

(P2017-136212A)

(43) 公開日 平成29年8月10日(2017.8.10)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>A 6 1 B 3/10 (2006.01)</b>	A 6 1 B 3/10	4 C 3 1 6
<b>A 6 1 B 3/107 (2006.01)</b>	A 6 1 B 3/10	H

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2016-19364 (P2016-19364)  
 (22) 出願日 平成28年2月3日 (2016.2.3)

(71) 出願人 000135184  
 株式会社ニデック  
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4  
 (72) 発明者 三輪 哲之  
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4 株  
 式会社ニデック拾石工場内  
 Fターム(参考) 4C316 AA02 AA03 AA24 AA25 AB01  
 AB07 AB08 AB16 FB26 FB27  
 FZ01

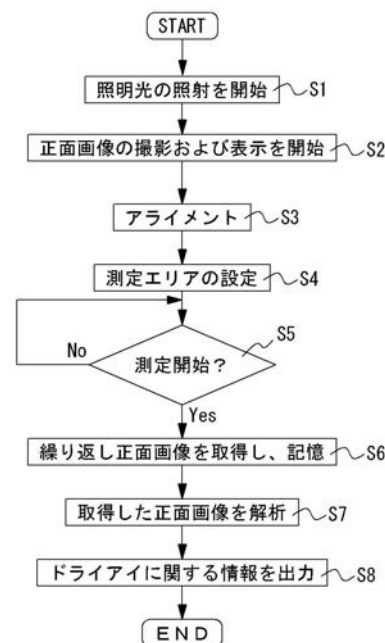
(54) 【発明の名称】 眼科装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】ドライアイのタイプを客観的に評価すること。

【解決手段】照明光学系 1 0 によって、光源 1 1 からの照明光で、被検眼 E の前眼部 E f が照射される。観察光学系 2 0 によって、前眼部 E f からの照明光の戻り光が撮像素子 2 5 で受光される。これにより、被検眼 E の正面画像が得られる。また、制御部 5 1 は、観察光学系 2 0 によって連続的に得られる複数の正面画像を処理することにより、ドライスポット形成位置およびドライスポットの周囲において涙液が移動する方向、のうち少なくとも一方と、角膜において涙液層が破壊された領域であるドライスポットの形状と、を検出し、その検出結果に応じて被検眼におけるドライアイの症状を判定する。

【選択図】 図 2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

光源からの照明光を被検眼の前眼部を照射する照明光学系と、

前記前眼部からの前記照明光の戻り光を撮像素子で受光することにより、前記被検眼の正面画像を得る観察光学系と、

前記観察光学系によって連続的に得られる複数の前記正面画像を処理することにより、前記ドライスポット形成位置および前記ドライスポットの周囲において涙液が移動する方向、のうち少なくとも一方と、前記角膜において涙液層が破壊された領域であるドライスポットの形状と、を検出し、その検出結果に応じて前記被検眼におけるドライアイの症状を判定する解析手段と、を備える眼科装置。

10

**【請求項 2】**

前記解析手段は、線状に伸びたドライスポットが検出される場合に、傷を伴う型、および、ムチン減少型、との症状のうち、いずれかの症状であると判定する請求項 1 記載の眼科装置。

**【請求項 3】**

前記解析手段は、長手方向が上下方向に対して傾いた線状の前記ドライスポットが検出される場合に、傷を伴う型、との症状であると判定する請求項 2 記載の眼科装置。

**【請求項 4】**

前記解析手段は、線状に伸びた前記ドライスポットの形成位置およびその周辺における涙液が上から下に流れている場合には、ムチン減少型の症状であると判定し、

20

前記ドライスポットの形成位置およびその周辺における涙液が各方向に流れている場合には、傷を伴う型の症状であると判定する請求項 2 又は 3 記載の眼科装置。

**【請求項 5】**

前記解析手段は、類円状のドライスポットが検出される場合に、涙液減少型、および、ムチン減少型、との症状のうち、いずれかの症状であると判定する請求項 1 から 4 のいずれかに記載の眼科装置。

**【請求項 6】**

前記解析手段は、類円状の前記ドライスポットの形成位置およびその周辺における涙液が上から下に流れている場合には、ムチン減少型の症状であると判定し、前記ドライスポットの形成位置およびその周辺において涙液が各方向に流れている場合には、涙液減少型の症状であると判定する請求項 5 記載の眼科装置。

30

**【請求項 7】**

前記照明光学系は、同心円状のリング光束を前記照明光として前記前眼部へ照射し、

前記解析手段は、前記正面画像のうち前記リング光束が照射された領域であるリング照射領域の情報に基づいて、前記リング光束が照射されていない領域を含む角膜の各領域におけるドライスポットの形状と、涙液の分布と、を推定し、推定結果に基づいて前記時間的な変化を検出する請求項 1 から 6 のいずれかに記載の眼科装置。

**【請求項 8】**

前記観察光学系によって得られる正面画像に基づいて被検眼の角膜曲率に関する情報を得る第 2 解析手段を備える請求項 7 記載の眼科装置。

40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本開示は、被検眼の涙液層の状態を検査する眼科装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来より、前眼部の正面画像に基づいてドライアイを検査するための眼科装置が知られている。この種の眼科装置では、連続的に取得された正面画像から角膜上の涙液層の経時変化が解析される（例えば、特許文献 1 参照）。例えば、ドライアイが進行している場合

50

、開瞼した後の時間経過と共に、涙液層の一部が破砕（ブレイクアップ）されて角膜表面がドライスポットとして現れる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2001-309889号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ドライスポットの形状、およびその現れ方を観察しての検査および診断は、これまでは検者の主観的な判断で行われていた。このため、検査および診断の正確性は、各検者の経験に依存していた。

【0005】

本開示は、上記事情に鑑みてなされたものであり、ドライアイのタイプを客観的に評価する眼科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】

本開示の第1態様に係る眼科装置は、光源からの照明光を被検眼の前眼部を照射する照明光学系と、前記前眼部からの前記照明光の戻り光を撮像素子で受光することにより、前記被検眼の正面画像を得る観察光学系と、前記観察光学系によって連続的に得られる複数の前記正面画像を処理することにより、前記ドライスポット形成位置および前記ドライスポットの周囲において涙液が移動する方向、のうち少なくとも一方と、前記角膜において涙液層が破壊された領域であるドライスポットの形状と、を検出し、その検出結果に応じて前記被検眼におけるドライアイの症状を判定する解析手段と、を備える。

【発明の効果】

【0007】

以上説明したように、本開示によれば、ドライアイのタイプを客観的に評価することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本開示の装置に係わる装置の光学系と制御系の概略構成図である。

【図2】測定におけるフローチャートを示す図である。

【図3】干渉縞像及び測定エリア設定画面を示す図である。

【図4】傷を伴う型のドライアイにおいて、角膜上に形成されるドライスポットを説明するための図である。

【図5】ムチン減少型のドライアイにおいて、角膜上に形成されるドライスポットを説明するための図である。

【図6】実施例におけるドライアイの症状の判定結果をまとめた表である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照しつつ、本開示の例示的な実施形態を説明する。図1は、本実施形態に係る眼科装置1の概略構成を示した図である。眼科装置1は、前眼部の正面画像に基づいてドライアイを検査するために利用される。

【0010】

<光学系について>

まず、眼科装置1の光学系について説明する。本実施形態において、眼科装置1は、主に、照明光学系10と、観察光学系20と、を含む。照明光学系10は、被検眼Eの前眼部Efに、光源11からの照明光を照射する。また、観察光学系20は、前眼部Efからの照明光の戻り光を、撮像素子25で受光することにより、前眼部Efの正面画像を取得する。観察光学系20は、正面画像として、少なくとも角膜上の涙液の分布を表す画像を

10

20

30

40

50

取得する。このような正面画像は、例えば、涙液層での照明光の干渉に基づく画像であってもよいし、涙液層での照明光の反射に基づく画像であってもよいし、涙液層での蛍光に基づく画像であってもよい。蛍光に基づく画像の場合、例えば、フルオレセイン等の蛍光剤が点眼された状態の角膜に照明光学系 10 からの照明光が（励起光として）照射され、その結果として涙液層で生じる蛍光が、撮像素子 25 で受光される。図 1 に例示される光学系では、干渉に基づく正面画像と、蛍光に基づく正面画像とが、切り替えて撮影可能である（詳細は後述する）。

#### 【0011】

図 1 の例における照明光学系 10 は、光源 11 と、投影レンズ 12 と、偏光ビームスプリッタ（光分岐部の一例）13 と、対物レンズ 14 と、1/4 波長板 15 と、を有する。更に、図 1 の例では、照明光学系 10 の光路に対して挿脱可能なエキサイタフィルタ 16 を有している。

10

#### 【0012】

図 1 の例では、光源 11 として、ハロゲンランプ等の白色光源が利用される。光源 11 から出射された照明光は、投影レンズ 12 を透過した後、偏光ビームスプリッタ 13 へ入射する。偏光ビームスプリッタ 13 に入射した照明光束のうち、可視域における s 偏光成分の大部分が、偏光ビームスプリッタ 13 によって反射される。反射された光は、対物レンズ 14 を通過して、1/4 波長板 15 へ入射される。1/4 波長板 15 は、直線偏光を円偏光に変換する特性を持つ。このため、1/4 波長板 15 に入射した s 偏光成分の照明光束は、例えば右回りの円偏光に変換され、被検眼角膜上の涙液層を照明する。例えば、涙液最表層の油層に照明位置が調節されていてもよい。

20

#### 【0013】

なお、エキサイタフィルタ 14 は、蛍光撮影が行われる場合に、照明光学系 10 の光路に挿入される。フルオレセインによる蛍光画像を撮影するために、例えば、ブルーフィルタがエキサイタフィルタ 14 として利用されてもよい。

#### 【0014】

図 1 の例における観察光学系 20 は、1/4 波長板 15 と、対物レンズ 14 と、偏光ビームスプリッタ 13 と、撮像レンズ 21 と、撮像素子が 25 と、が被検眼 E 側から順に配置されている。図 1 の例において、1/4 波長板 15、対物レンズ 14、および偏光ビームスプリッタ 13 は、照明光学系 10 と共用されている。図 1 の例において、撮像素子 25 としては、カラー撮影が可能なエリアセンサ（例えば、カラー CCD）が利用される。

30

#### 【0015】

照明光学系 10 によって被検眼の涙液層が照明される結果、前眼部 E f からの照明光の戻り光が、観察光学系 20 へ入射される。右回りの円偏光が反射されることで、円偏光の回転方向が反転する。このため、戻り光としては、入射光（照明光）に対して回転方向が反転された、左回りの円偏光が戻り光として取り出される。戻り光は、1/4 波長板 15 に入射することで直線偏光に変換される。涙液層での反射によって偏光の回転方向が右回りから左回りに反転しているので、1/4 波長板 15 を通過した戻り光は、s 偏光（照明光）とは直交する p 偏光に変換される。p 偏光に変換された戻り光は、対物レンズ 14 を透過した後、偏光ビームスプリッタ 13 に入射する。反射光は p 偏光に変換されているので、その大部分は偏光ビームスプリッタ 13 を透過し、更に、撮像レンズ 21 を介して撮像素子 25 の撮像面上に結像する。その結果、被検眼 E の正面画像（詳細には、前眼部正面画像）が撮像素子 25 によって撮像される。ここで、照明光が涙液層の各層で反射されることによって、角膜表面には干渉模様が形成される。干渉模様は、角膜上の各位置における涙液層の厚み（例えば、油層の厚み）に応じた模様である。撮像素子 25 から取得される正面画像には、涙液層による干渉縞像 I c が含まれる（図 3 参照）。

40

#### 【0016】

なお、図 1 の例では、照明光学系 10 と、観察光学系 20 と、の光路を分岐する分岐部として、偏光ビームスプリッタ 13 が用いられている。これにより、対物レンズ 14 の後面（光源 11 側の面）での照明光の反射に基づくフレアが抑制される。

50

## 【 0 0 1 7 】

## &lt; 制御系について &gt;

次に、制御系について説明する。眼科装置 1 は、装置全体の制御処理と、各種演算等を行う、演算制御部 5 1（以下、制御部と省略する）を有する。制御部 5 1 は、例えば、CPU と、ROM と、RAM と、を含んで構成されてもよい。CPU は、眼科装置 1 に関する各種の処理を実行するための処理装置（プロセッサ）である。ROM は、制御プログラムおよび固定データ等が格納された、不揮発性の記憶装置である。RAM は、書き換え可能な揮発性の記憶装置である。RAM には、例えば、眼科装置 1 による被検眼 E の撮像および測定に用いる一時データが格納される。

## 【 0 0 1 8 】

また、本実施形態において、制御部 5 1 は、光源 1 1、撮像素子 2 5、モニタ 5 5、操作部 5 3、HDD（ハードディスク）5 2 等に接続される。

## 【 0 0 1 9 】

HDD 5 2 は、書き換え可能な不揮発性の記憶媒体の一例である。本実施形態では、本実施形態において、HDD 5 2 には、各種の撮像処理、測定処理等を制御部 5 1 に実行させるためのプログラムが、少なくとも格納されていてもよい。また、HDD 5 2 には、眼科装置 1 によって撮像される正面画像が保存されてもよい。

## 【 0 0 2 0 】

撮像素子 2 5 から出力される撮像信号は、制御部 5 1 によって処理され、モニタ 5 5 に表示される。これにより、本実施形態では、撮像素子 2 5 で随時撮像される正面画像が、モニタ 5 5 に逐次表示される。よって、検者は、モニタ 5 5 において、涙液層の状態を観察できる。

## 【 0 0 2 1 】

また、撮像素子 2 5 からの撮像信号は、HDD 5 2 へ逐次入力されてもよい。HDD 5 2 に入力された干渉縞の色相を解析し、その経時的変化の情報を得る。制御部 5 1 で得られる解析結果は、図形生成部 2 3 を介してカラーモニタ 2 2 に表示される。

## 【 0 0 2 2 】

操作部 5 3 は、装置に指示を与えるための検者による各種操作が入力される入力インターフェイスである。制御部 5 1 は、操作部 5 3 からの信号に基づいて各種指示を受け付ける。

## 【 0 0 2 3 】

## &lt; 動作説明 &gt;

次に、図 2 のフローチャートを参照して、眼科装置 1 の動作を説明する。眼科装置 1 の測定動作（例えば、干渉縞を含む正面画像の取得、および解析結果の導出）は、例えば、操作部 5 3 に対する操作に基づいて開始されてもよい。また、例えば、前眼部正面画像等を用いて開瞼状態の検出を行い、開瞼が検出されることで、自動的に測定動作が開始されてもよい。ここでは、測定動作が自動的に開始される場合を例示する。

## 【 0 0 2 4 】

まず、制御部 5 1 は、被検眼 E に対する照明光の照射を開始する（S 1）。また、撮像素子 2 5 からの信号に基づいて正面画像を連続的に取得（撮像）すると共に、撮像された正面画像の表示を開始する（S 2）。

## 【 0 0 2 5 】

次いで、検者は、図 3 に示す干渉縞像 I c がモニタ 5 5 の中心で観察され、且つ、ピン트가合うように、アライメントを行う（S 3）。例えば、検者は、図示無きアライメント機構を駆動させることで、被検眼 E と、光学系との位置関係を調整する。

## 【 0 0 2 6 】

本実施形態において、制御部 5 1 は、正面画像における角膜 E c 上に、測定エリア 1 0 1 a を設定する（S 4）。測定エリア 1 0 1 a は、ドライアイの症状、および進行具合に関する情報を得るために解析される領域である。測定エリア 1 0 1 a が設定される範囲は、例えば、角膜（より詳細には、角膜中心）を基準として予め定められていてもよい。正

10

20

30

40

50

面画像上において検者が操作部等を介して指示した領域に設定されてもよい。

【0027】

一例として、図3における符号101aは、解析を行う測定エリア（但し、測定エリアは、符号101aで示される矩形の内部）を示している。測定エリア101aの範囲および形状は、図3に示したものに限定されるものではなく、適宜変更されてもよい。例えば、検者が操作部53を操作することによって、測定エリア101aの形状が、矩形から円形に切り替えられたり、大きさが変更されたりしてもよい。

【0028】

アライメントおよび測定エリアの設定完了後、検者が操作部53を操作することで開瞼検出がスタートする。検者は、一度、瞼を閉じ、再び開いてもらうように被検者へ指示する。制御部51は、撮像素子25から出力される測定エリア101aにおける信号から、瞼の開いたことを検出して測定を自動的に開始する（S5：Yes）。なお、開瞼状態の検出は周知の技術（特開平9-149884）を用いても良い。被検眼は複数回の瞬きをすることがあるので、この場合には時間計測により瞼の開きがある時間以上継続したときに、その開瞼開始の時間を測定開始のタイミングとする。

【0029】

測定開始後、制御部51は撮像素子25により撮像された正面画像を、所定のサンプリング間隔でHDD52に順次記憶させる（S6）。その後、予め設定された測定時間が過ぎると、測定終了の旨を音やモニタ55上の表示で検者に知らせる。サンプリング間隔及び測定時間は、操作部53への操作で所望する値を設定しておく。例えば、サンプリング間隔を0.1、測定時間を5秒と設定しておく、HDD52には50枚の正面画像（干渉縞画像）が記憶される。このようにして、HDD52には、観察光学系20によって連続的に得られる複数の正面画像が格納される。

【0030】

また、制御部51は、HDD52に記憶された複数の正面画像を解析して、被検眼Eにおけるドライアイの症状、および進行具合に関する情報を出力する（S7，S8）。

【0031】

本実施形態では、連続的に得られた複数の正面画像から、角膜におけるドライスポットの形状、および、ドライスポットの位置、が検出される。また、複数の正面画像から、角膜における涙液の分布の経時変化が、制御部51によって検出される。検出される経時変化は、開瞼してからの経時変化であってもよい。本実施形態では、経時変化に基づいて、ドライスポットの周囲における涙液の移動方向が検出される。本実施形態において、制御部51は、これらの検出結果に基づいて、被検眼Eにおけるドライアイの症状を判定する。更には、本実施形態において、角膜におけるドライスポットの形成位置が、正面画像から検出される。

【0032】

ここで、ドライスポットは、角膜表面が露出した領域であり、涙液による干渉が得られない。故に、正面画像の中でも輝度の低い領域として現れる。このため、例えば、制御部51は、正面画像の輝度情報に基づいて、ドライスポットおよびその形状を検出してもよい。制御部51は、正面画像の中で、例えば、閾値よりも輝度値が低い領域をドライスポットとして検出してもよい。このとき、例えば、正面画像における輝度の勾配を求め、急激に輝度が低下する位置（例えば、変曲点等）を輪郭位置として、ドライスポットの形状、および、角膜におけるドライスポットの形成位置が検出されてもよい。なお、ドライスポットの形状、および形成位置は、複数の正面画像のうち、ドライスポットが含まれている少なくとも1枚の正面画像から検出されてもよい。勿論、上記以外の手法で検出されてもよい。

【0033】

なお、ドライスポットは、同時に、または異なるタイミングで、角膜上で複数形成される場合がある。複合的な原因によるドライアイの場合、各ドライスポットにおいて、それぞれ異なる症状での特徴が現れる場合がありうる。また、1つのドライスポットにおいて

10

20

30

40

50

、複数種類の症状での特徴が複合的に現れる場合があり得る。制御部 51 は、複合的な原因によるドライアイに関する正面画像を解析する場合に、解析結果として、少なくとも 1 つの症状を判別してもよい。

【0034】

本実施形態において、涙液の分布の経時変化は、例えば、正面画像における干渉色の変化として示される。例えば、正常な涙液層は最上層の油層が薄く均一な状態ため、涙液層における干渉色は、白色に近い色となる。一方、ドライアイが進行してくると、涙液は、赤や黄色の干渉縞模様を示す。開瞼時における経時変化を追った場合、干渉縞部分の涙液層が破碎（ブレイクアップ）され、角膜表面がドライスポットとして露出する場合がある。その際、干渉縞部分の色は経時的に変化する。例えば、赤色の成分を例に挙げると、ブレイクアップが生じる場合、時間経過と共に徐々に赤色が増える。これを赤色に限らず、スペクトルのような多彩な色でその経時的変化を追うことで、涙液の分布の変化を客観的に把握できるようになる。

【0035】

なお、本実施形態では、例えば、涙液の蒸発量と、涙液の移動方向と、についても、正面画像における干渉色の経時的な変化から定量的に検出可能である。

【0036】

ここで、図 3 から図 6 を参照して、眼科装置 1 によるドライアイの症状の判定方法について説明する。

【0037】

例えば、涙液の減少（水分および油分の少なくとも一方の減少）が生じている場合は、角膜上に涙液層が完全に形成された後に涙液層が破壊されてドライスポットが表れる。このときのドライスポットは、図 3 において、符号 D1、D2 で示すように、類円状（換言すれば、円に近い丸みを帯びた形状）に形成される傾向にある。そこで、例えば、複数の正面画像からのドライスポットの検出の結果として、正面画像内に類円状に形成されるドライスポットが含まれている場合に、制御部 51 は、『涙液減少型』との症状であると判定してもよい。類円状であるか否かは、例えば、ドライスポットにおける長手方向と短手方向との各方向における長さの比（長手方向 / 短手方向）に基づいて判定されてもよい。例えば、比（長手方向 / 短手方向）が 1 に近い値である場合に、ドライスポットは類円状であり、症状は、『涙液減少型』であると判定されてもよい。ここでいう「1 に近い値」とは 1 以上の所定の値（以下、第 1 閾値と称す）までの範囲を許容することを意味する。つまり、例えば、比（長手方向 / 短手方向）が、1 以上第 1 閾値（例えば、1.5）未満である場合に、『涙液減少型』との症状であると判定される。

【0038】

なお、ドライスポットにおける長手方向の長さ、短手方向の長さとは、例えば、予め検出されたドライスポットの各経線方向の長さを求め、その中の最大値と最小値として得てもよい。なお、判定に用いられる画像は、例えば、複数の正面画像の中で、ドライスポットが最も広がった状態の画像が用いられてもよい。また、ドライスポットが形成され始めてから、最も広がるまでの中間的なサイズとなった状態の画像が用いられてもよい。

【0039】

また、角膜に『傷（主には線傷）を伴う型』のドライアイが知られている。ドライアイが進行した結果、角膜に傷が生じる場合もあり得るし、傷が原因となってドライアイが進行してしまった場合もあり得る。その両方が、ここでいう『傷を伴う型』には含まれる。

『傷を伴う型』のドライアイの場合、傷に沿ってドライスポットが形成されやすい。このため、一般に、図 4 において符号 D3、D4 で示すような、傷に沿って線上に伸びた形状（つまり、細長い形状）のドライスポットが正面画像上で観察される傾向にある。

【0040】

そこで、制御部 51 は、例えば、複数の正面画像からのドライスポットの検出の結果として、線状に形成されるドライスポットが含まれている場合に、制御部 51 は、『傷を伴う型』との症状であると判定してもよい（図 6 参照）。線状であるか否かは、例えば、ド

10

20

30

40

50

ライスポットにおける長手方向と短手方向との各方向における長さの比（長手方向／短手方向）に基づいて判定されてもよい。例えば、比（長手方向／短手方向）が、１に対して比較的大きい場合（例えば、第１閾値に対して大きな値である場合）に、ドライスポットは線状であり、『傷を伴う型』との症状であると判定してもよい。

#### 【００４１】

また、例えば、膜型ムチンの障害、および、分泌型ムチンの低下等の障害によって、角膜上で涙液を留める作用が低下することが考えられる。この場合、（例えば開瞼後直後から）類円状のドライスポット（例えば、図５において符号Ｄ５で示すドライスポットを参照）が観察されたり、主に角膜の下方（下半分）において上下方向に伸びる線状のドライスポット（例えば、図５においてＤ６，Ｄ７で示すドライスポットを参照）が形成されたりする場合がある。このため、本症状（便宜上『ムチン減少型』と称す）は、ドライスポットの形状のみに着目すると、『涙液減少型』との症状および『傷を伴う型』との症状と判別が難しいことが考えられる。

#### 【００４２】

そこで、本実施形態では、更に、ドライスポットの周囲における涙液の流れを考慮して、制御部５１は症状の判別を行う。涙液の流れは、本実施形態では、正面画像における干渉色の経時的な変化から検出される

『ムチン減少型』では、ドライスポットおよびその周囲では、上から下へ涙液が流れる。一方、『涙液減少型』との症状および『傷を伴う型』との症状では、ドライスポットは、各方向への涙液の移動や、角膜上の涙液の全体的な蒸発によって形成、および消滅する。このため、上から下への涙液の流れが、ドライスポットの周辺において必ずしも優位とはならない。そこで、例えば、制御部５１は、ドライスポットおよびその周囲の領域における涙液の移動方向を考慮することで、各症状を区別して判定することができる。換言すれば、制御部５１は、ドライスポットの形成位置およびその周辺における涙液が、上から下へ流れている場合（例えば、赤や褐色の成分が、下方に広がっていく場合等）に、『ムチン減少型』、との症状であると判定する（図６参照）。

#### 【００４３】

なお、『ムチン減少型』と判定される症状が、更に細分化して判定されてもよい。例えば、類円状のドライスポットが観察される場合と、角膜の下方において線状のドライスポットが観察される場合とが、別々の症状として判定されてもよい。例えば、角膜の下方において線状のドライスポットが観察される場合、更に、涙液における水分量の低下が生じている疑いがある。そこで、例えば、角膜の下方において線状のドライスポットが観察される場合を、『ムチン減少／水分量低下型』との症状であると判定し、類円状のドライスポットが観察される場合を、単に、『ムチン減少型』との症状であると判定してもよい（図６参照）。

#### 【００４４】

なお、制御部５１は、複数の正面画像を解析した結果として、被検眼が複数の症状に同時に該当するとの判定結果を導出してもよい。

#### 【００４５】

制御部５１は、このような判定結果と共に、ドライアイの進行度を示す情報を、連続的に得られた複数の正面画像（症状の判定に利用された画像）から求めてもよい。そして、症状についての判定結果と共に、進行度を示す情報を、モニタ５５に対して表示させてもよい。例えば、本実施形態のように、正面画像における干渉色の経時的な変化を利用して症状が判定される場合、更に、進行度を示す情報が、干渉色の経時的な変化に基づいて導出されてもよい。例えば、進行度を示す情報は、各色成分における面積の変化、各色成分における縞の数（すなわち、干渉縞の数）、の少なくともいずれかに基づいて導出され他もよい。さらに、各色成分における信号強度の変化が考慮されて、進行度を示す情報が導出されてもよい。ドライアイが進行するほど、ブレイクアップの過程で、多彩な干渉色を持つとともに、各色での強度変化が強く表れるようになる。このため、例えば、縞の数、面積比、および、色成分ごとの強度変化等のうちいずれかに基づいて、ドライアイの進行

10

20

30

40

50



度を客観的に示す情報（例えば、数値による情報でもよい）が取得できる（より詳細には、本出願人による特開 2 0 0 1 - 3 0 9 8 8 9 号公報，特開 2 0 0 5 - 2 1 1 1 7 3 号公報等を参照されたい）。

#### 【 0 0 4 6 】

なお、正面画像において測定エリア 1 0 1 a の全体が解析されることで、測定エリア 1 0 1 a 全体におけるドライアイの進行度を示す情報が取得されてもよいし、正面画像においてドライスポットおよびその周囲の領域が解析されることで、各ドライスポットにおける局所的なドライアイの進行度を示す情報が取得されてもよい。なお、数値情報は、必ずしも干渉色の経時変化に基づいて算出されるものに限定されるものではない。例えば、数値情報は、例えば、ブレイクアップタイムや、それ以外の数値情報であってもよい。一般に、ブレイクアップタイムが短いほどドライアイは進行していることが考えられる。この場合、制御部 5 1 は、開瞼後に逐次取得される正面画像からブレイクアップタイム（開瞼してからドライスポットが検出されるまでの時間）を検出してもよい。

10

#### 【 0 0 4 7 】

具体例として、ここでは、制御部 5 1 によって、測定エリア 1 0 1 a 内における干渉色が、色ごとに抽出され、抽出した各色の測定エリア内における占有面積の比率（相対面積）が求められる。この処理が各正面画像に対して行われることで、干渉色の経時変化が得られる。なお、抽出される色の成分は、1 6 色および 2 5 6 色等、予め定められたバンドでの成分であってもよい。制御部 5 1 は、このような角膜全体における涙液の経時変化の検出結果に基づいて、ドライアイの進行度を示す情報を取得する。

20

#### 【 0 0 4 8 】

また、干渉色の経時変化からは、涙液層の状態の変化が客観的、定量的に確認できるようになる。例えば、角膜全体における涙液の量（例えば、油層と水層との各層の量）と、その変化等が把握可能となる。

#### 【 0 0 4 9 】

そこで、例えば、制御部 5 1 は、更に、

- ・ 油層の量的、質的異常の疑いがあるか、およびその異常の程度、
- ・ 涙液層における水分減少の程度、
- ・ 水分の蒸発亢進についての疑いがあるか、および、その亢進の程度、

のうち、少なくともいずれかについての判定を、涙液の経時変化の検出結果に基づいて行い、この判定結果を、前述のドライアイの判定結果と共にモニタ 5 5 に対して表示させてもよい。また、この判定結果が、前述のドライアイの判定結果において考慮されてもよい。ここで、「ドライアイの判定結果において考慮され」とは、例えば、上記において例示した『涙液減少型』『ムチン減少型』『傷を伴う型』等の分類に対し、より詳細な分類付与が行われることであってもよい。また、ドライアイの原因、或いは、涙液層のうち症状が表れている層を特定するための情報が取得されることであってもよい。また、更に、B U T（開瞼後、ブレイクアップが生じるまでの時間）がドライアイの判定結果において、更に考慮されてもよい。

30

#### 【 0 0 5 0 】

このようにして得られたドライアイの症状に関する判定結果は、例えば、モニタ 5 5 に表示されてもよい。また、判定結果は、H D D 5 3 に記憶されてもよい。このように、本実施形態では、涙液の分布の経時変化が表現される複数の正面画像を解析することで、被検眼におけるドライアイの症状が装置によって判定される。その結果、検者は、被検眼におけるドライアイの症状を良好に確認できる。ドライアイは、その症状に応じて、選択すべき点眼薬等が異なることから、上記実施形態のように症状の判定結果が示されることで、点眼薬の処方を行うことができる。なお、ドライアイの判定結果として表示される情報は、いずれかのタイプのドライアイであることを明示する情報である必要はなく、各症状の程度を示す情報であってもよい。

40

#### 【 0 0 5 1 】

以上、実施形態に基づいて説明を行ったが、本開示は、上記実施形態に限定されるもの

50

ではなく、種々の変形が可能である。

【 0 0 5 2 】

例えば、上記実施形態では、正面画像として干渉縞画像が処理されることによってドライアイの症状が判定される場合について説明した。但し、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、干渉縞画像以外の正面画像を処理した結果としてドライアイの症状が判定されてもよい。このような正面画像としては、涙液層での蛍光に基づく画像であってもよいし、涙液層での照明光の反射に基づく画像であってもよい。蛍光に基づく画像の場合、例えば、各正面画像における輝度分布に基づいてドライスポットの検出、および、角膜における涙液の分布の検出が可能となる。

【 0 0 5 3 】

また、上記実施形態において、照明光学系 10 は、角膜が一様（全体的）に照明されるように照明光を照射するものとして説明した。しかし、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、照明光学系 10 は、リング光束を投影することにより、角膜上において部分的に照明光を照射する構成であってもよい。リング光束は、同心円状に配置される 2 つ以上のリングによって形成されてもよい。各リング光束は、円周方向に関して間欠的なリング形状であってもよいし、連続するリング形状であってもよい。また、このようなリング光束は、トポリング、および、ブラチドリング等、角膜曲率に関する情報を得るために利用されるものであってもよい。リング光束は例えば、白色光にて投影されてもよい。この場合、照射の結果として、正面画像におけるリング光束の照射領域に、干渉縞が形成される。ドライスポットの形状と、角膜における涙液の分布と、を得るためのデータ（例えば、干渉縞の色情報、輝度情報等）は、正面画像のうち、リング光束の照射領域から直接的に検出できる。一方、照明光が照射されない領域については、照明光が投影される領域で得られたデータに基づいて補完又は推測してもよい。つまり、正面画像のうち、リング照射領域の情報に基づいて、リング光束が照射されていない領域を含む角膜の各領域におけるドライスポットの形状と、涙液の分布と、が制御部 51 によって推定される。そして、逐次得られる正面画像に対する推定結果に基づいて、ドライスポットの症状が判定されてもよい。

【 0 0 5 4 】

なお、照明光学系 10 に対し、被検眼の角膜に対してリング光束を投影する光学系が適用される場合、例えば、制御部 51 は、観察光学系 20 によって得られる正面画像に基づいて、被検眼 E の角膜曲率、および / または、角膜曲率以外の角膜曲率に関する情報を解析してもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 5 】

1	眼科装置
10	照明光学系
11	光源
20	観察光学系
25	撮像素子
51	制御部
E	被検眼
E f	前眼部

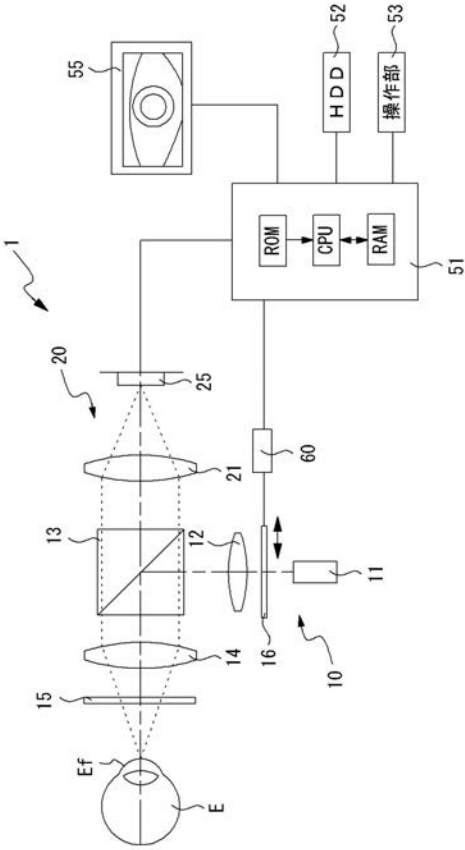
10

20

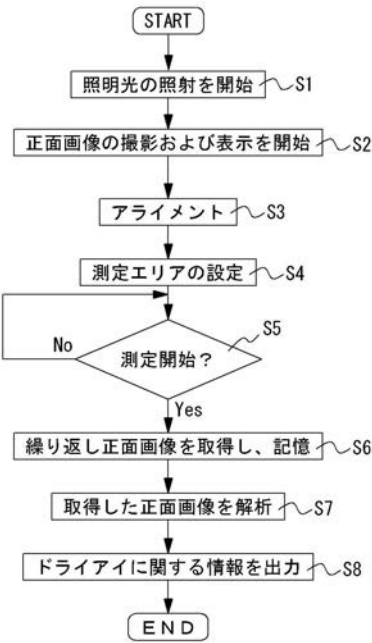
30

40

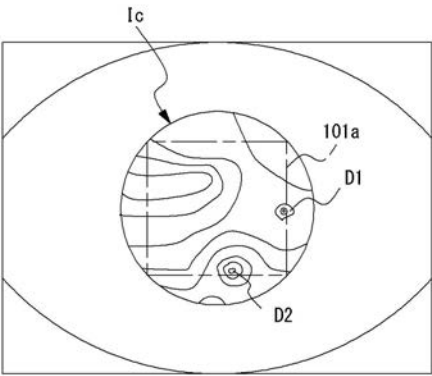
【 図 1 】



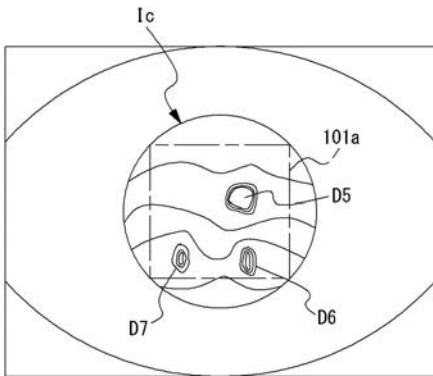
【 図 2 】



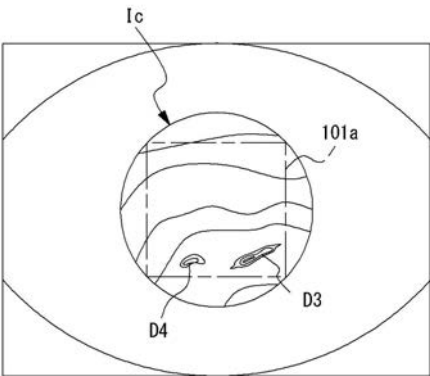
【 図 3 】



【 図 5 】



【 図 4 】



【 図 6 】

ドライスポットの 形状 涙液の流れ	形状	
	線状	類円状
均一的	傷を伴う型	涙液減少型
上から下	ムチン減少型 (特に、 角膜下側のものは、 水分減少型の疑い)	ムチン減少型