

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5114301号  
(P5114301)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(51) Int.Cl.

G01B 11/24 (2006.01)

F 1

G01B 11/24

K

G01B 11/24

F

請求項の数 9 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2008-152317 (P2008-152317)  
 (22) 出願日 平成20年6月10日 (2008.6.10)  
 (65) 公開番号 特開2009-300125 (P2009-300125A)  
 (43) 公開日 平成21年12月24日 (2009.12.24)  
 審査請求日 平成23年3月18日 (2011.3.18)

(73) 特許権者 000129253  
 株式会社キーエンス  
 大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番1  
 4号  
 (74) 代理人 100117260  
 弁理士 福永 正也  
 (72) 発明者 中務 貴司  
 大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番1  
 4号 株式会社キーエンス内  
 審査官 櫻井 仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像計測装置、画像計測方法及びコンピュータプログラム

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

計測対象物に照射した光の透過光又は反射光を撮像素子に結像させて得られる画像に基づいて、計測対象物の形状を計測する画像計測装置において、

前記撮像素子にて結像して得られた画像をディスプレイに表示する表示手段と、

前記ディスプレイに表示された画像上の計測対象物の所定のエッジ部分を含むエッジ検出領域の指定を受け付ける指定受付手段と、

指定を受け付けたエッジ検出領域内のエッジ部分を示す所定のエッジ点の座標値を取得する座標値取得手段と、

取得したエッジ点の座標値に基づいてラウンド形状部分の円弧を特定する円弧特定手段と、

該円弧特定手段にて特定した円弧の形状を受光レンズの倍率で換算する形状倍率換算手段と

を備え、

前記円弧特定手段は、

前記ラウンド形状部分の円弧を挟んで該円弧と連続する2本の直線状部分を示す所定のエッジ点の座標値に基づいて2本の直線部分を特定する直線部分特定手段と、

特定した2本の直線部分の延長線が交差して前記円弧を挟んで形成する角を二等分する直線である中線を特定する中線特定手段と、

特定した中線が前記円弧と交わる点を交点として特定する交点特定手段と、

10

20

前記中線上の点であって、該点と前記 2 本の直線部分又は該直線部分の延長線との距離と、前記交点と前記点との距離とが等しい点を、前記円弧の中心点として特定する中心点特定手段と、

前記中心点を通る直線が前記 2 本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点を基点として特定する基点特定手段とを含み、

前記中心点、前記基点及び前記交点のうちの少なくとも 2 つの点に基づいて前記円弧を特定するようにしてあることを特徴とする画像計測装置。

#### 【請求項 2】

前記交点近傍を含むエッジ検出領域を指定する領域指定手段を備え、

前記座標値取得手段は、前記領域指定手段で指定されたエッジ検出領域内の円弧部分を示す前記交点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得するようにしてあることを特徴とする請求項 1 に記載の画像計測装置。

10

#### 【請求項 3】

前記円弧特定手段は、

前記中線上の点であって、該点と前記 2 本の直線部分又は該直線部分の延長線との距離と、前記交点と前記点との距離とが等しい点を、前記円弧の中心点として特定する中心点特定手段と、

前記中心点を通る直線が前記 2 本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点を基点として特定する基点特定手段と

を含み、

20

前記領域指定手段は、前記基点を両端とする円弧を含むエッジ検出領域を指定するようにしてあり、

前記座標値取得手段は、前記領域指定手段で指定されたエッジ検出領域内の円弧部分を示す前記交点及び前記基点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得するようにしてあることを特徴とする請求項 2 に記載の画像計測装置。

#### 【請求項 4】

計測対象物に照射した光の透過光又は反射光を撮像素子に結像させて得られる画像に基づいて、計測対象物の形状を計測する画像計測装置で実行することが可能な画像計測方法において、

前記撮像素子にて結像して得られた画像をディスプレイに表示し、

30

前記ディスプレイに表示された画像上の計測対象物の所定のエッジ部分を含むエッジ検出領域の指定を受け付け、

指定を受け付けたエッジ検出領域内のエッジ部分を示す所定のエッジ点の座標値を取得し、

計測対象物のラウンド形状部分の円弧を挟んで該円弧と連続する 2 本の直線状部分を示す所定のエッジ点の座標値に基づいて 2 本の直線部分を特定し、

特定した 2 本の直線部分の延長線が交差して前記円弧を挟んで形成する角を二等分する直線である中線を特定し、

特定した中線が前記円弧と交わる点を交点として特定し、

前記中線上の点であって、該点と前記 2 本の直線部分又は該直線部分の延長線との距離と、前記交点と前記点との距離とが等しい点を、前記円弧の中心点として特定し、

40

前記中心点を通る直線が前記 2 本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点を基点として特定し、

前記中心点、前記基点及び前記交点のうちの少なくとも 2 つの点に基づいて前記円弧を特定し、

特定した円弧の形状を受光レンズの倍率で換算することを特徴とする画像計測方法。

#### 【請求項 5】

前記交点近傍を含むエッジ検出領域を指定し、

指定されたエッジ検出領域内の円弧部分を示す前記交点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得することを特徴とする請求項 4 に記載の画像計測方法。

50

**【請求項 6】**

前記中線上の点であって、該点と前記 2 本の直線部分又は該直線部分の延長線との距離と、前記交点と前記点との距離とが等しい点を、前記円弧の中心点として特定し、前記中心点を通る直線が前記 2 本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点を基点として特定し、

前記基点を両端とする円弧を含むエッジ検出領域を指定し、

指定されたエッジ検出領域内の円弧部分を示す前記交点及び前記基点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得することを特徴とする請求項 5 に記載の画像計測方法。

**【請求項 7】**

計測対象物に照射した光の透過光又は反射光を撮像素子に結像させて得られる画像に基づいて、計測対象物の形状を計測する画像計測装置で実行することが可能なコンピュータプログラムにおいて、

前記画像計測装置を、

前記撮像素子にて結像して得られた画像をディスプレイに表示する表示手段、

前記ディスプレイに表示された画像上の計測対象物の所定のエッジ部分を含むエッジ検出領域の指定を受け付ける指定受付手段、

指定を受け付けたエッジ検出領域内のエッジ部分を示す所定のエッジ点の座標値を取得する座標値取得手段、

取得したエッジ点の座標値に基づいてラウンド形状部分の円弧を特定する円弧特定手段、及び

該円弧特定手段にて特定した円弧の形状を受光レンズの倍率で換算する形状倍率換算手段

として機能させ、

前記円弧特定手段を、

前記ラウンド形状部分の円弧を挟んで該円弧と連続する 2 本の直線状部分を示す所定のエッジ点の座標値に基づいて 2 本の直線部分を特定する直線部分特定手段、

特定した 2 本の直線部分の延長線が交差して前記円弧を挟んで形成する角を二等分する直線である中線を特定する中線特定手段、

特定した中線が前記円弧と交わる点を交点として特定する交点特定手段、

前記中線上の点であって、該点と前記 2 本の直線部分又は該直線部分の延長線との距離と、前記交点と前記点との距離とが等しい点を、前記円弧の中心点として特定する中心点特定手段、

前記中心点を通る直線が前記 2 本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点を基点として特定する基点特定手段、及び

前記中心点、前記基点及び前記交点のうちの少なくとも 2 つの点に基づいて前記円弧を特定する手段

として機能させることを特徴とするコンピュータプログラム。

**【請求項 8】**

前記画像計測装置を、前記交点近傍を含むエッジ検出領域を指定する領域指定手段として機能させ、

前記座標値取得手段を、前記領域指定手段で指定されたエッジ検出領域内の円弧部分を示す前記交点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得する手段として機能させることを特徴とする請求項 7 に記載のコンピュータプログラム。

**【請求項 9】**

前記円弧特定手段を、

前記中線上の点であって、該点と前記 2 本の直線部分又は該直線部分の延長線との距離と、前記交点と前記点との距離とが等しい点を、前記円弧の中心点として特定する中心点特定手段、及び

前記中心点を通る直線が前記 2 本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点を基点として特定する基点特定手段

10

20

30

40

50

として機能させ、

前記領域指定手段を、前記基点を両端とする円弧を含むエッジ検出領域を指定する手段として機能させ、

前記座標値取得手段を、前記領域指定手段で指定されたエッジ検出領域内の円弧部分を示す前記交点及び前記基点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得する手段として機能させることを特徴とする請求項 8 に記載のコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像された画像データに基づいて、計測対象物のラウンド形状部分の円弧形状を正確に計測する画像計測装置、画像計測方法及びコンピュータプログラムに関する。 10

【背景技術】

【0002】

従来から、計測対象物の形状を計測する装置として、計測対象物に光を照射し、照射した光の透過光又は反射光を受光レンズにより、CCD (Charge Coupled Device)、CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) 等の撮像素子に結像させて画像を取得し、取得した画像をコンピュータ処理することにより計測対象物の形状を計測する画像計測装置がある。

【0003】

計測対象物の画像は、受光レンズによって計測対象物に対して極めて正確な相似形とすることができる。画像上の寸法を受光レンズの倍率でキャリブレーションすることにより、画像上の寸法を実際の計測対象物の寸法と正確に関連付けることができる。したがって、画像上の計測対象物の形状を正確に特定することにより、正確な実物の計測対象物の形状を計測することができる。画像上の計測対象物の特定は、計測対象物と背景画像との境界部分（以下、エッジ部分）を検出することにより行われる。図21は、従来の画像上で指定されるエッジ検出領域の例示図である。図22は、従来のエッジ点に基づいて最小二乗法によって特定する形状の例示図である。図23は、従来のエッジ点を幾何学図形にフィッティングして得られる円を説明するための説明図である。 20

【0004】

画像上でエッジを検出する場合、図21に示すようにエッジ部分周辺をマウスカーソルでクリック又はドラッグで囲む等してエッジ検出領域を指定する。エッジ部分は、計測対象物の画素と背景画像の画素との輝度値変化が激しい箇所であり、コンピュータは、指定された領域の画像データの中で例えば隣接する画素間の輝度差が所定の値より大きい箇所（画素間）を、図21に示すように複数のエッジ点として取得する。取得した複数のエッジ点は、例えば最小二乗法のような回帰分析法により、図22に示すように直線の幾何学図形にフィッティングし、算出された直線をエッジとして検出する。直線が点であっても同様に検出することができる。円形状についても直線と同様、図23に示すように隣接する画素間の輝度値変化が激しい箇所を複数の点として取得し、最小二乗法等によって算出することができる。 30

【0005】

検出した直線、円等のエッジについて、各エッジ間の距離又は角度、各エッジが有するパラメータ（例えば、円のエッジは中心点座標及び直径）等により、計測対象物の形状を特定することができる。したがって、計測対象物の形状を正確に特定するためには、エッジを確実かつ正確に検出することが必要とされる。例えば特許文献1では、形状がなだらかに変化しないで鋭角に折れ曲がっているような形状の計測対象物についてエッジを検出する場合、自動スキャニング計測モードで次の計測目標点を適切に設定して確実に指標内にエッジ点が位置するようにし、確実にエッジ点を取得できるようにしている。 40

【特許文献1】特開平10-232117号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

**【0006】**

しかし、上述のように実物の計測対象物の形状を正確に計測するためには、エッジ点を最小二乗法等によって幾何学図形にフィッティングして得られる形状と、画像上の計測対象物の形状との誤差が小さくなるように、エッジ部分を検出することが必要である。特許文献1では鋭角に折れ曲がっているような形状でもエッジ点を確実に取得することはできるが、取得したエッジ点を最小二乗法等によってフィッティングして得られる形状と、画像上の計測対象物の形状との誤差については考慮されていない。

**【0007】**

鋭角に折れ曲がっているような形状は、操作者がエッジ部分周辺を指定する場合には確実に検出することが可能である。また、直線、点、円等は、単純な幾何学図形であり、上記のように取得したエッジ点から最小二乗法等によって得られる形状と、画像上の計測対象物の形状との誤差は小さい。

10

**【0008】**

しかしながら、円ではなく円弧については、エッジ点を最小二乗法等によってフィッティングして得られる形状と、画像上の計測対象物の形状との誤差が大きくなり易い。図24は、従来のエッジ検出領域の円弧の指定角度の大小による近似円の違いを説明するための説明図である。図24(a)に示すようにエッジ検出領域の中心角を大きくした場合、誤差を小さくすることができるが、図24(b)に示すようにエッジ検出領域の中心角を小さくした場合、最小二乗法等によって得られる形状の近似円が大きくなり、画像上の計測対象物の形状から外れて誤差が大きくなる。したがって、誤差を小さくするためには、できる限り中心角を大きく取ることが好ましい。

20

**【0009】**

図25は、従来のエッジ検出領域の指定円弧範囲が計測対象物の円弧範囲を超える場合の近似円を示す説明図である。図26は、従来の画像上に微小サイズで表示される円弧の例示図である。円弧は、計測対象物のラウンド形状部分に設けられることが多く、ラウンド形状部分の円弧は近傍の直線部分と連続的に滑らかに接続した形で存在するため、図25に示すように中心角を大きく取ろうとすると連続している直線部分までエッジ点の取得部分としてしまい、直線部分で取得したエッジ点がエッジ検出の誤差の要因となる。また図26に示すように、画像上で計測対象物のラウンド形状部分の円弧のサイズは、半径( $r$ )が1mm以下の微小なサイズであることが多く、正確に円弧のみを円弧のエッジ検出領域として指定することは非常に困難な場合が多い。さらに操作者によって円弧のエッジ検出領域の広狭の差が大きく、操作者間でのエッジ検出結果のバラツキが大きくなるという問題もある。

30

**【0010】**

本発明は斯かる事情に鑑みてなされたものであり、計測対象物のラウンド形状部分の円弧形状を容易にかつ精度良く計測することができる画像計測装置、画像計測方法及びコンピュータプログラムを提供することを目的とする。

**【課題を解決するための手段】****【0011】**

上記目的を達成するために第1発明に係る画像計測装置は、計測対象物に照射した光の透過光又は反射光を撮像素子に結像させて得られる画像に基づいて、計測対象物の形状を計測する画像計測装置において、前記撮像素子にて結像して得られた画像をディスプレイに表示する表示手段と、前記ディスプレイに表示された画像上の計測対象物の所定のエッジ部分を含むエッジ検出領域の指定を受け付ける指定受付手段と、指定を受け付けたエッジ検出領域内のエッジ部分を示す所定のエッジ点の座標値を取得する座標値取得手段と、取得したエッジ点の座標値に基づいてラウンド形状部分の円弧を特定する円弧特定手段と、該円弧特定手段にて特定した円弧の形状を受光レンズの倍率で換算する形状倍率換算手段とを備え、前記円弧特定手段は、前記ラウンド形状部分の円弧を挟んで該円弧と連続する2本の直線状部分を示す所定のエッジ点の座標値に基づいて2本の直線部分を特定する直線部分特定手段と、特定した2本の直線部分の延長線が交差して前記円弧を挟んで形成

40

50

する角を二等分する直線である中線を特定する中線特定手段と、特定した中線が前記円弧と交わる点を交点として特定する交点特定手段と、前記中線上の点であって、該点と前記2本の直線部分又は該直線部分の延長線との距離と、前記交点と前記点との距離とが等しい点を、前記円弧の中心点として特定する中心点特定手段と、前記中心点を通る直線が前記2本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点を基点として特定する基点特定手段とを含み、前記中心点、前記基点及び前記交点のうちの少なくとも2つの点に基づいて前記円弧を特定するようにしてあることを特徴とする。

#### 【0013】

また、第2発明に係る画像計測装置は、第1発明において、前記交点近傍を含むエッジ検出領域を指定する領域指定手段を備え、前記座標値取得手段は、前記領域指定手段で指定されたエッジ検出領域内の円弧部分を示す前記交点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得するようにしてあることを特徴とする。 10

#### 【0014】

また、第3発明に係る画像計測装置は、第2発明において、前記円弧特定手段は、前記中線上の点であって、該点と前記2本の直線部分又は該直線部分の延長線との距離と、前記交点と前記点との距離とが等しい点を、前記円弧の中心点として特定する中心点特定手段と、前記中心点を通る直線が前記2本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点を基点として特定する基点特定手段とを含み、前記領域指定手段は、前記基点を両端とする円弧を含むエッジ検出領域を指定するようにしてあり、前記座標値取得手段は、前記領域指定手段で指定されたエッジ検出領域内の円弧部分を示す前記交点及び前記基点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得するようにしてあることを特徴とする。 20

#### 【0017】

次に、上記目的を達成するために第4発明に係る画像計測方法は、計測対象物に照射した光の透過光又は反射光を撮像素子に結像させて得られる画像に基づいて、計測対象物の形状を計測する画像計測装置で実行することが可能な画像計測方法において、前記撮像素子にて結像して得られた画像をディスプレイに表示し、前記ディスプレイに表示された画像上の計測対象物の所定のエッジ部分を含むエッジ検出領域の指定を受け付け、指定を受け付けたエッジ検出領域内のエッジ部分を示す所定のエッジ点の座標値を取得し、計測対象物のラウンド形状部分の円弧を挟んで該円弧と連続する2本の直線状部分を示す所定のエッジ点の座標値に基づいて2本の直線部分を特定し、特定した2本の直線部分の延長線が交差して前記円弧を挟んで形成する角を二等分する直線である中線を特定し、特定した中線が前記円弧と交わる点を交点として特定し、前記中線上の点であって、該点と前記2本の直線部分又は該直線部分の延長線との距離と、前記交点と前記点との距離とが等しい点を、前記円弧の中心点として特定し、前記中心点を通る直線が前記2本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点を基点として特定し、前記中心点、前記基点及び前記交点のうちの少なくとも2つの点に基づいて前記円弧を特定し、特定した円弧の形状を受光レンズの倍率で換算することを特徴とする。 30

#### 【0019】

また、第5発明に係る画像計測方法は、第4発明において、前記交点近傍を含むエッジ検出領域を指定し、指定されたエッジ検出領域内の円弧部分を示す前記交点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得することを特徴とする。 40

#### 【0020】

また、第6発明に係る画像計測方法は、第5発明において、前記中線上の点であって、該点と前記2本の直線部分又は該直線部分の延長線との距離と、前記交点と前記点との距離とが等しい点を、前記円弧の中心点として特定し、前記中心点を通る直線が前記2本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点を基点として特定し、前記基点を両端とする円弧を含むエッジ検出領域を指定し、指定されたエッジ検出領域内の円弧部分を示す前記交点及び前記基点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得することを特徴とする。

#### 【0023】

次に、上記目的を達成するために第7発明に係るコンピュータプログラムは、計測対象

10

20

30

40

50

物に照射した光の透過光又は反射光を撮像素子に結像させて得られる画像に基づいて、計測対象物の形状を計測する画像計測装置で実行することが可能なコンピュータプログラムにおいて、前記画像計測装置を、前記撮像素子にて結像して得られた画像をディスプレイに表示する表示手段、前記ディスプレイに表示された画像上の計測対象物の所定のエッジ部分を含むエッジ検出領域の指定を受け付ける指定受付手段、指定を受け付けたエッジ検出領域内のエッジ部分を示す所定のエッジ点の座標値を取得する座標値取得手段、取得したエッジ点の座標値に基づいてラウンド形状部分の円弧を特定する円弧特定手段、及び該円弧特定手段にて特定した円弧の形状を受光レンズの倍率で換算する形状倍率換算手段として機能させ、前記円弧特定手段を、前記ラウンド形状部分の円弧を挟んで該円弧と連続する2本の直線状部分を示す所定のエッジ点の座標値に基づいて2本の直線部分を特定する直線部分特定手段、特定した2本の直線部分の延長線が交差して前記円弧を挟んで形成する角を二等分する直線である中線を特定する中線特定手段、特定した中線が前記円弧と交わる点を交点として特定する交点特定手段、前記中線上の点であって、該点と前記2本の直線部分又は該直線部分の延長線との距離と、前記交点と前記点との距離とが等しい点を、前記円弧の中心点として特定する中心点特定手段、前記中心点を通る直線が前記2本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点を基点として特定する基点特定手段、及び前記中心点、前記基点及び前記交点のうちの少なくとも2つの点に基づいて前記円弧を特定する手段として機能させることを特徴とする。

## 【0025】

また、第8発明に係るコンピュータプログラムは、第7発明において、前記画像計測装置を、前記交点近傍を含むエッジ検出領域を指定する領域指定手段として機能させ、前記座標値取得手段を、前記領域指定手段で指定されたエッジ検出領域内の円弧部分を示す前記交点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得する手段として機能させることを特徴とする。

## 【0026】

また、第9発明に係るコンピュータプログラムは、第8発明において、前記円弧特定手段を、前記中線上の点であって、該点と前記2本の直線部分又は該直線部分の延長線との距離と、前記交点と前記点との距離とが等しい点を、前記円弧の中心点として特定する中心点特定手段、及び前記中心点を通る直線が前記2本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点を基点として特定する基点特定手段として機能させ、前記領域指定手段を、前記基点を両端とする円弧を含むエッジ検出領域を指定する手段として機能させ、前記座標値取得手段を、前記領域指定手段で指定されたエッジ検出領域内の円弧部分を示す前記交点及び前記基点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得する手段として機能させることを特徴とする。

## 【0029】

第1発明、第4発明及び第7発明では、撮像素子にて結像して得られた画像をディスプレイに表示し、画像上の計測対象物の所定のエッジ部分を含むエッジ検出領域の指定を受け付け、エッジ検出領域内のエッジ部分を示す所定のエッジ点の座標値を取得し、計測対象物のラウンド形状部分の円弧を挟んで該円弧と連続する2本の直線状部分を示す所定のエッジ点の座標値に基づいて2本の直線部分を特定することにより、円弧を挟む直線部分の領域を容易に指定することができる、エッジ点から最小二乗法等によって画像上の形状とほとんど誤差なく円弧を挟む直線部分を特定することができる。また、特定した2本の直線部分の延長線が交差して前記円弧を挟んで形成する角を二等分する直線である中線を特定し、中線が円弧と交わる点を交点として特定することにより、正確に特定した直線部分から円弧の中心が位置する中線と、中線が円弧と交わって円弧上の中線である交点も正確に特定することができる。そして、特定した円弧の形状を受光レンズの倍率で換算することにより、正確に特定された画像上の円弧から実物の計測対象物の円弧を精度良く計測することができる。したがって、的確に指定することが困難な円弧の領域を指定しなくても、容易に指定することができる直線部分の領域を指定することにより、計測対象物のラウンド形状部分の円弧を精度良く計測することができる。

10

20

30

40

50

**【0030】**

また、中線上の点であって、該点と2本の直線部分又は該直線部分の延長線との距離( $L_1$ )と、交点と点との距離( $L_2$ )とが等しい点を、円弧の中心点として特定し、中心点を通る直線が2本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点を基点として特定し、中心点、基点及び交点のうちの少なくとも2つの点に基づいて円弧を特定する。したがって、 $L_1$ と $L_2$ とが等しくなる場合、 $L_1$ 及び $L_2$ は円弧の半径となり、基点は円弧の端となるので、半径及び基点とともに、中心点、基点及び交点のうちの少なくとも2つの点に基づいて画像上の円弧を精度良く特定することができる。

**【0031】**

第2発明、第5発明及び第8発明では、交点近傍を含むエッジ検出領域を指定し、指定されたエッジ検出領域内の円弧部分を示す前記交点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得することにより、円弧上の中央にある交点をエッジ点の1つとして処理することができ、円弧のエッジ検出領域の角度が小さくても交点を中心に適切な円弧のエッジ点を取得することができる。したがって、円弧と連続する直線部分まで円弧のエッジ点として取得してしまうことによって特定される円弧の形状と画像上の形状とで大きく誤差が生じることを回避し、適切に取得したエッジ点に基づいて精度良く円弧を特定することができる。10

**【0032】**

第3発明、第6発明及び第9発明では、中線上の点であって、該点と2本の直線部分又は該直線部分の延長線との距離( $L_1$ )と、交点と点との距離( $L_2$ )とが等しい点を、円弧の中心点として特定し、中心点を通る直線が2本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点を基点として特定し、基点を両端とする円弧を含むエッジ検出領域を指定し、指定されたエッジ検出領域内の円弧部分を示す交点及び基点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得する。したがって、円弧上の中央にある交点と円弧の両端にある基点とをエッジ点として処理することができるとともに、円弧の両端まで正確にエッジ検出領域として指定することができるので、交点及び基点に従って適切な円弧のエッジ点を取得することができるとともに、最大限のエッジ検出領域内のエッジ点に基づいてより精度良く円弧を特定することができる。20

**【発明の効果】****【0035】**

上記構成によれば、的確に指定することが困難な円弧の領域を指定しなくても、容易に指定することができる直線部分の領域を指定することにより、計測対象物のラウンド形状部分の円弧形状を容易かつ高い精度で計測することが可能となる。30

**【発明を実施するための最良の形態】****【0036】**

以下、本発明の実施の形態に係る画像計測装置について、図面に基づいて具体的に説明する。

**【0037】****(実施の形態1)**

図1は、本発明の実施の形態1に係る画像計測装置の構成を示す模式図である。図1に示すように本実施の形態1に係る画像計測装置1は、計測部2と制御ユニット3とで構成されており、計測部2にて撮像された画像データを制御ユニット3にて演算処理して、所望の形状の寸法等を計測する。40

**【0038】**

計測部2は、計測対象物20を計測部分へ移動させるステージ21を挟んで2組の照明装置が設置されている。まずステージ21上の計測対象物20を上方から照らすリング状の落射照明装置22が受光レンズユニット23に設置されている。落射照明装置22で照射された光は、計測対象物20の表面で反射して、受光レンズユニット23へ戻ってくる。これにより、計測対象物20の表面の凹凸、パターン等を撮像することができる。

**【0039】**

また、ステージ21の下方には、計測対象物20を下方から照らす透過照明装置24が50

設置されている。透過照明装置 24は、少なくとも光源 241、反射機構 242及びレンズ 243で構成されており、光源 241から照射された光を反射機構 242にてステージ 21側へ反射させ、レンズ 243にてステージ 21に対して略直交する方向の平行光へと変換する。これにより、計測対象物 20が存在しない位置の光のみ透過して撮像することができる。

#### 【0040】

受光レンズユニット 23は、少なくとも受光レンズ 231、ハーフミラー 232、高倍側結像レンズ部 233、低倍側結像レンズ部 236を備えている。ハーフミラー 232は、落射照明装置 22から発光した光が計測対象物 20で反射した光を高倍側結像レンズ部 233へ、透過照明装置 24から発光した光を計測対象物 20を透過させて低倍側結像レンズ部 236へ誘導する。なお、高倍側結像レンズ部 233は、結像するためのスリット 234及び結像レンズ 235で構成され、低倍側結像レンズ部 236は、結像するためのスリット 237及び結像レンズ 238で構成されている。10

#### 【0041】

撮像装置 25は、高倍側結像レンズ部 233へ誘導された光を C C D、C M O S等の撮像素子 251で結像させ、画像データとして制御ユニット 3へ送信する。同様に撮像装置 26は、低倍側結像レンズ部 236へ誘導された光を C C D、C M O S等の撮像素子 261で結像させ、画像データとして制御ユニット 3へ送信する。

#### 【0042】

図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係る画像計測装置 1 の制御ユニット 3 の構成を示すブロック図である。図 2 に示すように本実施の形態 1 に係る画像計測装置 1 の制御ユニット 3 は、少なくとも C P U(中央演算装置) 33、メモリ等の記憶装置 34、通信手段 35 及び上述したハードウェアを接続する内部バス 36 で構成されている。内部バス 36 を介して、入力装置であるマウス 32、キーボード 31、出力装置である表示装置 27 にも接続されている。20

#### 【0043】

C P U 33 は、内部バス 36 を介して制御ユニット 3 の上述したようなハードウェア各部と接続されており、上述したハードウェア各部の動作を制御するとともに、記憶装置 34 に記憶されているコンピュータプログラムに従って、種々のソフトウェア的機能を実行する。記憶装置 34 は、例えば S R A M、S D R A M 等の揮発性メモリで構成され、コンピュータプログラムの実行時にロードモジュールが展開され、コンピュータプログラムの実行時に発生する一時的なデータ等を記憶する。30

#### 【0044】

通信手段 35 は内部バス 36 に接続されており、通信線を介して撮像装置 25、26 に接続され、撮像装置 25、26 で撮像された画像データを受信する。また、インターネット、L A N、W A N 等の外部のネットワークに接続されることにより、外部のコンピュータ等ともデータ送受信を行うことが可能となる。なお、記憶装置 34 に記憶されているコンピュータプログラムは、通信手段 35 を介して外部コンピュータからダウンロードされる。

#### 【0045】

制御ユニット 3 の C P U 33 は、落射照明装置 22 を用いて撮像装置 25 で撮像した落射画像の画像データである落射画像データ、及び透過照明装置 24 を用いて撮像装置 26 で撮像した透過画像の画像データである透過画像データを記憶する記憶手段 331、落射画像データ又は透過画像データを表示装置 27 に表示する表示手段 332、表示された落射画像又は透過画像上で計測対象物 20 の所定のエッジ部分を含むエッジ検出領域の指定を受け付ける指定受付手段 333、指定を受け付けたエッジ検出領域内のエッジ部分を示す所定のエッジ点の座標値を取得する座標値取得手段 334、エッジ点の座標値に基づいてラウンド形状部分の円弧を特定する円弧特定手段 335、及び特定した円弧の形状を受光レンズの倍率で換算する形状倍率換算手段 336 を備え、これらの処理動作を制御する。

**【 0 0 4 6 】**

また円弧特定手段 335 は、ラウンド形状部分の円弧を挟んで該円弧と連続する 2 本の直線状部分を示す所定のエッジ点の座標値に基づいて、2 本の直線部分を特定する直線部分特定手段 51、特定した 2 本の直線部分の延長線が交差して円弧を挟んで形成する角を二等分する直線である中線を特定する中線特定手段 52、中線が円弧と交わる点を交点として特定する交点特定手段 53、円弧の中心点を特定する中心点特定手段 54、及び円弧の基点を特定する基点特定手段 55 を含む。

**【 0 0 4 7 】**

記憶手段 331 は、落射画像データ及び透過画像データを互いに位置合わせをした状態で記憶装置 34 に記憶する。ここで位置合わせとは、表示画面における座標位置を落射画像と透過画像との間で一致させることを意味する。位置合わせをした 2 種の画像データを記憶しておくことにより、指定を受け付けたエッジ検出領域に応じて、適切な画像データを選択することができる。計測対象物 20 の外形のラウンド形状部分の円弧形状を計測する場合、外形を示す輪郭線の部分の寸法等を計測するために最適な透過画像データを利用することができる。また、計測対象物 20 の表面の凹凸として形成されたラウンド形状部分の円弧形状についても、透過画像データと同様に落射画像データを処理することにより、正確に計測することができる。

10

**【 0 0 4 8 】**

表示手段 332 は、通信手段 35 にて受信した透過画像データ又は落射画像データを、LCD、有機ELディスプレイ等の表示装置 27 で透過画像又は落射画像として表示させる。図 3 は、表示装置 27 に表示される透過画像の例示図である。図 3 に示すように、表示装置 27 の画面には、計測対象物 20 の透過画像 271 とともに、透過画像上でエッジ検出領域を指定するための操作用コンソール 272 が表示される。

20

**【 0 0 4 9 】**

図 4 は、画像上で指定されるエッジ検出領域の例示図である。図 4 に示すように、操作者は、計測対象物 20 の所定部分の形状、例えば計測対象物 20 の外形の一辺 a を計測しようとする場合、一辺 a を含む領域 b をエッジ検出領域としてマウスでドラッグする等して指定する。指定されたエッジ検出領域は指定受付手段 333 で受け付ける。計測しようとする一辺 a は、計測対象物 20 と背景との境界部分（エッジ部分）である。画像データ中、背景の画素の輝度値は著しく高く、計測対象物 20 の画素の輝度値は低いので、エッジ検出領域中の画素の輝度値から、例えば隣接する画素間の輝度差が所定の値より大きい箇所（画素間）をエッジとして認識することができる。

30

**【 0 0 5 0 】**

座標値取得手段 334 は、指定を受け付けたエッジ領域中の隣接する画素間の輝度差が所定の値より大きい画素間上で、図 4 に示すように所定間隔の位置をエッジ点 c とし、エッジ点 c の座標値を取得する。具体的には、座標値取得手段 334 は、図 4 に示すように領域 b の長手方向の所定間隔の位置で直角方向 d にエッジ点を探索、すなわち隣接する画素間での輝度差を計算して輝度差が所定の値より大きい画素間をエッジ点 c とし、複数のエッジ点の座標値を取得する。

**【 0 0 5 1 】**

40

図 5 は、エッジ点に基づいて最小二乗法によって特定する形状の例示図である。図 5 に示すように、座標値取得手段 334 で取得されたエッジ点 c は完全な直線上にはないので、直線部分特定手段 51 は、例えば最小二乗法等の回帰分析によってエッジ点 c を幾何学図形（図 5 の例では直線）にフィッティングすることにより、幾何学図形の直線部分を特定する。特定した直線部分は、計測しようとしていた図 4 の一辺 a 部分であり、座標値、距離等のパラメータを有する。円弧特定手段 335 では、直線の他、円等のエッジを算出し、各エッジ間の距離又は角度、各エッジが有するパラメータ（例えば円のエッジは中心座標及び直径）等により、計測対象物 20 を計測する。したがって、直線、円等の「形状を特定する」という場合、各形状が有する座標値、距離等のパラメータを特定することを意味する。

50

**【 0 0 5 2 】**

図6は、計測対象物20のラウンド形状部分の円弧を計測する場合に指定受付手段333が受け付けるエッジ検出領域の例示図である。図6に示すように、計測しようとする計測対象物20の所定のエッジ部分がラウンド形状部分の円弧eである場合、上述のように連続する直線状部分を含むことなく円弧eのみをエッジ検出領域として指定することが非常に困難であるため、操作者は、ラウンド形状部分の円弧eを挟んで円弧eと連続する2本の直線状部分をエッジ検出領域fとして指定する。なお、2本の直線状部分のエッジ検出領域fは、円弧eから充分離れた完全な直線状部分を指定する。指定されたエッジ検出領域fは、上述のように指定受付手段333で指定が受け付けられ、座標値取得手段334でエッジ点の座標値が取得され、直線部分特定手段51でエッジ点に基づいて最小二乗法等によって算出されることによって2本の直線部分が特定される。2本の直線状部分は、容易にエッジ検出領域を指定することができるので、画像上の形状とほとんど誤差なく算出することができる。

**【 0 0 5 3 】**

図7は、円弧特定手段335にて特定する各種点及び線を説明するための説明図である。図7に示すように、中線特定手段52は、特定した2本の直線部分xの延長線gが交差して円弧eを挟んで形成する角hを二等分する直線である中線iを特定する。交点特定手段53は、中線iが円弧eと交わる点を交点jとして特定する。交点jは画像から検出する。具体的には、交点jの近傍をエッジ検出領域として指定し、該エッジ検出領域から取得される複数のエッジ点のうち中線i上のエッジ点を交点jとして検出する。

**【 0 0 5 4 】**

中心点特定手段54は、中線i上の点と2本の直線部分x又は延長線gとの距離L1と、交点jと中線i上の点との距離L2とが等しい点を、円弧eの中心点kとして特定する。基点特定手段55は、中心点kを通る直線mが2本の直線部分x又は延長線gと直交する点を基点nとして特定する。距離L1とL2とが等しくなる場合、距離L1及びL2は円弧の半径となる。したがって、中心点k、基点n及び交点jのうちの少なくとも2つの点を特定し、特定した点に基づいて円弧eを特定することができる。

**【 0 0 5 5 】**

なお上述のように、中心点kは、計算で求まる点であるが、交点j及び基点nは、画像から検出される点である。また基点nは、距離L1とL2とが等しくなる場合、幾何学的に直線mが2本の直線部分x又は延長線gと直交する点を基点nとして検出したが、交点jと同様、基点nの近傍をエッジ検出領域として指定して取得される複数のエッジ点のうち直線m上のエッジ点を基点nとして検出するようにしても良い。

**【 0 0 5 6 】**

図8は、中心点k、基点n及び交点jのうちの少なくとも2つの点に基づいて円弧eを特定する4つのパターンを示す例示図である。図8(a)は交点j及び中心点kに基づくパターンA、図8(b)は中心点k及び1つの基点nに基づくパターンB、図8(c)は交点j及び2つの基点nに基づくパターンC、図8(d)は交点j、中心点k及び2つの基点nに基づくパターンDである。

**【 0 0 5 7 】**

交点j及び中心点kに基づくパターンAでは、図8(a)に示すように、交点jと中心点kとが定まれば、交点jと中心点kとの距離L2は円弧の半径となり、中心点kを中心とする半径L2の円を特定し、特定した円が2本の直線部分xと接する点を円弧の両端として円弧を特定することができる。なお、円が2本の直線部分xと接する点は、円及び2本の直線部分xが有する座標値等のパラメータから、座標値として算出される。

**【 0 0 5 8 】**

中心点k及び1つの基点nに基づくパターンBでは、図8(b)に示すように、中心点kと1つの基点nとが定まれば、中心点kと1つの基点nとの距離L1は円弧の半径となり、パターンAと同様、中心点kを中心とする半径L1の円を特定し、特定した円が2本の直線部分xと接する点を円弧の両端として円弧を特定することができる。

**【 0 0 5 9 】**

交点 j 及び 2 つの基点 n に基づくパターン C では、図 8 ( c ) に示すように、交点 j 及び 2 つの基点 n から等しい距離 L 3 に位置する点が円弧の中心点となるので、該中心点を特定し、特定した中心点を中心とする半径 L 3 の円を特定する。そして、特定した円から 2 つの基点 n を両端とする円弧を特定することができる。

**【 0 0 6 0 】**

交点 j 、中心点 k 及び 2 つの基点 n に基づくパターン D では、図 8 ( d ) に示すように、中心点 k を中心とする円を特定する際に円が 2 つの基点 n を通るように円を特定し、パターン C と同様にして円弧を特定することができる。

**【 0 0 6 1 】**

次に、上述した構成の画像計測装置 1 の動作について、フロ - チャートに基づいて詳細に説明する。図 9 は、本発明の実施の形態 1 に係る画像計測装置 1 の制御ユニット 3 の C P U 3 3 によるパターン D の円弧特定処理手順を示すフローチャートである。

**【 0 0 6 2 】**

図 9 に示すように制御ユニット 3 の C P U 3 3 は、記憶装置 3 4 に記憶されている透過画像データ又は落射画像データに基づいて画像を表示装置 2 7 に表示する (ステップ S 9 0 1)。

**【 0 0 6 3 】**

C P U 3 3 は、表示された画像上で計測対象物のラウンド形状部分の円弧を挟んで該円弧と連続する 2 本の直線状部分を含むエッジ検出領域の指定を受け付ける (ステップ S 9 0 2)。具体的には、操作者が、図 6 に示すように 2 本の直線状部分について別個にマウスをドラッグ等して各エッジ検出領域が指定される。

**【 0 0 6 4 】**

C P U 3 3 は、指定を受け付けた各エッジ検出領域内の直線状部分を示す所定のエッジ点の座標値を取得する (ステップ S 9 0 3)。具体的には、指定を受け付けたエッジ領域中の隣接する画素間の輝度差が所定の値より大きい画素間上で、図 6 に示すように所定間隔の位置を複数のエッジ点として各座標値を取得する。

**【 0 0 6 5 】**

C P U 3 3 は、取得した複数のエッジ点の各座標値に基づいて 2 本の直線部分を特定する (ステップ S 9 0 4)。具体的には、最小二乗法等によって複数のエッジ点を直線にフィッティングすることにより、各々座標値、距離等のパラメータを有する 2 本の直線部分を特定する。

**【 0 0 6 6 】**

C P U 3 3 は、図 7 に示すように、特定した 2 本の直線部分の延長線が交差して円弧を挟んで形成する角を二等分する直線である中線を特定し (ステップ S 9 0 5)、C P U 3 3 は、特定した中線が円弧と交わる点を交点として特定する (ステップ S 9 0 6)。中線は直線のパラメータに基づいて算出され、交点は画像から検出されることになる。

**【 0 0 6 7 】**

C P U 3 3 は、中線上の点であって、該点と 2 本の直線部分又は該直線部分の延長線との距離 (L 1) と、交点と点との距離 (L 2) とが等しい点を、円弧の中心点として特定し (ステップ S 9 0 7)、中心点を通る直線が 2 本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点を基点として特定する (ステップ S 9 0 8)。L 1 が L 2 と等しくなる距離 (L 1 = L 2) は、円弧の半径として特定する (ステップ S 9 0 9)。基点は画像から検出され、半径は、中心点、基点及び交点の各パラメータに基づいて算出される。

**【 0 0 6 8 】**

C P U 3 3 は、中心点を中心として交点と中心点との距離 (L 1 = L 2) を半径とする円を、該円が 2 つの基点を通るように円を特定し (ステップ S 9 1 0)、特定した円から 2 つの基点を両端とする円弧を特定する (ステップ S 9 1 1)。

**【 0 0 6 9 】**

C P U 3 3 は、特定した円弧の直径及び中心点座標等のパラメータに基づいて、特定し 50

た円弧の形状を受光レンズの倍率で換算することにより、実物の計測対象物の円弧（寸法等）を計測する（ステップ S 9 1 2）。

#### 【 0 0 7 0 】

以上のように本実施の形態 1 によれば、2 本の直線状部分を示す所定のエッジ点の座標値に基づいて該 2 本の直線部分を特定することにより、円弧を挟む直線状部分の領域を容易に指定することができるので、エッジ点から最小二乗法等によって画像上の形状とほとんど誤差なく円弧を挟む 2 本の直線部分を特定することができる。また、特定した 2 本の直線部分の延長線が交差して前記円弧を挟んで形成する角を二等分する直線である中線を特定し、特定した中線が前記円弧と交わる点を交点と特定することにより、正確に特定した直線部分から円弧の中心が位置する中線と、中線が円弧と交わって円弧上の中線である交点も正確に特定することができる。10

#### 【 0 0 7 1 】

さらに、2 本の直線部分、中線及び交点のうちの少なくとも 1 つに基づいて円弧を特定することにより、例えば円弧の中心点及び半径、円弧の両端を正確に特定することができ、正確な中心点等に基づいて画像上の円弧を正確に特定することができる。特に、中線上の所定の点を通る直線が 2 本の直線部分又は該直線部分の延長線と直交する点と所定の点との距離（L 1）が、所定の点と交点との距離（L 2）と等しくなる場合（L 1 = L 2）に、直交する点を基点とすることにより、半径及び基点とともに、中心点、基点及び交点のうちの少なくとも 2 つの点に基づいて画像上の円弧を精度良く特定することができる。20

#### 【 0 0 7 2 】

そして、特定した円弧の形状を受光レンズの倍率で換算することにより、正確に特定された画像上の円弧から実物の計測対象物の円弧を精度良く計測することが可能となる。したがって、的確に指定することが困難な円弧の領域を指定しなくても、容易に指定することができる直線状部分の領域を指定することにより、計測対象物のラウンド形状部分の円弧を精度良く計測することが可能となる。20

#### 【 0 0 7 3 】

##### （実施の形態 2）

本発明の実施の形態 2 に係る画像計測装置 1 の構成は、実施の形態 1 と同様であることから、同一の符号を付することにより詳細な説明を省略する。図 1 0 は、本発明の実施の形態 2 に係る画像計測装置 1 の制御ユニット 3 の構成を示すブロック図である。図 1 0 に示すように本実施の形態 2 に係る画像計測装置 1 の制御ユニット 3 のハードウェア構成は、実施の形態 1 と同様であることから、同一の符号を付することにより、詳細な説明は省略する。30

#### 【 0 0 7 4 】

ただし本実施の形態 2 では、制御ユニット 3 の C P U 3 3 は、交点近傍を含むエッジ検出領域を指定する領域指定手段 3 3 7 を備える。また座標値取得手段 3 3 4 は、領域指定手段 3 3 7 で指定されたエッジ検出領域内の円弧部分を示す交点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得する。

#### 【 0 0 7 5 】

図 1 1 は、領域指定手段 3 3 7 で指定されたエッジ検出領域 o のエッジ点 p に基づいて円弧 e を特定する 2 つのパターンを示す例示図である。図 1 1 ( a ) はエッジ点 p を中線 i の平行方向に探索するパターン E を示す例示図である。図 1 1 ( b ) は中心点 k からエッジ点 p を放射状方向に探索するパターン F を示す例示図である。40

#### 【 0 0 7 6 】

本実施の形態 2 では、実施の形態 1 と同様にして、図 7 に示すように円弧特定手段 3 3 5 の各手段が、ラウンド形状部分の円弧 e を挟んで円弧 e と連続する 2 本の直線部分 x を特定し、該直線部分の延長線 g から中線 i 及び交点 j を特定する。本実施の形態 2 では、領域指定手段 3 3 7 が図 1 1 ( a )、( b ) に示すように、交点 j 近傍を含むエッジ検出領域 o を指定する。領域指定手段 3 3 7 が、円弧 e と連続する 2 本の直線部分 x を含まないよう円弧 e の角度全体に対して充分小さい角度の中央部分を、交点 j を中央にエッジ50

検出領域 $\circ$ として指定するので、操作者がエッジ検出領域 $\circ$ を指定する必要はない。

#### 【0077】

座標値取得手段334は、領域指定手段337で指定されたエッジ検出領域 $\circ$ 内の円弧 $e$ の一部分上に所定間隔でエッジ点 $p$ を探索する際、例えば図11(a)に示すように中線 $i$ の平行方向、又は図11(b)に示すように中心点 $k$ から放射状方向に探索する。座標値取得手段334は、探索して検出した複数のエッジ点 $p, p, \dots$ の各座標値を取得するとともに、交点 $j$ をエッジ点 $p$ に含める。円弧特定手段335では、交点 $j$ を含めた複数のエッジ点 $p$ に基づいて最小二乗法等によって円弧 $e$ を有する円を特定し、特定した円が2本の直線部分 $x$ と接する点を円弧 $e$ の両端として円弧 $e$ を特定することができる。エッジ検出領域 $\circ$ は円弧 $e$ の狭い中央部分しか指定されていないが、円弧 $e$ のエッジ検出領域 $\circ$ の角度が小さくても交点 $j$ を中心に適切な円弧 $e$ のエッジ点 $p$ を取得することができる。したがって、円弧と連続する直線部分まで円弧のエッジ点として取得してしまうことによって特定される円弧の形状が画像上の形状と大きく誤差を生じることを回避し、適切に取得したエッジ点に基づいて精度良く円弧を特定することができる。10

#### 【0078】

図12は、本発明の実施の形態2に係る画像計測装置1の制御ユニット3のCPU33によるパターンEの円弧特定処理手順を示すフローチャートである。本実施の形態2では、実施の形態1と同様にして、計測対象物20のラウンド形状部分の円弧を挟んで円弧と連続する2本の直線部分を特定し、該直線部分の延長線から特定した中線及び交点に基づいて円弧を特定する。したがって、本実施の形態2のパターンFの円弧特定処理手順は、中線及び交点を特定するまでは実施の形態1のステップS906までと同じであることから、中線及び交点を特定するまでの説明を省略する。20

#### 【0079】

図12に示すように制御ユニット3のCPU33は、特定した交点近傍を含むエッジ検出領域を指定する(ステップS1201)。指定するエッジ検出領域内の円弧の中央部分は、円弧と連続する2本の直線状部分を含まないように円弧の全体に対して充分狭い中央部分である。

#### 【0080】

CPU33は、中線の平行方向に所定間隔で、指定したエッジ検出領域内の円弧の中央部分上にエッジ点を探索して複数のエッジ点を検出し、交点をエッジ点に含めてエッジ点の各座標値を取得する(ステップS1202)。30

#### 【0081】

CPU33は、交点を含めたエッジ点の各座標値に基づいて、交点を中央に有する円弧部分を含む円を特定し(ステップS1203)、特定した円が2本の直線部分と接する点を円弧の両端として円弧を特定する(ステップS1204)。

#### 【0082】

CPU33は、特定した円弧の直径及び中心点座標値等のパラメータに基づいて、特定した円弧の形状を受光レンズの倍率で換算することにより、実物の計測対象物の円弧(寸法等)を計測する(ステップS1205)。

#### 【0083】

以上のように本実施の形態2によれば、交点をエッジ点の1つとして処理することができ、円弧のエッジ検出領域の角度が小さくても交点を中心に適切な円弧のエッジ点を取得することができる。したがって、円弧と連続する直線状部分まで円弧のエッジ点として取得してしまうことによって特定される円弧の形状が画像上の形状と大きく誤差を生じることを回避し、適切に取得したエッジ点に基づいて精度良く円弧を特定することができる。40

#### 【0084】

##### (実施の形態3)

本発明の実施の形態3に係る画像計測装置1の構成は、実施の形態1と同様であることから、同一の符号を付すことにより詳細な説明を省略する。図13は、本発明の実施の形態3に係る画像計測装置1の制御ユニット3の構成を示すブロック図である。図13に50

示すように本実施の形態3に係る画像計測装置1の制御ユニット3のハードウェア構成は、実施の形態1及び2と同様であることから、同一の符号を付することにより、詳細な説明は省略する。

#### 【0085】

ただし本実施の形態3では、実施の形態1と同様、中心点特定手段54及び基点特定手段55を有し、領域指定手段337は、基点を両端とする円弧を含むエッジ検出領域を指定し、座標値取得手段334は、エッジ検出領域内の円弧部分を示す交点及び基点を含めた所定のエッジ点の座標値を取得する。

#### 【0086】

図14は、領域指定手段337で指定されたエッジ検出領域qのエッジ点rに基づいて円弧eを特定するパターンGを示す例示図である。 10

#### 【0087】

本実施の形態3では、実施の形態1と同様にして、図7に示すように円弧特定手段335の各手段が、ラウンド形状部分の円弧eを挟んで円弧eと連続する2本の直線部分xを特定し、該直線部分の延長線gから中線i、交点j、中心点k及び基点nを特定する。さらに実施の形態2と同様、領域指定手段337が交点j近傍を含むエッジ検出領域qを指定するが、エッジ検出領域qは、基点nを両端とする円弧e全体を有する。操作者がエッジ検出領域qを指定する必要はない。

#### 【0088】

座標値取得手段334は、領域指定手段337で指定されたエッジ検出領域q内の円弧e上のエッジ点rを所定間隔で探索する。なお、エッジ点rを探索する場合、エッジ点rが全体の円弧e上に所定間隔となるように、図11(b)に示したような中心点kから放射状方向に探索することが好ましい。座標値取得手段334は、探索して検出した複数のエッジ点の各座標値を取得するとともに、交点j及び2つの基点nをエッジ点rに含める。円弧特定手段335では、交点j及び基点nを含めた複数のエッジ点rに基づいて最小二乗法等によって円弧eを有する円を特定し、特定した円から2つの基点nを両端とする円弧eを特定する。 20

#### 【0089】

図15は、本発明の実施の形態3に係る画像計測装置1の制御ユニット3のCPU33によるパターンGの円弧特定処理手順を示すフローチャートである。本実施の形態3では、実施の形態1と同様にして、計測対象物のラウンド形状部分の円弧を挟んで円弧と連続する2本の直線部分を特定し、該直線部分の延長線から特定した中線、交点、基点及び中心点に基づいて円弧を特定する。したがって、本実施の形態3のパターンGの円弧特定処理手順は、中線、交点、基点及び中心点を特定するまでは実施の形態1のステップS908までと同じであることから、中線、交点、基点及び中心点を特定するまでの説明を省略する。 30

#### 【0090】

図15に示すように制御ユニット3のCPU33は、特定した基点を両端とする円弧を含むエッジ検出領域を指定する(ステップS1501)。指定するエッジ検出領域内の円弧は、円弧全体である。 40

#### 【0091】

CPU33は、中心点から放射状方向に所定間隔で、指定したエッジ検出領域内の円弧上のエッジ点を探索して複数のエッジ点を検出し、交点及び基点をエッジ点に含めてエッジ点の各座標値を取得する(ステップS1502)。

#### 【0092】

CPU33は、交点及び基点を含めたエッジ点の各座標値に基づいて、交点を中央に有する円弧全体を含む円を特定し(ステップS1503)、特定した円から2つの基点を両端とする円弧を特定する(ステップS1504)。

#### 【0093】

CPU33は、特定した円弧の直径及び中心点座標等のパラメータに基づいて、特定し 50

た円弧の形状を受光レンズの倍率で換算することにより、実物の計測対象物の円弧（寸法等）を計測する（ステップS1505）。

#### 【0094】

以上のように本実施の形態3によれば、円弧上の中点と円弧の両端にある基点とをエッジ点として処理することができるとともに、円弧の両端まで正確にエッジ検出領域として指定することができるので、交点及び基点に従って適切な円弧のエッジ点を取得することができるとともに、最大限のエッジ検出領域のエッジ点に基づいてより精度良く円弧を特定することができる。

#### 【0095】

##### （実施の形態4）

10

本発明の実施の形態4に係る画像計測装置1の構成は、実施の形態1と同様であることから、同一の符号を付すことにより詳細な説明を省略する。また、本発明の実施の形態4に係る画像計測装置1の制御ユニット3の構成は、実施の形態3と同様であることから、同一の符号を付することにより詳細な説明を省略する。ただし本実施の形態4では、円弧特定手段335は、円弧上の所定のエッジ点の座標値に基づいて、円弧の中心が中線上に位置するように円弧を特定する。

#### 【0096】

図16は、領域指定手段337で指定されたエッジ検出領域sのエッジ点tに基づいて円弧eを特定するパターンHを示す例示図である。

#### 【0097】

20

本実施の形態4では、実施の形態1、3と同様にして、図7に示すように円弧特定手段335の各手段が、ラウンド形状部分の円弧eを挟んで円弧eと連続する2本の直線部分xを特定し、該直線部分の延長線gから中線i、交点j、中心点k及び基点nを特定する。さらに実施の形態3と同様、領域指定手段337が基点nを両端とする円弧e全体を含むエッジ検出領域sを指定する。操作者がエッジ検出領域sを指定する必要はない。

#### 【0098】

座標値取得手段334は、実施の形態3と同様にして、図16に示すように領域指定手段337で指定されたエッジ検出領域s内の円弧e上に所定間隔でエッジ点tを探索し、複数のエッジ点の各座標値を取得するとともに、交点j及び2つの基点nをエッジ点tに含める。円弧特定手段335では、交点j及び基点nを含めた複数のエッジ点tに基づいて、円弧eの中心が中線i上に位置するように最小二乗法等によって円弧eを有する円を特定し、特定した円から2つの基点nを両端とする円弧eを特定する。

30

#### 【0099】

図17は、本発明の実施の形態4に係る画像計測装置1の制御ユニット3のCPU33によるパターンHの円弧特定処理手順を示すフローチャートである。本実施の形態4では、実施の形態1と同様にして、計測対象物のラウンド形状部分の円弧を挟んで円弧と連続する2本の直線部分を特定し、該直線部分の延長線から特定した中線、交点、基点及び中心点に基づいて円弧を特定する。したがって、本実施の形態4のパターンHの円弧特定処理手順は、中線、交点、基点及び中心点を特定するまでは実施の形態1のステップS908までと同じであることから、中線、交点、基点及び中心点を特定するまでの説明を省略する。

40

#### 【0100】

図17に示すように制御ユニット3のCPU33は、特定した基点を両端とする円弧を含むエッジ検出領域を指定する（ステップS1701）。

#### 【0101】

CPU33は、中心点から放射状方向に所定間隔で、指定したエッジ検出領域内の円弧上のエッジ点を探索して複数のエッジ点を検出し、交点及び基点をエッジ点に含めてエッジ点の各座標値を取得する（ステップS1702）。

#### 【0102】

CPU33は、交点及び基点を含めたエッジ点の各座標値に基づいて、円弧の中心が中

50

線上に位置するように最小二乗法等によって円弧を有する円を特定し(ステップS1703)、特定した円から2つの基点を両端とする円弧を特定する(ステップS1704)。

**【0103】**

CPU33は、特定した円弧の直径及び中心点座標等のパラメータに基づいて、特定した円弧の形状を受光レンズの倍率で換算することにより、実物の計測対象物の円弧(寸法等)を計測する(ステップS1705)。

**【0104】**

以上のように本実施の形態4によれば、円弧上のエッジ点の座標値に基づいて、円弧の中心が中線上に位置するように円弧を特定することにより、円弧の中心を中心点が位置する中線上に補正して中心点に近似又は一致させることができ、さらに精度良く円弧を特定することができる。  
10

**【0105】**

(実施の形態5)

本発明の実施の形態5に係る画像計測装置1の構成は、実施の形態1と同様であることから、同一の符号を付することにより詳細な説明を省略する。また、本発明の実施の形態5に係る画像計測装置1の制御ユニット3の構成は、実施の形態2乃至4と同様であることから、同一の符号を付することにより詳細な説明を省略する。ただし本実施の形態5では、円弧特定手段335は、円弧上のエッジ点の座標値に基づいて、円弧の中心が中心点に位置するように円弧を特定する。

**【0106】**

図18は、領域指定手段337で指定されたエッジ検出領域uのエッジ点vに基づいて円弧eを特定するパターンIを示す例示図である。  
20

**【0107】**

本実施の形態5では、実施の形態1、3と同様にして、図7に示すように円弧特定手段335の各手段が、ラウンド形状部分の円弧eを挟んで円弧eと連続する2本の直線部分xを特定し、該直線部分の延長線gから中線i、交点j、中心点k及び基点nを特定する。さらに実施の形態3、4と同様、領域指定手段337が基点nを両端とする円弧e全体を含むエッジ検出領域uを指定する。操作者がエッジ検出領域uを指定する必要はない。

**【0108】**

座標値取得手段334は、実施の形態3、4と同様にして、図18に示すように領域指定手段337で指定されたエッジ検出領域u内の円弧e上に所定間隔でエッジ点vを探索し、複数のエッジ点vの各座標値を取得するとともに、交点j及び2つの基点nをエッジ点vに含める。円弧特定手段335では、交点j及び基点nを含めた複数のエッジ点vに基づいて、円弧eの中心が中心点kに位置するように最小二乗法等によって円弧eを有する円を特定し、特定した円から2つの基点nを両端とする円弧eを特定する。  
30

**【0109】**

図19は、本発明の実施の形態5に係る画像計測装置1の制御ユニット3のCPU33によるパターンIの円弧特定処理手順を示すフローチャートである。本実施の形態5では、実施の形態1と同様にして、計測対象物のラウンド形状部分の円弧を挟んで円弧と連続する2本の直線部分を特定し、該直線部分の延長線から特定した中線、交点、基点及び中心点に基づいて円弧を特定する。したがって、本実施の形態5のパターンIの円弧特定処理手順は、中線、交点、基点及び中心点を特定するまでは実施の形態1のステップS908までと同じであることから、中線、交点、基点及び中心点を特定するまでの説明を省略する。  
40

**【0110】**

図19に示すように制御ユニット3のCPU33は、特定した基点を両端とする円弧を含むエッジ検出領域を指定する(ステップS1901)。

**【0111】**

CPU33は、中心点から放射状方向に所定間隔で、指定したエッジ検出領域内の円弧上のエッジ点を探索して複数のエッジ点を検出し、交点及び基点をエッジ点に含めてエッ  
50

ジ点の各座標値を取得する（ステップS1902）。

**【0112】**

CPU33は、交点及び基点を含めたエッジ点の各座標値に基づいて、円弧の中心が中心点上に位置するように最小二乗法等によって円弧を有する円を特定し（ステップS1903）、特定した円から2つの基点nを両端とする円弧を特定する（ステップS1904）。

**【0113】**

CPU33は、特定した円弧の直径及び中心点座標等のパラメータに基づいて、特定した円弧の形状を受光レンズの倍率で換算することにより、実物の計測対象物の円弧（寸法等）を計測する（ステップS1905）。 10

**【0114】**

以上のように本実施の形態5によれば、円弧上のエッジ点の座標値に基づいて、円弧の中心が中心点に位置するように円弧を特定することにより、円弧の中心を中心点に一致させて正確な円弧を特定することができる。

**【0115】**

図20は、他の画像計測装置1の構成を示す模式図である。図20に示すように、本画像計測装置1は、計測部2と外部コンピュータ4とで構成されており、計測部2にて撮像された画像データを外部コンピュータ4にて演算処理して、所望の形状の寸法等を計測する。 20

**【0116】**

計測部2の構成及び機能は、上述した実施の形態1乃至5と同様であることから、同一の符号を付すことにより詳細な説明を省略する。外部コンピュータ4は、少なくともCPU（図示せず）及びメモリ等の記憶装置（図示せず）を備え、表示装置41、キーボード42、マウス43に接続されている。CPU（図示せず）は、撮像装置25及び26から画像データを取得し、上述した実施の形態1乃至5における制御ユニット3のCPU33と同様の処理を実行する。

**【0117】**

その他、本発明は上記実施の形態1乃至5に限定されるものではなく、本発明の趣旨の範囲内であれば多種の変形、置換等が可能であることは言うまでもない。

**【図面の簡単な説明】** 30

**【0118】**

【図1】本発明の実施の形態1に係る画像計測装置の構成を示す模式図である。

【図2】本発明の実施の形態1に係る画像計測装置の制御ユニットの構成を示すブロック図である。

**【図3】**表示装置に表示される透過画像の例示図である。

**【図4】**画像上で指定されるエッジ検出領域の例示図である。

**【図5】**エッジ点に基づいて最小二乗法によって特定する形状の例示図である。

【図6】計測対象物のラウンド形状部分の円弧を計測する場合に指定受付手段が受け付けるエッジ検出領域の例示図である。

**【図7】**円弧特定手段にて特定する各種点及び線を説明するための説明図である。 40

【図8】中心点、基点及び交点のうちの少なくとも2つの点に基づいて円弧を特定する4つのパターンを示す例示図である。

【図9】本発明の実施の形態1に係る画像計測装置の制御ユニットのCPUによるパターンDの円弧特定処理手順を示すフローチャートである。

【図10】本発明の実施の形態2に係る画像計測装置の制御ユニットの構成を示すブロック図である。

【図11】領域指定手段で指定されたエッジ検出領域のエッジ点に基づいて円弧を特定する2つのパターンを示す例示図である。

【図12】本発明の実施の形態2に係る画像計測装置の制御ユニットのCPUによるパターンEの円弧特定処理手順を示すフローチャートである。 50

【図13】本発明の実施の形態3に係る画像計測装置の制御ユニットの構成を示すプロック図である。

【図14】領域指定手段で指定されたエッジ検出領域のエッジ点に基づいて円弧を特定するパターンGを示す例示図である。

【図15】本発明の実施の形態3に係る画像計測装置の制御ユニットのCPUによるパターンGの円弧特定処理手順を示すフローチャートである。

【図16】領域指定手段で指定されたエッジ検出領域のエッジ点に基づいて円弧を特定するパターンHを示す例示図である。

【図17】本発明の実施の形態4に係る画像計測装置の制御ユニットのCPUによるパターンHの円弧特定処理手順を示すフローチャートである。 10

【図18】領域指定手段で指定されたエッジ検出領域のエッジ点に基づいて円弧を特定するパターンIを示す例示図である。

【図19】本発明の実施の形態5に係る画像計測装置の制御ユニットのCPUによるパターンIの円弧特定処理手順を示すフローチャートである。

【図20】他の画像計測装置の構成を示す模式図である。

【図21】従来の画像上で指定されるエッジ検出領域の例示図である。

【図22】従来のエッジ点に基づいて最小二乗法によって特定する形状の例示図である。

【図23】従来のエッジ点を幾何学图形にフィッティングして得られる円を説明するための説明図である。

【図24】従来のエッジ検出領域の円弧の指定角度の大小による近似円の違いを説明するための説明図である。 20

【図25】従来のエッジ検出領域の指定円弧範囲が計測対象物の円弧範囲を超える場合の近似円を示す説明図である。

【図26】従来の画像上に微小サイズで表示される円弧の例示図である。

#### 【符号の説明】

##### 【0119】

1 画像計測装置

2 計測部

3 制御ユニット

25、26 撮像装置

27 表示装置

31 キーボード

32 マウス

34 記憶装置

35 通信手段

36 内部バス

331 記憶手段

332 表示手段

333 指定受付手段

334 座標値取得手段

335 円弧特定手段

336 形状倍率換算手段

51 直線部分特定手段

52 中線特定手段

53 交点特定手段

54 中心点特定手段

55 基点特定手段

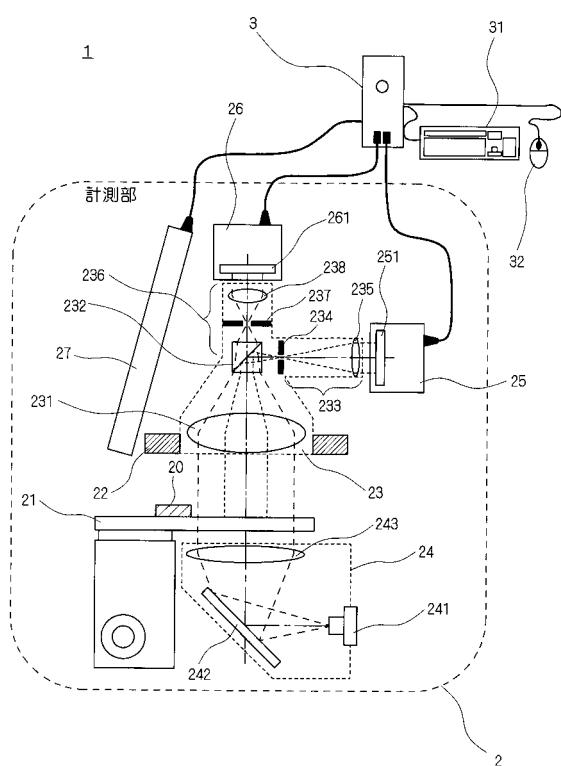
10

20

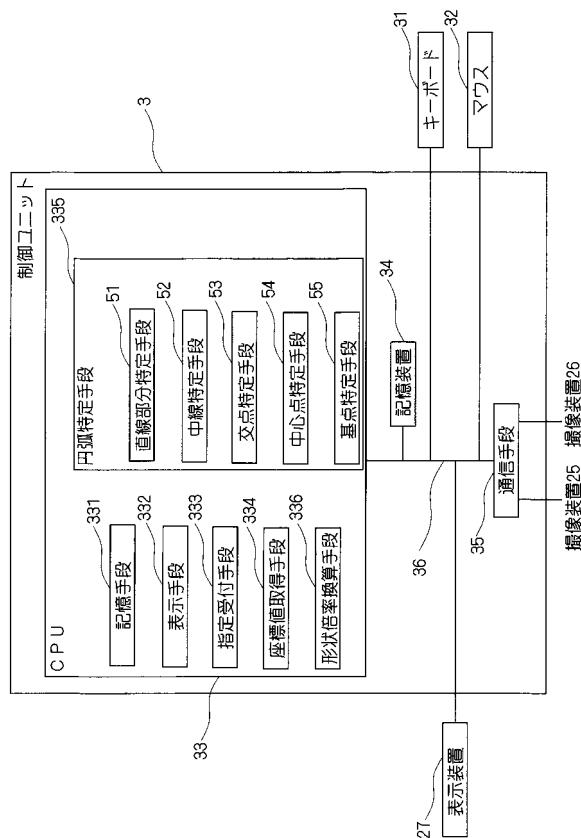
30

40

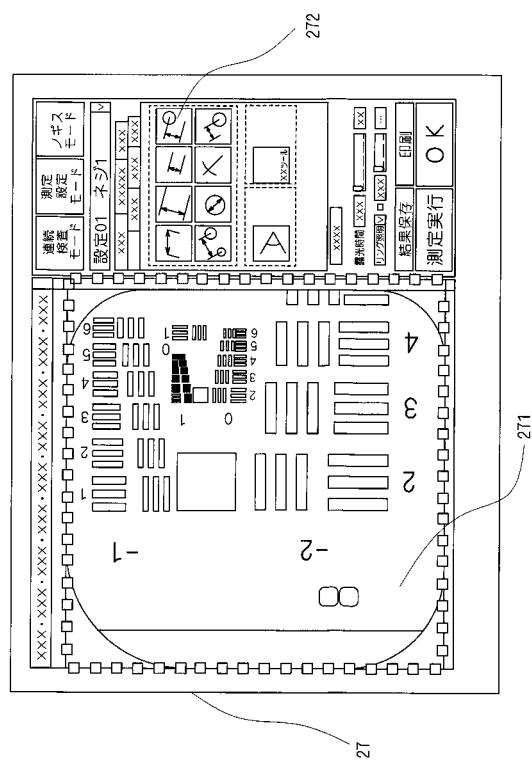
【図1】



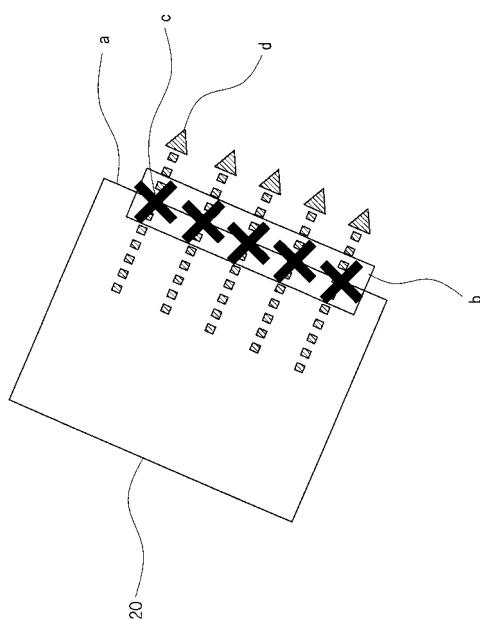
【図2】



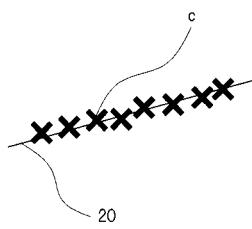
【図3】



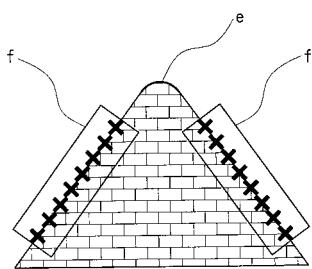
【図4】



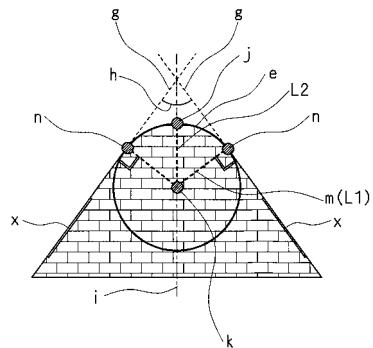
【図5】



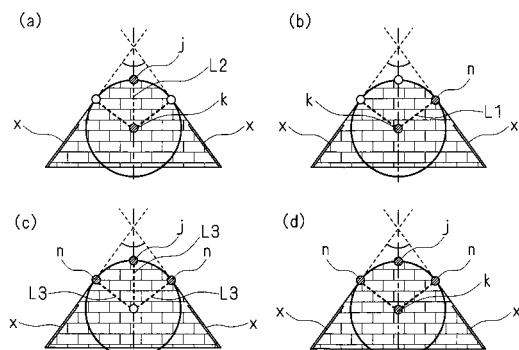
【図6】



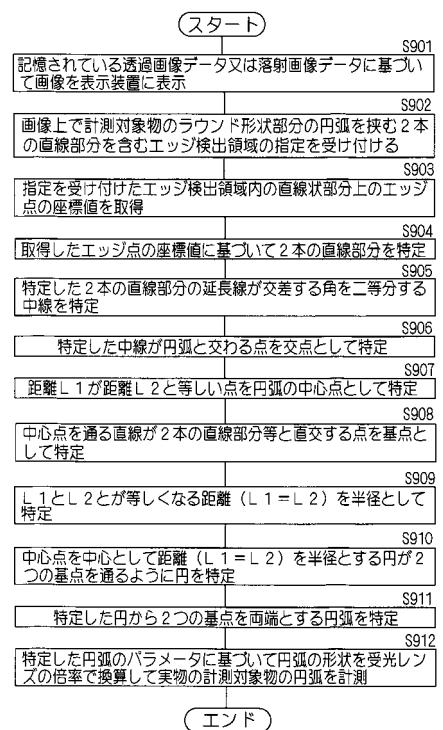
【図7】



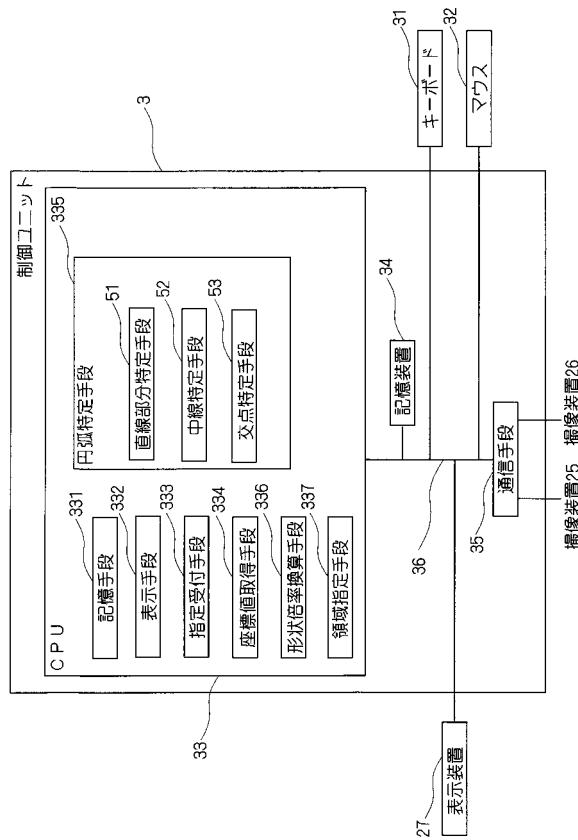
【図8】



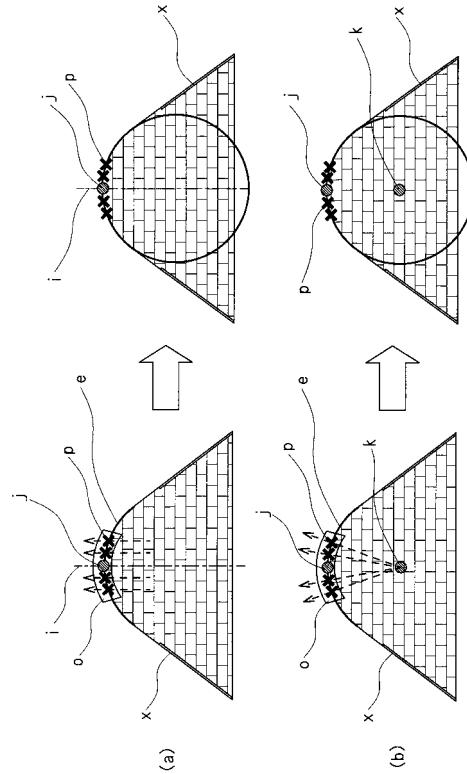
【図9】



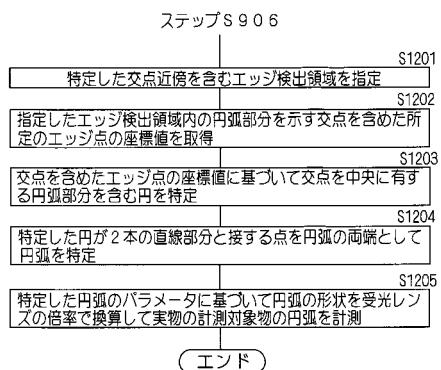
【図10】



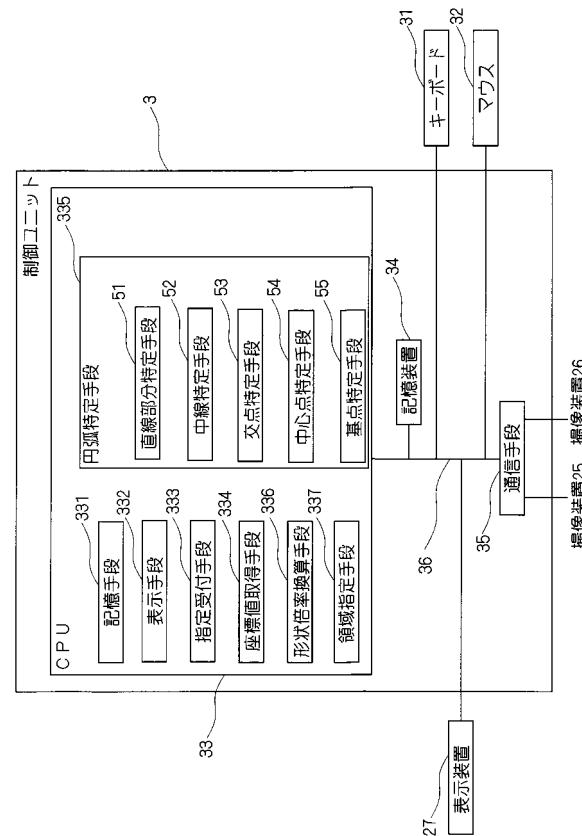
【図11】



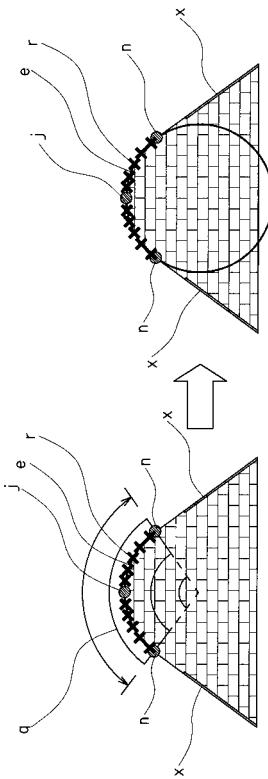
【図12】



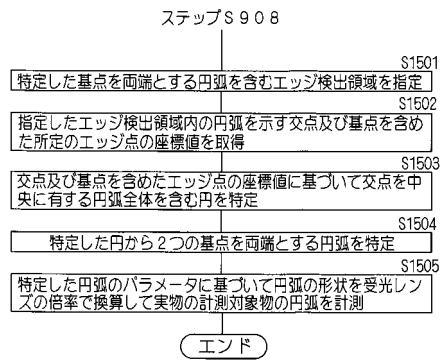
【図13】



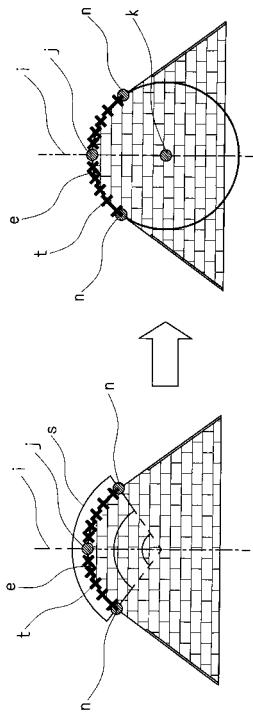
【図14】



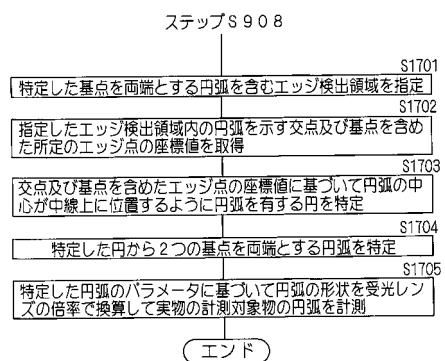
【図15】



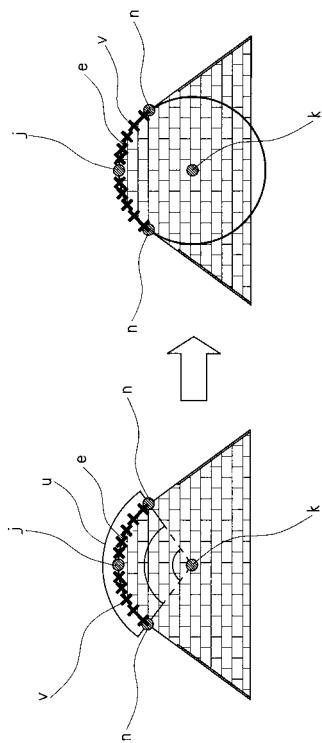
【図16】



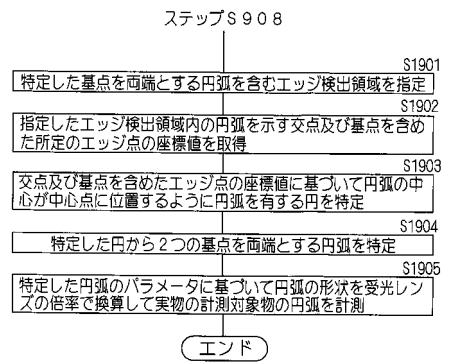
【図17】



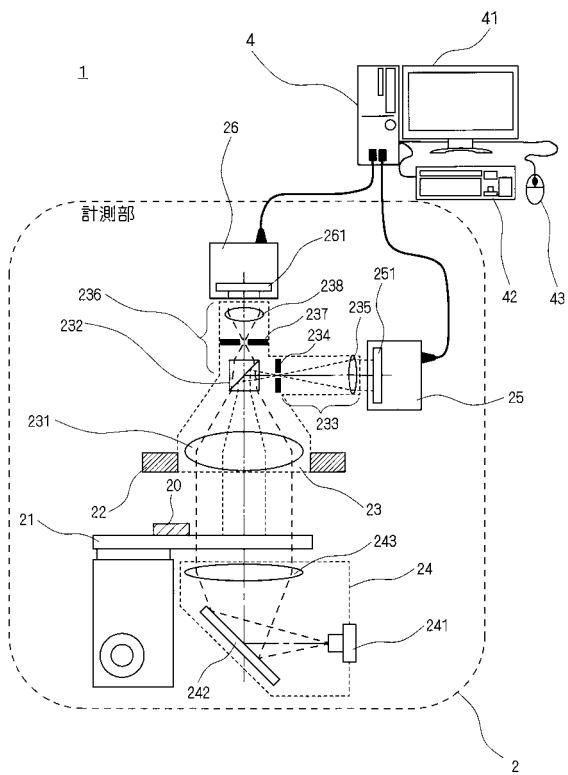
【図18】



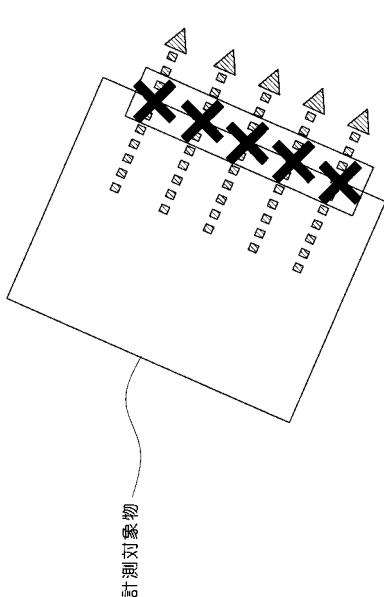
【図19】



【図20】



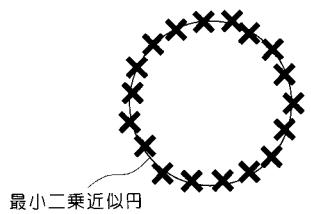
【図21】



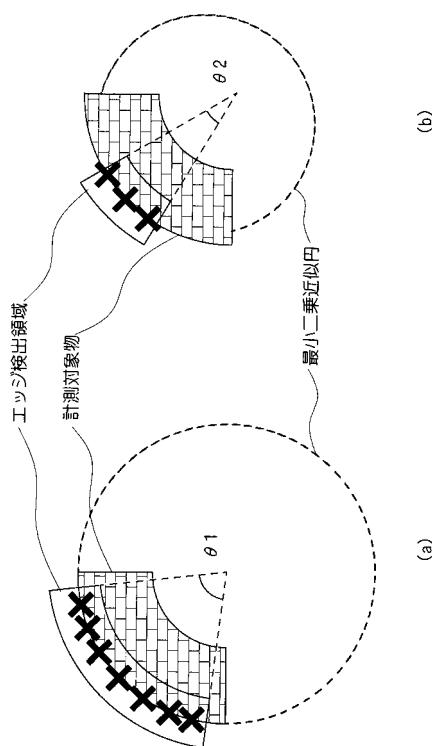
【図 2 2】



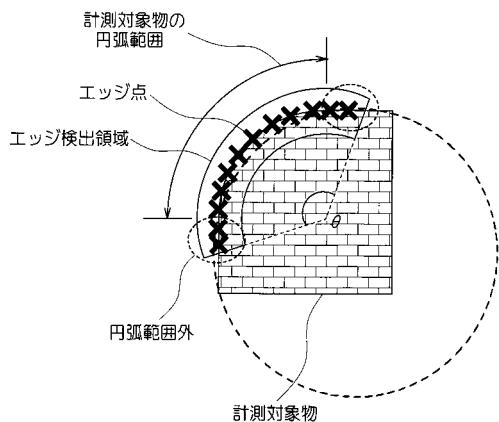
【図 2 3】



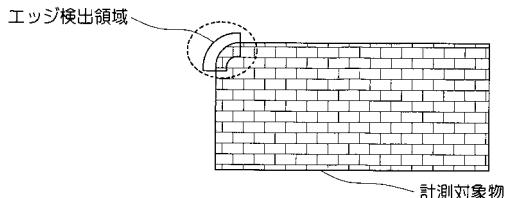
【図 2 4】



【図 2 5】



【図 2 6】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平04-198741(JP,A)  
特開2005-069795(JP,A)  
特開昭61-130809(JP,A)  
特開2006-214870(JP,A)  
特開2004-125690(JP,A)  
特開平10-339615(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 B 11 / 00 ~ 11 / 30