

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3560694号
(P3560694)

(45) 発行日 平成16年9月2日(2004.9.2)

(24) 登録日 平成16年6月4日(2004.6.4)

(51) Int. Cl.⁷

F I

GO 1 M 11/02

GO 1 M 11/02

B

GO 1 M 11/00

GO 1 M 11/00

L

請求項の数 4 (全 40 頁)

(21) 出願番号	特願平7-168131	(73) 特許権者	591175675
(22) 出願日	平成7年6月10日(1995.6.10)		ジョンソン・アンド・ジョンソン・ビジョ ン・ケア・インコーポレイテッド
(65) 公開番号	特開平8-50081		アメリカ合衆国、32216 フロリダ州
(43) 公開日	平成8年2月20日(1996.2.20)		、ジャクソンビル、スイート 100、セ ンチュリオン・パークウェイ 7500
審査請求日	平成14年5月29日(2002.5.29)		
(31) 優先権主張番号	257857	(74) 代理人	100066474
(32) 優先日	平成6年6月10日(1994.6.10)		弁理士 田澤 博昭
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100088605
			弁理士 加藤 公延
		(72) 発明者	ジェイムズ・エベル
			アメリカ合衆国、32256 フロリダ州
			、ジャクソンビル、ラス・パルマス・ウェ イ 7610

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レンズ検査のシステムと方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

眼科用レンズを検査するためのシステムであって、

a) レンズを検査位置に移動させる輸送サブシステム、

b) 光ビームを発生させ、この光ビームを、検査位置のレンズを透過するように指向させる照明サブシステム、

c) レンズを透過して伝達されるように選定された光ビームの部分を代表する1組の信号を発生するイメージングサブシステム、および

d) イメージングサブシステムから前記信号を受信しかつ予め定められたプログラムに従って前記信号を処理することにより、前記各レンズそれぞれの少なくとも一つの状態を識別するイメージ処理サブシステム、

を包含するシステムにおいて、前記照明サブシステムに、

i) 光ビームを発生する光源、

ii) 光ビームを全般的に最初の方向に、次に検査位置内のレンズを透過するように指向する手段、

iii) 光ビームの横断面を全般的に均一な強さで横切る光ビームを形成させるために光ビームの光路上に配置したディフューザー、

iv) レンズを透過して映像面上に入射される光ビームの部分を集光し、かつ光ビームの一部を映像面前面の焦点に焦点を結ばせて散乱背景パターンを形成するためのレンズアセンブリー、

10

20

が含まれているシステム。

【請求項 2】

眼科用レンズを検査するための方法であって、

- a) レンズを検査位置に移動させること、
 - b) 光ビームを発生させること、
 - c) 光ビームを全般的に最初の方向に、次にレンズを通過して検査位置内のレンズに指向させること、
 - d) レンズを通過した光ビームの部分を映像板上に集光させることにより、この板上にレンズの映像を形成させること、
 - e) レンズを通過した光ビームの部分を映像板上に集光させることにより、この映像板上に散乱背景パターンを形成すること、
 - f) 映像板上に形成されるレンズ映像に呼応して 1 組の信号を発生させること、
 - g) 前記信号を所定プログラムに従って処理し、各レンズそれぞれの少なくとも一つの状態を識別すること、
- を包含した方法。

10

【請求項 3】

眼科用レンズを検査するためのシステムであって、

- a) 検査位置内にレンズを保持するためのレンズホルダー、
 - b) ピクセルのアレー、
 - c) 光ビームを発生し、かつこれを検査位置内のレンズを通過してピクセルアレーに指向させ、かつ
 - i) 光ビームを発生する光源、
 - ii) 光ビームを散乱させるために光ビームの光路内に配置したディフューザー、
 - iii) レンズを通過した光ビームの部分をピクセルアレー上に集光し、かつ光ビームの一部をピクセルアレー正面の焦点に集光してピクセルアレー上に散乱背景パターンを形成するため、光ビームの光路内に配置したレンズアセンブリ、
- を備えた照明サブシステム、
- d) ピクセルアレー上への光ビームの入射に呼応して 1 組の信号を生成するイメージングサブシステム、および
 - e) イメージングサブシステムから前記信号を受領しかつこれを所定プログラムに従って処理することにより、各レンズそれぞれの少なくとも一つの状態を識別するイメージ処理サブシステム、
- を包含したシステム。

20

30

【請求項 4】

眼科用レンズを検査するための方法であって、

- a) 検査位置にレンズを置くこと、
 - b) 光ビームを発生させること、
 - c) ピクセルアレー上にレンズの映像を形成させるため、光ビームを、レンズを通過してピクセルアレーに指向させること、
 - d) 光ビームを散乱させるため、光ビームの光路内にディフューザーを配置すること、
 - e) ピクセルアレー前方の焦点に光ビームが焦点を結ぶように、光ビームの光路内にダブルレットレンズを位置決めすること、
 - f) レンズを通過した光ビームの部分がピクセルアレー上に焦点を結ぶように、光ビームの光路内に視野レンズを位置決めすること、
 - g) ピクセルアレー上に形成されるレンズの映像に呼応して 1 組の信号を発生させること、
 - h) 前記信号を所定のプログラムに従って処理することにより、各レンズそれぞれの少なくとも一つの状態を識別すること、
- を包含した方法。

40

【発明の詳細な説明】

50

【 0 0 0 1 】

【 産業上の利用分野 】

本発明は、一般的には眼科用レンズの検査システム、特定的にはコンタクトレンズを高速かつ自動的に検査するためのシステムに関する。

【 0 0 0 2 】

【 従来技術 】

最近、眼科用レンズ、特にコンタクトレンズを製作するための幾つかの自動化システムが開発されているが、このようなシステムの一例が米国特許第 5, 0 8 0, 8 3 9 号で公開されている。このシステムでは極めて高度な自動化が実現されており、例えばレンズをモールドし、これをモールド型から取り外して更に処理したあと、直接人手を煩わさずに包装することができる。

10

【 0 0 0 3 】

しかもこの自動化システムでは、コンタクトレンズ等が極めて精密かつ正確に製作される。しかし個々のレンズについては稀に狂いが生じることもあり得るので、コンタクトレンズは、これを顧客に販売する前にこれが顧客の使用に耐えうるか否かが検査される。

【 0 0 0 4 】

眼科用レンズを自動的に検査することも可能であり、信頼性が極めて高くかつ正確な自動化レンズ検査システムが公知である。このような自動化システムのあるものは、専らレンズの周辺、すなわち外郭部分を検査するシステムであるが、このようなシステムは、レンズの中心部分をより良く検査する手順を設けることによって更に改良することが可能ではないかと信じられている。

20

【 0 0 0 5 】

【 発明が解決しようとする課題 】

本発明の目的は、眼科用レンズ検査のためのシステムを改良することである。

【 0 0 0 6 】

本発明の他の目的は、レンズ中心部の欠陥を拡大したレンズの映像を生成させるための照明システム付の自動化レンズ検査システムを提供することである。

【 0 0 0 7 】

本発明のもう一つの目的は、コンタクトレンズの映像を、そのレンズ周辺部を目で識別可能にすることである。

30

【 0 0 0 8 】

本発明の更に異なる目的は、コンタクトレンズの中心部の極めて小さな狂いを検査するための自動化システムを提供することである。

【 0 0 0 9 】

【 課題を解決するための手段 】

上記の各目的は、眼科用レンズ検査のためのシステムと方法とによって達成されるが、このシステムには、レンズを検査位置に移動させるための輸送サブシステム、レンズを透過するように光ビームを指向させる照明サブシステム、レンズを透過する光ビームに対応した 1 群の信号を生成させるためのイメージングサブシステムおよびこれらの信号を処理するためのサブシステムが含まれる。また照明サブシステムには、一般に、光ビームの横断面での光の強さが不均一な光ビームを生成させるためのディフューザーが含まれる。

40

【 0 0 1 0 】

【 実施例 】

図 1 にレンズ検査システム 1 0 が描かれているが、一般的にこのシステム 1 0 は、輸送サブシステム 1 2、照明サブシステム 1 4、イメージングサブシステム 1 6 およびプロセッシングサブシステム 2 0 で構成される。またこの図 1 には、排除（リジェクト）機構 2 2、排除コントローラー 2 4、およびそれぞれが 1 群のレンズパッケージを保持する複数個のパレット 3 0 も示されている。

【 0 0 1 1 】

図 1 および図 2 において、輸送サブシステム 1 2 はコンベヤーベルト 3 2 付とするのが好

50

ましく、また照明サブシステム 14 にはケース 34、光源 36、リフレクター 40、レンズ 42 と 44 が含まれる。すなわちこの好ましいシステム 10 によれば、イメージングサブシステム 16 にはカメラ 46 が含まれるが、このカメラは、ケース 50、ピクセルアレー 52、シャッター 54 および複合レンズ 56 で構成される。プロセッシングサブシステム 20 には、イメージ処理手段 60、オペレーターとのインターフェース手段 62 および監視用コンピューター 64 が含まれるが、より詳細に述べれば、プロセッサ手段には複数のプロセッサとメモリーボード 60a、60b および 60c が、またインターフェース手段にはモニター 66 とホストコンピューター 70 とがそれぞれ含まれる。

【0012】

一般に輸送サブシステム 12 によって、多数の眼科用レンズが予め定められた通路沿いにレンズ検査システム（図 1 の 72）の中に運ばれる。また照明サブシステム 14 によって光ビームが生成され、このビームが、レンズ検査位置を通過して移動するレンズに指向されてこれを透過する。そしてサブシステム 16 が、検査対象の各レンズを透過する光ビームもしくはその一部に対応して 1 群の信号を生成し、これらの信号をプロセッシングサブシステム 20 に伝送する。サブシステム 20 はサブシステム 16 からこれらの信号を受け取り、所定のプログラムに従ってこれらの信号を処理する。検査されるそれぞれのレンズに対してサブシステム 20 は、当該レンズの少なくとも一つの状態を示す信号を生成するが、以下に詳細を説明するサブシステム 20 の実施例によれば、このサブシステム 20 は、検査対象のそれぞれのレンズが顧客の使用に適しているか否かを示す信号を生成する。

【0013】

このシステム 10 は、タイプやサイズが各種各様な眼科用レンズの検査に使用することができるが、特にコンタクトレンズの検査に適しており、このシステム 10 で検査可能なコンタクトレンズ 74 の例を図 3 と図 4 に示す。レンズ 74 は、一般に前面 76 と背面 80 とを備えた中空な半球状で、光学的中心ゾーン 74a と周辺ゾーン 74b とを形成する。このレンズの厚みは実質的に均一であるが、レンズ外縁に接した環状部 74c では厚さが次第に薄くなる。

【0014】

このシステム 10 の好ましい運転状態においては、各レンズが個別のパッケージすなわちキャリアの中に配置され、これらのキャリアがパレット 30 の中に保持されるが、このパレット 30 がコンベア 32 によって運搬されて検査位置 72 を通過する。そしてシステム 20 によれば、さまざまなタイプのレンズキャリアとレンズパレットとを使用することができるが、レンズ 74 を保持するのに使用可能なキャリア 82 を図 5 と図 6 に、また 1 群のパッケージ 82 を保持するのに使用可能なパレット 30 を図 7 に示す。

【0015】

キャリア 82 は、実質的に平坦な第一面 84 を有し、この第一面 84 内に窪み 86 が形成されている。そして各キャリア 82 それぞれの窪み 86 の中にレンズ 74 が配置されるが、これらのレンズ 74 はキャリアの窪み 86 の中の脱イオン水等の液体の中に完全に浸すのが好ましい。また窪み 86 の曲率半径 r を、この中に置かれる眼科用レンズ 74 のそれよりも大とすることにより、レンズ 74 を、窪み 86 の中に置いたとき、窪み 86 を形成するキャリア 82 表面の形状に従ってレンズ 74 の中心が窪み 86 の頂部にフィットするようにするのが好ましい。

【0016】

窪み 86 の中には、その中心付近に間隔を隔てて配置された複数の筋状マーク（リブマーク）90 が設けられているが、これらのマーク 90 は、窪み 86 から脱イオン水を取り去ったとき、レンズ 74 を窪み 86 の中に保持するのに役立つ。しかしレンズ 74 と窪み 86 それぞれの中心を合わせたとき、レンズ 74 が筋状マーク 90 に接触せずに窪み 86 頂部の中心のみ点状にタッチするのが好ましい。

窪み 86 の中には、その中心付近に間隔を隔てて配置された複数の筋状マーク（リブマーク）90 が設けられているが、これらのマーク 90 は、窪み 86 から脱イオン水を取り去ったとき、レンズ 74 を窪み 86 の中に保持するのに役立つ。しかしレンズ 74 と窪み 8

10

20

30

40

50

6 それぞれの中心を合わせたとき、レンズ74が筋状マークに接触せずに窪み86頂部の中心にのみ点状にタッチするのが好ましい。図に示されているキャリア82の実施例によれば、筋状の各マーク90は、長さ0.5mm、幅が0.02mmで、各マーク90は窪み86の中心から3.0mm、また同一直線上の仲間の終端から6.0mm、それぞれ離れて配置されている。

【0017】

このシステム10は、レンズをレンズキャリア82の中に置くための特定の手法や装置とは無関係に使用可能なので、レンズ74を自動方式で製作、検査、再処理したあと、ロボットないし自動式レンズハンドリング装置（図には描かれていない）でこれをキャリア82の中に装填する大規模なシステムでの使用に好適である。

10

【0018】

図7に示されているパレット30の実施例によれば、このパレット30が多数のパッケージすなわちキャリア82を2列に保持するように設計されているが、これにはキャリア82を受け入れるための窪み、すなわち受容部30aを設けとよい。このようによれば、システム10に2台のカメラ46を設け、パレット30内の各列のパッケージ82それぞれを検査することができるようになる。またこのシステムには検査用カメラを追加装備可能で、例えばレンズ74の周辺エリア検査専用のカメラを追加するとよい。

【0019】

図1では、輸送サブシステム12のコンベアベルト32が1対もしくはそれ以上の滑車（図には描かれていない）の上に装着されており、ベルト32がこの滑車に支持されながらエンドレスに回転する。この駆動手段は、レンズ74が連続的もしくは実質的に連続してスムーズにシステム10を通過するように運転させるのが好ましい。またこれの代案として、レンズ74を断続的すなわちステップ・バイ・ステップ方式でシステム10を通過させてもよく、特にイメージングサブシステム16の下では各レンズを短時間停止させてもよい。

20

【0020】

また、より特定的には、このシステム10は、パレット30の輸送に呼応してレンズグループを順繰りに検査するように設計するのが好ましい。このコンベアシステムは、リニアスライドに取り付けたアームによってパレット30を推進させる、いわゆるウォーキングビーム機構を利用したものである。このスライドを伸長させることによってパレット30を前進させるが、このスライドの伸長ストロークが完了するとそのアームが再び引き込まれ、スライドが初期位置に戻って次のパレットの移動が開始されるが、このパレット移動の全行程は、始動/加速段階と定速段階および減速/停止段階の3段階で構成される。そして定速移動期間中にレンズがカメラ46の下に位置して映写が実行される。この全サイクルは約1.2秒程度で、約1.2秒ごとに16個のレンズを処理するのが好ましい。すなわち好ましくは、パレット移動に伴って一つのパレットサイクルが開始され、パレットはカメラ46に到達する前に定速に達し、全レンズの映写が完了するまで定速に持続される。

30

【0021】

このシステム10には、これに適した排除機構22を設けるとよいが、この機構22はコントローラ24でコントロールするのが好ましく、特にコントローラ24が、当該レンズが不合格である旨の信号をサブシステム20から受け取った場合、機構22がコントローラ24によって活かされ、当該レンズを保持しているパッケージが、排除機構を通過中のパッケージの流れから取り除かれる。システム10の好ましい運転状態においては、レンズ74がパレット30によって検査システムを通過して運搬されるが、コントローラ24が機構22を動作させ、不合格と判定されたレンズを保持するパッケージのみを除去させる。また代案として、パレット内のいずれかのレンズが不合格であることが判明した場合、システム10から全パレットを除去するように排除機構を利用してもよい。

40

【0022】

図1および図2によれば、光ビーム92を生成し、これを検査位置72に所在するレンズ74を透過するように指向させるのにサブシステム14が用いられている。より特定的に

50

言えば、光源 3 6 がケース 3 4 の内側、パラボラリフレクター 4 0 の光軸に隣接配置されている。このケース 3 4 の頂部を光が透過するが、ここはガラス基板 9 4 でカバーするのが好ましく、また光源 3 6 とレンズ検査位置 7 2 との間にはダブルレット集光レンズ 7 2 と視野レンズ 4 4 が直列配置される。照明光学系は、テスト対象レンズ内部のコントラストが高くなるように設計するのが好ましく、このことを実現させるため、二つのレンズ 4 2 と 4 6 がパッケージの直下に配置されるが、これらのレンズは、光を集めるとともに、窪み 8 6 内の液体によって発生される光力を補償してできるだけ良好な光コントラストを得る役割を果たす。

【 0 0 2 3 】

レンズ 7 4 の中心部を望みどおりに検査できるようにするため、レンズ照射により、0 から 2 5 5 のスケールでの 1 6 0 以上のグレーレベルにおいてレンズ中心部全体を均一に照射できるようにするのが好ましい。以下に述べるように、カメラセンサー 5 2 は、0 ないし 2 5 0 のグレーレベルレンジに反応する。しかしより詳細に後述するように、レンズ中心部を望みどおりに検査できるようにするため、レンズ周辺ゾーンのグレーレベルと光学的背面カーブのそれとに差をつけることにより、周辺カーブと背面カーブとの間の連結境界が視認可能となるようにする。この境界は周辺ゾーンの内円を描き、かつレンズ 7 4 のモールドに使用される背面と前面それぞれの曲面モールド型の配置ミスに起因する心ずれの検査に利用される。

【 0 0 2 4 】

光源は、5 ジュール、1 0 マイクロ秒の光パルスを発光可能なストロボランプであることが好ましく、この光パルスの都度、イメージプロセッサ 6 0 が、イメージ把握命令と解釈されるコマンド信号を生成する。またこのストロボランプには、次の光パルス発生のための回復期間として 4 5 0 ミリ秒のリカバリタイムを設けるのが好ましい。比較的僅かな光量がシステムの光路外に散乱されるが、大部分の光はカメラセンサー 5 2 に到達する。

【 0 0 2 5 】

レンズパッケージ 8 2 は、レンズを重力ポテンシャルによって窪み 8 6 内に心合わせさせるような曲面を備えているため、このパッケージはイメージングサブシステム内でレンズとして作用する。例えばこの発明の実施例によればこのことが実現に具現され、パッケージ 8 2 が、2 5 のフォーカルレンズ付のレンズとして作用する。従ってこれを矯正しない限り、パッケージ 8 2 から射出される光が、カメラのレンズ 5 6 に入射される前に広く散乱されてしまい、カメラのアパーチャーが損なわれてしまうであろう。この結果、テスト対象レンズの照射量が不足し、ピクセルアレー 5 2 上に生成されるレンズの映像内で得られるコントラストが低下する。このような光の散乱を矯正するため、視野レンズ 4 4 をパッケージ 8 2 の下に配置することにより、パッケージの窪み 8 6 内の液体の光力を打ち消すようにする。

この発明の実施例によれば、このことが実際に具現され、レンズ 4 4 が、ニューポート (Newport) もしくはメスグリオット (Melles Griot) 社の焦点距離 - 2 5 mm の両側凹面のガラスレンズとされている。このレンズは中心部の厚さが 2 . 5 mm、エッジ部分の公称厚さが 7 . 7 3 mm、直径が 2 5 . 4 mm である。また反射を抑制してレンズの光透過率を改善することによりコントラストを強めるため、このレンズには広帯域の反射防止コーティングが施されるが、このコーティングには、波長レンジ 4 3 0 ないし 7 0 0 nm に対して効果的な AR 1 4 が選ばれる。

【 0 0 2 6 】

ダブルレットレンズ 4 2 は、照明サブシステム 1 4 に対する集光レンズで、ガラス基板 9 4 上に第 1 焦点を結ばせることにより、ダブルレットレンズを透過した光がほぼ平行に揃えられる。このダブルレットレンズは通常の BK 7 ガラス製であればよいが、これは機械的手直し不要のまま、溶融シリカレンズに置き換えることができる。

【 0 0 2 7 】

検査位置 7 2 に所在するレンズ 7 4 を透過した光ビームはイメージングサブシステム 1 6

10

20

30

40

50

によって受け止められ、これに対応した一連の信号が生成される。図1と2によれば、カメラケース50の内部、シャッター54の直後にピクセルアレー52が配置されるが、このピクセルアレー52は、多数の光センサー、すなわちそれぞれが入射光量に比例した電流を発生可能な光センサーで構成するのが好ましい。従来通り、ピクセルアレー52の光センサー、すなわち所定個数のピクセルが格子状の行と列とに均一配列されるが、この格子は、例えば約1000行と1000列の、すなわち約100万個のピクセルで構成すればよい。図8にこのピクセルアレーの一部の概要が描かれているが、各文字それぞれがアレーの各ピクセルを示す。

【0028】

イメージングサブシステム16の能力は、検査対象レンズ74すべての特定状態を識別するのに必要な分解能を超えていることが好ましく、例えば、0.012mmの対象物を識別可能なカメラを使用するとよい。映像エリア内の1,048,576個のピクセルによって14.495mmの視野がカバーされ、各ピクセルそれぞれが、0.01416mmの線状対象スペースをカバーする。従って3個のピクセルによって正確にカバーされるレンズの異常部位や穴等の最大直径が0.0425mmを超えなくなるため、この監視システムは、当該レンズを、一般に不合格と判定すべき最小欠陥よりも小さなものまで検出する能力を備えている。

10

【0029】

システム10の運転に際しては、カメラ46の焦点をレンズ74の周辺ゾーンに合わせるとよいが、この場合、映写レンズのフィールド深度の関係上、レンズ74の光学的中心ゾーンにもピントが合わされる。例えば視野レンジを、ピクセル分解能でのピクセル当たりの変量が0.000055mm、すなわち映像を横切る視野でのトータル変量が0.057mmになるように選定すればよい。またカメラ46は、989ピクセルが対象スペース14.000mmに等しくなるように調整するのが好ましい。このようにすれば、上記シングルピクセルにおいてピクセル当たりの分解能が0.014156mmに、すなわち映像を横断する全ピクセル1024個の視野が14.496mmになる。

20

【0030】

この分野の通常の専門家にはよく理解されるように、このサブシステム16には適当した任意のカメラを使用することができる。既に実用化されているこのシステム10の実施例によれば、カメラ46がニッコール(Nikkor)0.55mm標準レンズ装備のクラスI・コダック・メガプラス高解像度カメラであった。このカメラは1320×1035ピクセルのセンサーを持っているが、その中の1024×1024ピクセルだけが使用された。その理由は、コンピューターのメモリーは2進法で、1024が 2^{10} に相当するため、 $2^{10} \times 2^{10}$ ピクセルエリア、すなわち1,048,576ピクセルによってデータを生成すれば、イメージメモリー内での取扱いが容易になるからである。

30

【0031】

このカメラのレンズアパーチャーは $f/4$ 、視野は1-495mmにセットされた(脱イオン水中のレンズ74の直径は約1+2mm)。カメラレンズの終端には10nmフルウエーブ・ハーフハイトウインドウ(full wave half height window)付のアンドバー(Andover)帯域フィルターが装着されたが、これは波長550nmに中心が合わされている。そして発生し得るすべての色収差がこのフィルターによって除去されて立体的分解能が全般的に改善されるとともに、レンズ検査に対する光学的応答が、検査員の視覚応答に近似したものになる。またCCD検出器での赤外線も除去されるが、このことは、赤外線によってシステム全体の変調伝達機能が低下される恐れがあるので、有利なことである。

40

【0032】

プロセッシングサブシステム20は、イメージングサブシステム16、特にピクセルアレー52からの信号を受け取り、詳細を後述するプログラムに従ってこれらの信号を処理することにより、検査対象レンズの少なくとも一つの状況を見極める。より特定の言え、カメラ42のピクセルアレー52からの電気信号がイメージプロセッサ手段に伝達さ

50

れるのである。そしてこのプロセッサ手段が、アレー 5 2 の各ピクセルそれぞれからの電流信号を、これに対応した一つのデジタルデータ値に変換し、この値を、当該電気信号を発信したピクセルのアドレスに関係したアドレスを有するアドレスロケーションに記憶させる。

【 0 0 3 3 】

またサブシステム 1 4 と 1 6 の働きを協調ないしコントロールするのにサブシステム 2 0 も使用することにより、光源 3 6 を活かし、システム 1 0 を通過するレンズ 7 4 の動きに合わせてカメラ 4 6 を動作させるのが好ましい。すなわち、パレットが検査エリアに進入したとき、その存在をパレットセンサーによって検出させるのである。そしてこの信号が受信されると、イメージプロセッサ 6 0 が、その前のパレットから継続中のいずれのプロセスも完了させ、その結果を、P L C コントローラーと監視用コンピューターの両者に報告させるとよい。パレットがコンベア沿いに連続移動するとき、パッケージセンサーが当該パッケージを検知して信号を発信する。そしてこの信号によって、当該レンズが撮像専用位置に所在することが知らされる。

10

【 0 0 3 4 】

パッケージ検出信号の受信に伴い、イメージ処理用ハードウェアがイメージ把握を開始し、合格/不合格を判定するために当該イメージを処理する。イメージ把握の一部としてストロボが発光され、レンズが照射される。レンズ合格/不合格の情報は、次のパレットがスタートされるまで記憶されるが、この時点で結果が報告される。ただしあり得ることはあるが、このような報告が受信されなかった場合、例えばセンサーがパレットを正しく検知しない場合、それ以降のパレットの送り出しは許容されない。パッケージ検出センサー信号は、パレット各側に 8 個のパッケージが見い出されるたびに発信される。

20

【 0 0 3 5 】

またイメージプロセッシング基板が、レンズを何時映写すべきかを決定する。パレットがカメラの下を通過するとき、各パッケージのエッジが光ファイバーセンサーによって検出されるが、これに伴ってストロボが発光され、コンタクトレンズがカメラで撮影される。この撮影は、撮影信号をカメラに伝達することにより、イメージプロセッシング基板によって始動される。そしてストロボ発光後、カメラの記憶装置に記憶されたイメージが、プロセッサ基板の一つ、すなわちマスタープロセッサとしての役目を担うプロセッサ基板のメモリーに伝達される。そしてこのマスタープロセッサが、従属プロセッサとしての役目を担う他の二つのプロセッサ基板のいずれが、現在受信中のイメージを点検し得る立場にあるかを判定する。そしてマスタープロセッサは、当該イメージを処理すべき方の従属プロセッサ基板に指令を発し、ビデオバスからイメージデータを受け取るべきことを知らせる。すなわちこのマスタープロセッサが各イメージの検査とその結果報告とをモニターする。

30

【 0 0 3 6 】

レンズイメージを処理してその中心部の欠陥検査が終了すると、二つの従属プロセッサがそのことをマスタープロセッサに報告する。そしてマスタープロセッサがこの情報を集め、二つのレポートを伝送するが、その一つが、受入れ/拒絶ロボットの動きをコントロールする P L C に送られる。この P L C は、先入れ先出し方式で各パレットを追跡するが、検査終了パレット上の各パッケージに対して直ちに判決を下す。また二つ目のレポートは監視用コンピューターに送られてデータが集積され、製造管理プログラムならびに生産計画立案者によって分析される。

40

【 0 0 3 7 】

このシステム 1 0 には、適切な任意のプロセッシングユニットを使用することができ、6 0 a、6 0 b および 6 0 c の各プロセッシングユニットは、例えばパーセプティクス社で販売されている I P - 9 4 0 イメージプロセッサマシンのビジョンボードであればよい。

【 0 0 3 8 】

好ましくはキーボード 7 0 a とビデオターミナル 7 0 b とを備えたホストコンピューター

50

70がプロセッサ装置60に接続され、プロセッサにインプットされる画像データやメッセージをディスプレイする。またこのプロセッサ装置60にはモニター66も接続されており、プロセッサ装置60に記憶されたデータ諸値に基づきビデオイメージがここで生成されるが、このモニター66は検査結果や集計値の表示にも利用可能である。モニター66は解像度の高いカラーモニターであることが好ましいが、これはやはりイメージボード60a、60bおよび60cに接続されているパーセプティックス社の高分解能ディスプレイカードHRD900でコントロールされる。またモニター66は、プロセッサ基板上のRS232コネクタによってプロセッサ基板に連結される。

【0039】

このシステムのオペレーターインターフェースは、ホストコンピューター70と高解像度モニター66とで構成されるが、このホストコンピューター70によってプロセッサ基板への接続とコミュニケーションとが実現される。またこのコンピューターのキーボードは、プロセッサ基板への情報インプットに用いられ、またホストコンピューター70のモニターのウインドータイプ・ビデオディスプレイが結果とステータスメッセージとを表示し、運転中に得られたこれらのイメージがこの高解像度モニター上にディスプレイされる。またステータスならびに結果に関する情報もこのモニターに表示される。

【0040】

図10では、レンズが毎回映写されるが、これは当該パレットの検査報告を伴って短時間だけ高解像度モニター上に現れるが、必要に応じ、任意のエラーメッセージを表示させてもよい。このモニター上の映像は、ビデオバスをコントロールする高解像度ディスプレイボード、HRDによって各所に広く伝達される。これはイメージプロセッサ基板、IP-940からイメージを受け取り、オペレーターの選択に従ってエッジもしくはセンターのカメラからのそれぞれのイメージをディスプレイする。すなわちHRDボードは、処理中のイメージをモニターしながらこれをリアルタイムでモニターにディスプレイさせるが、イメージの処理そのものには干渉しない。

【0041】

オペレーターからの命令やデータをプロセッサ装置60に伝達するのに、グラフィカルなユーザーインターフェースを用いてもよい。図11に、このグラフィカルユーザーインターフェースのメインウインドー、システム内のプロセッサ基板に対するシングルスクリーンコントロール機構が示されているが、このスクリーンは、ホストコンピューター、好ましくはサン(Sun)ホストコンピューターへの一つの命令、すなわちmachine name % ipmgr & の入力によって即時出現させるのが好ましい。このスクリーンのターミナルによれば、ホストコンピューターのウインドー環境にウインドーを増減させることが可能になる。ipmgrウインドー頂部の"terminals"ボタンを選択すると、図12に示されているように新しいウインドーが現れる。そしてこのウインドーによれば、オペレーターが各イメージプロセッサ基板それぞれに対してホストウインドーをオープンさせることができるようになる。それぞれのターミナルウインドーを開くと言うことは、選定された各プロセッサ基板それぞれに対してダムターミナルを接続するようなものであり、パレットの合格/不合格報告やデバギングあるいは試験的状况に対して利用するとよい。

【0042】

当然のことながら、サブシステム20には上記以外の入出力装置を追加してオペレーターや分析者がプロセッサ基板やコントローラー24と連携できるようにすることができる。例えばプロセッサ基板にプリンターを接続することにより、プロセッサ基板からこれに送られてくる特定データやレポートをプリントさせることができる。

【0043】

ただしホストオペレーティングシステムを介した幾つかの方法によってプリントアウトさせるのが好ましい。マスタープロセッサからのスクリーンレポートは、ファイルすべきスクリーン情報を先ず保存したあと、後刻これをプリントアウトすることにより、プリントするとよい。すなわちプリンターは、情報がスクリーンからスクロールオフされるとき

10

20

30

40

50

にこれをプリントするのに使用することができる。レンズの性情に関するすべての情報が一斉に監視用コンピューターに送られるが、このコンピューターは、データを消化して生産レポートをアウトプット可能なものであることが好ましい。

【 0 0 4 4 】

図9では、好ましい様式としてイメージ処理用の全ハードウェア、ホストコンピューター、モニターおよび無停電電源装置がシングルキャビネットの中に収容されている。外部からキャビネット内に引き込まれるシステム内のすべての配線は、先ず仕切り板を通り抜ける。

【 0 0 4 5 】

前述したように、レンズ74が検査位置72を通過するたびに光線がレンズを透過してピクセルアレー52に入射され、このアレーの各ピクセルがピクセル上の光の強さに対応した電流を発生する。そしてこれらの電流がデジタルデータ値に変換されるが、これらのデータを先ずプロセッサ装置60内に記憶させたあと処理し、当該レンズが使用に適するか否かを判定するのが好ましい。この検査プロセスの好ましい実施例では、レンズの不在、エッジの欠損、エッジの傷、表面の傷、はみ出し、穴、凹み、偏心やざらつきが検出され、かつこれらの態様を分析して当該レンズをはねるべきか否かが判定される。

【 0 0 4 6 】

図13には、好ましいレンズ検査プロセスの主要ステップが示されている。これの第1ステップでは、レンズがピクセルアレー上部の映写位置に配置され、不良レンズがテストされ、かつレンズの外縁が型とりされる。レンズがこれら最初の3ステップのいずれか一つでも落第すると、当該レンズは自動的に拒絶されるが、これら3ステップで合格すると、アルゴリズムがレンズの偏心を判定し、パッケージの合いマークを処理したあと、レンズの周辺ゾーンに引き続き中心ゾーンそれぞれの欠陥が探索される。そしてこのステップにおいてなんらかの欠陥が検知されると、当該レンズを受け入れるべきか、それとも拒絶すべきかが、アルゴリズムによって判定される。

【 0 0 4 7 】

イメージ内へのレンズの配置

このあと、引き続きレンズの生イメージがインプットされるレンズ検査プロセスの初期ステップでは、視野の中へのレンズの位置決めが行われなければならない。しかし従来のやり方での問題点の一つとして、傷ついたり、破損したレンズがレンズ不在として誤分類されることが挙げられる。そしてレンズの破片がレンズ不在として分類されると、レンズの検査が終わったあと、キャリアの窪み86から脱イオン水を排出させるときに問題が惹起される恐れがある。例えば窪み86内にレンズの大きな破片が存在することが認識されなかったら、この破片が排水ノズルの排出弁を閉塞し、工程の進捗を妨げる恐れがある。

【 0 0 4 8 】

しかしこのシステム10によれば、レンズ本体だけではなく、レンズの破片も発見されて破片として分類され、これが存在するパッケージを手で取り除くことができるようになるので、上記のような問題が解決される。もしパッケージの中にレンズの大きな破片が存在していれば、この検査システムは制御PCL24に信号を送って搬送サブシステム12を停止させるとともに、オペレーターに対して当該パッケージからレンズの破片を取り除くように警告する。

【 0 0 4 9 】

一般にピクセルアレー52上に結ばれる映像は、レンズそのものであったり、あるいはその破片であり得るが、これが水平ならびに垂直の各探索ベクトルを用いて探索される。これらの探索ベクトルにより、イメージ勾配が下式(1)に従って分析される。

【 数 1 】

10

20

30

40

$$G = |(P_{i-1,j+1} + 2P_{i,j+1} + P_{i+1,j+1}) - (P_{i-1,j-1} + 2P_{i,j-1} + P_{i+1,j-1})| \dots (1) \\ + |(P_{i-1,j+1} + 2P_{i-1,j} + P_{i-1,j-1}) - (P_{i+1,j+1} + 2P_{i+1,j} + P_{i+1,j-1})|$$

【0050】

この勾配Gは、探索ベクトル沿いの各ピクセルについて計算されるが、この勾配計算値の大きさが、パラメーター " E__findThr " で定まる特定しきい値を超えたら、レンズが発見されたいことを意味する。この式(1)は、XおよびYの各 Sobel オペレーターの絶対値を取り入れることによって形成されるが、総合イメージコンボリューションを包含した通常のオペレーションとは異なり、この変形 Sobel は、探索ベクトル方向にのみ進行する。すなわち傾斜の大きさGは、式(1)によって定まる総量となり、また勾配の方向、すなわち符号によって影響されない。この結果、正負いずれのエッジ勾配も検出可能となるので、より敏感にエッジが検出されることになる。しかも式(1)は、水平および垂直両方向のエッジ検出探索ベクトルに対して使用可能であるが、これらのベクトルが、イメージエリアの少なくとも50%をカバーすることが好ましい。

10

【0051】

図14と15では、水平および垂直それぞれ10本の一連の探索ベクトルがエリアを潜在的に横断しているが、これら各ベクトルは、互いに等距離を隔てており、かつイメージの4隅にそれぞれ存在するダークエリアに引っ掛からないように配列されている。これらの図には、探索ベクトルの方向が矢印で、また掃引順番が数字で、それぞれ示されている。

20

【0052】

これらのベクトルはこの所定の秩序に従い、レンズが特定されるまで、すなわち全ベクトルの掃引が完了するまで探索される。そして当該レンズが特定されたら、探索ベクトル沿いの探索を打ち切るのが好ましい。例えば、正常なレンズは最初の探索ベクトル沿いの探索期間中に発見されるのに対し、不良レンズを発見するためには、殆どすべての探索ベクトル沿いに探索する必要があり得る。

【0053】

まず対象物を特定したあと、次にレンズ検出を確認するためのテストが実行される。この確認テストでは、発見済対象物の輪郭がなぞられるが、これには、これに関連した適当な任意のやり方を用いればよい。例えば8個の結びつき分析とでも言うべき技法を用いてエッジを追跡すればよい。この技法では、特定対象物のエッジ上に存在する最初のピクセルが発見されたら、このピクセルに隣接する8個のピクセルを、2番目のエッジピクセルに向かって均一方向に探索する。そしてこの2番目のエッジピクセルが発見されたら、これが当該対象物のエッジ上に存在するものと見なされる。そしてこのプロセスが繰り返され、この2番目のエッジピクセルに隣接する8個のピクセルが、第3エッジピクセルに向かって均一方向に探索される。エッジ追跡もしくはオブジェクト追跡とも言うべきこのプロセスは、エッジの終端が発見され、このエッジがそのオリジナルピクセルに戻る前に所定個数のエッジピクセルが発見されるまで、すなわち識別されたこれらのエッジピクセルによって形成されたエッジが閉じたループを描くようになるまで、より特定的には、このエッジが当該対象物の最初のエッジピクセルに戻るまで、繰り返される。

30

40

【0054】

図16Aと16Bに、この8個の結びつき分析の詳細が描かれているが、ここでは周囲の各ピクセルの探索をより良く図示するため、各ピクセルが点で表現されている。図16Aには、対象物のエッジ上に存在することが識別された最初のピクセルが、 $P_{i,j}$ で示されている。そして所定のしきい値を上回るいるグレーレベルを有するピクセルに対し、この $P_{i,j}$ 直上のピクセルを始点として反時計回り方向に8個の隣接ピクセルが探索される。このテストにミートして発見された最初のピクセルが次のエッジピクセルである

50

と考えられるが、図16Aの例では、ピクセル $P_{i, j+1}$ がこれに相当する。

【0055】

次のステップが図16Bに描かれているが、ここでは、所定のしきい値を上回るグレーレベルを有し、かつこの直前に実行された探索では中心になっていなかったピクセルに対し、 $P_{i, j+1}$ の直上のピクセルを始点にして $P_{i, j+1}$ に隣接する8個のピクセルが反時計回りに探索される。そしてこのテストにミートして発見された最初のピクセルが次のエッジピクセルと見なされるが、これが図16Bの例では、 $P_{i, j+2}$ で示されている。そしてこの追跡プロセスが、この探索がピクセル $P_{i, j}$ に戻り、かつ輪郭がその原点位置にまで戻る前に所定個数の輪郭ピクセルが出現するまで、もしくは所定ピクセル周りの探索が、なんらかの次のエッジピクセルの識別に失敗するまで、継続される。

10

【0056】

この追跡手順の期間中、これらのピクセルが対象物の輪郭の上またはその外側かを判定するのに勾配の大きさを利用するのが好ましい。勾配の大きさの計算法は、探索ベクトルルーンに際して用いられるそれと同一で、やはり式(1)によって求められる。またこの追跡期間中に用いられるしきい値も、探索ベクトルによって用いられるそれと同一であり、パラメータ "E_f i n d T h r" によって特定される。

【0057】

対象物追跡期間中、特定個数の輪郭ピクセルが追跡され終わるまで、その輪郭の始点位置に遭遇しなければ、当該対象物はレンズに間違いなしと見なされる。しかし輪郭ピクセルが所定個数に達するまでに始点に出会うと、当該対象物はレンズと見なされず、ノイズと解釈される。この実証テスト期間中に適用されるレンズ輪郭の最小長さは、パラメータ "B_c o n t _ c n t" で与えられる。もし1本のベクトル沿いの探索期間中にノイズオブジェクトに出会ったら、このベクトル沿いの探索は打ち切れ、次のベクトル沿いの探索に引き継がれる。そしてレンズが発見されるまで、もしくはすべてのベクトルがトライされ終わるまで、この手順が繰り返される。図17Aに、仮想レンズ検出の探索例が示されているが、ここではレンズが特定される前にノイズオブジェクトが発見されている。また図17Bに示されている仮想レンズ検出の探索例では、損傷レンズ特定前に、二つのノイズオブジェクトが発見されている。

20

【0058】

全探索ベクトルがトライされ終わってもレンズが発見されなければ、レンズは喪失されたものと判定される。そしてこの結果が報告され、プロセスが中断される。しかしレンズが発見された場合には、最初にレンズが検出されたイメージ座標が保持され、プロセスが更に続行される。

30

対象物の形態的性状を分析してこれが不良レンズであるか否かを判定するのに先立ち、更に次の二つテストを実行するとよい。まず、対象物周囲を追跡中、このトラッキングがイメージメモリの外側境界からはみ出すようなら、この被験レンズはその一部が視野から外れ、不合格になる。このような場合には、当該イメージに関するプロセスは打ち切られる。次に、対象物周囲を追跡中、輪郭ピクセルの個数が最大値を超えたら、当該被験レンズは1個のレンズとしては大きすぎることになり、このレンズも不合格となる。

40

【0059】

破損したり傷ついたりしたレンズに対するテスト

このテストにおいてプロセスが継続されたら、当該被験レンズは傷ついているか、もしくは健全かのいずれかに仕分けられる。トラッキング途中でレンズのスターティング箇所に出会ったら、当該対象物はその外形全体にわたって横切られたものと見なされる。傷ついたレンズに対する形態テストは、スターティングピクセルに出会うか、もしくは輪郭ピクセルの個数が許容最大値を超えるか、のいずれかの条件によって始動される。

【0060】

このアルゴリズムの好適実施例では、当該対象物が傷つけられているか否かを判定するのに、いわゆるエロングーションおよびボックスサイズの限定と言う二つの主要なテストが

50

実行される。エロンゲーションテストは、大きな破片が脱落ないし喪失されてもはやユニタリ離心率を有する円形の対象物とはほど遠くなってしまったレンズを識別ことに主体を置いて設計される。またボックス限定テストでは、エロンゲーションに関するチェックが行われるが、特に、ともかく円形ではあるが傷つけられたレンズを識別するのに適用される。

【0061】

上記二つのテストでは、いずれもレンズの輪郭全体のトラッキングによって得られた座標情報が利用されるが、このトラッキング技法は、レンズ検出を実証するのに用いられる技法と同一である。このトラッキングプロセスでは、式(1)で求められる勾配値を用いることにより、当該ピクセルがレンズ輪郭の上またはその外側のいずれに存在するかが判定される。またレンズの輪郭沿いの追跡には8個の結びつき分析法が用いられ、またパラメーター " C _ f i n d T h r " によって勾配値が特定される。

10

【0062】

トラッキングの実行に際しては、輪郭内の各ピクセルの行および列の各位置の一連の記録が保存されるが、この輪郭トラッキングは、1)トラッキングがイメージメモリーからはみ出す、2)輪郭ピクセルの個数が許容最大値を超過する、あるいは3)レンズ輪郭の始点に出会う、と言う三つの事象の一つが発生するまで継続される。

【0063】

トラッキングがイメージメモリーからはみ出したら、当該レンズは、その一部がイメージ視野の外側にあるものと見なされ、失格する。そしてこの結果が報告されてプロセスが打ち切られる。レンズの始点と出会ったり、あるいは輪郭ピクセルの個数が許容最大値を超えた場合には、エロンゲーションや境界エリアすなわちボックス限定に関連した形態的性状が抽出され、傷ついたレンズの存在の有無が判定される。

20

【0064】

エロンゲーション値は、下式(2)によって与えられる：

【数2】

エロンゲーション = 主軸まわりの慣性モーメント

／ 下位軸まわりの慣性モーメント . . . (2)

30

【0065】

このエロンゲーションテストでは、対象物の最小慣性モーメントに対する最大慣性モーメントの比の測定値が求められる。当該対象物の最小寸法に対する最大寸法の比が大になるにつれ、このエロンゲーションの値が大になり、またコンパクトになればなるほど、この値が小になる。例えば対象物が円形であれば、理論的にエロンゲーションの値が最小になるのに対し、棒状ないし線状であれば、エロンゲーション値がこれよりも大になる。

【0066】

このエロンゲーションを計算するため、輪郭の全ピクセルに対する座標データについてパスが作成され、このパスによって水平および垂直の各慣性モーメントが計算される。下式(3)と(4)にこの計算式を示す。

40

【数3】

$$\begin{aligned} \text{垂直慣性モーメント} &= \sum (x_i - x_{\text{avg}})^2 \text{ の絶対値} \\ &= (\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / \text{輪郭カウント}) \text{ の絶対値} \\ &\dots (3) \end{aligned}$$

ここで x_i = レンズ外郭沿いに発見された i 番目のピクセルの列座標
で、レンズ輪郭上の全ピクセルについて合計値が求めら
れる

10

$$x_{\text{avg}} = \text{対象物の列中心 (コラムセントロイド)}$$

【0067】

【数4】

$$\begin{aligned} \text{水平慣性モーメント} &= \sum (y_i - y_{\text{avg}})^2 \text{ の絶対値} \\ &= (\sum y_i^2 - ((\sum y_i)^2 / \text{輪郭カウント})) \text{ の絶対値} \\ &\dots (4) \end{aligned}$$

20

ここで y_i = レンズ外郭沿いに発見された i 番目のピクセルの行座標
で、レンズ輪郭上の全ピクセルについて合計値が求めら
れる

30

$$y_{\text{avg}} = \text{対象物の行中心 (ロウセントロイド)}$$

【0068】

これら二つの情報から、対象物の主軸の成す角度が、下式(5)によって求められる。

【数5】

$$\begin{aligned} \phi &= \text{アークタンジェント} [(2 \cdot \sum (x_i - x_{\text{avg}}) (y_i - y_{\text{avg}})) / \\ &(\sum (x_i - x_{\text{avg}})^2 - (y_i - y_{\text{avg}})^2)] / 2 \dots (5) \end{aligned}$$

40

ここで ϕ = 対象物のセントロイドに関し、主軸が成す角度

50

【0069】

決定されたこの主軸の角度を用い、全ピクセルの座標データにまたがる最終パスを作成することにより、主軸ならびに下位軸まわりの慣性が下式(6)および(7)を用いて計算される。

【0070】

【数6】

主軸まわりの慣性モーメント

$$\begin{aligned}
 &= (\sum (-x_i \sin \phi + y_i \cos \phi) - x'_{avg})^2 \text{の絶対値} & 10 \\
 &= (\sum (-x_i \sin \phi + y_i \cos \phi))^2 - \\
 &\quad ((\sum (-x_i \sin \phi + y_i \cos \phi))^2 / \text{輪郭カウント}) \\
 &\quad \text{の絶対値} \\
 &\quad \dots (6)
 \end{aligned}$$

ここで x_i = レンズ外郭沿いに発見された i 番目のピクセルの列座標で、レンズ輪郭上の全ピクセルについて合計値が求められる 20

y_i = レンズ外郭沿いに発見された i 番目のピクセルの行座標で、レンズ輪郭上の全ピクセルについて合計値が求められる

x'_{avg} = 主軸沿いの対象物セントロイド

【数7】

下位軸まわりの慣性モーメント

$$\begin{aligned}
 &= (\sum (-x_i \cos \phi + y_i \sin \phi) - y'_{avg})^2 \text{の絶対値} \\
 &= (\sum (-x_i \cos \phi + y_i \sin \phi))^2 - & 30 \\
 &\quad ((\sum (-x_i \cos \phi + y_i \sin \phi))^2 / \text{輪郭カウント}) \\
 &\quad \text{の絶対値} \\
 &\quad \dots (7)
 \end{aligned}$$

ここで x_i = レンズ外郭沿いに発見された i 番目のピクセルの列座標で、レンズ輪郭上の全ピクセルについて合計値が求められる

y_i = レンズ外郭沿いに発見された i 番目のピクセルの行座標で、レンズ輪郭上の全ピクセルについて合計値が求められる 40

y'_{avg} = 下位軸沿いの対象物セントロイド

【0071】

そして前掲の式(2)によってエロンゲーションが計算されるが、この計算値をパラメータ "C_elong" によって特定される値と比較することにより、当該レンズの傷の有無が判定される。例えばエロンゲーション計算値が "C_elong" よりも大であれば、当該レンズには傷があると見なされ、プロセスの進行は打ち切られる。

【0072】

図18に、エロンゲーションの特色に関する幾つかの専門用語を示す。

レンズ対象物に対してボックス限定の特色が計算されるが、ボックス限定とは、ボックスを、対象物の最大と最小の垂直ならびに水平の各軸をベースにして被験レンズを保持する 50

のに丁度よい大きさに合わせることである。このようなボックスは、被験レンズの実対象エリアに対して極めて近似的に作用することが発見されている。このテストは、エロンゲーションテストでは識別されない恐れのあるような、傷ついたレンズを識別するために実施される。詳述すれば、傷ついたレンズは、一見、円形であるかのように見受けられかねないように変形されているため、エロンゲーションテストでは識別不能なこともあり得るであろう。このボックス限定テストは、傷ついてはいるがともかく円形なレンズは、正常サイズのレンズよりも一般に小であると言う特徴を利用したものである。このボックスは、対象物のセントロイドを通過する水平および垂直の各軸沿いにオリエンテーションされる。図19にこのテストのコンセプトを示すが、このテストは下式(8)で定義される。

【数8】

$$\text{ボックス制限} = (\text{対象物の最右翼列} \sim \text{同最左翼列}) \\ \times (\text{対象物の最下部行} \sim \text{同最上部行}) \quad \dots (8)$$

【0073】

そしてこのボックス制限計算値が、パラメーター "C - b d b o x" によって特定された値と比較されるが、例えば計算値が "c - b d b o x" よりも小なら、当該レンズには傷があると思なされて失格し、プロセスの進行は打ち切られる。

【0074】

モデルレンズの外縁

被験レンズがエロンゲーションとボックス制限の両テストに合格したら、傷ついたレンズ検出用の2番目の技法が実行される。図20においては、対象物のエッジ上の約60°の間隔を隔てた6個のデータポイントを用い、対象物トラッキングデータから6個の円形モデルが定義される。すなわち、連続した3個のデータの各セットを用いてそれぞれ独自の円が定義されるが、データポイント〔1, 2, 3〕,〔2, 3, 4〕,〔3, 4, 5〕,〔4, 5, 6〕,〔5, 6, 7〕,〔5, 6, 1〕および〔6, 1, 2〕がそれぞれセットになる。この円形モデルは、パラメーター "B l e n s d i a" によって特定される半径に最も密接にマッチした半径を持ち、レンズ外縁モデルとして使用される。

【0075】

これら各円形モデルについて、円を定義するのに用いたデータポイントを最初にチェックし、これらが互いに接近し過ぎていないことを確かめることが好ましい。と言うのも、レンズにその輪郭の全周360°の連続性を損なうような傷が含まれていると、このようなことが起こりうるからである。互いが余りに接近し過ぎたデータポイントを含んだデータセットによれば、誤ったモデルがもたらされる恐れがあるので、このようなデータは無視するのが好ましい。

【0076】

被験レンズの輪郭沿いの各ピクセルを、レンズエッジとして用いられる理論モデルと対照する。そして極座標探索表を用い、各輪郭ピクセルの位置を当該エッジを中心とした半径と角変位置量で書き換える。もし任意のピクセルの距離が、レンズエッジとして用いた円形モデルの半径の90%よりも小であれば、当該ピクセルは大きな傷の一部あると思なされる。そして、同じ傷の一部であると思なされた各ピクセルグループの測定値が角度で表現されるが、この傷の始点と終点とによってこれがパラメーター "C _ b a d t e a r" よりも大であることが判明したら、当該レンズは傷があると思なされ、失格する。図21には、レンズの傷の広がりやを判定する技法として、距離変位置量を利用するコンセプトが描かれている。

【0077】

レンズを巡る輪郭が途中で途切れている場合、この輪郭トラッキングが反対方向、すなわ

10

20

30

40

50

ち - a 方向へ、いわゆる折り返し状態になったとき、当該傷の始点と終点とがアルゴリズムによってマークされる。すなわち初回の折り返しに際して検知された箇所が、傷の始点としてマークされる。このポイントでトラッキングは逆行状態になり、レンズ輪郭の内側をフォローするようになる。しかしレンズの他の側からは、途切れのオリジナルポイントに再度遭遇することはあり得ないので、次の折り返し状態では、途切れの原因となった傷の反対側が検出されるものと推論して差し支えない。

この技法は、レンズの中で途切れの原因となった傷のひどさの程度を判定するという課題を解決するのに利用される。図 2 2 にはアルゴリズムのこの部分のコンセプトが図示されている。途切れが傷の中に発生している場合には、この傷の区間が、レンズの傷の始点と途切れ箇所との間の部分を含むように調整されるので、傷の程度がより正確に表現されるようになる。

【 0 0 7 8 】

当該レンズがトラッキングの途中でイメージメモリースペースからはみ出したり、輪郭ピクセル個数、エロングーションやボックスサイズ制限を超えて失格しなければ、当該レンズは健全であると見なされる。しかし図 1 3 に示すように、このレンズはまだ合格に分類されず、この時点でレンズであることが判明し、イメージ検査のこれ以降のプロセスに受入れ可能であると、識別される。次のステップが心ずれ（ディセントレーション）のテストである。

【 0 0 7 9 】

ディセントレーション

周辺ゾーンに対しては、例えば 0 . 2 7 0 mm もしくはそれ以下の幅が許容される心ずれを伴ったレンズは、不合格と見なされることがある。レンズはパッキング用塩類溶液の代わりに脱イオン水の中で検査されるので、レンズはまだその最終的フルサイズにまで膨張していない。従って先ず近似的には、これの周辺ゾーンを等方性の媒体の一部と見なして差し支えないが、このことは、脱イオン水がパッキング用塩類溶液に置き換えられてレンズが膨張するとき、レンズは径方向に膨張して環状帯域の幅が増加するが、これはレンズ全体の直径が増加したのと同様であるとの事実立脚する。

【 0 0 8 0 】

パッキング溶液中でのレンズ周辺ゾーンの最終的幅と、脱イオン水中での定常状態におけるこのゾーンの幅との相互関係は、下式 (9) で表される。

【 数 9 】

$$P Z f = P Z w (1 + \xi) \quad \dots (9)$$

ここで $P Z f$ = パッキング溶液中での周辺ゾーンの最終幅

$P Z w$ = 脱イオン水中での定常状態における周辺ゾーンの幅

ξ = 線膨張係数

ξ は、パッキング溶液中で膨張したレンズの最終直径 $D f$ および脱イオン水中での検査期間の定常状態でのレンズの直径 $D w$ による下式で表すことができる。

$$\xi = (D f - D w) / D w \quad \dots (1 0)$$

10

20

30

40

50

【0081】

レンズの最終直径 D_f を、例えば 1 - 200 mm に、また脱イオン水中での定常状態の直径 D_w を 895 ピクセル、すなわち 1 + 670 mm に設計したとすれば、このレンズの線膨張係数は、上式(10)により 0.12076 になる。この値を式(9)に代入すると、下式が得られる。

$$PZ_f = PZ_w (1.12076) \quad \dots (11)$$

【0082】

システム10に使用したあるタイプのレンズの外径が 1 - 200 mm、またレンズ背面の光学ゾーンの直径が 1,000 mm であると、周辺カーブ沿いの全体の線間距離はこの二つの値の差、すなわち * 200 mm に、またレンズの周辺ゾーンの幅 PZ_f はその半分、すなわち 600 ミクロンになる。この PZ_f の値を式(11)に代入すると、 PZ_w の値が下式(12)で、次のように求められる。

$$PZ_w = PZ_f / 1.12076 = 600 \mu m / 1.12076 = 535 \mu m$$

... (12)

【0083】

このように先ず近似的には、周辺ゾーンの幅 PZ_w は 535 μm と見積もられるが、実際の値は 580 μm である。つまりモデルでは周辺ゾーンの幅が 8% 程度過小評価されるが、このことは、例えばパッキング溶液中ではレンズが非線形に膨張するか、あるいは眼科用レンズ作成用モデルは、光学ゾーンの直径に対して異なったターゲット寸法を持つと言う事実に起因するものと思われる。

このシステム10に用いられるアルゴリズムの優先的実施例では、周辺ゾーンの幅が 332 μm 未満のいずれのレンズも拒絶される。周辺ゾーンの最小幅に関するパラメータ "C_minPZdist" の値は 332 である。

【0084】

レンズの心ずれを判定するため、レンズの外縁と周辺ゾーン/中心ゾーンのエッジとの間で比較が行われ、両エッジが円形であり、かつ各エッジに局限された偏差は、心ずれの最終判断にとって重要なものではないことが確かめられる。そしてレンズ発見動作期間中に決定される円形モデルを利用してレンズ外縁の特徴が把握される。そしてこのレンズ外縁モデル上でほぼ 0°、180° および 270° の 3 か所のデータポイントを選出し、これを三つのウインドーの基準位置として利用する。これらのウインドーはレンズ外縁モデルの内部に配置され、周辺ゾーン/中心ゾーンの境界を発見するのに利用される。図23にこれらのウインドーの配置を示す。

【0085】

各ウインドーそれぞれの内側では大型の一次元エッジオペレーターが操作されるが、図24と25に、垂直ならびに水平の各エッジをそれぞれ拡大するのに用いる勾配(グラジエント)マスクを示す。0°と180°の各ウインドーには図24の垂直エッジマスクが、また270°のウインドーには図24の水平エッジマスクが、それぞれ使用される。

【0086】

次に各ウインドーの長手方向沿いにエッジの濃淡が測定されるが、0°と180°の各ウインドーに対しては、各列がそれに関係したエッジの濃さを持つ。そして処理中の列とこの列の両側の列との各勾配値の和が、当該ウインドー内の各列用にコンパイルされる。そしてどの列に最も濃いエッジが含まれているかを判定するため、これらすべてのエッジの値にまたがるパスが作成される。図26に処理済ウインドーの代表と、得られたエッジ濃淡のヒストグラムとを示す。

10

20

30

40

50

0°および180°の各ウィンドーについては、このヒストグラムから得られた上記ピーク列によって周辺ゾーンと中心ゾーンとの境界が定義されるものと見なされる。各ウィンドーの行の中心が、この周辺ゾーンと中心ゾーンとの境界上の二つのデータポイントを定義する行座標に対応する。式(11)と(12)にこのヒストグラムのコンパイレーションと分析とを式の形態で示す。

【0087】

【数11】

$$\begin{aligned} \text{列エッジの濃淡}[j] = & \Sigma(\text{勾配の大きさ})_{j-1} + \Sigma(\text{勾配の大きさ})_j + \\ & \Sigma(\text{勾配の大きさ})_{j+1} \quad \dots (11) \end{aligned} \quad 10$$

ここで j = 処理中の列

勾配の大きさ = エッジ強化オペレーターによるグレーレベル

境界列 = j のすべての値に対する列エッジ濃淡 $[j]$ アレーの最大値

..... (12)

20

【0088】

このコンセプトによれば、270°のウィンドー内の処理は、他の二つのウィンドーのそれと同様であるが、このウィンドーに対しては、処理対象エッジが垂直ではなくて水平なので、すべての操作が90°検回される。ウィンドーの次元を旋回させ、水平エッジマスクを使用して行から行へとエッジ濃淡のヒストグラムをコンパイルし、最終的に周辺ゾーンと中心ゾーンの境界の行の値が求められる。このウィンドーの列の中心が、周辺ゾーンと中心ゾーンの境界上のデータポイントを定義する列座標に対応する。式(13)と(14)にこの分析を式の形態で示す。

【0089】

【数12】

$$\begin{aligned} \text{行エッジの濃淡}[i] = & \Sigma(\text{勾配の大きさ})_{i-1} + \Sigma(\text{勾配の大きさ})_i + \\ & \Sigma(\text{勾配の大きさ})_{i+1} \quad \dots (13) \end{aligned}$$

ここで i = 処理中の行

勾配の大きさ = エッジ強化オペレーターによるグレーレベル

境界行 = i のすべての値に対する(行エッジ濃淡 $[i]$)の最大値

..... (14)

40

【0090】

この周辺ゾーンと中心ゾーンの境界の三つのデータポイントによって円形モデルが計算される。

最小ならびに最大の心ずれを発生させる軸の角度が、レンズの外縁エッジモデルの中心と

50

周辺ゾーン/中心ゾーンモデルの中心との変位量から計算されるが、この相互関係を式(15)に示す。

【数13】

$$\begin{aligned} & \text{心ずれ軸の角度} = \text{アークタンジェント} \left[\left(\left(\text{行センター} \right) \text{lens} \right. \right. \\ & \quad \left. \left. - \left(\text{行センター} \right) \text{PZ/CZ} \right) \right. \\ & \quad \left. \left. / \left(\left(\text{列センター} \right) \text{PZ/CZ} - \left(\text{列センター} \right) \text{lens} \right) \right] \cdot \cdot \cdot (15) \end{aligned}$$

10

【0091】

この角度が決まりさえすれば、この角度における周辺ゾーン/中心ゾーンのモデルとレンズ外縁モデルの各ポイントの行と列とが計算される。そしてこの二つの距離の差が最小心ずれ値になる。もしこの値が、パラメータ“C_min_PZ_dist”よりも小にならなければ、当該レンズは心ずれのために失格する。図27にこの心ずれ計算の幾何学的相互関係を示す。

【0092】

チック・マ・ク

レンズが分散試験を通過すると、水分除去中に摩擦接着に使用されているチック・マ・ク帯域、すなわちTMZとして知られるパッケ・ジ領域が処理される。TMZ処理の目的はTMZの総体的に低い強度を中心帯域、すなわちCZを取り囲む平均的強度輪郭に配合させることにある。TMZがCZに一度配合されるとCZ全体が不均一性の処理を受けることができる。TMをCZに配合する手法は対象情報をTMZ内に保持するようにして行なわれることが好ましい。あるいは、TMZはTMZに欠陥が存在することを示す不均一性のためにCZの残りの部分とは区別して評価できるだろう。それでも、TMZをCZに配合することは好ましいし、そのときCZ全体を一つの共通した欠陥の強度のしきい値で検査することが好ましい。

20

【0093】

パッケ・ジ中心とレンズの中心とは映像視野内で同一でなければならないことはない。しかしながら、これらの中心が一致しなくても、パッケ・ジ・チック・マ・クは映像内の正規のパターンに現われる。一般的には、これらのチック・マ・クの位置の違いは映像から映像への数画素だけの变化でしかなく、たとえば28図は一つの映像内のチック・マ・ク・パターンの概略の位置を示している。これらのチック・マ・クの位置が非常に近い場合、TMZを見付けるための好ましいサ・チ・ル・チンはサ・チの範囲を映像内に比較的小さい領域に限定してしまう。特に、映像の総計は1,048,576個の画素を含むことができ、他方最初のチック・マ・ク用の典型的サ・チ領域は約3,000個の画素を持つことができる。

30

【0094】

一つの好ましい実施態様を用いると、最初のTMZは当該TMZが位置すると期待される比較的大きい領域をサ・チすることにより見付けられる。たとえば、29図は最初のチック・マ・クをサ・チするサ・チ領域を図示している。一度TMZが一つ見つかり、そのTMDの位置は他のTMZを見付けるために役立つ。特に、より小さいがもっと正確にサ・チ領域の他のTMZを探すための最初のTMZの位置に対する相対位置が確認される。たとえば、第二、第三、および第四番目のチック・マ・クに対するサ・チ領域面積的には400画素にすぎない。図30はTMZの面積を定めるために使ってよいサ・チ領域の一例を示している。

40

【0095】

さらに詳しく述べると、好ましいチック・マ・クの取り扱いは左側の水平チック・マ・クを位置させるためのかなり大きい矩形領域をサ・チすることにより始まる。そのサ・チ領

50

域の場所を決める行および列の基準点はパラメータ "C__r__t i c k o f s t" および "C__c__t i c k o f s t" によりそれぞれ指定される。おびただしい数の等間隔に置かれたの列サ - チ・ベクトルがそのサ - チ領域を横切る。サ - チ・ベクトルは一次元勾配の大きさがチック・マ - ク境界の存在を示すまで頂上から麓まで横切る。勾配の計算は(16)式で定義される。

$$\text{チック・マ - ク・サ - チ勾配} = \text{abs}(P_{i-1, j} - P_{i, j}) \quad (16)$$

【0096】

勾配の大きさはパラメータ "C__t i c k h t h r" 見つかったしきい値と比較される。もし、ある特定のサ - チ・ベクトルに沿ってサ - チされながら、計算された勾配がそのしきい値より大きいか等しい場合、チック・マ - クの頂上境界がそのサ - チ・ベクトルに沿って見つかる。もし頂上境界が見つかり、サ - チは同じ列に沿って麓から頂上に向かってそのチック・マ - クの麓の境界を位置させるために行なわれる。このサ - チ・ベクトル・サイクルはそのサ - チ領域内のすべてのサ - チ・ベクトルに対して行なわれ、たとえば図31は左水平チック・マ - クを位置させるために使ってもよいサ - チ領域サ - チ・ベクトルを示す。

【0097】

一つのチック・マ - クの領域にあるすべてのサ - チ・ベクトルから得られたチック・マ - クについての境界情報は解析されそのチック・マ - クの行方向重心が得られる。チック・マ - クとしては幅が大き過ぎ厚みが薄過ぎる対象境界を検出したサ - チ・ベクトルは捨てること望ましい。好ましくは、何の対象も見付けなかったこれらのサ - チ・ベクトルも捨てることである。次に、残りのベクトルがチェックされ潜在的チック・マ - ク対象を確認した連続サ - チ・ベクトルの最長セグメントを決定し、確認された最長対象がそのチック・マ - クとみなされる。この手順はチック・マ - クをより小さい対象あるいは項目をノイズとみなして後者と区別したり、サ - チ領域内で出くわすかもしれないレンズの欠陥と区別するように設計される。行重心は最長確認セグメントのサ - チ・ベクトル境界から計算され、そして図31はまたこのサ - チ・ベクトル・プロセスおよびサ - チ・ベクトルと行重心決定との関係も示している。

【0098】

次の段階はそのチック・マ - クの列境界を確認することである。これを行なうために、二つのサ - チ・ベクトルがそのチック・マ - クのすでに決定された行重心に沿ってサ - チ、あるいは横断される。これらの二つのベクトル最長確認セグメントの列平均から外側に向かってサ - チされる。これらのベクトルの一つはそのチック・マ - クの左側の境界を見付けるため左方向へサ - チされ、片方のベクトルはそのチック・マ - クの右側の境界を見付けるため右方向へサ - チされる。グレイレベルのしきいはチック・マ - クに見つかった欠陥が原因で勾配情報を誤らせるかもしれないためそれらのチック・マ - クの列境界を確認する目的のために使うことが望ましい。さらに、一つのチック・マ - クにある複数個の欠陥はそのチック・マ - クの残りの部分より暗く見える。そのために、グレイレベルのしきい手順を使ってサ - チを行なうとそのチック・マ - ク内部の欠陥をそのチック・マ - クの境界と誤解し、グレイレベルのしきいは一つのチック・マ - クをより明るい取り囲んだ領域と区別することができる。

【0099】

好ましくは、一つのチック・マ - クの行境界を確認するために使うグレイレベルのしきい値をそのチック・マ - クを取り囲む二つの領域の平均グレイレベルの固定割合として計算することである。一例として、図32はグレイレベルのしきい値の計算に使えるチック・マ - クの二つの近傍の領域を示している。一つの画素がこのしきい値より大きいかまたは等しい列サ - チ・ベクトルに沿って出くわすと、境界が確認される。そのとき、そのチック・マ - クの列重心はこれらの二つの境界から計算される。

【0100】

あるいは、勾配計算はチック・マ - クの左右の境界確認に使うことが可能であろう。これを行なうには、たとえば、そのチック・マ - クの右端を見付けるために境界領域の右側か

10

20

30

40

50

らサ・チ・ベクトルを左方向に横切ってもよい。勾配の大きさは(1)式にしたがって計算してもよく、また勾配がパラメータの " C _ t i c k w t h r " で指定したしきい値より大か等しい場合、そのチック・マ・クの右側の境界が見つかる。そのとき、同様に境界領域の左側から右方向にサ・チ・ベクトルを横切ってチック・マ・クの左側の境界を見付けてもよい。図33は一つのチック・マ・クが行ベ・スでどのように処理されるかを概念的に示している。

【0101】

一度TMZが決められると、それはオフセット変換と呼ぶ手順を使って周囲の映像情報と配合される。この変換は本質的にはそのチック・マ・クのグレイレベルを行ベ・スで近傍の領域と配合して取り込まれるレベルへ昇格させる。この手順を使うと、欠陥情報は維持され、欠陥のための変換された領域の解析は後でレンズの中心地帯のすべての他の部分に対して使われた同じ手法で行なわれる。

10

【0102】

さらに詳細に述べると、この手順では、TMZに近い二つの地域に対するグレイレベルは平均される。これらの二つの領域はたとえば図32に示されるチック・マ・クの重心決定中に使われた領域と同じでもよい。差の row はTMZの外側の平均グレイレベルとチック・マ・ク行の各々との間で計算され、そのTMZの内部の各々の行に対しては row の値が当該列に沿って各々の画素の値に加えられる。ある欠陥を含んだ一つのTMZ行に対するこのオフセット変換の結果は図34に示されている。この図が示すように、レンズのピンホールの欠陥の映像は残されるが、TMZそれ自身はそのTMZを囲んだ映像の近傍領域に取り込まれている。変換プロセスのこの属性のため、そのTMZをCZ検査手法によりCZの一部として画一的に調べてもよい。

20

【0103】

あるいは、一つのTMZを、線形オフセット変換を使うだけでなく、このような変換の前にそのTMZ内の画素の利得を増加させるように処理してもよい。この方法はTMZ内の欠陥を検出する検査手法の能力を改善につながるかもしれない。TMZにある利得要因をオフセット値 row を決定する前に掛けるとTMZ内の欠陥対象の勾配を増加させるだろう。しかしながら、これはTMZをより問題化する逆効果を招くかもしれない。一度行と列重心が見つかり、変換は当該"チック・マ・ク"に関して行なわれる。その変換はその当該"チック・マ・ク"を取り囲んだ小さい矩形領域に限定されその当該"チック・マ・ク"の重心に集中される。境界領域の高さ(短寸)と幅(長寸)とはそれぞれ " C _ t i c k h g t " および " C _ t i c k w i d " で指定される。

30

【0104】

他の三つのチック・マ・クは同様の方法で見つかり処理されるかもしれない。好ましくは、これらの三つのチック・マ・クはこれらの始まり位置が左水平チック・マ・ク重心から参照されるからこれらのサ・チ領域はそれぞれ最初のチック・マ・クに対するサ・チ領域よりいくぶん小さいことである。また、上下方向のチック・マ・クに対して、操作はチック・マ・クの長寸は列方向の代わりに行方向に向いているから90度回転される。たとえば、図30は他の三つのチック・マ・クを見付けるために使ってもよいサ・チ領域を示している。

40

【0105】

左水平チック・マ・クを使った場合、そのチック・マ・クのグレイ値は欠陥を検出しない。チック・マ・クはこれらをレンズ中心領域解析で使った手法で正しく取り扱うことができる一点に対して前処理される。この方法では、チック・マ・ク彼ら自身欠陥とはみなされず、一つのチック・マ・ク内に重なるか横たわっている本当の欠陥とみなされる。

【0106】

中心領域におけるホ・ルおよびマ・ク

コンタクト・レンズのホ・ルおよびマ・クの典型はコンタクト・レンズの映像の中心領域内に暗い斑点として現われる。そのような特徴は勾配サ・チ手法を使って白色背景とは見分けがつくかもしれない。しかしながら、CZにおける対象を定義するための勾配サ・チ

50

は実行に比較的多くの時間を取るだろう。映像全体が1,048,576画素からなっているために、約2千万回の操作が映像全体をテストために必要だろう。

【0107】

レンズの中心領域は周辺領域に対して内部にあるレンズのすべての部分とみなされており、図35はこの領域の位置を示している。この領域に対する実際の境界は好ましくは分散計算中に導かれた周辺領域/中心領域エッジのモデルから定義されることである。

【0108】

しみの分析の変更版が欠陥検出の手段として使われている。以下に論じる周辺領域の分析のように、中心領域のしみ分析はセグメント対象に対して八連結分析を使っている。しかしながら、周辺および中心領域におけるしみ分析を実施する場合には二つの重要な違いが存在する。中心領域では、前景対象を背景から区別するために使う画素特性は厳密に勾配の大きさである。この大きさは(17)式で定義される。

【数14】

$$\text{勾配} = a b s (P_{i, j-1} - P_{i, j+1}) + a b s (P_{i-1, j} - P_{i+1, j})$$

$$\dots (17)$$

【0109】

もし画素の勾配の大きさがパラメータ "C_czbinthr" で指定されたしきい値より大きいか等しい場合、その対象は前景とみなされる。

【0110】

第二の違いは中心領域ではしみ分析は処理された領域が疑似サンプリング方法を使う。一つ置きの一列と一つ置きの一行の画素はしみ連結分析で使われる。勾配計算は、しかしながら、上記の(17)式で述べたように、処理されつつある画素の実際の隣にある物を使う。図36はサンプリングと勾配計算に使われる近傍を示している。

【0111】

一度映像にフルパスを行うと、見つかったそれらの対象の寸法が計算される。パラメータ "C_czminblob" で指定された対象寸法を超えたそれらの対象は非常に厳しいためレンズとしては使えないとみなされる。もしこれらの対象の一個あるいはそれ以上見つかった場合、そのレンズは使えなくなり、それ以上の処理は中止される。

【0112】

サンプリング方法を使うことにより、同じ領域をより少ない操作で処理できる。図36は必要な計算回数を1,310,720以下に減らすように選んだ画素二段抽出パターンの基本形状を示す。視覚的には、このサ-チ形状は一つの修正された碁盤縞デザインのように見える。対象の分析中に行と列が一つ置きにスキップしている。

【0113】

サンプリングされた画素毎に、取り巻き画素が(18)式の双方向勾配操作で解析され対象の画素の近くに大きい勾配があるかどうかを決定する。

【数15】

$$G = (a b s (P_{i, j-1} - P_{i, j+1}) + a b s (P_{i-1, j} - P_{i+1, j}))$$

$$\dots (18)$$

【0114】

もしパラメータC_czbinthrより大きい勾配があれば、当該画素は前景と呼ばれる処理メモリの指定部分に配置される。これが起きると直ぐ、画素はしみ分析を使ってテ

10

20

30

40

50

ストされその画素が属する前景空処に対象を決定する、すなわちこの分析は対象の画素が属する近くになにか対象があるかどうかを決定する。もし対象の画素がどの既存の対象にも属さない場合は、新しい対象が確認される。しかしながら、対象の画素が一つの既存の対象に属する場合は、その対象は寸法しきいに対してテストされる。対象の画素を当該対象に加えることによってその当該対象が全前景画素寸法しきいの $C_czminblob$ に重なった場合、その当該対象は大きすぎるとみなされ、レンズは使えない。

【0115】

このように、映像全体を CZ の境界内に評価することが必要である。もし最大寸法に対してしきい $C_czminblob$ を超える一つの対象が見つかった場合それ以上の処理は中止される。

10

【0116】

CZ のサンプリングサ - チに出くわしたいかなる対象ももしその対象が十分に大きい場合は欠陥として検出される。たとえば、しきい $C_czminblob$ が面積で 25 画素あってもよい。それはサンプリングされた画素の単位であるから、対象スペースを用いると面積的に実際は 9×9 すなわち 81 画素を表している。システム 10 の一つの実施態様では、9 画素は長さでは 127 ミクロンであり、したがって 5 画素は 71 ミクロンを包含する。それゆえに、この手順を使うと、最長可能な許容 CZ 欠陥は $9 \times 2 = 18$ 画素の面積を包含し最大寸法 127 ミクロンを有する。しかしながら、画素の重なりと勾配計算が有効に対象の幅に加わるので、より小さい欠陥は好ましい検査手法により簡単に検出される。

20

【0117】

たとえば、完全に丸い対象は実際の対象より大きい前景対象として現われる。具体的には、較正標準欠陥上の直径 0.080 mm は現代の実質的に 100% の手法で検出される。80 ミクロンの点は実際には 6 画素まで広がるので、それはサンプリングされた画素の勾配計算で見つかり事実上 9 画素、前景空間で 5 画素におよぶ前景対象としてそれ自身作り上げる。このために手法は欠陥が $C_czminblob$ パラメ - タを超えるという根拠でレンズを不合格にする。これは最低の不合格中心欠陥を前景空間で 25 画素に等しい $C_czminblob$ パラメ - タに対し 80 ミクロンに設定していることを意味している。もし $C_czminblob$ パラメ - タを 16 に設定していたならば、この寸法は 45 ミクロンの最低の不合格中心欠陥へ縮まってしまいうだろう。しかしながら、 $C_czminblob$ を 25 に設定するとすばらしい結果が得られるかもしれないということがわかっている。

30

【0118】

パドル

化粧欠陥であるパドルはレンズの表面上にわずかなくぼみを作る、図 37 は典型的なパドルの断面を示す。くぼみだけでレンズ表面の一つを形成しているが、ホ - ルとして知られる他の欠陥と違って、このくぼみはレンズ全体に影響する。くぼみは非常にゆっくりと進行するので、一般に白色燈システムでは見つかりにくい。修正されたシュリ - レン・システムのような位相差顕微鏡システムはパドルのエッジをよりよく際立たせる。システム 10 で使われるような白色燈システムでは、最も深い極端なパドルしか普通は見えない。位相差顕微鏡システムでは、指の熱が原因の屈折歪み率でさえ見分けられる。位相差超感度の結果は重大性の寄り低い化粧欠陥も際立たせ不必要にレンズを不合格にするようにくぼみを示す。位相差システム燈では、非常に浅いパドルでも深い欠陥であるように現われる。

40

【0119】

パドルは主としてレンズの外側領域に発生する傾向があり SSM プロセスにおける微妙な変化の結果である。レンズ・パドルは養生プロセス中に形成する。パドルの中にはレンズが水和したときに消えたり仮想的に見えなくなるものがあり、その場合パドルは水和していると言われる。実際に何が起きたのかと言うと、水和プロセスによりほとんど見えなくなったパドルのエッジがなめらかになって不可視表面の不規則が起きたことによる。

50

【 0 1 2 0 】

アルゴリズムの好ましい実施態様はパドルを中心領域 C Z と周辺領域 P Z の二つの領域で検査する。これらの異なった二つの領域でパドルを見付ける方法はこれらの領域におけるパドルの実際の姿から始まる。C Z では、パドルは白色背景上に暗い線として現われ、P Z ではパドルは映像ノイズにより部分的に蔽い隠され白色ハロゲン・アクセントを持つて現われる。

【 0 1 2 1 】

中心領域におけるパドル

C Z に深刻に暗い線を投じるパドルはどんな他のマ - クと同じ方法で不合格となる。好ましくは、手法は個々の欠陥の間の区別をしないことである。どの C Z の欠陥が原因で映像処理がレンズを駄目にするかは重要ではない。元のレンズが通過し、パドルを持ったレンズ、あるいは C Z でのどんな種類の欠陥も失敗となり当然の結果として検査システムにより不合格となる。

C Z に入ったパドルは普通は非常に大きい。さらに、そのようなパドルは普通は P Z と C Z の境界を横切る。この境界を横切ったパドルは C Z より P Z 領域で検出することははるかに難しい。深さもより浅くより弱い線のそれほど深刻ではないパドルは P Z より C Z でもっとよく見える。

【 0 1 2 2 】

周辺領域のパドル

周辺領域はレンズの外側エッジで囲まれたレンズの周辺領域と中心領域の間にあると環状領域で、図 3 8 はレンズのこの領域を示している。P Z でのパドルはレンズの中心の正常な鮮明度内には落ち込まない。にもかかわらず、このましくは、検査手法は P Z におけるパドルを見付けられることである。

【 0 1 2 3 】

周辺領域は中心領域とは切り離して処理される保証に関連するある特別な特徴を持っている。周辺領域のグレイレベルは一つの領域から他の領域へ通過するとき際立った勾配を起こす中心領域より実質的に低い。もしきいテストが補償の手段として使われるならば、これらの結果生じた勾配の大きさが欠陥を作りやすいであろうし、検出感度を低下させるだろう。周辺領域におけるより低いグレイレベルはまた組織に関係し、これらはともに欠陥をより小さくするのである。また、P Z 境界は不規則に形成され、あるいは荒く、そしてその環状領域内に勾配を持っているから、これらの問題となる映像特徴の多くは欠陥に似ている。最終的に、周辺領域はパドルが典型的に位置している領域である。上に述べたように、パドルはレンズの外側エッジの曲りに平行または直交する傾向のある微妙なエッジにより特徴づけられる。

【 0 1 2 4 】

しみ分析の修正バ - ジョンは前景対象を背景対象から分離する手段として使われる。もし前景対象が確定寸法と強度判定基準に合っている場合、それらは欠陥とみなされる。個々の画素を前景として背景と区別するために使われる強度判定基準はパラメ - タ " C _ p z t a n t h r " により指定される。寸法判定基準はパラメ - タ " C _ p z m i n b l o b " により指定される。

【 0 1 2 5 】

しみ分析は映像にラスタ - ・スキャン・パスを行ない、各新しい画素の連結性を既存の対象を使って決定し、すべての出くわした対象に一義的ラベルを配分する。連結リストは映像に見付けられたすべての対象の軌道を維持し、初めに分けるように決められた対象が後でその映像に接続されるとき更新される。連結性は好ましくはもし対象の画素が前景画素でありその 8 個の近傍のいずれかが特定の対象に属している場合、その見所のある画素が特定の対象に割り当てられることである。言い換えると、しみの分割分析は 8 個連結性分析に基づいている。

【 0 1 2 6 】

P Z 環状領域での各画素は大きく修正されたしみ分析において映像前景にふくまれるため

10

20

30

40

50

にあるとみなされる。すべての前景画素は対象の一部がもしそれらが寸法限界を超えた場合、レンズの不合格の原因となるという対象の一部として分類される。

【 0 1 2 7 】

従来のしみ分析は各画素がゼロか1かのいずれかの値、つまり前景か背景かという二値映像を必要とする。システム10に使われた好ましいアルゴリズムでは、前景から背景への画素を区別する特性は画素勾配値ベクトルと正接方向のベクトルのスカラ・ドット積である。もしドット積の結果が $C_pz_t_a_n_t_h_r$ より大きい場合、その画素は前景の一部分とみなされる。

【 0 1 2 8 】

しみ分析は典型的にはセグメンテーション(分節)が0sと1sの画素値に基づいている二値映像上に行われることである。周辺領域におけるしみ分析の実行は前景対象を背景と区別するために使われる画素特性が画素勾配値ベクトルと正接方向のベクトルとのベクトル・ドット積であるという特徴に関して一義的である。画素の勾配値ベクトルはその水平および垂直方向の勾配の構成成分からなっている。画素の正接方向のベクトルはレンズの外側エッジに接するベクトルの水平および垂直方向の構成成分に基づいた重さからなっている。正接がとられた外側エッジ上の点はレンズの見所のある画素とレンズの中心が交差する線により定義される。図39は両ベクトルの関係を示している。

10

【 0 1 2 9 】

一般に、もし勾配ベクトル $G(f(x, y))$ の方向がレンズエッジ上の正接ベクトルに平行な場合、結果のドット積は大きくなる。この事情はPZ内部のパドルエッジがレンズエッジに平行になるように延長したときに発生する。

20

【 0 1 3 0 】

レンズエッジ上の勾配ベクトルと正接ベクトル間のドット積が(19)式で定義される。

【 数 1 6 】

$$\text{Dotproduct} = \mathbf{T} \cdot \mathbf{G} = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} \dots (19)$$

30

【 0 1 3 1 】

正接方向のベクトルと勾配値ベクトルの構成成分が周辺領域に見つかったすべての画素に対するフライに関すると呼ばれる方法で計算される。正接方向のベクトルとその構成成分は(20)式と(21)式に述べられている。

【 数 1 7 】

$$\text{horizontal}_{\text{len}} = (\text{row}_{\text{poi}} - \text{row}_{\text{lens}}) * \text{Scale Factor} / \text{radius}_{\text{poi}} \dots (20)$$

40

ここで、 t_a_n = 正接方向のベクトルに関連する構成成分

$P O I$ = 対象の画素の座標位置

$l e n s$ = レンズ中心の座標位置

および

スケール・ファクタはパラメータ " $C_p z_s c a l e$ " により指定される。

【 数 1 8 】

$$\text{vertical}_{\text{tan}} = (\text{column}_{\text{lens}} - \text{column}_{\text{POI}}) * \text{Scale Factor} / \text{radius}_{\text{POI}} \dots (21)$$

ここで添字は：

t a n = 正接方向のベクトルに関連する構成成分

P O I = 対象の画素の座標位置

l e n s = レンズ中心の座標位置

および

スケール・ファクタはパラメータ " C _ p z s c a l e " により指定される。

【 0 1 3 2 】

(2 0) 式と (2 1) 式が示すように、強化は正接ベクトルに平行であるこれらの勾配に対して与えられる。強化は正接ベクトルに正確に平行である場合に最大となり勾配が正接ベクトルに直交になるにつれて最小に減少する。

【 0 1 3 3 】

正接ベクトルに平行であることは言うまでもなく直交に近いこれらの勾配を強化することは実際には望ましいことであるから、いずれの場合に勾配が最も接近するかを決定するためにチェックが行なわれ調整が潜在的に行なわれて (2 0) 式と (2 1) 式の結果になる。勾配が平行に近付くか直交に近付くかを定めるために、正接方向ベクトルの支配的構成成分と勾配値ベクトルの支配的構成成分との比較が行なわれる。支配的勾配値方向ベクトル構成成分が支配的正接方向ベクトル構成成分と異なる場合、勾配は平行より直交に近くなる。たとえば、勾配値ベクトルの垂直成分がその水平成分より大きく正接方向ベクトルの水平成分がその垂直成分より大きい場合、勾配は平行より直交に近くなる。(2 2) 式はこれが事実かどうかを行なった調整を示している。

【 0 1 3 4 】

勾配が正接ベクトルに平行であるより垂直であることにより近い場合、正接ベクトル構成成分を交換する。

【 数 1 9 】

swap tangent vector components

temporary result = horizontal_{tan}

horizontal_{tan} = vertical_{tan}

vertical_{tan} = temporary results ... (22)

【 0 1 3 5 】

(2 3) 式と (2 4) 式は正接ベクトルに正確に平行または垂直であるこれらの勾配に最大重量を与える。重量は平行または垂直から ± 4 5 度傾いたときに最小になる。その結果生じる正接方向ベクトルは (2 3) 式に示されている。

【 数 2 0 】

10

20

30

40

$$\text{tangent direction vector} = \begin{bmatrix} \text{horizontal}_{gm} \\ \text{vertical}_{gm} \end{bmatrix} \dots (23)$$

10

【0136】

画素の勾配値ベクトルと構成成分は(24)式、(25)式、および(26)式に詳述されている。

【数21】

$$\text{horizontal}_{gm} = \frac{\text{abs}(P_{i-1,j+1} + 2 * P_{i-1,j} + P_{i-1,j-1} - (P_{i+1,j+1} + 2 * P_{i+1,j} + P_{i+1,j-1}))}{\dots} \dots (24)$$

where;

20

horizontal_{gm} = horizontal component of the gradient magnitude vector.

ここで:

horizontal_{gm} = 勾配値ベクトルの水平方向構成成分

【数22】

$$\text{vertical}_{gm} = \frac{\text{abs}(P_{i-1,j+1} + 2 * P_{i,j+1} + P_{i+1,j+1} - (P_{i-1,j-1} + 2 * P_{i,j-1} + P_{i+1,j-1}))}{\dots} \dots (25)$$

30

where;

vertical_{gm} = vertical component of the gradient magnitude vector.

ここで:

vertical_{gm} = 勾配値ベクトルの垂直方向構成成分

【数23】

40

$$\text{gradient magnitude vector} = \begin{bmatrix} \text{horizontal}_{gm} \\ \text{vertical}_{gm} \end{bmatrix} \dots (26)$$

10

結果として生じるベクトル・ドット積は(27)式に示されている。

【数24】

$$\text{vector dot product} = \text{gradient magnitude vector} \cdot \text{tangent direction vector}$$

$$= \begin{bmatrix} \text{horizontal}_{gm} \\ \text{vertical}_{gm} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \text{horizontal}_{tan} \\ \text{vertical}_{tan} \end{bmatrix} \dots (27)$$

$$= (\text{horizontal}_{gm} * \text{horizontal}_{tan}) + (\text{vertical}_{gm} * \text{vertical}_{tan})$$

20

30

【0137】

ここに開示した発明が十分に計算され、前述の対象を満足させることは明らかであり、他方多くの変更と実施態様が当業者により実行され、添付された請求の範囲は本発明の真の精神と範囲内に入るすべての変更と実施態様を包含するものであることを意図するものである。

【0138】

本発明の具体的な実施態様は以下の通りである。

1) レンズアセンブリーに、光源と検査位置との中間に直列配置したダブレットレンズと視野レンズとが含まれている請求項1記載のシステム。

2) ダブレットレンズが、ディフューザー内の第1焦点と、映像面正面内の第2焦点とを有する実施態様1記載のシステム。

40

3) 眼科用レンズが、光学活性(オプティカルパワー)を有するパッケージの中にあり、かつ視野レンズがパッケージの光学活性を補償する実施態様2記載のシステム。

4) 光学活性を有するパッケージの中にレンズを配置するとともに、光ビームの一部を映像面上に集光するステップに、前記パッケージの光学活性を補償するために検査位置の下に視野レンズを配置するステップが含まれ、また光ビームの一部を映像板正面内の焦点に集光するステップに、視野レンズの下にダブレットレンズを配置するステップが含まれる請求項2記載の方法。

5) 光ビームを最初の方向に指向させるステップに、前記最初の方向を横切る面上での光の強さが全般的に均一になるように光ビームを散乱させるステップが含まれる実施態様4

50

記載の方法。

6) 散乱ステップに、光ビームの通路内にディフューザーを配置するステップが含まれ、かつダブルットレンズを配置するステップに、ディフューザー上に第1焦点を結ぶようにダブルットレンズを位置づけるステップが含まれる実施態様4記載の方法。

7) 眼科用レンズが、中心と周辺の各ゾーンならびにこれら各ゾーン間の境界を有し、かつ照明サブシステムが、レンズの中心、周辺の各ゾーン間の境界のピクセルアレー上に映像を生成するのに適するようにされている請求項3記載のシステム。

8) レンズアセンブリーに、光源と検査位置との間に配置された視野レンズと、光源と検査位置との間に配置されたダブルットレンズとが含まれている実施態様7記載のシステム。

9) ダブルットレンズが、ディフューザー上に第1焦点を持つ実施態様8記載のシステム。

10) 各レンズが、中心と周辺の各ゾーンならびにこれら各ゾーン間の境界を有し、かつ光指向ステップに、レンズの中心と周辺の各ゾーン間の境界のピクセルアレー上に映像を生成させるステップを含んだ請求項4記載の方法。

11) 各レンズが、光学活性を備えたパッケージの中に所在し、かつ視野レンズ位置決めステップに、レンズパッケージの光学活性に対する補償ステップが含まれる実施態様10記載の方法。

12) 視野レンズ位置決めステップに、ダブルットレンズと検査位置との中間に視野レンズを位置決めするステップが含まれる実施態様10記載の方法。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を具体化するレンズ検査システムを示すブロック図である。

【図2】図1に示した検査システムの照明および映像サブシステムを示す図である。

【図3】図1のシステムで検査される眼科用レンズの平面図である。

【図4】図4は、図3の眼科用レンズの側面図、図4Aは、眼科用レンズの外側環状部の拡大図である。

【図5】眼科用レンズを保持するのに使用するパッケージの上部斜視図である。

【図6】図5に示したパッケージの側面図である。

【図7】図1を介して1グループのパッケージを搬送するのに使用するパレットを示す図である。

【図8】映像サブシステムの画素アレイの一部および該アレイを言及するのに使用する表記を概略的に示す図である。

【図9】図1の検査システムの処理サブシステムの種々の部材を収納するキャビネットを示す図である。

【図10】検査システムのモニタ上のレンズの映像を示す図である。

【図11】検査システムのプロセッサ手段にデータを送るのに使用するグラフィック・ユーザー・インターフェイスの主ウィンドウを示す図である。

【図12】プロセッサ手段にデータを送るのに使用するグラフィック表示ウィンドウを示す図である。

【図13】図1の検査システムとともに使用する好適なレンズ検査処理の主要部材の概略を示す図である。

【図14】レンズを映像から見つけるため検索されるベクトルを示す図である。

【図15】レンズを映像から見つけるため検索されるベクトルを示す図である。

【図16】図16Aは、好適な処理手順に使用する画素検索方法を示す図、図16Bは、好適な処理手順に使用する画素検索方法を示す図である。

【図17】図17Aは、レンズを探す前にノイズとなる対象物を探すレンズ検索の例を示す図、図17Bは、レンズを探す前にノイズとなる対象物を探すレンズ検索の例を示す図である。

【図18】レンズが傷ついているかどうかを決定するのに使用する特徴を示す図である。

【図19】レンズが傷ついているかどうかを決定するのに使用する特徴を示す図である。

10

20

30

40

50

【図20】レンズの縁部のモデルを決定するのに使用するレンズの縁上の点を示す図である。

【図21】レンズの角度的な傷の大きさを決定する方法として半径方向のずれを使用する概念図である。

【図22】非連続の輪郭を有するレンズの傷の限度を決定する方法を示す図である。

【図23】レンズの周囲および光学部分の間の接合を識別するのに使用する三個のウィンドウを示す図である。

【図24】レンズの周囲および光学部分の間の接合を識別を補助するのに使用する二個のオペレータを示す図である。

【図25】レンズの周囲および光学部分の間の接合を識別を補助するのに使用する二個のオペレータを示す図である。 10

【図26】レンズの周囲および光学部分の間の接合を識別するのに使用する勾配ヒストグラムを示す図である。

【図27】偏心計算に使用する幾何学的関係を示す図である。

【図28】映像内のレンズパッケージのチック・マークの近似位置を示す図である。

【図29】映像内のチック・マークの第一番目を探すのに使用する検索領域を示す図である。

【図30】追加のチック・マークを見つけるのに使用する検索領域を示す図である。

【図31】チック・マーク・ゾーン内のチック・マークを識別するのに使用可能な検索ベクトルを示す図である。 20

【図32】チック・マークのグレイレベルを調整するのに使用する映像内の二個の領域を示す図である。

【図33】チック・マークの変換方法を示す図である。

【図34】チック・マークの単一系列の変換結果を示す図である。

【図35】レンズの中心ゾーン領域を示す図である。

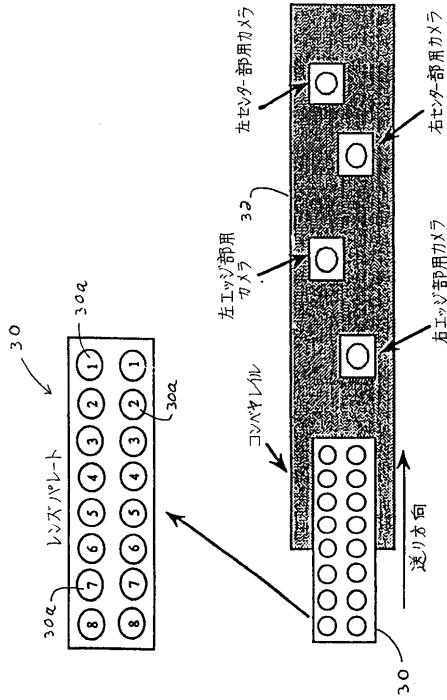
【図36】サブサンプリングおよび勾配計算に使用する画素近傍を示す図である。

【図37】典型的なレンズパドルを示す図である。

【図38】レンズの周辺ゾーンを示す図である。

【図39】勾配強度ベクトルとタンジェント方向ベクトルとの関係を示す図である。

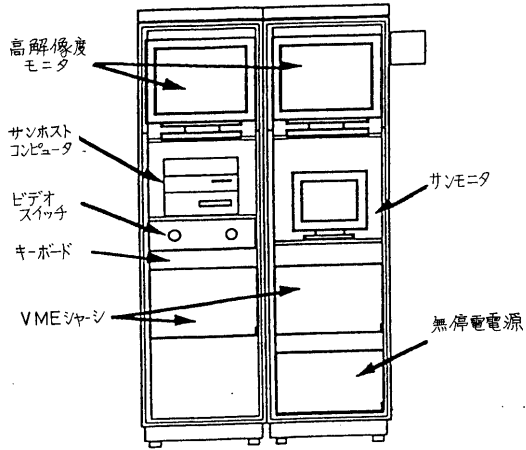
【 図 7 】



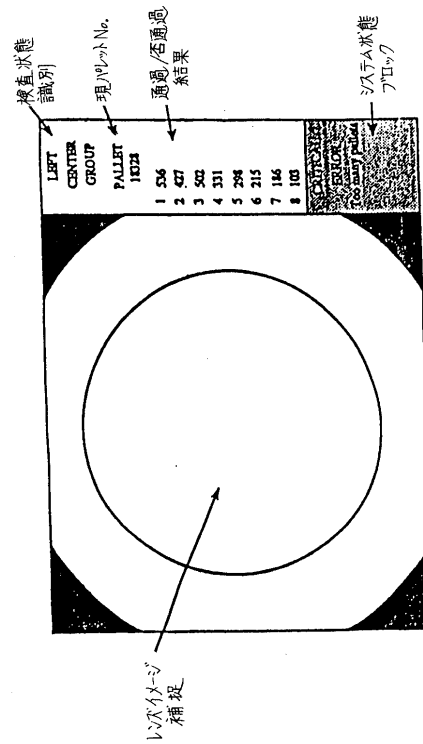
【 図 8 】

$P_{i-1,j-1}$	$P_{i-1,j}$	$P_{i-1,j+1}$
$P_{i,j-1}$	$P_{i,j}$	$P_{i,j+1}$
$P_{i+1,j-1}$	$P_{i+1,j}$	$P_{i+1,j+1}$

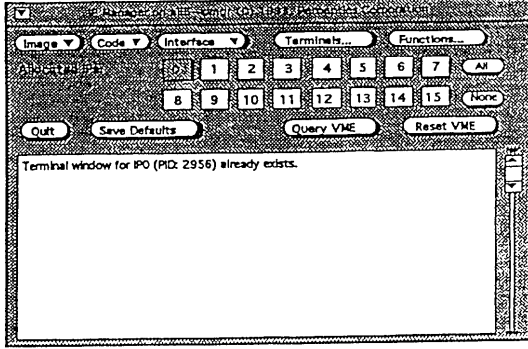
【 図 9 】



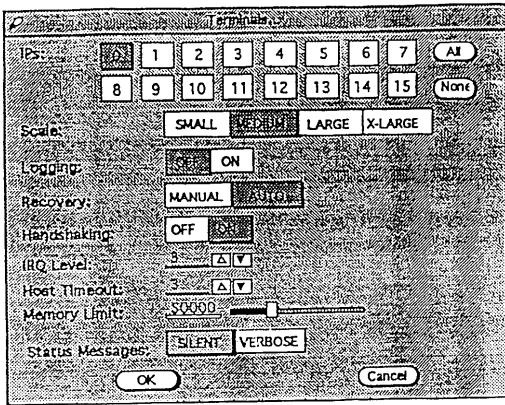
【 図 10 】



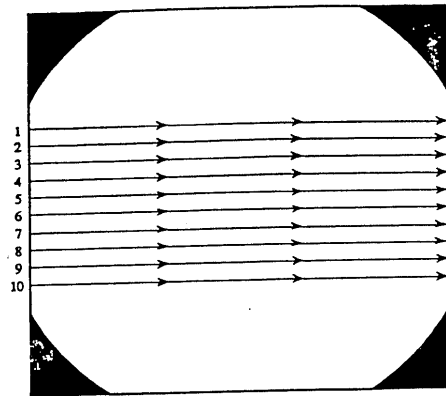
【 図 1 1 】



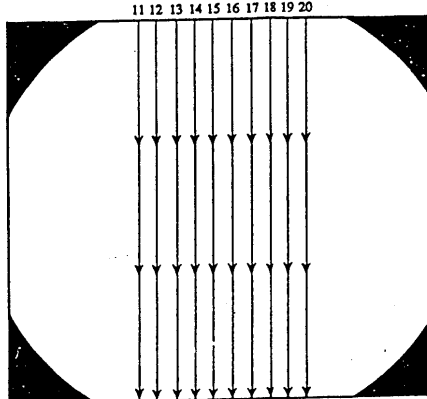
【 図 1 2 】



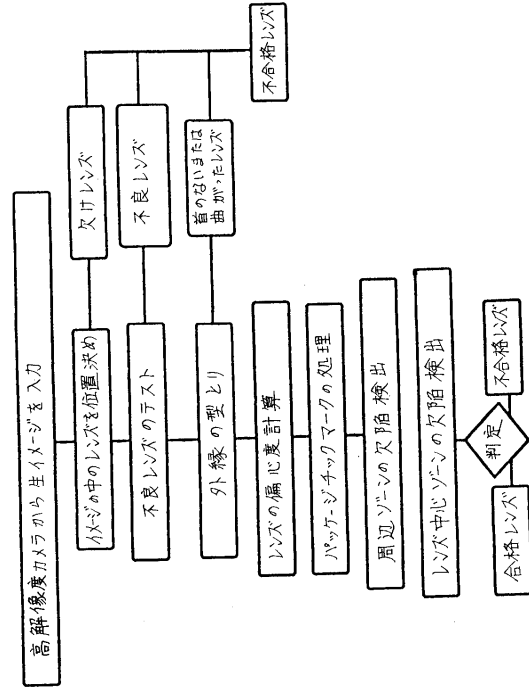
【 図 1 4 】



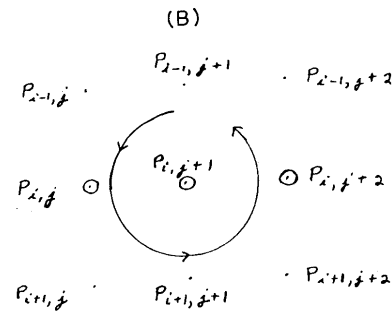
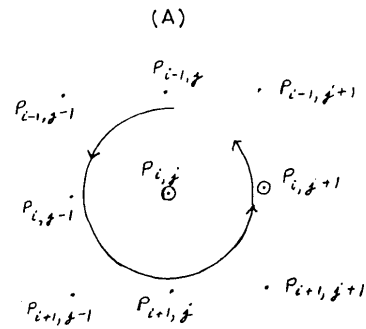
【 図 1 5 】



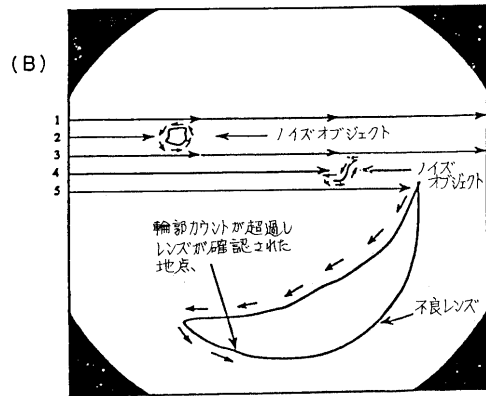
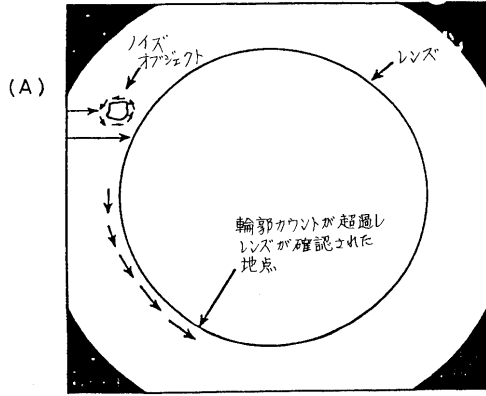
【 図 1 3 】



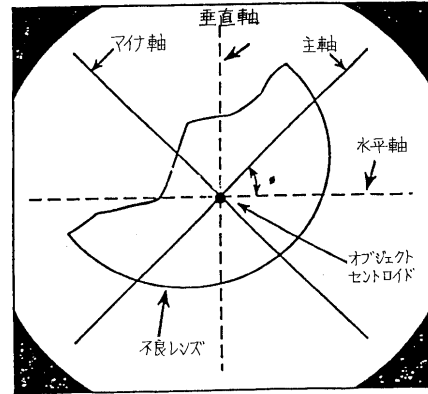
【 図 1 6 】



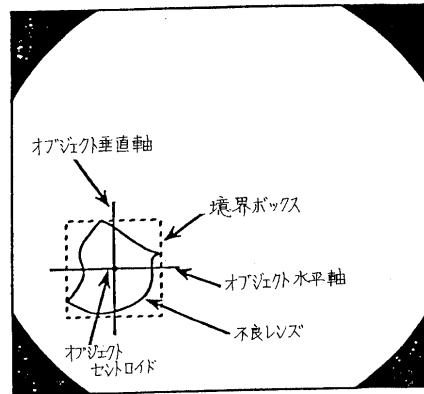
【 図 1 7 】



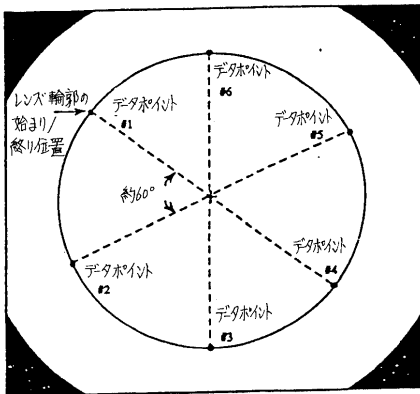
【 図 1 8 】



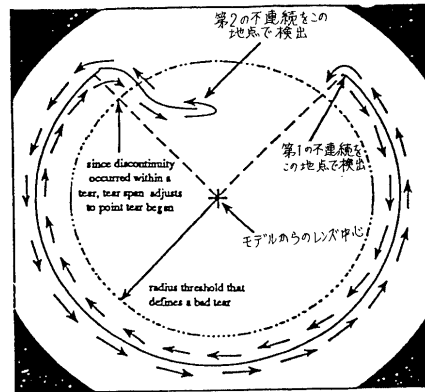
【 図 1 9 】



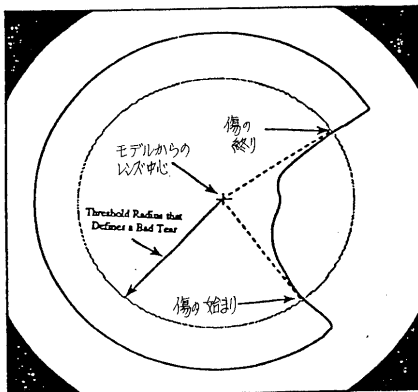
【 図 2 0 】



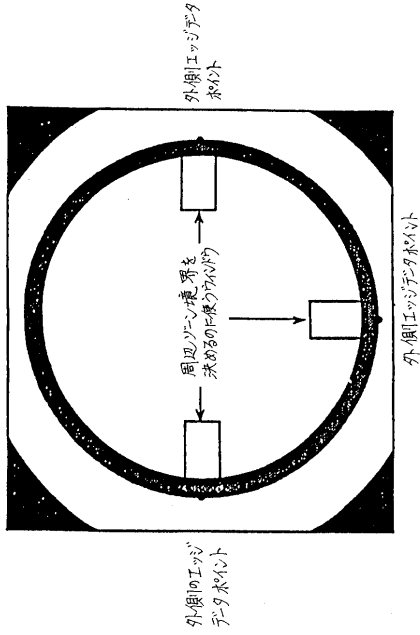
【 図 2 2 】



【 図 2 1 】



【 図 2 3 】



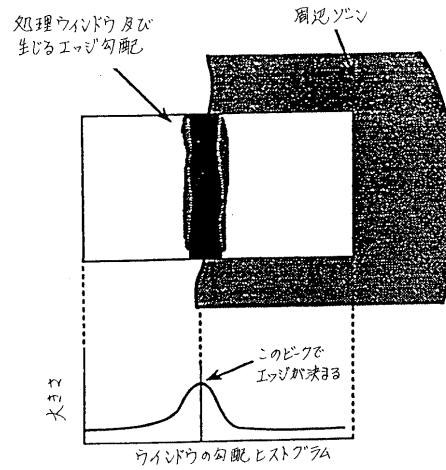
【 図 2 4 】

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1
2	-2	-2	-2	-2	-2	0	2	2	2	2	2
3	-2	-2	-2	-2	-2	0	2	2	2	2	2
4	-2	-2	-2	-2	-2	0	2	2	2	2	2
5	-4	-4	-4	-4	-4	0	4	4	4	4	4
6	-4	-4	-4	-4	-4	0	4	4	4	4	4
7	-4	-4	-4	-4	-4	0	4	4	4	4	4
8	-2	-2	-2	-2	-2	0	2	2	2	2	2
9	-2	-2	-2	-2	-2	0	2	2	2	2	2
10	-2	-2	-2	-2	-2	0	2	2	2	2	2
11	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1

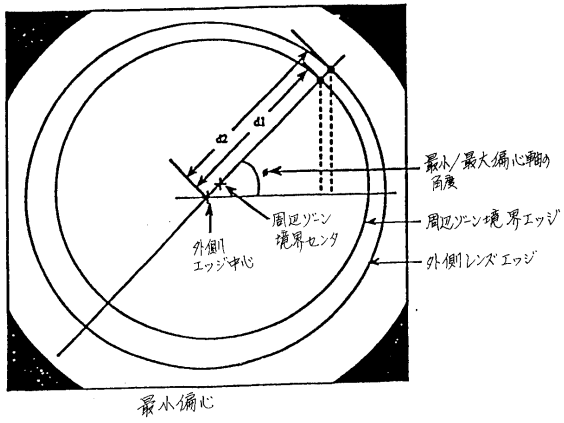
【 図 2 5 】

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-1	-1	-2	-2	-4	-4	-4	-2	-2	-2	-1
2	-1	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-2	-2	-2	-1
3	-1	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-2	-2	-2	-1
4	-1	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-2	-2	-2	-1
5	-1	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-2	-2	-2	-1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	2	2	2	4	4	4	2	2	2	1
8	1	2	2	2	4	4	4	2	2	2	1
9	1	2	2	2	4	4	4	2	2	2	1
10	1	2	2	2	4	4	4	2	2	2	1
11	1	2	2	2	4	4	4	2	2	2	1

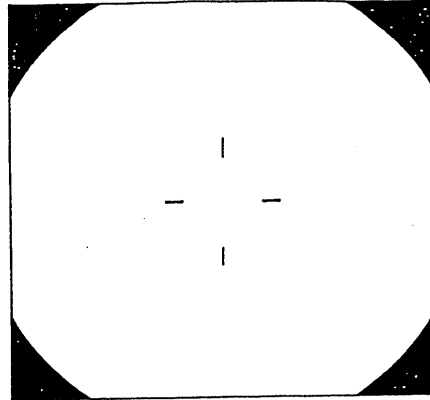
【 図 2 6 】



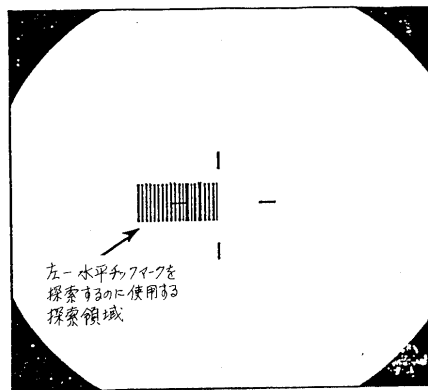
【図 27】



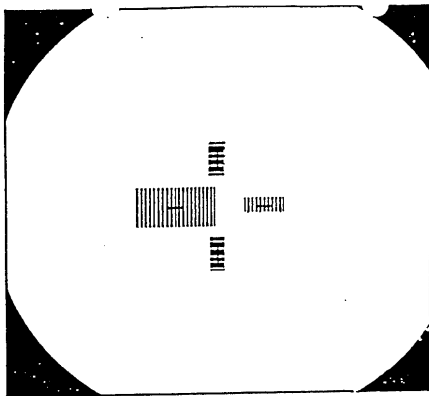
【図 28】



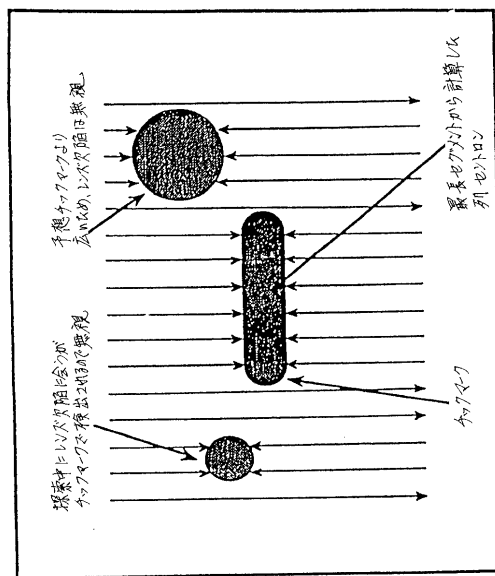
【図 29】



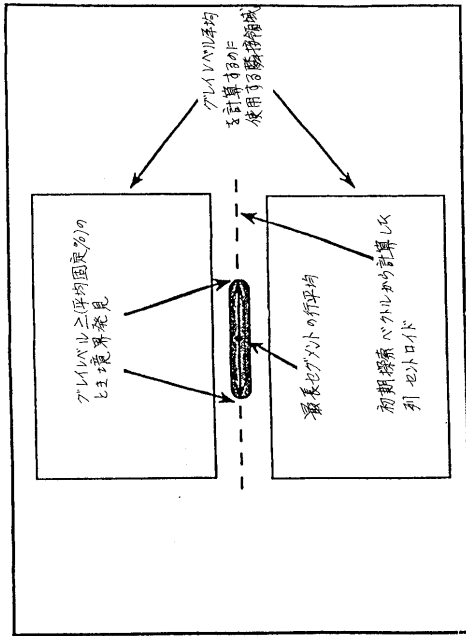
【図 30】



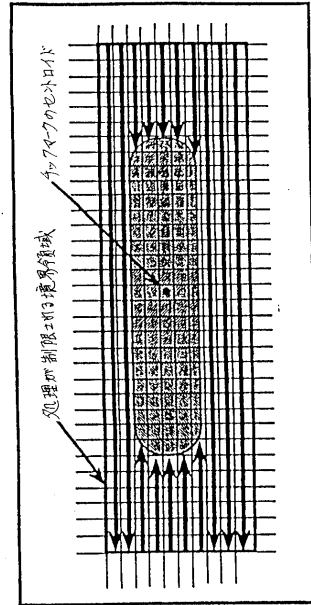
【図 31】



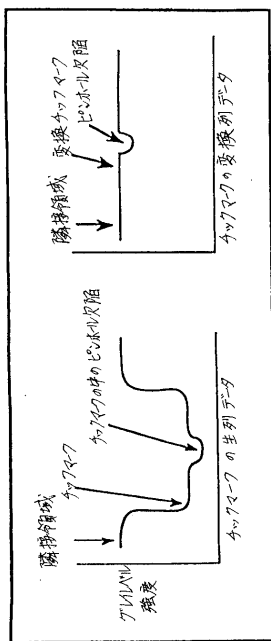
【 図 3 2 】



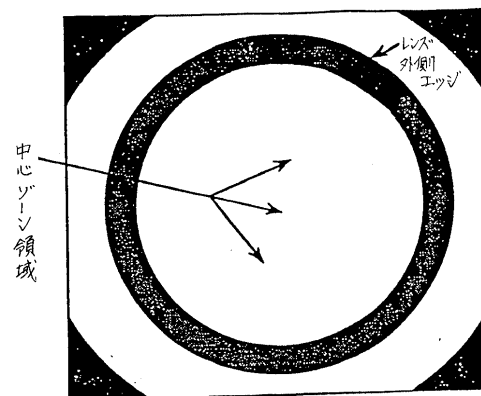
【 図 3 3 】



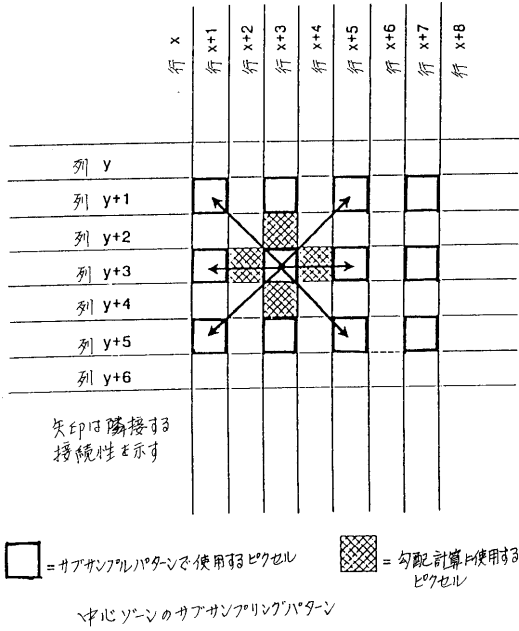
【 図 3 4 】



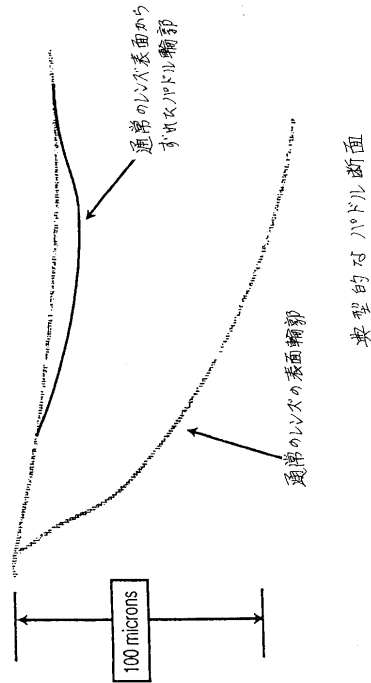
【 図 3 5 】



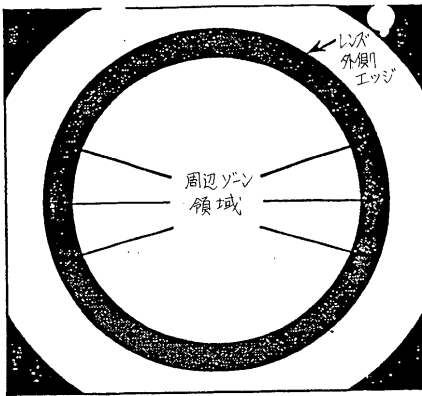
【 図 3 6 】



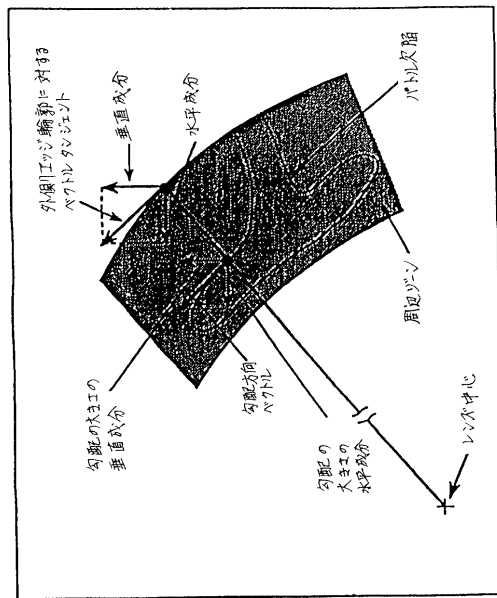
【 図 3 7 】



【 図 3 8 】



【 図 3 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 メアリー・ルイズ・ドーラン
アメリカ合衆国、32250 フロリダ州、ジャクソンビル、シルバー・パーム・ドライブ 34
29
- (72)発明者 ラッセル・ジェームズ・エドワーズ
アメリカ合衆国、32258 フロリダ州、ジャクソンビル、ブルーベリー・ウッズ・サークル
4535
- (72)発明者 ピーター・ダブリュ・サイツ
アメリカ合衆国、37923 テネシー州、ノックスビル、ウインターウッド・レーン 2308

審査官 田邊 英治

- (56)参考文献 特開平4 - 321186 (JP, A)
特開平5 - 249405 (JP, A)
特開昭63 - 163137 (JP, A)
特開平4 - 305144 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
G01M 11/00-11/08
G01N 21/84-21/958
G02C 1/00-13/00