

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4447970号
(P4447970)

(45) 発行日 平成22年4月7日 (2010.4.7)

(24) 登録日 平成22年1月29日 (2010.1.29)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 J 3/36 (2006.01)

G O 1 J 3/36

G O 1 B 11/24 (2006.01)

G O 1 B 11/24

A

G O 1 B 11/24

K

請求項の数 3 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2004-176200 (P2004-176200)
 (22) 出願日 平成16年6月14日 (2004.6.14)
 (65) 公開番号 特開2005-351871 (P2005-351871A)
 (43) 公開日 平成17年12月22日 (2005.12.22)
 審査請求日 平成19年6月13日 (2007.6.13)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100110412
 弁理士 藤元 亮輔
 (74) 代理人 100104628
 弁理士 水本 敦也
 (72) 発明者 沢田 保宏
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内

審査官 ▲高▼場 正光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物体情報生成装置および撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体に照射された第1の光の該物体上での形状を表す第1の画像に基づいて、前記物体の形状を算出する第1の処理手段と、

前記物体で反射した前記第1の光を波長ごとに分離したスペクトル像を表す第2の画像に関し、前記物体の形状に応じて変化する前記第2の画像上の位置と分離された前記第1の光の波長との対応を前記第1の画像に基づいて補正し、該補正結果に基づいて、前記物体の形状に対応付けられたスペクトル情報を生成する第2の処理手段とを有することを特徴とする物体情報生成装置。

【請求項 2】

前記第1の処理手段は、前記物体の複数の部位に照射された前記第1の光の形状を示す前記第1の画像に基づいて、前記物体の三次元形状を算出し、

前記第2の処理手段は、前記第1の画像と、前記物体の前記複数部位で反射した前記第1の光のスペクトルを表す前記第2の画像とに基づいて、前記物体の三次元形状に対応付けられたスペクトル情報を生成することを特徴とする請求項1に記載の物体情報生成装置。

【請求項 3】

請求項1又は2に記載の物体情報生成装置と、

前記第1の画像及び前記第2の画像を取得するための物体情報入力装置とを有することを特徴とする物体情報処理システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、実在する物体の形状およびスペクトル反射率を測定する技術に関し、特に物体の三次元形状および該三次元形状に対応したスペクトル反射率を測定する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の光学式三次元形状入力装置、例えばMinolta Vividでは、光切断法による形状測定機構に加え、CCDカラーカメラを備えることにより、対象物（物体）の形状を表す形状データと対象物の表面各部の色を表すテクスチャマップを得ることができる。これにより、形状データから対象物をCG（コンピュータ・グラフィックス）で再現する際に、表面色や模様までも再現することができる。

【0003】

ただし、カラーカメラは限られた数の色フィルタ（一般的にはR、G、Bカラーフィルタ）を通して得られた像の組み合わせで色を測定するため、詳細なスペクトル情報を得ることはできない。このため、テクスチャマップに記録された色は、撮像時の照明下での色でしかなく、異なるスペクトルの照明光下で見られる色を知ることができず、芸術作品のデジタルアーカイブや組成分析といった学術的用途へは利用が困難である。

【0004】

また、特許文献1では、光切断法においてスリット光として単一波長のレーザー光を複数組み合わせることにより表面色を測定する手法が提案されている。但し、この手法では、複数の波長における反射率を測定することはできても、分光測定のような広範囲における連続的なスペクトル反射率を測定することはできない。

【0005】

これらの用途に対応できる、より詳細なスペクトル情報を得る装置としては、非特許文献1にて提案されているようにイメージ分光器が用いられる。

【特許文献1】特許第2509776号公報

【非特許文献1】電子情報通信学会論文誌D-II Vol. J86-D-II No.6 pp1012-1019 『3次元形状と表面スペクトル分布の同時計測システム』

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、イメージ分光器では、照明光を絞る開口スリットに対応した縦一線の部位の撮像しかできないため、上記非特許文献1にて提案のものでは、形状入力のためにパターン投影法を用いている。このため、一線の形状データを得るのに複数回の撮像が必要である。したがって、対象物全体のデータを得るためには、対象物を少しずつ回転させながら各角度において複数回の撮像を繰り返さなくてはならず、最終的に膨大な撮像回数が必要になるという問題がある。

【0007】

そこで本発明では、イメージ分光と光切断法とを同じ照射光に基づいて行うことにより、光切断法による形状測定と同等の撮像回数で対象物の各部の詳細なスペクトル情報を得ることができる装置を提供することを例示的目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一側面としての物体情報生成装置は、物体に照射された第1の光の該物体上での形状を表す第1の画像に基づいて、物体の形状を算出する第1の処理手段と、物体で反射した第1の光を波長ごとに分離したスペクトル像を表す第2の画像に関し、物体の形状に応じて変化する第2の画像上の位置と分離された第1の光の波長との対応を第1の画像

10

20

30

40

50

に基づいて補正し、該補正結果に基づいて、物体の形状に対応付けられたスペクトル情報を生成する第２の処理手段とを有する。

【０００９】

また、本願第２の発明である撮像装置は、入射光を第１の光路と第２の光路とに導く光学部材と、第１の光路を介して入射光の形状を表す第１の画像を取得し、かつ第２の光路を介して入射光のスペクトルを表す第２の画像を取得する画像取得手段とを有することを特徴とする。

【発明の効果】

【００１１】

本願第１の発明によれば、物体に照射された同じ光（第１の光）を利用して得られた形状を示す画像とスペクトルを示す画像とに基づいて、物体の形状と該物体の各部のスペクトル情報とを得ることができる。また、本願第２の発明によれば、物体に照射された同じ光（第１の光）を利用して該物体の形状と該物体の各部のスペクトル情報を求めるために必要な画像（第１及び第２の画像）を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１２】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【実施例１】

【００１３】

図１には、本発明の実施例１である三次元画像処理システム１００について説明する。三次元画像処理システム１００は、物体情報入力装置としての三次元情報入力装置１０５と、物体情報生成装置としての三次元情報生成装置２２０とにより構成されている。また、三次元情報入力装置１０５は、照射ユニット１１０と、掃引手段としての回転台１２０と、撮像手段としての複合撮像ユニット１３０とを有する。

【００１４】

一方、三次元情報生成装置２２０は、それぞれコンピュータにより構成される、第２の処理手段の一部を構成する画像処理ユニット２００と、第１の処理手段および第２の処理手段の一部を構成する形状処理ユニット２１０とを有する。

【００１５】

本実施例では、対象物OBJの表面上で縦横に広がった領域内の三次元形状と該表面各部のスペクトル反射率とを計測する構成として説明を行うが、回転台１２０を備えず、対象物OBJの表面でスリット光により照明された一線上の各部の形状とスペクトル反射率を測定する装置としてもよい。なお、図１には説明のために対象物OBJも示されているが、この対象物OBJは本システムの構成要素ではない。

【００１６】

まず、三次元情報入力装置１０５の構成について詳しく説明する。照射ユニット１１０は、対象物OBJに向けてスリット光（第１の光）SLを照射する。スリット光とは、２次元的な薄い平面内を進行する光の集合又は線状に一方に延びる光であり、例えば直進ビーム光をシリンドリカルレンズによって一方にのみ拡散させたり、光源からの拡散光を光源前方に配置した細長い長方形の開口（絞り）を通過させたりすることによって形成される。なお、スリット光の太さ（線状光の線の太さ）は適宜選択可能である。

【００１７】

さらに、このスリット光は、測定対象スペクトル全域に対して有意な強度を持つ光である。本実施例では、可視波長域を測定対象スペクトル域とし、可視波長域全域に一樣な強度を持つ白色光を用いる。ここで、スリット光SLのスペクトル強度分布をE（ ）とする。

【００１８】

回転台１２０は、本実施例では、図２に示すように、対象物OBJを載置するテーブル

10

20

30

40

50

120aと、該テーブル120aを回転駆動するステッピングモータ等のアクチュエータ120bと、該アクチュエータ120bの駆動を制御する掃引コントローラ120cとにより構成され、スリット光SLに対象物OBJの表面全体を掃引させる。スリット光SLが対象物OBJの表面全体を効率良く掃引することができるように、該テーブル120aはスリット光SLが作る面（スリット光が線状に延びる方向）とは直交する方向に回転するように構成されている。掃引コントローラ120cは、形状処理ユニット210との間で情報の授受も可能であり、形状処理ユニット210からの制御信号に応じてアクチュエータ120bの駆動を制御するとともに、テーブル120aの回転角（回転位置）を検出して形状処理ユニット210に通知する。

10

【0019】

なお、本実施例では、対象物OBJを照射ユニット110に対して移動（回転）させることによりスリット光SLの対象物OBJに対する掃引を行う場合について説明しているが、照射ユニット110を対象物OBJに対して移動させることによってスリット光SLを掃引するようにしてもよい。また、掃引方向は、本実施例のように一方向であってもよいし、複数方向であってもよい。さらに、照射ユニット110においてスリット光SLの位置や方向を変化させてスリット光SLを掃引するようにしてもよい。すなわち、掃引手段としては、スリット光SLと対象物OBJとを相対移動させる構成であればよい。

【0020】

複合撮像ユニット130は、本実施例では、結像光学系135と、光路分割器（光学部材）134と、光切断撮像部136と、スペクトル撮像部137とを有する。光切断撮像部136は、イメージセンサ133を有する。また、スペクトル撮像部137は、分光器132とイメージセンサ131とを有する。ここで、イメージセンサ131、133としては、CCDセンサやCMOSセンサなどが用いられる。

20

【0021】

光路分割器134は、結像光学系135から入射した光（対象物OBJで反射したスリット光SL）の光路を光切断撮像部136とスペクトル撮像部137で同一の視野が得られるように分割し、両撮像部136、137に導く。光路分割器134としては、ハーフミラーやビームスプリッタ等が用いられる。

【0022】

結像光学系135は、光切断撮像部136とスペクトル撮像部137とにより共用され、光路分割器134を介して両撮像部136、137のイメージセンサ133、131上に入射光を結像させる。該結像光学系135および光切断撮像部136により構成される光切断撮像系と、結像光学系135およびスペクトル撮像部137により構成されるスペクトル撮像系とは、瞳および光軸が一致している。

30

【0023】

光切断撮像部136のイメージセンサ133は、光路分割器134からの光が形成する像、すなわちスリット光SLの対象物OBJ上での形状像を撮像する。対象物OBJの表面に凹凸がある場合、対象物OBJ上に照射されたスリット光SLは、該対象物OBJの表面形状に沿った凹凸形状を有する反射光となり、イメージセンサ133は、該反射光の形状を撮像する。

40

【0024】

分光器132は、光路分割器134からの光を波長ごとに分離してスペクトル撮像部137のイメージセンサ131に導く。該分光器132の分光面は、光路分割器134からの光が作る面に対して直交するよう配置されている。これにより、イメージセンサ131は、光路分割器134からの光、すなわち対象物OBJで反射したスリット光SLのスペクトル像を撮像することができる。但し、対象物OBJの表面に凹凸がある場合、前述したように対象物OBJ上で反射したスリット光SLは凹凸形状を有するため、イメージセンサ131で撮像されるスペクトル像は、後述するように該凹凸形状の影響を含む。

【0025】

50

イメージセンサ 131, 133 からの出力は、図 3 に示すように、A/D 変換器 138 によって A/D 変換され、画像処理回路 139 に入力される。画像処理回路 139 は、イメージセンサ 133 からの出力の A/D 変換信号に基づいて、上記形状像を示す光切断画像（第 1 の画像）を生成する。また、画像処理回路 139 は、イメージセンサ 131 からの出力の A/D 変換信号に基づいて、上記スペクトル像を示すスペクトル画像（第 2 の画像）を生成する。本実施例では、回転台 120（つまりは対象物 OBJ）を所定角度回転させるごとに光切断画像とスペクトル画像が取得される。

【0026】

光切断画像は、画像処理ユニット 200 と形状処理ユニット 210 に出力され、スペクトル画像は、画像処理ユニット 200 に出力される。

10

【0027】

なお、以下の説明において、画像面上でスリット光が作る面と平行な軸を V 軸とし、分光面と平行な軸を U 軸とする。また、光切断画像上で像点が $U = 0$ となる方向を基準方向とし、該基準方向から波長の光が入射したときにおけるスペクトル画像上での結像位置の U 座標 u を $u = \text{spectr}(\quad)$ とする。

【0028】

画像処理ユニット 200 は、複合撮像ユニット 130 から出力された光切断画像およびスペクトル画像を受け、該光切断画像に基づいてスペクトル画像における像面上の位置とスペクトル波長とを対応づけるための補正処理を行い、該補正後のスペクトル画像から、対象物 OBJ におけるスリット光照射領域（後に説明するように、この領域を切断線と称する）の各部のスペクトル反射率を算出するためのスペクトル受光強度を算出する。該スペクトル受光強度のデータは、形状処理ユニット 210 に出力される。なお、この画像処理ユニット 200 での詳しい処理については後述する。

20

【0029】

形状処理ユニット 210 は、複合撮像ユニット 130 から出力された光切断画像と、照射ユニット 110、対象物 OBJ および複合撮像ユニット 130 の相対位置関係を示す配置情報とから、対象物 OBJ におけるスリット光照射領域の形状（断面形状）を算出する。上記配置情報は、予め形状処理ユニット 210 内のメモリ（図示せず）に入力保存されている。そして、形状処理ユニット 210 は、対象物 OBJ の回転位置ごとに取得された光切断画像を用いて、最終的に対象物 OBJ の全体にわたる三次元形状を算出する。

30

【0030】

さらに、形状処理ユニット 210 は、画像処理ユニット 200 から入力されたスペクトル受光強度から対象物 OBJ におけるスリット光照射領域の各部のスペクトル反射率（スペクトル情報）を算出する。そして、対象物 OBJ の回転位置ごとに取得されたスペクトル画像を用いて、最終的に対象物 OBJ の表面全体の各部のスペクトル反射率を算出する。

【0031】

また、形状処理ユニット 210 は、対象物 OBJ の三次元形状を示すデータと対象物 OBJ の表面各部におけるスペクトル反射率とを対応付けて出力又は記録する。なお、この形状処理ユニット 210 での詳しい処理についても後述する。

40

【0032】

本実施例では、画像処理ユニット 200 と形状処理ユニット 210 とを別ユニットとして説明しているが、これらは一体のコンピュータによって構成することもできる。この場合、画像処理ユニット 200 および形状処理ユニット 210 の機能は、一連のコンピュータプログラムとして実現することも可能である。

【0033】

以下、本三次元情報処理システム 100 の具体的動作について説明する。まず光切断画像とスペクトル画像の取得動作について図 4 のフローチャートを参照しながら説明する。なお、該取得動作は、形状処理ユニット 210 によってコントロールされる。

50

【 0 0 3 4 】

はじめに、図 1 に示すように、測定者は、対象物 O B J を回転台 1 2 0 上に設置し、測定開始スイッチ（図示せず）を投入する。形状処理ユニット 2 1 0 は、照射ユニット 1 1 0 を点灯し、白色スリット光 S L を対象物 O B J に向けて照射させる（ステップ S 1）。これにより、対象物 O B J の表面のうちスリット光 S L が照射された部分に明るい切断線 C が表れる。複合撮像ユニット 1 3 0 は、対象物 O B J から所定距離離れた位置に、上記切断線 C が撮像視野に入る向きで設置される。この時点で、回転台 1 2 0、照射ユニット 1 1 0 および複合撮像ユニット 1 3 0 の位置および向きが決められ、これらの配置情報は形状処理ユニット 2 1 0 に入力される。

10

【 0 0 3 5 】

次に、回転台 1 2 0 を初期位置に回転させる（ステップ S 2）。そして、複合撮像ユニット 1 3 0 により対象物 O B J に対する光切断画像およびスペクトル画像を撮像する（ステップ S 3）。取得された光切断画像およびスペクトル画像は、画像処理ユニット 2 0 0 および形状処理ユニット 2 1 0 に出力される（ステップ S 4）。次に、今回の撮像が対象物 O B J の全周にわたる撮像回数のうち最終回であるか否かを判別し（ステップ S 5）、最終回であれば該取得動作を終了する。一方、最終回でなければ、回転台 1 2 0 を所定角度回転させ（ステップ S 6）、ステップ S 3 に戻って次の撮像を行う。こうして、回転台 1 2 0 を所定角度回転させるごとに光切断画像およびスペクトル画像を撮像し、複数の光切断画像およびスペクトル画像を順次画像処理ユニット 2 0 0 および形状処理ユニット 2 1 0 に出力していく。

20

【 0 0 3 6 】

本実施例では、対象物 O B J にて反射したスリット光 S L を光路分割器 1 3 4 によって分割しているため、光切断画像とスペクトル画像とを同時に撮像することができる。言い換えれば、同一のスリット光 S L を用いて光切断画像とスペクトル画像とを得ることができる。さらに言い換えれば、対象物 O B J の表面における同一部位（同一回転位置）に対する光切断画像とスペクトル画像とを得ることができる。

【 0 0 3 7 】

図 5 A および図 5 B には、同時に撮像された光切断画像とスペクトル画像の例を示している。これらの図において、縦方向が V 軸、横方向が U 軸である。光切断画像では、対象物 O B J の表面のうちスリット光 S L が照射された部分に表れた切断線 C の像が一本の線として写っている。ここで、複合撮像ユニット 1 3 0 は、対象物 O B J に対するスリット光 S L の照射方向に対して斜めの方向から撮像を行うため、切断線像は対象物 O B J の表面の凹凸に沿った形状を持つ。一方、スペクトル画像は、この切断線像を U 軸方向に分光した画像となる。

30

【 0 0 3 8 】

ここで、一般のイメージ分光器であれば、スペクトル画像における U 座標と分光波長とは直に対応するが、本システムでは、対象物 O B J の形状に応じて変化する切断線 C の各部位の位置がスペクトル撮像系への入射方向となるため、分光器 1 3 2 への入射角が定まらず、この結果、U 座標と分光波長とは直に対応しない。

40

【 0 0 3 9 】

このように同一回転位置で撮像された光切断画像とスペクトル画像は対となって画像処理ユニット 2 0 0 へ出力され、また光切断画像は回転台 1 2 0 の回転位置情報と共に形状処理ユニット 2 1 0 へ出力される。

【 0 0 4 0 】

画像処理ユニット 2 0 0 では、複合撮像ユニット 1 3 0 から入力された光切断画像とスペクトル画像から切断線 C 上の各部におけるスペクトル受光強度を算出する。ここで、図 6 は画像処理ユニット 2 0 0 の動作例を示すフローチャートである。

図 6 において、画像処理ユニット 2 0 0 は、複合撮像ユニット 1 3 0 から出力された一対

50

の光切断画像とスペクトル画像を読み込む（ステップS 1 1）。

【0041】

次に、画像処理ユニット200は、光切断画像のうち切断線Cの像が存在するV座標の領域から、1つのV座標値 v を順次設定し、以下の処理を行う。すなわち、切断線像が存在する領域のうち最小のV座標値と最大のV座標値の間を一定間隔で順次 v とする（ステップS 1 2）。

【0042】

次に、画像処理ユニット200は、図7に示すように、切断線像上でV座標が v となる部分のU座標 u_v を求める（ステップS 1 3）。

さらに、図8に示すように、スペクトル画像上で $V = v$ となるライン上の受光強度分布を $I_v(U)$ とする（ステップS 1 4）。

10

【0043】

そして、これらにより、切断線像上でV座標が v となる部分におけるスペクトル受光強度 $I_v(\quad) = I_v(\text{spectr}(\quad) + u_v)$ を得る（ステップS 1 5）。以上の処理を、各 v に対して繰り返す。以上の処理により、スリット光SLによって照明された切断線C上の各部のスペクトル受光強度が得られる。

【0044】

なお、上記 $I_v(\quad)$ の波長 λ をU座標と直に対応させると、一般のイメージ分光器で得られるスペクトル画像と同等の画像（図9）が得られる。

【0045】

20

形状処理ユニット210では、複合撮像ユニット130から出力された光切断画像より、対象物OBJ上の切断線C（言い換えれば、切断線Cが存在する対象物表面上の領域）の形状を算出する。この算出法には、一般に光切断法として知られる方法が利用でき、その一例としては、井口征士・佐藤宏介著『三次元画像計測』（昭晃堂、1990）に説明された方法である。

【0046】

また、形状処理ユニット210では、画像処理ユニット200から入力されたスペクトル受光強度のデータをスペクトル反射率に変換する。

【0047】

具体的には、計測点 t におけるスペクトル反射率を $R_t(\quad)$ とし、スペクトル受光強度 $I_t(\quad)$ の算出の基となったスペクトル画像を撮像した際の対象物OBJ、照射ユニット110および複合撮像ユニット130の位置関係より決まる、計測点 t に対応する対象物表面上の点を T 、点 T と照射ユニット110間の距離を l_{light} 、点 T と複合撮像ユニット130間の距離を l_{OBJ} とし、照射ユニット110の発光スペクトルを $E(\quad)$ 、イメージセンサ131のスペクトル感度を $S(\quad)$ 、結像光学系135・光路分割器134・分光器132のスペクトル透過率を $T(\quad)$ とすると、

30

$$R_t(\quad) = \text{att}(l_{\text{light}}) / l_{\text{OBJ}}^2 \times I_t(\quad) / (E(\quad) S(\quad) T(\quad))$$

によりスペクトル反射率が求まる。なお、 $\text{att}(l)$ はスリット光の減衰関数であり、扇形に拡散する光では $\text{att}(l) = l^{-1}$ である。

【0048】

40

また、 $E(\quad) \cdot S(\quad) \cdot T(\quad)$ は個別に分かっていなくても、スペクトル反射率 $R_{\text{carib}}(\quad)$ が既知の対象物を測定し、得たスペクトル受光強度 $I_{\text{carib}}(\quad)$ から

$$E(\quad) S(\quad) T(\quad) = \text{att}(l_{\text{light}}) / l_{\text{OBJ}}^2 \times I_{\text{carib}}(\quad) / R_{\text{carib}}(\quad)$$

として積 $(E(\quad) S(\quad) T(\quad))$ を知ることができる。

【0049】

以上により、対象物OBJにおける1つの切断線Cに対応する領域の形状と該領域の各部におけるスペクトル反射率が得られる。そして、以上の処理を、対象物OBJの回転位置ごとに取得された複数対の光切断画像とスペクトル画像を基に繰り返し行うことにより、対象物OBJの全体にわたる三次元形状と表面各部のスペクトル反射率が得られる。

【0050】

50

こうして得られた三次元形状と表面各部におけるスペクトル反射率は、CG装置500に入力され、ここで、三次元形状と表面各部のスペクトル反射率を表した対象物OBJの再現画像が生成される。これについては、他の実施例でも同様である。

【0051】

なお、本実施例では、対象物に照射するスリット光を1つとしているが、複数のスリット光を照射してもよい。この場合、画像処理ユニット200および形状処理ユニット210はそれぞれ、光切断画像やスペクトル画像に写った複数の切断線像に対して上記処理を行う。

【実施例2】

【0052】

図10には、本発明の実施例2である三次元情報処理システム101の構成を示している。本実施例の三次元情報処理システム101は、物体情報入力装置としての三次元情報入力装置106と、物体情報生成装置としての三次元情報生成装置220とにより構成されている。また、三次元情報入力装置106は、照射ユニット111と、掃引ユニット121と、撮像手段としての複合撮像ユニット1301とを有する。

【0053】

一方、三次元情報生成装置220は、それぞれコンピュータにより構成される、第2の処理手段の一部を構成する画像処理ユニット200と、第1の処理手段および第2の処理手段の一部を構成する形状処理ユニット210とを有する。

【0054】

照射ユニット111は、拡散光を発する光源111aと、該光源111aの前側に配置された、上下に細長い開口（絞り）111cを有した開口パネル111bとから構成されている。光源111aから発せられた光のうち開口111cを透過した光がスリット光SLとなって、対象物OBJに照射される。スリット光は、実施例1と同様に、E（ ）の強度分布を持つ白色光である。

【0055】

掃引ユニット121は、アクチュエータと該アクチュエータの駆動を制御する掃引コントローラとを有し、開口パネル111bを開口111cの長手方向（上下方向）に直交する方向（左右方向）に移動させる。これにより、開口111cを透過したスリット光SLも左右に移動する。掃引ユニット121は、形状処理ユニット210との間で情報の授受が可能であり、また開口パネル111bの位置を形状処理ユニット210に通知する。

【0056】

なお、照射ユニット111として、例えば液晶パネルや微小ミラーアレイを備えたイメージプロジェクタを利用することも可能である。すなわち、一本の白い直線を含む画像を対象物OBJに向けて投影することにより、スリット光を照射することになる。この場合、掃引ユニット121は、直線の位置が異なる画像を順次投影することによって、スリット光を掃引する。

【0057】

複合撮像ユニット1301は、結像光学系135と、回折格子を有する回折素子1302と、イメージセンサ1303とにより構成されている。回折素子1302は、入射した光（対象物OBJからの反射光）の光路を回折作用によって2つに分割する。具体的には、回折素子1302は、入射光を直進光（0次回折光）と、該直進光に対して角度を持った方向に進む回折光（例えば、1次回折光）とに分離する。なお、回折素子1302の回折面は、ここに入射するスリット光SLが作る面に対して直交するように配置されている。

【0058】

イメージセンサ1303は、回折素子1302からの直進光によって形成される該直進光の形状の像、つまりはスリット光SLの対象物OBJ上での形状を示す像を撮像する受

10

20

30

40

50

光エリアと、回折光によって形成されるスペクトル像、つまりは対象物OBJにて反射したスリット光SLのスペクトルを示す像を撮像する受光エリアとを有する。なお、本実施例では、直進光と回折光を単一のイメージセンサ上の異なる受光エリアで受けるが、直進光と回折光とをそれぞれ別々のイメージセンサによって受けてもよい。

【0059】

そして複合撮像ユニット1301は、イメージセンサ1303の各受光エリアからの出力に対して、実施例1で図3にて説明したのと同様の処理を施して、直進光による光切断画像の部分と回折光によるスペクトル画像の部分とを含む単一画像を生成し、これを画像処理ユニット200および形状処理ユニット210に出力する。

【0060】

光切断画像とスペクトル画像の取得動作は、図4に示したフローチャートのステップS2が掃引ユニット121の初期位置へのセットに、ステップS6が掃引ユニット121の次の位置への駆動となる以外は、実施例1と同様である。

【0061】

画像処理ユニット200および形状処理ユニット210は、実施例1と同様の処理によって、対象物OBJの三次元形状と対象物OBJの表面各部におけるスペクトル反射率とを算出する。

【0062】

本実施例によれば、実施例1で使用した光路分割器と分光器に代えて回折素子1302を使用し、さらに単一のイメージセンサ1303を用いて光切断画像とスペクトル画像とを撮像するので、実施例1に比べて、複合撮像ユニットをより少ない構成部品で実現でき、小型化を図ることができる。

【0063】

なお、本実施例で説明した照射ユニット111を、実施例1において使用することも可能である。

【実施例3】

【0064】

図11には、本発明の実施例3である三次元情報処理システム102の構成を示している。本実施例の三次元情報処理システム102は、物体情報入力装置としての三次元情報入力装置107と、物体情報生成装置としての三次元情報生成装置220とにより構成されている。また、三次元情報入力装置107は、照射ユニット110と、回転台120と、撮像手段としての複合撮像ユニット1310とを有する。

【0065】

一方、三次元情報生成装置220は、それぞれコンピュータにより構成される、第2の処理手段の一部を構成する画像処理ユニット200と、第1の処理手段および第2の処理手段の一部を構成する形状処理ユニット210とを有する。

【0066】

本実施例の複合撮像ユニット1310は、結像光学系135と、分光器1311と、分光器着脱機構1312と、イメージセンサ1313とにより構成されている。

【0067】

分光器着脱機構1312は、照射ユニット110から対象物OBJに照射されて該対象物OBJ上で反射し、結像光学系135に向かうスリット光SLの光路（撮影光路）に対して分光器1311を出入りさせる機構である。分光器1311は、実施例1と同様に、入射した光を波長ごとに分離する。このため、分光器1311を撮影光路内に配置することにより、上記反射したスリット光SLのスペクトル像をイメージセンサ1313上に形成することができる。また、分光器1311を撮影光路外に出すことにより、上記反射したスリット光SLの形状（スリット光SLの対象物OBJ上での形状）を示す像をイメージセンサ1313上に形成することができる。これにより、複合撮像ユニット1310は、分光器1311の出し入れによって、光切断画像とスペクトル画像とを時系列的に撮像することができる。そして、これらの画像を画像処理ユニット200および形状処理ユニ

10

20

30

40

50

ット 2 1 0 に出力する。

【 0 0 6 8 】

なお、本実施例の分光器 1 3 1 1 はいわゆる直進型であって、光路への出入りによって視野が変化しないものが望ましい。このような分光器は、グリズムとして知られている。本実施例によれば、イメージセンサ 1 3 1 3 および結像光学系 1 3 5 を有する既存のカメラモジュールに、分光器 1 3 1 1 および着脱機構 1 3 1 2 を付加するだけで複合撮像ユニットを構成することができる。

【 0 0 6 9 】

また、本実施例の照射ユニット 1 1 0、回転台 1 2 0、画像処理ユニット 2 0 0 および形状処理ユニット 2 1 0 の構成および動作は実施例 1 と同様である。

10

【 0 0 7 0 】

但し、本実施例の複合撮像ユニット 1 3 1 0 は、光切断画像とスペクトル画像とを同時に撮像することはできない。このため、形状処理ユニット 2 1 0 において、対となる光切断画像とスペクトル画像が撮像される間は回転台 1 2 0 の回転位置を保持したり（図 4 のステップ S 3 で、光切断画像取得 分光器 1 3 1 1 の挿入 スペクトル画像取得 分光器 1 3 1 1 の退避の動作が行われる）、対象物 O B J の全周にわたって光切断画像とスペクトル画像のうち一方を連続して撮像した後に、他方を撮像したりすることになる。

【 0 0 7 1 】

なお、本実施例で説明した複合撮像ユニットを、実施例 2 にて使用することもできる。

【 0 0 7 2 】

20

（まとめ）

以下、上記実施例での説明をまとめる。

上記各実施例によれば、対象物に向けてスリット光を照射し、該スリット光の対象物上での形状を表す光切断画像および該対象物で反射したスリット光のスペクトルを表すスペクトル画像を取得する複合撮像ユニットを有するので、対象物の表面でスリット光により照明された一線上の各部位の形状とスペクトル反射率とを測定できる。

【 0 0 7 3 】

また、対象物および照射ユニットのうち少なくとも一方の位置や向きを変化させる掃引手段を備えることにより、対象物の表面上でスリット光により照明された部分を掃引し、対象物の表面上で縦横に広がった領域内の各部に対するスペクトルを測定できる。

30

【 0 0 7 4 】

なお、掃引手段は、対象物表面のなるべく広い範囲に対し、順次白色スリット光を照射するための機構であり、可動部の 1 つの軸は、スリット光の面と直交する面内で対象物を移動又は回転させるのが有効である。また、スリット光は、測定しようとするスペクトル帯の全域に対し、対象物によるスリット光の散乱反射光がスペクトル画像上で検知可能な強度となる以上の有意な強度を持つべきである。特に可視波長域でのスペクトルを測定する場合には、スリット光は白色光とするとよい。

【 0 0 7 5 】

また、スリット光のスペクトル強度分布は、測定中に不規則に変動すべきではなく、スペクトル強度分布やイメージセンサのスペクトル感度や光学系のスペクトル透過率が既知である必要がある。スペクトル強度分布やイメージセンサのスペクトル感度や光学系のスペクトル透過率は、対象物の測定の前又は後に何らかの方法で測定することにより既知とすることも可能である。特に、スペクトル反射率が既知の対象物に対して測定を行い、キャリブレーションをすることは、既存のスペクトル計測装置でも広く行われており、本発明の装置においても同様に有効である。

40

【 0 0 7 6 】

また、複合撮像ユニットは、掃引手段の動作と共にスリット光と対象物の位置関係が異なる複数の光切断画像およびスペクトル画像を撮像する。撮像する画像の数が多いほど空間分解能が向上し、撮像画像間でのスリット光と対象物の位置関係の相違が一定であるほど、均質なデータが得られる。このためには、複合撮像ユニットは、掃引手段の動作の一

50

定間隔ごとに光切断画像およびスペクトル画像を撮像する。

【0077】

また、複合撮像ユニットは、少なくとも、スペクトル画像の撮像に用いたスリット光と同一のスリット光を用い、かつスペクトル画像を撮像した対象物の位置と同じ位置の光切断画像を撮像するのがよい。これにより、どのスペクトル画像に対しても同一のスリット光と対象物の位置関係において撮像された光切断画像が用意される。例えば、光切断画像とスペクトル画像とを同時に撮像すればよい。

【0078】

さらに、複合撮像ユニットは、対象物上に照射されたスリット光の形状とその分光像を光切断画像およびスペクトル画像として撮像するが、それを実現する方策の1つとしては、複合撮像ユニットが光切断画像を撮像するための光切断撮像系と、スペクトル画像を撮像するためのスペクトル撮像系の双方を備えることである。

スペクトル撮像系は、2次元撮像デバイスと分光器を備え、分光面はスリット光が作る面と平行であってはならず、直交するように配置するのが望ましい。

【0079】

なお、光切断撮像系およびスペクトル撮像系の前面には光路分割器を設置し、対象物上で反射したスリット光を光切断撮像系およびスペクトル撮像系の双方に分割して導くことにより、光切断撮像系とスペクトル撮像系とで同一の視野が得られる。より厳密には、光路分割器を介して光切断撮像系およびスペクトル撮像系の光軸と瞳が互いに一致するように配置するとよい。

【0080】

さらに、光路分割器の存在により、光切断撮像系およびスペクトル撮像系は、付随する結像光学系の一部又は全てを共有することが可能である。このためには、光路分割器を光切断撮像系およびスペクトル撮像系に付随する結像光学系の内部又は後方（イメージセンサ側）に設置するとよい。

【0081】

また、別の方策としては、複合撮像ユニットに回折素子を設け、直進光により光切断画像を、回折光によってスペクトル画像を撮像する。これは先の方策における光路分割器と分光器を回折格子に置き換えたことにあたる。直進光と回折光の分離を良くするため、回折素子の回折面はスリット光が作る面と直交するように配置されるのが望ましい。この方策でも結像光学系は1つで済む。

【0082】

更に別の方策としては、複合撮像ユニットに、撮像光路に対して出入りが可能な分光器を設け、該分光器の出入りによって光切断画像とスペクトル画像を切り替えて撮像する。この方策で使う分光器は直進型で、撮像光路への出入りによって撮像視野を変化させないものが便利である。

【0083】

既存のイメージ分光器では、分光器に対する入射角がその前面に配置される直線スリット開口によって制限される。このため、像面上の位置がスペクトル波長に直に対応する。しかし、本実施例では、入射方向は対象物の表面に表れるスリット切断線であり、その形状は変化する。したがって、本実施例では、分光器を通して得られるスペクトル画像と共に、分光器を通さずに結像した光によって光切断画像を撮像し、光切断画像から求まる入射方向によって、スペクトル画像における像面上の位置とスペクトル波長の対応を補正する。この補正を画像処理ユニットにより行うことで、スペクトル画像からスペクトル受光強度を得る。

【0084】

さらに、形状処理ユニットでは、光切断画像により対象物の3次元形状を計測し、スペクトル受光強度に対するスペクトル画像の撮像時の対象物、照射ユニット、複合撮像ユニットの位置関係を加味することにより、スペクトル反射率を求める。本実施例では、スリ

10

20

30

40

50

ット光が対象物を切断する線の方角と掃引手段によるスリット光の掃引方向とにより、対象物表面の広い範囲に対して２次元的な空間分布でスペクトル受光強度を測定でき、三次元形状の表面各部におけるスペクトル反射率を三次元形状に対応付けて出力又は記録することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 5 】

【図 1】本発明の実施例 1 である三次元情報処理システムの構成を示す図である。

【図 2】実施例 1 の三次元情報処理システムを構成する回転台の構成を示す図である。

【図 3】実施例 1 の三次元情報処理システムを構成する複合撮像ユニットの構成を示す図である。

10

【図 4】実施例 1 の三次元情報処理システムを構成する三次元情報入力装置の動作を示すフローチャートである。

【図 5 A】光切断画像の例を示す図である。

【図 5 B】スペクトル画像例を示す図である。

【図 6】実施例 1 の三次元情報処理システムを構成する三次元情報生成装置の動作を示すフローチャートである。

【図 7】 u_v の説明図である。

【図 8】 $I_v(U)$ の説明図である。

【図 9】補正されたスペクトル画像の例を示す図である。

【図 10】本発明の実施例 2 である三次元情報処理システムの構成を示す図である。

20

【図 11】本発明の実施例 3 である三次元情報処理システムの構成を示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 8 6 】

1 0 0 , 1 0 1 , 1 0 2 三次元情報処理システム

1 0 5 , 1 0 6 , 1 0 7 三次元情報入力装置

1 1 0 , 1 1 1 照射ユニット

1 2 0 回転台

1 2 1 掃引機構

1 3 0 , 1 3 0 1 , 1 3 1 0 複合撮像ユニット

1 3 1 , 1 3 3 , 1 3 0 3 , 1 3 1 3 イメージセンサ

30

1 3 2 , 1 3 1 1 分光器

1 3 5 結像光学系

1 3 6 光切断撮像部

1 3 7 スペクトル撮像部

2 0 0 画像処理ユニット

2 1 0 形状処理ユニット

2 2 0 三次元情報生成装置

5 0 0 C G 装置

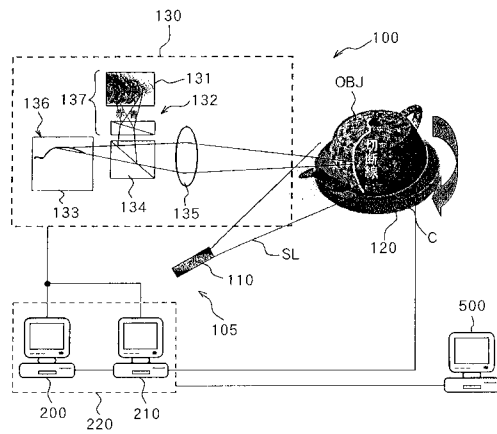
1 3 0 2 回折素子

O B J 対象物

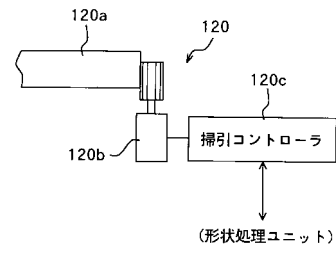
40

S L スリット光

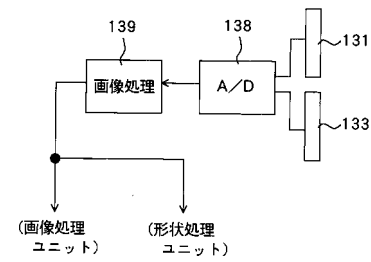
【図 1】



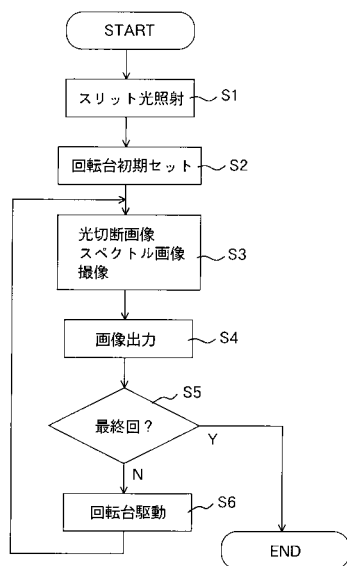
【図 2】



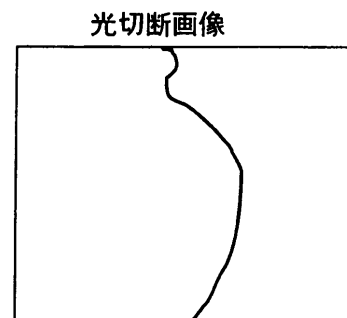
【図 3】



【図 4】



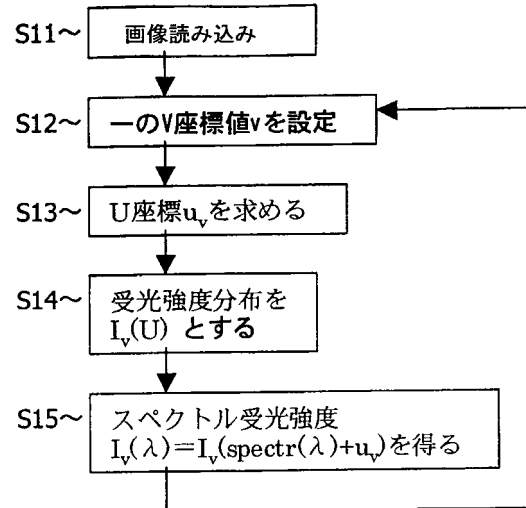
【図 5 A】



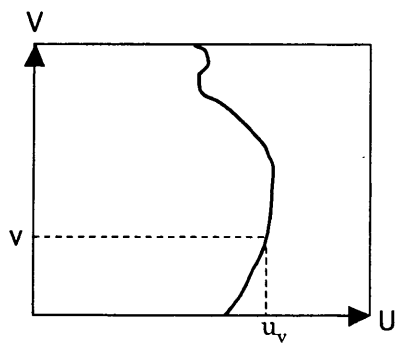
【図 5 B】



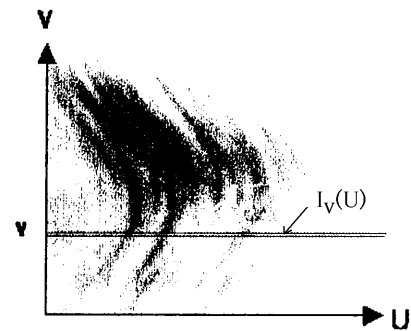
【図 6】



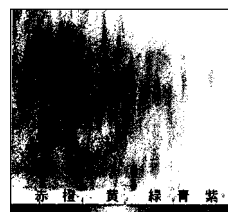
【図 7】



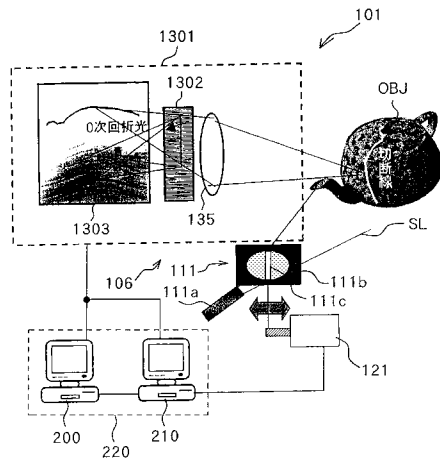
【図 8】



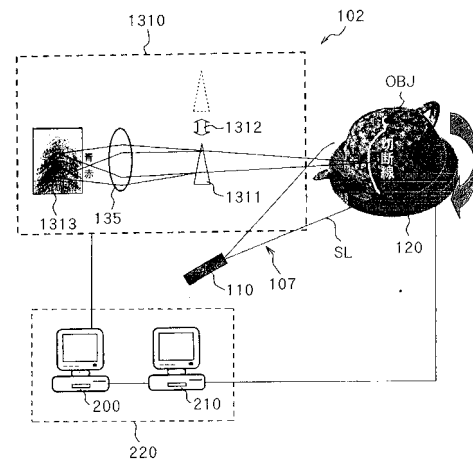
【図 9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特表2004-515778(JP,A)
特開平06-034323(JP,A)
特開平08-261830(JP,A)
特開平05-187833(JP,A)
特開2001-289782(JP,A)
特開2003-106995(JP,A)
特開2003-294424(JP,A)
特開2002-048719(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J3/00-3/52
G01N21/00-21/61
G01B11/00-11/30