

(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2006-23178
(P2006-23178A)

(43) 公開日 平成18年1月26日(2006.1.26)

(51) Int.Cl.
GO 1 B 11/25 (2006.01)
GO 1 B 11/24 (2006.01)

F I
GO 1 B 11/24 E
GO 1 B 11/24 K

テーマコード (参考)
2 F O 6 5

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2004-201181 (P2004-201181)	(71) 出願人	000000376 オリンパス株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(22) 出願日	平成16年7月7日(2004.7.7)	(74) 代理人	100074099 弁理士 大菅 義之
		(72) 発明者	劉 剛 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ リンパス株式会社内
		Fターム(参考)	2F065 AA53 BB05 DD08 FF07 HH01 HH12 JJ19 QQ24 QQ31 UU05

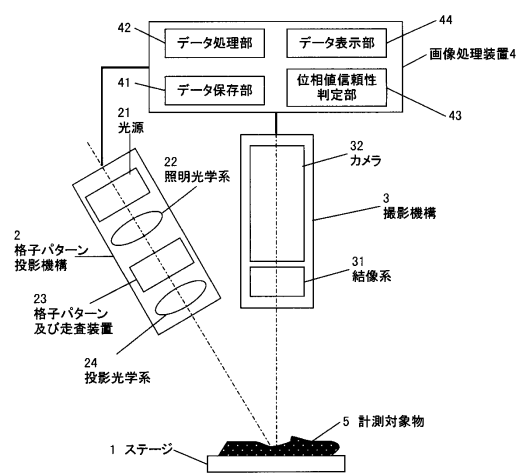
(54) 【発明の名称】 3次元計測方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 計測精度が向上された3次元計測方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 3次元計測装置システムの画像処理装置4に、位相値信頼性判定部43を設ける。位相値信頼性判定部43は、輝度飽和領域、コントラスト低下領域、コントラスト低下領域の境界領域、位相エラー領域を抽出する。位相値の計測値が信頼できない、これらの領域においては、別途再測定を行うなどして、信頼性の高い位相値を計測し、全体として、精度の高い3次元計測を行う。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

格子パターンを複数回シフトして計測対象物に照射し、照射された格子パターンの画像をシフトする毎に撮像し、該画像を用いて 3 次元形状を計測する、位相シフト法を用いた 3 次元計測方法において、

該画像の各画素の位相値と振幅値を算出するステップと、

該算出された位相値では、正確に形状を計測できない部分を分類して抽出するステップと、

該抽出された結果に基づき、各画素の位相値の信頼性を判定するステップと、

該判定結果を用いて、該計測対象物の形状算出及び結果表示を行うステップと、
を備えることを特徴とする 3 次元計測方法。

10

【請求項 2】

前記分類して抽出する部分は、輝度飽和領域、コントラスト低下領域、コントラスト低下領域の境界領域、あるいは、鏡面反射などによる位相エラー領域のいずれか 1 つを少なくとも含むことを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元計測方法。

【請求項 3】

前記輝度飽和領域の抽出は、

複数の前記画像のそれぞれから最大輝度の画素を抽出するステップと、

抽出された画素を複数の小領域に統合するステップと、

各小領域の隣接領域を求めるステップと、

各小領域とその隣接領域について、それぞれ位相値ヒストグラムを生成するステップと

20

、
小領域の位相値ヒストグラムと、その隣接領域の位相値ヒストグラムとを各小領域について比較するステップと、

該比較したヒストグラムの小領域の位相値が所定の計測精度範囲内であるかどうかを判定するステップと、

を備えることを特徴とする請求項 2 に記載の 3 次元計測方法。

【請求項 4】

前記コントラスト低下領域の抽出は、

前記輝度飽和領域以外の全画素について、振幅値の平均値と標準偏差を求めるステップと、

30

振幅値が平均値より小さい画素を抽出するステップと、

抽出された画素について、振幅値の平均値と標準偏差から、コントラスト低下領域の画素が否かを判定するステップと、

を備えることを特徴とする請求項 2 に記載の 3 次元計測方法。

【請求項 5】

前記コントラスト低下領域の境界領域の抽出は、前記コントラスト低下領域に対して膨張処理を施すことによって行うことを特徴とする請求項 2 に記載の 3 次元計測方法。

【請求項 6】

前記鏡面反射などによる位相エラー領域の抽出は、

前記輝度飽和領域、コントラスト低下領域、コントラスト低下領域の境界領域以外の画素について、隣接画素の位相値の差と、格子パターンの照射角度の関係を用いて行うことを特徴とする請求項 2 に記載の 3 次元計測方法。

40

【請求項 7】

格子パターンを複数回シフトして計測対象物に照射し、照射された格子パターンの画像をシフトする毎に撮像し、該画像を用いて 3 次元形状を計測する、位相シフト法を用いた 3 次元計測装置において、

該画像の各画素の位相値と振幅値を算出する算出手段と、

該算出された位相値では、正確に形状を計測できない部分を分類して抽出する抽出手段と、

50

該抽出された結果に基づき、各画素の位相値の信頼性を判定する判定手段と、
該判定結果を用いて、該計測対象物の形状算出及び結果表示を行う形状算出表示手段と

を備えることを特徴とする３次元計測装置。

【請求項 8】

前記分類して抽出する部分は、輝度飽和領域、コントラスト低下領域、コントラスト低下領域の境界領域、あるいは、鏡面反射などによる位相エラー領域のいずれか１つを少なくとも含むことを特徴とする請求項 7 に記載の３次元計測装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、位相シフト法による３次元計測方法とその装置に関する。

【背景技術】

【0002】

物体の３次元形状を非接触で計測する手法として、位相シフト法を用いた格子パターン投影法が良く用いられる。具体的には、照度分布が正弦波状の格子パターンを物体に投影し、変形格子画像を得る。そして、格子パターンを横ずらしして、位相が異なる複数枚の画像を得る。得られた複数枚の画像より各画素毎に、その点での格子の位相値を求めて、
位相接続処理などを用いて測定対象物の形状を算出する技術である。

20

【0003】

従来の３次元形状計測方法としては、特許文献 1 の技術があり、この技術においては、色成分を持つ格子パターンを物体に照射し、色成分毎に処理を施して、物体の情報を得る技術が開示されている。

【特許文献 1】特開平 9 - 2 1 6 2 0 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、複雑な表面を持つ計測対象物の計測において、算出された位相値に基づいて形状が再現できない問題がしばしばある。例えば、計測対象物の材質により格子画像に輝度飽和領域がある場合、または、計測対象物の表面変化によりコントラスト低下部分が形成される場合、その領域の形状を正確に測定することが難しい。すなわち、形状を正確に測定するには、位相値の信頼性を判定する必要がある。そのために、輝度飽和領域、コントラスト低下領域など位相の信頼性に影響する部分を抽出する必要がある。

30

【0005】

従来から行われている位相値の信頼性に影響のある部分の分類および抽出方法は有効とはいえない。例えば、コントラスト低下領域の抽出には、白色かつ無地のパターン光を投影し、撮影した画像を用いて、輝度値が低い部分をコントラスト低下領域と判定する手法がある。しかし、この手法では、格子画像以外の撮影も必要なことと、判定基準が不明確であることが問題である。

40

【0006】

また、輝度飽和領域の抽出には、パターン光を投影した状態をカメラにより取り込んだ画像から物体の表面状態により輝度が飽和する領域を全部抽出し、抽出した領域を形状不定部分と判定する手法がある。また、この場合、抽出された飽和部分に対して、光量を下げて再計測するのが一般的である。しかし、抽出された飽和領域中に、輝度飽和領域があっても位相値が精度範囲内にある部分が存在する場合があります。このような部分が形状不定部分と判断されると情報ロスになる。また、光量を下げて、このような部分を再度測定する際、他の領域でコントラストの低下が発生し計測精度が悪くなる可能性もある。

【0007】

50

本発明では、格子画像のほかに、位相値と振幅値を用いて、輝度飽和領域、コントラスト低下領域、コントラスト低下領域の境界領域、鏡面反射などによる位相エラー領域の抽出を通じて、位相値の信頼性判定を行い、一般的な装置構成で、位相値の信頼性判定結果を利用して、計測精度を向上する。

【0008】

本発明の課題は、計測精度が向上された3次元計測方法及びその装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の3次元計測方法は、格子パターンを複数回シフトして計測対象物に照射し、照射された格子パターンの画像をシフトする毎に撮像し、該画像を用いて3次元形状を計測する、位相シフト法を用いた3次元計測方法において、該画像の各画素の位相値と振幅値を算出するステップと、該算出された位相値では、正確に形状を計測できない部分を分類して抽出するステップと、該抽出された結果に基づき、各画素の位相値の信頼性を判定するステップと、該判定結果を用いて、該計測対象物の形状算出及び結果表示を行うステップとを備えることを特徴とする。

10

【0010】

本発明の3次元計測装置は、格子パターンを複数回シフトして計測対象物に照射し、照射された格子パターンの画像をシフトする毎に撮像し、該画像を用いて3次元形状を計測する、位相シフト法を用いた3次元計測装置において、該画像の各画素の位相値と振幅値を算出する算出手段と、該算出された位相値では、正確に形状を計測できない部分を分類して抽出する抽出手段と、該抽出された結果に基づき、各画素の位相値の信頼性を判定する判定手段と、該判定結果を用いて、該計測対象物の形状算出及び結果表示を行う形状算出表示手段とを備えることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、輝度飽和領域、コントラスト低下領域、コントラスト低下領域の境界領域、鏡面反射などによる位相エラー領域の抽出を通じて、位相値の信頼性判定が出来、計測精度の向上が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0012】

本発明の実施形態では、位相シフト法を用いた3次元計測方法を用いる。格子パターンを計測対象物に投影して、前記格子パターンの位相シフトを複数回行い、それぞれの位相シフト時における格子画像を取り込み、各画素の位相値と振幅値を算出する。そして、前記複数の格子画像と前記各画素の位相値と振幅値を用いて、算出された位相値を用いても形状が再現できない部分を分類して抽出し、抽出された結果に基づき、前記各画素の位相値の信頼性を判定し、判定結果を用いて、計測対象物の形状算出及び結果表示を行う。

【0013】

また、前記分類して抽出する部分は、輝度飽和領域、コントラスト低下領域、コントラスト低下領域の境界領域、鏡面反射などによる位相エラー領域などである。

40

また、前記輝度飽和領域の抽出において、前記複数の格子画像に基づいて、輝度値が最大輝度値である画素を抽出し、抽出された画素間の隣接関係に基づき、抽出された画素について複数の小領域に隣接する隣接領域を求め、各小領域とその隣接領域に対して、それぞれの位相値ヒストグラムを算出し、算出した位相値ヒストグラムの比較を行い、輝度飽和であっても位相値が計測精度範囲内にある領域かどうかの判定を行う。

【0014】

また、前記コントラスト低下領域の抽出において、前記輝度飽和領域以外の全画素に対して、振幅値の平均値と標準偏差を求め、振幅値が平均値より小さい画素を処理対象とし、移動平均法で近傍領域内の振幅値の小さい画素を抽出し、抽出された画素全体に対して振幅値の平均値と標準偏差を求めて、コントラスト低下領域か否かの最終的な判定を行う

50

。

【0015】

また、前記コントラスト低下領域の境界領域の抽出は、前記コントラスト低下領域に対して膨張処理を実施し、膨張処理の結果を利用して行われる。

また、前記鏡面反射などによる位相エラー領域の抽出は、前記輝度飽和領域、コントラスト低下領域、コントラスト低下領域の境界領域以外の画素について、隣接画素の位相値の差と格子パターンの照射角度の関係をを用いて行われる。

【0016】

本発明の実施形態に従った3次元計測装置は、位相シフト法による3次元計測装置であって、格子パターンを計測対象物に投影する手段と、前記格子パターンの位相シフトを複数回行い、それぞれの位相シフト時における格子画像を取り込む手段と、各画素の位相値と振幅値を算出する手段と、前記複数の格子画像と前記各画素の位相値と振幅値を用いて、算出された位相値で形状が再現できない部分を分類して抽出する手段と、抽出される結果に基づき前記各画素の位相値の信頼性を判定する手段と、判定結果を用いて計測対象物の形状を算出する手段と、その結果を表示する手段とを備える。

10

【0017】

また、前記分類して抽出する手段は、輝度飽和領域、コントラスト低下領域、コントラスト低下領域の境界領域、鏡面反射などによる位相エラー領域のうちの少なくとも一つを抽出する。

【0018】

以下、本発明の実施形態を図面に従い説明する。

20

図1は、本発明の実施形態に係る3次元計測装置を含むシステムの構成を示す説明図である。

【0019】

図1に示すように、該システムはステージ1、格子パターン投影機構2、撮影機構3、画像処理装置4とを備える。

格子パターン投影機構2においては、光源21から出射され、照明光学系22を通った光は、照明光学系22の光軸方向と平行な平行光線になり、格子パターン及び走査装置23の中にある格子パターンを照射する。格子パターン及び走査装置23の制御で、格子パターンを照射光学系22の光軸と垂直方向にシフトさせ、格子パターン及び走査装置23を透過した光が、投影光学系24を介して、ステージ1上の計測対象物5に投影する。投影したパターンの像は明度が正弦波状に変化するものになっている。

30

【0020】

計測対象物5によって反射された光は、撮影機構3の結像系31を介してカメラ32に入射する。この結果、計測対象物5によって変形された格子パターンの像がカメラ32によって撮影される。前記格子パターンを数段階に渡って移動させ、各位置毎に、カメラ32からの出力データ（格子画像）を画像処理装置4のデータ保存部41に保存する。また、データ保存部41にカメラ分解能、入射角度、格子ピッチ、位相シフトステップ数を予め保存しておく。

【0021】

位相値と振幅値の算出はデータ処理部42で行われる。例えば、画素（ x 、 y ）の位相値（ x 、 y ）と振幅値（ x 、 y ）の算出は、それぞれ以下の式1と式2を用いて行われる。

40

【0022】

【数 1】

$$\phi(x, y) = \tan^{-1} \left[\frac{-\sum I_i(x, y) \times \sin(\delta_i)}{\sum I_i(x, y) \times \cos(\delta_i)} \right] \quad (\text{式 1})$$

$$\gamma(x, y) = \frac{2 \left\{ \left[\sum I_i(x, y) \times \cos(\delta_i) \right]^2 + \left[\sum I_i(x, y) \times \sin(\delta_i) \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}}{\sum I_i(x, y)} \quad (\text{式 2})$$

ここで、 $I_i(x, y)$ は、 i 番目のシフトステップ時の画素 (x, y) の輝度値、 $\delta_i = 2\pi \times i / N$ ($i = 0, \dots, N-1$) は位相シフト量、 N はシフトステップ数である。

【0023】

位相値信頼性判定部 43 において、複数の格子画像データ、位相値、振幅値を読み込んで、位相値の信頼性の判定を行う。具体的には、輝度飽和領域の抽出、コントラスト低下領域の抽出、コントラスト低下領域の境界領域の抽出、鏡面反射などによる位相エラー領域の抽出を行う。

【0024】

データ表示部 44 は、上記各部における処理の結果を表示するディスプレイ等である。

以下、各領域の抽出処理の内容を詳述する。

図 2 は、輝度飽和領域の抽出手順を示すフローチャートである。また、図 3 は、輝度飽和領域の抽出処理の様子を説明する図である。

【0025】

まず、ステップ S1 では、複数の格子画像内で輝度がカメラの最大輝度値（例えば 255）であるすべての画素を抽出し、輝度飽和領域 A1 とする。ついでステップ S2 に進み、領域 A1 にある画素の隣接関係に基づき（例えば、4 隣接あるいは 8 隣接の関係にある等）、抽出された画素を複数の小領域 E_i ($i = 0, 1, 2, \dots$) へ統合し、各小領域の隣接領域 NE_i ($i = 0, 1, 2, \dots$) を求める。 NE_i は輝度飽和しておらず、かつ、小領域 E_i と隣接し、小領域 E_i より画素数が多い領域である。例えば、小領域 E_i からのユークリッド距離が所定値（例えば、 x ）以内であり、輝度飽和しておらず、画素数が小領域 E_i の 2 倍（所定値の倍）である領域を用いればよい。

【0026】

図 3 (a) の例では、平面サンプル上の一つの飽和領域 E_i とその隣接領域 NE_i を示している。

次に、ステップ S3 では、 E_i と NE_i の位相値ヒストグラム H_i 、 H_{NE_i} を求める。

【0027】

以下、図 3 を用いて、ヒストグラムの求め方を説明する。

図 3 (a) の平面サンプルに対して、画素毎に位相値を求めると、カメラの走査ラインの一つの位相値について、図 3 (b) に示すような結果が得られる。領域 E_i と領域 NE_i 内の位相値の傾きがあるため、このような位相値で求めた二つのヒストグラムを比較することは難しい。本発明の実施形態では、まず CCD の解像度 r （1 画素の横サイズ）、格子ピッチ $Pitch$ 、入射角度 α から以下の式 3 で傾き角度 β を求める。

【0028】

【数 2】

$$\beta = \tan^{-1} \left[\frac{2\pi \times \cos \alpha \times r}{Pitch} \right] \quad (\text{式 3})$$

そして、 E_i と NE_i の位相値の傾き補正を行う。例えば、図 3 (b) に示すように画素 M を軸に、位相値を時計回りに角度 β だけ回転させる。図 3 (c) に示すような傾き補

正後の E_i と NE_i の位相値を用いて、それぞれのヒストグラム H_i と HN_i を求める。

【0029】

以上の処理において、 E_i と NE_i の位相値に 2 のとびがある場合、傾き補正前に継続処理を行う。

図 4 は、輝度飽和領域の抽出処理において生成されるヒストグラムの例を示す図である。

【0030】

次に、ステップ S 4 では、図 4 に示すような二つのヒストグラム H_i 、 HN_i を比較する。比較結果の評価について、本発明の実施形態では、二つの H_i 、 HN_i の共通部分の画素数が H_i の画素数に示す割合を用いる。最後に、ステップ S 5 では、評価の結果が予め設定した評価基準より大きい場合、小領域 E_i の位相値が近隣領域との関連性が高いと判断され、この小領域を領域 A 2 (位相値が精度範囲内の領域) の一部とする (輝度飽和領域の境界領域とする)。ステップ S 4 において、相関度、類似度などの評価方法を用いてもよい。

【0031】

領域 A 1 と領域 A 1 に含まれる領域 A 2 からなる輝度飽和領域の抽出結果を、データ処理部 4 2 とデータ表示部 4 4 へ出力する。

図 5 は、コントラスト低下領域の抽出手順を示すフローチャートである。また、図 6 は、コントラスト低下領域の抽出処理の様子を示す図である。

【0032】

まず、輝度飽和領域 A 1 以外の画素全体に対して、振幅値の平均値 AVE を求める (ステップ S 1 1)。次に、振幅値が平均値 AVE より大きい画素を抽出し、以後の処理から外す (ステップ S 1 2)。

【0033】

図 6 (a) と (b) はステップ S 1 2 までの処理例を示す図である。図 6 (a) は、格子パターンの投影の様子を示しており、図 6 (b) は、コントラスト低下領域抽出処理の対象外領域を示す図である。

【0034】

更に、ステップ S 1 2 で残される画素 (以後有効画素という) に対して、平均フィルタを用いて平滑化処理を行う (ステップ S 1 3)。次に、図 6 (b) に示すような移動平均用近傍を用いて、移動平均法で近傍領域内の振幅値の小さい画素を抽出する (ステップ S 1 4)。近傍のサイズについて、ユーザによる調整は可能である。具体的な抽出方法として、画素 (x、y) の振幅値がその近傍の局所平均値より小さい画素を抽出する。ここで、近傍の局所平均値の算出は、近傍領域内有効画素のみに対して実施する。図 6 の例において、抽出された画素のみに対して、その振幅値を画像化した結果を図 6 (c) に示す。最後に、ステップ S 1 4 で抽出された画素の中に、全体から見ると振幅値が小さくないものがある可能性があるため、このような画素を抽出し、最終結果から外す (ステップ S 1 5)。具体的な方法として、ステップ S 1 4 で抽出された画素全体の振幅値の平均値と標準偏差を求め、所定振幅値範囲内 (平均値 ± 3) の画素を最終結果とする。図 6 (d) に、図 6 (c) の抽出結果の振幅値ヒストグラムを示す。図 6 (c) の抽出結果の一部はコントラスト低下領域の最終結果になる。

【0035】

コントラスト低下領域の抽出結果を領域 B として、データ処理部 4 2 とデータ表示部 4 4 へ出力する。

格子画像において、コントラスト低下領域の境界にある画素の輝度値が不安定であるため、その画素の位相値の信頼性も低い。この領域の抽出は、抽出したコントラスト低下領域が用いられる。予め決めた近傍を用いて、コントラスト低下領域の膨張処理を行い、膨張された部分をコントラスト低下領域の境界領域とする。

【0036】

コントラスト低下領域の抽出結果を領域 C として、データ処理部 4 2 とデータ表示部 4

10

20

30

40

50

4へ出力する。

本発明の実施形態では、輝度飽和領域、コントラスト低下領域、コントラスト低下領域の境界領域以外の画素について、隣接2画素間の位相値の差と入射角度の係数を用いて位相値の信頼性判定を行う。

【0037】

図7は、鏡面反射などによる位相エラー領域の抽出方法を説明する図である。

図7(a)と(b)において、横軸は走査ライン、縦軸は位相値を示す。入射光線の垂直方向に対する入射角度は θ である。また、画素aの位相値 P_a に対応する点を T_1 とし、画素aの隣接画素bの位相値 P_b に対応する点を T_2 とする。 P_a と P_b の間に、 $-2 < (P_b - P_a) < 2$ が成り立つ。ここで、計測対象は平面サンプルの場合、位相とびが発生していない T_1 と T_2 の関係は図7(a)に示すようになる。この場合、 θ は前述の式3で求められる。画素a、bの間に位相とびが発生した場合、理論上 $(P_b - P_a)$ は -2 に近い値になるが、実際にノイズなどの影響で位相とびの値が大きくなる(絶対値が小さくなる)可能性もあるので、位相とび判定基準を -2 より大きい値、例えば -1 に設定する。

10

【0038】

本発明の実施形態では、図7(b)に示すように、入射角度 θ に対して、 $(P_b - P_a)$ である位相とびの値が、所定の基準より大きい、かつ、 $[\tan \theta - \tan(\theta / 2 - \theta_0)]$ より小さいなら、画素aと画素bの位相値はエラーとする。つまり、このような位相値を用いて三次元形状を再現すると、画素bのところが光線が入れないところとなる。

20

【0039】

この位相エラー判別方法を用いて、鏡面反射による位相エラー、ランダムノイズによる位相エラーの一部が抽出される。

本発明の実施形態では、このような位相エラーを鏡面反射になどによる位相エラーと呼ぶ。

【0040】

図8は、鏡面反射による位相エラーの形成原因を説明する図である。

領域Eに入射する主な入射光は、入射光1のほかに、近くの領域E1の鏡面反射による反射光2がある。その結果、各格子画像における領域Eにある画素の輝度値の変化は予測できない。

30

【0041】

鏡面反射などによる位相エラー領域の抽出結果を領域Dとして、データ処理部42とデータ表示部44へ出力する。

以上は、位相値信頼性判定部の行う処理である。次に、データ処理部42では、位相値、位相値の信頼性判定結果(領域A1、A2、B、C、D)を用いて計測対象物の形状を算出する。形状の算出方法としては、従来の位相接続処理による形状の算出方法でもよいし、参照平面による形状の算出方法でもよい。これらの処理に、位相値の信頼性を用いることで、より正確な結果が得られる。例えば、位相接続処理に、位相値の信頼性の低い領域を避けて接続するようにすれば、位相接続エラーの伝播が発生しにくくなる。

【0042】

40

図9は、本発明の実施形態の処理結果の表示例を示す図である。

最後に、データ表示部44では、格子画像、位相値結果、振幅値結果、形状の算出結果を表示すると共に、位相値の信頼性判定結果(領域A1、A2、B、C、D)も表示するようにする。領域A1、A2、B、C、Dを区別できるように、カラー表示にしてもよい。また、形状を算出する際、各領域内の画素に対してマスクされたかどうか也表示する。図9は領域A1、A2、B、C、Dの表示画面の一例を示している。この表示画面から、領域A2と領域Dをマスクせず、それ以外の領域をマスクして、処理を行ったことも分かる。

【0043】

なお、位相値の信頼性判定結果が領域A1、A2、B、C、Dに分類されたため、各領

50

域を段階的に再現すれば、計測対象物全体も得られる。具体的には、それらの領域の再現には、領域それぞれの形成原因に基づき、装置構成を変更する。例えば、光量を自動的に下げて再計測すれば、輝度飽和領域 A 1 の再現ができる。また、投影方向を増やして再計測すれば、コントラスト低下領域 B とコントラスト低下領域の境界領域 C の一部が再現できる。また、投影角度を変更して再計測すれば、鏡面反射などによる位相エラーの一部も再現できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 4 】

【図 1】本発明の実施形態に係る 3 次元計測装置を含むシステムの構成を示す説明図である。

10

【図 2】輝度飽和領域の抽出手順を示すフローチャートである。

【図 3】輝度飽和領域の抽出処理の様子を説明する図である。

【図 4】輝度飽和領域の抽出処理において生成されるヒストグラムの例を示す図である。

【図 5】コントラスト低下領域の抽出手順を示すフローチャートである。

【図 6】コントラスト低下領域の抽出処理の様子を示す図である。

【図 7】鏡面反射などによる位相エラー領域の抽出方法を説明する図である。

【図 8】鏡面反射による位相エラーの形成原因を説明する図である。

【図 9】本発明の実施形態の処理結果の表示例を示す図である。

【符号の説明】

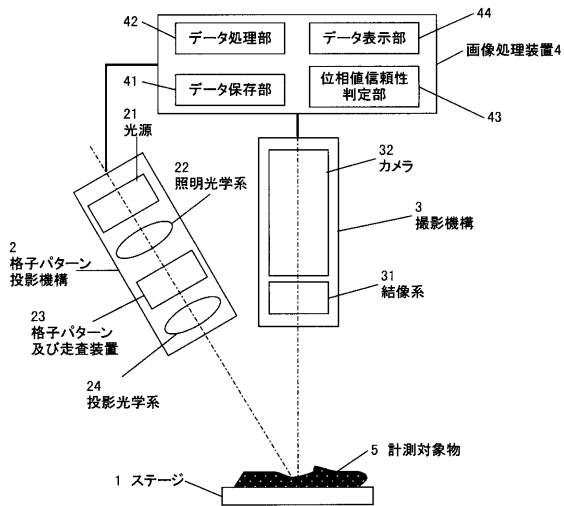
【 0 0 4 5 】

20

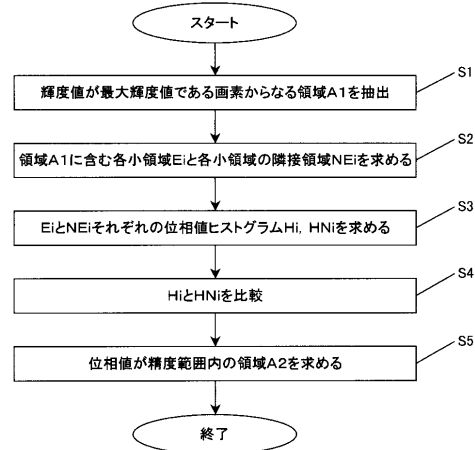
- 1 ステージ
- 2 格子パターン投影機構
- 3 撮影機構
- 4 画像処理装置
- 5 計測対象物
- 2 1 光源
- 2 2 照明光学系
- 2 3 格子パターン及び走査装置
- 2 4 投影光学系
- 3 1 結像系
- 3 2 カメラ
- 4 1 データ保存部
- 4 2 データ処理部
- 4 3 位相値信頼性判定部
- 4 4 データ表示部

30

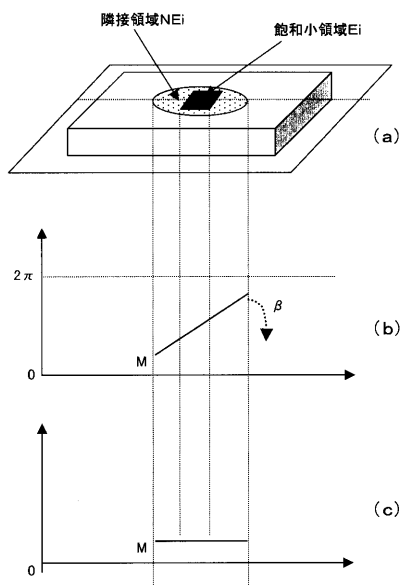
【図 1】



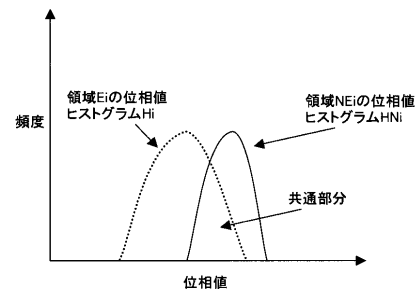
【図 2】



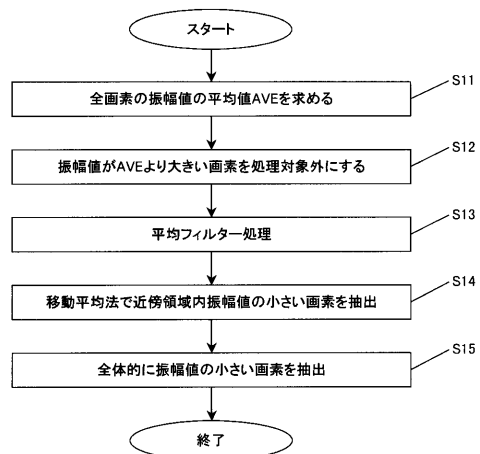
【図 3】



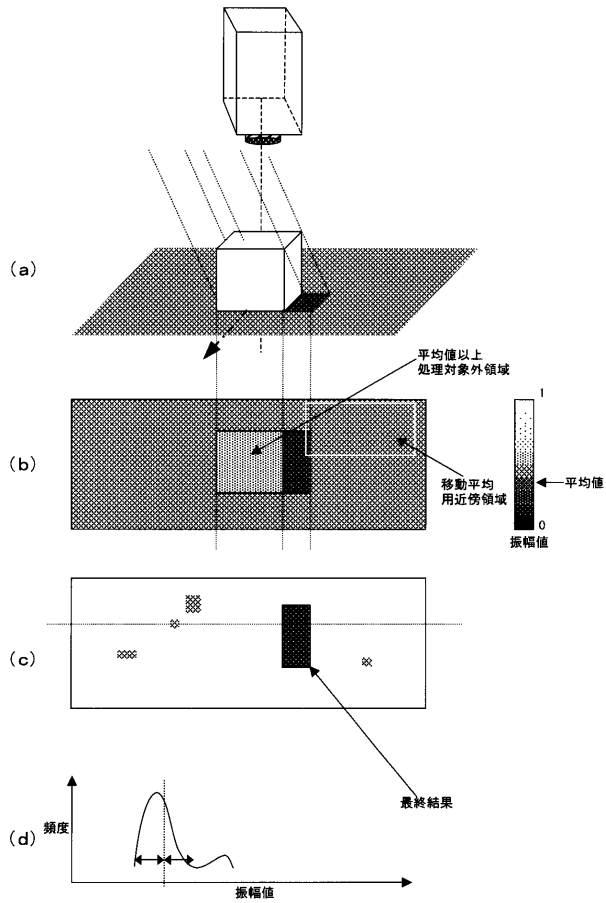
【図 4】



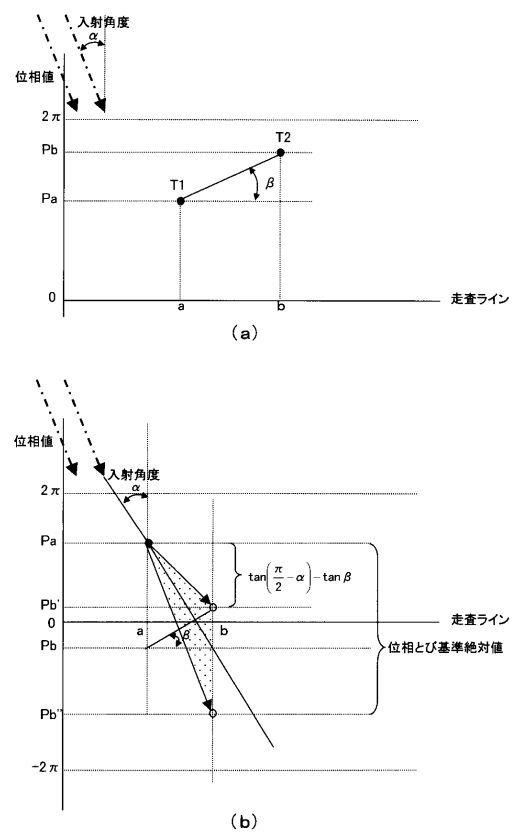
【図 5】



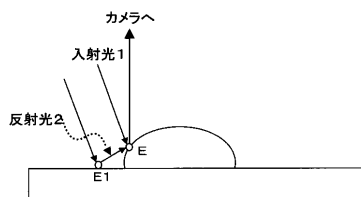
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

