(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2007 年10 月25 日 (25.10.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/119396 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 11/25 (2006.01) *G06T 1/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2007/055371

(22) 国際出願日: 2007 年3 月16 日 (16.03.2007)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2006-078477 2006 年3 月22 日 (22.03.2006) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ブラザー工業株式会社 (BROTHER KOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4678561 愛知県名古屋市瑞穂区苗代町１５番１号 Aichi (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岩崎 岳雄 (IWASAKI, Takeo) [JP/JP]; 〒4678561 愛知県名古屋市瑞穂区苗代町１５番１号 ブラザー工業株式会社内 Aichi (JP).

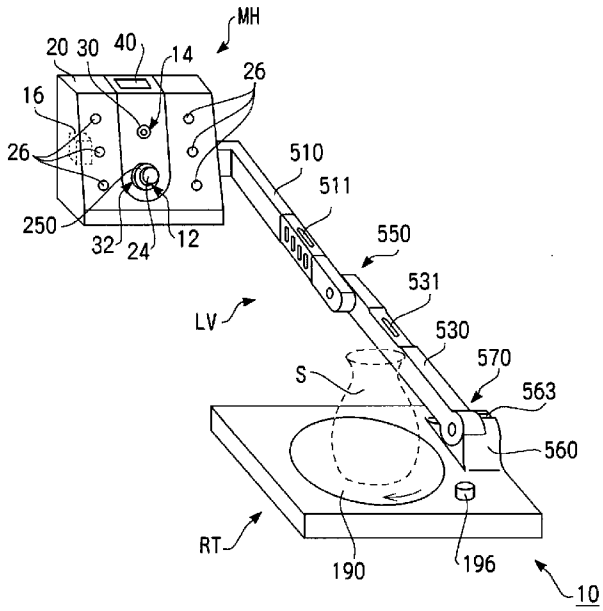
(74) 代理人: 松岡 修平 (MATSUOKA, Shuhei); 〒2060034 東京都多摩市鶴牧１丁目２４番１号 新都市センタービル６Ｆ Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,

[続葉有]

(54) **Title:** THREE-DIMENSIONAL INFORMATION MEASURING APPARATUS

(54) **発明の名称:** 三次元情報測定装置



(57) **Abstract:** A three-dimensional information measuring apparatus is provided with a placing table having a rotating placing plane for placing an object; an imaging means for imaging the object on the rotating placing plane; a foldable supporting section, which movably supports the imaging means to the placing table, keeps a distance between the rotating placing plane and the imaging means in the unfolded status substantially fixed, and holds the imaging means to direct the visual line on the rotating placing plane; and a supporting section regulating means for regulating movement of the supporting section so that the position of the imaging means to the placing table is fixed to one of a plurality of specified positions.

(57) 要約: 被写体が載置される回転可能な回転載置面を有した載置台と、回転載置面上の被写体を撮像する撮像手段と、撮像手段を載置台に対して移動自在に支持した折り畳み可能な支持部であって、非折り畳み状態において回転載置面と撮像手段との

[続葉有]

WO 2007/119396 A1

SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

距離を略一定に保ち且つその視線を回転載置面上に向けるよう撮像手段を保持した支持部と、載置台に対する撮像手段の位置が複数の規定位置の何れかに固定されるよう支持部の動きを規制する支持部規制手段とを備えた三次元情報測定装置を提供する。

明 細 書

三次元情報測定装置

技術分野

[0001] この発明は、被写体における三次元の形状及び色を測定する三次元情報測定装置に関する。

背景技術

[0002] 被写体の三次元情報を測定するための装置が種々提案されている。例えば特開平11－118438号公報（特許文献1）には、撮像装置の光学条件と位置条件を検出し、検出されたこれらの条件及び撮像画像に基づいて被写体の三次元形状を測定する三次元形状測定装置が開示されている。また米国特許第6，611，617号公報（特許文献2）及び特表平11－509928号公報（特許文献3）には、多関節アームに取り付けられたプローブにより被写体を様々な角度でスキャニングしてその三次元形状及び色情報を測定するスキャニング装置が開示されている。

[0003] これらの特許文献に開示された装置では、被写体に対して撮像手段（上記特許文献1における撮像装置や上記特許文献2，3におけるプローブ）が移動可能であり、当該被写体に対する撮像手段の撮影角度が種々変化し得る。すなわち撮像手段は、被写体を様々な角度から撮像することができる。被写体の載置面を下面とすると、これらの撮像手段によってその上面及び側面を撮像することが可能である。これらの撮像データを所定のアルゴリズムによって処理することにより、被写体の三次元情報が測定される。

発明の開示

[0004] しかしながら、上記特許文献1から3に開示された装置では以下に示される問題がある。

[0005] 上記特許文献1から3に開示された装置では、撮像手段を移動させる度にその位置や向きの情報を取得して、撮像手段と被写体との相関を演算する必要がある。従って、高精度な三次元情報測定を実現するためには精度の高いセンサが必要となる。このようなセンサは装置の大型化やコストアップの要因となるため望ましくない。また

上記演算は制御系への負担となり得る。

[0006] 特に、上記特許文献2，3に開示されている多関節アームは大型で複雑な構造体であり、その駆動制御も複雑である。このような多関節アームは、装置のサイズやコスト、制御系への負担等の観点からすると望ましい構成とは言えない。また、多関節アームの可動範囲は装置全体のサイズに対して十分に広い。従って、上記特許文献2，3に開示された装置を用いて三次元情報測定を行う場合には十分に広いスペースが必要となる。これは、装置の使用場所を限定する要因となり得る。

[0007] 一方、特開平9－133511号公報（特許文献4）には、2台以上の撮像装置で撮像した測定対象物の画像データを数値計算して、測定対象物の位置座標を測定する光学式三次元測定方法および装置が開示されている。この三次元測定装置は、具体的には、固定された2台の撮像装置により、測定点指示具の所定位置を撮像することにより、測定対象である点（穴）の三次元座標を測定するものである。

[0008] 上記特許文献4に開示されている三次元測定装置は、撮像装置が測定対象に対して固定されているため、撮像装置の位置や向きの情報を取得する高精度のセンサや、撮像装置を移動させるための機構は不要である。しかしながら、この三次元測定装置は、複数台の撮像装置を使用しなければならないため、コストアップにつながる。また、特許文献4には、測定対象物の形状を測定する具体的手法は開示されていない。

[0009] そこで、本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、様々な視線から被写体の三次元情報を測定可能であると共に、小型化、コストダウン、制御系への負担軽減等が実現される三次元情報測定装置を提供することを課題としている。

[0010] 上記の課題を解決する本発明の一態様に係る三次元情報測定装置は、被写体における三次元の形状及び色を測定する装置である。この三次元情報測定装置は、被写体が載置される回転可能な回転載置面を有した載置台と、回転載置面上の被写体を撮像する撮像手段と、撮像手段を載置台に対して移動自在に支持した折り畳み可能な支持部であって、非折り畳み状態において回転載置面と撮像手段との距離を略一定に保ち且つその視線を回転載置面上に向けるよう撮像手段を保持した支持部と、載置台に対する撮像手段の位置が複数の規定位置の何れかに固定されるよう

支持部の動きを規制する支持部規制手段とを備えたことを特徴としたものである。

[0011] 本発明に係る三次元情報測定装置によれば、支持部により撮像手段を移動させても、当該撮像手段と載置台上の被写体との距離が略一定に保たれ且つ撮像手段の視線も当該被写体に向けられた状態に保たれる。更に、載置台に対する撮像手段の位置も複数の規定位置の何れかに選択的に固定され得る。すなわち被写体に対する撮像手段の位置及び向きは、支持部及び支持部規制手段により既知の状態にセットされる。従って、被写体に対する撮像手段の位置合わせ作業が不要となる。また撮像手段の位置情報等の演算処理も不要となる。このため制御系に対する負担が軽減される。また更に、支持部及び支持部規制手段は単純な構成であるため、小型化やコストダウンに好適な三次元情報測定装置の提供も実現可能となる。支持部は折り畳み可能であるため、持ち運びに便利な三次元情報測定装置の提供も実現可能となる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の実施の形態に係る三次元情報測定装置の展開状態における外観を示した斜視図である。

[図2]本発明の実施の形態に係る三次元情報測定装置の展開状態における外観を示した側面図である。

[図3]本発明の実施の形態に係る三次元情報測定装置の展開状態における外観を示した側面図である。

[図4]本発明の実施の形態に係る三次元情報測定装置の収納状態における外観を示した側面図である。

[図5]本発明の実施の形態に係る三次元情報測定装置の収納状態における外観を示した斜視図である。

[図6]測定ヘッドの外観を拡大して示した図である。

[図7]第一レバーと第二レバーとの連結構造を拡大して示した図である。

[図8]第二レバーとジョイントホルダとの連結構造を拡大して示した図である。

[図9]測定ヘッドの内部構成を示す平面断面図である。

[図10]投影部を拡大して示す平面図である。

[図11]本発明の実施の形態に係る三次元情報測定装置の電気的構成を概念的に表すブロック図である。

[図12]投影機構を示す正面図である。

[図13]投影機構の要部を示す部分断面平面図である。

[図14]回転角度調節機構を部分的に拡大して示す正面図である。

[図15]光変調体を拡大して示す正面図である。

[図16]カメラ制御プログラムにおいて実行されるメイン処理を概念的に表すフローチャートである。

[図17]図16のS108において実行される立体画像処理を概念的に表すフローチャートである。

[図18]図17のS1007において実行される三次元色形状検出処理を三次元色形状検出処理ルーチンとして概念的に表すフローチャートである。

[図19]図18のS1210を撮像処理プログラムとして概念的に表すフローチャートである。

[図20]図19のS2007において実行される投影処理を投影処理サブルーチンとして概念的に表すフローチャートである。

[図21]本発明の実施の形態に係る三次元情報測定装置の作動を説明するためのタイミングチャートである。

[図22]図18のS1220を三次元計測処理サブルーチンとして概念的に表すフローチャートである。

[図23]図22のS4002において実行されるコード画像生成プログラムを概念的に表すフローチャートである。

[図24]図18のS1230を三次元色形状検出結果生成ルーチンとして概念的に表すフローチャートである。

[図25]別の実施の形態に係る三次元情報測定装置の垂直展開状態における斜視図である。

[図26]更に別の実施の形態に係る三次元情報測定装置の垂直展開状態における斜視図である。

[図27]更に別の実施の形態に係る三次元情報測定装置の一部の構成の側面図である。

発明を実施するための最良の形態

[0013] 以下、図面を参照して、本発明の実施の形態の三次元情報測定装置の構成及び作用について説明する。

[0014] 図1乃至5に、本発明の実施の形態の三次元情報測定装置10の外観を示す。本実施形態の三次元情報測定装置10は、後述するように収納状態(折り畳み状態)と展開状態(非折り畳み状態)に変形可能である。図1乃至3には展開状態、図4及び5には収納状態の三次元情報測定装置10が示されている。より詳細には、図1に、展開状態の三次元情報測定装置10の斜視図を示す。また図2及び3に、展開状態の三次元情報測定装置10の側面図を示す。また図4に、収納状態の三次元情報測定装置10の側面図を示す。また図5に、収納状態の三次元情報測定装置10の斜視図を示す。

[0015] 三次元情報測定装置10は投影機能、照明機能、撮像機能、及び、三次元情報取得機能を有している。投影機能とは、被写体S(物体)の三次元形状情報の測定に必要なパタン光であって、複数種類のストライプ状のパタン光を被写体Sに投影する機能を示す。また照明機能とは、被写体Sの表面色情報の測定に必要な照明光を当該被写体Sに照明する機能を示す。また撮像機能とは、上記パタン光が投影された被写体S、又は、照明光が照明された被写体Sを撮像する機能を示す。また三次元情報取得機能とは、その撮像結果を用いて所定の信号処理を行い、被写体Sの三次元情報(表面色情報及び形状)を取得する機能を示す。

[0016] 三次元情報測定装置10は、測定ヘッドMH、回転テーブルユニットRT、及び、レバー部LVを備えている。

[0017] 回転テーブルユニットRT上面の一部は、回転可能な回転載置面190として構成されている。回転載置面190は例えば直径7インチの円状の面である。回転載置面190は、回転テーブルユニットRT上面と同一高さに面を成し、テーブルモータ194(図11参照)により回転し得る。回転載置面190上に被写体Sを載置して回転載置面190を回転させると、測定ヘッドMHに対する被写体Sの向きがその回転に応じて変わる

。回転テーブルユニットRTによって被写体Sが所定量ずつ回転されて、測定ヘッドMHがその回転毎に当該被写体Sを撮像することにより、被写体S表面の像が全周（例えば被写体S側面を360度）に渡って取得可能となる。

[0018] なお回転テーブルユニットRT上面には位置規制部196が形成されている。回転載置面190からはみ出るよう被写体Sが載置されている状態で当該回転載置面190が回転すると、被写体Sのはみ出た部分が位置規制部196側面に当たる。この場合、さらに当該回転載置面190が回転すると、被写体Sは、位置規制部196側面に押されて回転載置面190内に収まる方向に案内される。これにより、被写体Sは適切な位置に収められる。

[0019] 被写体Sについては、回転テーブルユニットRTの所定量の回転毎における上記撮像によって複数の部分画像が取得される。ここでいう「画像」とは、通常の平面画像のみならず、三次元物体の表面色情報、及び、その三次元形状情報を有する三次元画像をも包含するように解釈される。

[0020] 上記複数の部分画像は、三次元形状情報として個々に抽出された後、形状ステッチ処理により単一の形状ステッチ画像に結合される。次いで、その被写体Sについて取得された複数の部分画像における表面色情報（テクスチャ）が、その形状ステッチ画像にマッピングされる。それと共にテクスチャステッチ処理により、その表面色情報によって表される複数の表面色が、それら複数の部分画像の継ぎ目において境界色差を有することなく接ぎ合わされる。これらの一連の処理により、その被写体Sについての三次元入力結果すなわち三次元色形状データが生成される。

[0021] 測定ヘッドMHは、投影部12、撮像部14、処理部16、及び、ケーシング20を有している。投影部12は被写体Sに所定の複数種類のパタン光を選択的に投影するものである。撮像部14は被写体Sを撮像するものである。処理部16は、被写体Sの三次元形状情報及び表面色情報の取得を行うために各構成要素の制御、信号処理等を行うものである。ケーシング20は、これら投影部12、撮像部14、及び、処理部16を保持した略直方体状の筐体である。

[0022] またケーシング20には鏡筒24も保持されている。鏡筒24は、ケーシング20正面においてその一部が露出するよう装着されている。撮像部14は撮像光学系30を有して

いる。撮像光学系30は、その一部を成すレンズがケーシング20正面において露出するよう当該ケーシング20に装着されている。被写体Sの光学像は、撮像光学系30の上記露出部分に入射し得る。図2および図3に示されるように、撮像光学系30は例えば撮影視野角 θ_{VA} を有する。すなわち撮影視野角 θ_{VA} 内の物体は撮像部14において撮像される。なお説明の便宜上、撮像光学系30の光軸に符号「O_1」を付す。

[0023] 鏡筒24の内部には、図9に示されるように、投影部12の一部を成す投影光学系32が収容されている。投影光学系32には、複数枚の投影レンズ34、及び、絞り36が含まれる。

[0024] 鏡筒24は、投影光学系32を、焦点調節のために鏡筒ホルダ250内において全体的に移動可能である状態で保持している。また鏡筒24は、投影光学系32を損傷から保護している。複数枚の投影レンズ34のうち最も外側に位置するものがケーシング20正面において露出している。投影光学系32は、その最も外側の投影レンズ34を最終出射面として被写体Sに向かってパタン光を投影する。

[0025] また測定ヘッドMHの前面(ケーシング20正面)には、白色光を照射する白色LED(Light Emitting Diode)群26が備えられている。白色LED群26は被写体Sを照明するための手段であり、複数の周知の白色LED素子から成る。白色LED群26は処理部16に電気的に接続されており、処理部16の制御下で駆動される。

[0026] 後に詳説するが、パタン光投影は被写体Sの三次元形状情報を測定するために必要な処理である。パタン光投影時には白色LED群26による被写体Sの照明は行われない。これに対して白色LED群26による被写体Sの照明は、被写体Sの表面色情報を測定するために必要な処理である。上記照明時にはパタン光投影は行われない。

[0027] また、撮像光学系30の後方にはCCD70が配置されている。CCD70は例えば周知のカラーCCDである。CCD70は、撮像光学系30の像側焦点面上にその受光面が位置するよう配置されている。すなわちパタン光が投影、又は、照明光が照明された被写体Sの光学像はCCD70によって電気信号に変換される。

[0028] ここで、図6に、測定ヘッドMH周辺部の外観を拡大して示す。図6(a)に、測定ヘッドMHの側面図を示す。また図6(b)に、測定ヘッドMHの背面図を示す。これらの図

に示されるように、ケーシング20上面にはレリーズボタン40が設けられている。また図6(b)に示されるように、ケーシング20の背面にはモード切替スイッチ42、4接点カーソルキー(方向キー)43、及び、モニタLCD(Liquid Crystal Display)44が設けられている。なおモード切替スイッチ42は三個のボタンから成る。モード切替スイッチ42及び4接点カーソルキー43はそれぞれ、ファンクションボタンの一例を構成する。

[0029] レリーズボタン40は、三次元情報測定装置10を作動させるためにユーザによって操作される。このレリーズボタン40は、2段階の押しボタン式のスイッチによって構成されている。レリーズボタン40を用いて、ユーザの操作状態(押下状態)が「半押し状態」である場合と「全押し状態」である場合とで異なる指令を発令できる。レリーズボタン40の操作状態は処理部16によって監視される。処理部16によって「半押し状態」が検出されれば周知のオートフォーカス(AF)及び自動露出(AE)の機能が起動する。これにより、ピント、絞り及びシャッタスピードが自動的に調節される。これに対して、処理部16によって「全押し状態」が検出されれば撮像等が行われる。

[0030] モード切替スイッチ42は、ユーザ・オペレーションにより三次元情報測定装置10の作動モードを複数種類のモードの何れかに設定するためのユーザ・インターフェースである。ここでいう複数種類のモードには、後述のSLOWモード、FASTモード、及び、オフモードが少なくとも含まれる。図6(b)において「S」で示されたものがSLOWモードである。また「F」で示されたものがFASTモードである。また「OFF」で示されたものがオフモードである。モード切替スイッチ42の操作状態は処理部16によって監視されている。この操作状態が処理部16によって検出されると、その検出された操作状態に対応するモードでの処理が三次元情報測定装置10において実行される。

[0031] モニタLCD44は、液晶ディスプレイを用いて構成されている。モニタLCD44は処理部16から画像信号を受けて画像を表示する。このモニタLCD44は、例えば被写体Sの三次元形状の検出結果を表す画像(立体画像)等を表示する。

[0032] 図6に示されるように、ケーシング20にはアンテナ50が装着されている。アンテナ50はRF(radio frequency)インタフェースである。アンテナ50は、図9に示されるようにRFドライバ52に接続されている。このアンテナ50及びRFドライバ52を用いて、図示しない外部インタフェースとの間で、所定の情報を無線によって送受信する。この所

定の情報には、例えば被写体Sを立体画像として表すデータやそれに関連する他の情報等が含まれる。

[0033] この三次元情報測定装置10は、上述した複数種類のモードのうちユーザによって選択されたモードに従って作動する。SLOWモードは、被写体Sを低速で高精度で撮像する低速撮像モードであり、撮像精度優先モードである。FASTモードは、被写体Sを高速で低精度で撮像する高速撮像モードであり、撮像時間優先モードである。オフモードは、この三次元情報測定装置10の動作を停止させるモードである。

[0034] 撮像部14は、被写体Sを撮像し、その撮像結果から画素間引き画像と画素非間引き画像とを選択的に取り出すことができるように構成されている。なお画素間引き画像とは、その被写体Sの全体画像を構成する画素群(以下、「被写体S全体画素群」と略記)の何れかを間引いて形成される画像である。また画素非間引き画像とは、被写体S全体画素群から何れの画素も間引かずに形成される画像である。信号処理に掛かる時間は、画素非間引き画像よりも画素間引き画像の方が短い。

[0035] CCDを用いた撮像の分野では、被写体Sの撮像結果から画素間引き画像を取り出すために、例えば加算方式や選択方式等が既に知られている。

[0036] 加算方式によれば、被写体S全体画素群が、複数の画素から成る幾つかの画素グループに分けられる。次いで、各画素グループに属する複数の対象画素の照度検出値が画素グループ毎に加算される。そしてその加算された照度を用いて、各画素グループに属する複数の対象画素の照度検出値が均等に分散される。

[0037] これに対して選択方式によれば、複数の画素グループの各々に属する複数の対象画素から、それら対象画素を代表する代表画素が画素グループ毎に選択される。次いで、その選択された代表画素の照度検出値を用いて、各画素グループに属する複数の対象画素の照度検出値が均等に分散される。

[0038] 本実施形態では、撮像部14は、加算方式又は選択方式のうち予め選択されたものに従って、被写体Sの撮像結果から画素間引き画像を抽出することができるように構成されている。

[0039] 画素非間引き画像を抽出する非間引き画像処理モードは、被写体Sを低速で高精度で撮像する低速撮像モードに適している。一方、画素間引き画像を抽出する間引

き画像処理モードは、被写体Sを高速で低精度で撮像する高速撮像モードに適している。

[0040] 従って本実施形態では、FASTモード選択時には間引き画像処理モードが設定される。一方、SLOWモード選択時には非間引き画像処理モードが設定される。

[0041] 測定ヘッドMHと回転テーブルユニットRTはレバー部LVにより機械的に連結されている。レバー部LVは、第一レバー510及び第二レバー530を有している。これらのレバーは、例えば耐衝撃性ポリスチレン(PS-HI(High-impact modified polystyrene))樹脂により、その長手方向に直交する切断面が矩形となるよう成型されている。第一レバー510の一端は、測定ヘッドMHのケーシング20に例えばねじ止めや接着等により固定されている。第一レバー510の他端は、収納ジョイント550により第二レバー530に対して回動自在に連結されている。

[0042] 換言すると、第二レバー530の一端は、収納ジョイント550により第一レバー510に対して回動自在に連結されている。ここで、回転テーブルユニットRT上面にはジョイントホルダ560が形成されている。第二レバー530は、他端において回動ジョイント570によりジョイントホルダ560に対して回動自在に支持されている。

[0043] ユーザは、例えば収納ジョイント550を中心として第二レバー530に対して第一レバー510を回動させることができる。そしてこの回動により、三次元情報測定装置10を収納状態又は展開状態の何れかにセットすることができる。より詳細には、上記回動により、例えば図4及び5に示されるように、第一レバー510と第二レバー530とが略重なり合うようレバー部LVを折り畳むことができる(すなわち収納状態)。三次元情報測定装置10を収納状態にセットしたとき、当該装置全体がコンパクトになる。これは、装置の持ち運びやすさを向上させるという効果を奏する。

[0044] なお、第一レバー510、第二レバー530にはそれぞれ、グリップ部511、531が形成されている。グリップ部511及び512は、収納状態において、第一レバー510と第二レバー530との合わせ面を挟んで面対称となるよう形成されている。すなわち収納状態においてグリップ部511と512は、恰も一つのグリップ部を成すように合わさる。グリップ部511及び512は把持力確保のために、その表面が凹凸に形成されている。なお、グリップ部511及び512表面にゴム材を貼り付けて把持力を向上させた構造

を採用しても良い。

[0045] 第二レバー530に対して第一レバー510を収納状態から180度回動させることにより、三次元情報測定装置10を図1乃至3に示される展開状態にセットすることもできる。展開状態では、測定ヘッドMHの前面が、回転テーブルユニットRTから所定量離間して(測定ヘッドMHの前面の所定位置が回転テーブルユニットRTに関連する所定位置から所定量離間して)且つ回転載置面190上の被写体Sに対向するよう位置する。すなわち展開状態では撮像部14の視線が被写体Sに向く。

[0046] ここで、図7に、第一レバー510と第二レバー530との連結構造を拡大して示す。図7(a)に、上記連結構造の拡大外観図を示す。図7(b)に、図7(a)におけるC－C断面図を示す。上記連結構造が図7(a)及び(b)に示される状態にあるとき、三次元情報測定装置10は展開状態にある。

[0047] 図7(b)に示されるように、第一レバー510の面(より詳細には、第二レバー530との対向面510a)上には凹部であるバネ用間隙512が形成されている。そして化粧板513が、バネ用間隙512を覆うように対向面510a上に取り付けられている。附言すると化粧板513は、バネ部分を有し、そのバネ部分を除いた全体において対向面510a上に後述の化粧板フックの作用により固定され、そのバネ部分近傍においては対向面510a(バネ用間隙512周囲)から僅かに離間するよう取り付けられている。すなわち化粧板513は、その一端(根本部分)が固定端であり、他端(先端)が自由端である片持ちばりとなっている。従って化粧板513の先端に外力が加えられると、当該化粧板513はその外力に応じた量だけ屈曲する。化粧板513の先端はピン514として形成されている。ピン514は略半球形状を有した部分である。ピン514は対向面510aから突出するよう位置している。なお化粧板513は例えばPS-HI樹脂から成る成型品である。化粧板フック516は、化粧板513上に一体成形されている樹脂バネ作用を持つフック(爪)であり、自身の弾性変形により第一レバー510に構造的に引っ掛かり支える作用を有する。

[0048] 対向面510a上には略円筒形状の凸部515も形成されている。第一レバー510は、その長手方向に直交する方向に貫通した貫通穴を有している。この貫通穴は、凸部515の中心部分を貫通するよう形成されている。この貫通穴には、収納ジョイント550

の一部を成す軸551が嵌挿されている。

[0049] 収納ジョイント550は、軸551、ボールベアリング552、及び、止め環553から構成されている。軸551は例えばSUSを切削加工したものである。軸551は、公差まで加味した場合には上記貫通穴よりも径が大きく(又は同一と)なるように設計されている。従って軸551は、上記貫通穴に嵌挿されるだけで第一レバー510に強固に固定される。なお軸551は、凸部515から所定量突出する程度の長さを有している。

[0050] 軸551の上記突出部分にはボールベアリング552が止め環553と凸部515端面により狭持されている。ボールベアリング552は周知の構造を有したものである。ボールベアリング552は、内包した保持したボールに対して摺動可能に構成された内輪と外輪を有している。ボールベアリング552は、その内輪が軸551に隙間なく嵌合している。すなわちボールベアリング552の内輪と軸551は相対的に固定された状態にある。

[0051] 第二レバー530には凹部539が形成されている。第二レバー530に対して第一レバー510を連結させるとき、凹部539には、対向面530a(第二レバー530が有する第一レバー510との対向面)側から、第一レバー510のうちの対向面510aよりも突出した部分が収納される。この突出した部分とは、凸部515、軸551の上記突出部分、ボールベアリング552、及び、止め環553である。このときボールベアリング552は、その外輪が凹部539に隙間なく嵌合される。すなわちボールベアリング552の外輪と凹部539は相対的に固定された状態となる。

[0052] ボールベアリング552の内輪と外輪は、周知のように、その間に内包した保持されたボールによってころがり運動して互いに回転する。上述したように、内輪は第一レバー510、外輪は第二レバー530に相対的に固定されている。このため第一レバー510と第二レバー530は、ボールベアリング552の作用により軸551を中心として回動することができる。

[0053] なお凹部539は、第二レバー530の長手方向に直交する方向に貫通した形状を有している。対向面530aの反対側の面上には、凹部539を塞ぐための蓋532が取り付けられている。

[0054] 第二レバー530には溝533が形成されている。図7(a)及び(b)に示されるように、

溝533にはピン514が係合される。

[0055] ピン514が溝533に係合しているとき、三次元情報測定装置10は展開状態にある。このとき化粧板513は自然状態（すなわち外力が加えられていない状態）にある。従ってピン514は、対向面530aから突出するよう位置し、溝533に係合している。

[0056] 第二レバー530に対して第一レバー510を図7（a）及び（b）に示される状態から回動させる場合、化粧板513を屈曲させるのに十分な外力を与える必要がある。より詳細には、一点鎖線で示された状態513'に化粧板513を変形させられる外力を最低限与える必要がある。換言すると、上記外力を与えられない限り、ピン514は溝533に係合された状態を保つ。すなわち三次元情報測定装置10は展開状態を保つ。

[0057] ピン514は、上記の如き外力の付与により溝533から外れて対向面530aに乗り上げる（より詳細には対向面530a上に点接触する）。ここで、対向面530aは対向面510aに近接した面である。従ってこのとき化粧板513は、ピン514において対向面530aに押圧される。これにより状態513'に変形する（なお、状態513'は、化粧板513が変形していることを明確に示すために、変形の程度が強調されて示されている）。

[0058] ピン514が溝533から外れた状態では、ピン514は、対向面530aを押圧するのみである。この状態では、第一レバー510は、例えばその自重により第二レバー530に対して回動し得る。これでは三次元情報測定装置10を収納状態に安定させることができない。三次元情報測定装置10を収納状態で安定させるため、第二レバー530には、図7（b）に示されるように溝534が形成されている。溝534は、軸551を挟んで溝533と対称的な位置に形成されている。

[0059] 例えば第二レバー530に対して第一レバー510を図7（a）及び（b）に示される状態から180度回動させる。この場合、ピン514は溝534に係合する。このとき第一レバー510と第二レバー530とは略重なり合っている。すなわち三次元情報測定装置10は、図4又は5に示される収納状態にセットされる。展開状態の例と同様の理由により、三次元情報測定装置10は収納状態を保つことができる。

[0060] ここで、図1及び2に示される展開状態では、撮像部14は被写体Sの側面に対向するよう位置している。これに対して図3に示される展開状態では、撮像部14は被写体Sの上面に対向するよう位置している。すなわち本実施形態では、展開状態における

被写体Sに対する測定ヘッドMH（撮像部14）の姿勢が二通り存在する。

[0061] 第二レバー530は、ジョイントホルダ560に対して二つの位置の何れか一方で係止されるよう構成されている。一つの位置は水平位置である。これは、図1及び2に示されたように、各レバーの長手方向が水平方向に略沿った位置である。もう一つの位置は垂直位置である。これは、図3に示されたように、各レバーの長手方向が垂直方向に略沿った位置である。ユーザは、第二レバー530をジョイントホルダ560に対して回動させることにより、展開状態における被写体Sに対する測定ヘッドMHの姿勢を変えることができる。

[0062] 図4及び5に示されるように収納状態にも二通りの姿勢が存在する。収納状態における姿勢変更も展開状態時と同様に、第二レバー530をジョイントホルダ560に対して回動させることにより実現される。すなわち上記垂直位置では、三次元情報測定装置10は図4に示された収納状態になる。また上記水平位置では、図5に示された収納状態となる。測定ヘッドMHは、何れの収納状態においても回転載置面190上に収まる。

[0063] ここで、図8に、第二レバー530とジョイントホルダ560との連結構造を拡大して示す。図8（a）に、上記連結構造の拡大外観図を示す。図8（b）に、図8（a）におけるD－D断面図を示す。図8（a）及び（b）には、上記連結構造が垂直位置で係止されている状態が示されている。

[0064] 図8（b）に示されるように、第二レバー530の面（より詳細には、ジョイントホルダ560との対向面530b）には凹部であるバネ用間隙535が形成されている。そして化粧板536が、バネ用間隙535を覆うように対向面530b上に取り付けられている。附言すると化粧板536は、そのバネ部分を除いた全体においてのみ対向面530b上後述の化粧板フックの作用により固定され、バネ部分近傍においては対向面530bから僅かに離間するよう取り付けられている。すなわち化粧板536は、化粧板513と同様に片持ちばりとして構成されている。従って化粧板536の先端に外力が加えられると、当該化粧板536はそれに応じた量だけ屈曲する。化粧板536の先端はピン537として形成されている。ピン537は略半球形状を有した部分である。ピン537は対向面530bから突出するよう位置している。化粧板536も化粧板513と同様に、例えばPS-HI樹

脂から成る成型品である。化粧板フック541は、化粧板536上に一体成形されており、化粧板フック516と同様の構成及び作用を有する。

[0065] 対向面530b上には略円筒形状の凸部538も形成されている。第二レバー530は、その長手方向に直交する方向に貫通した貫通穴を有している。この貫通穴は、凸部538の中心部分を貫通するよう形成されている。この貫通穴には、回動ジョイント570の一部を成す軸571が嵌挿されている。

[0066] 回動ジョイント570は、軸571、ボールベアリング572、及び、止め環573から構成されている。軸571は例えばSUSを切削加工したものである。軸571は、公差まで加味した場合には上記貫通穴よりも径が大きく(又は同一と)なるように設計されている。従って軸571は、上記貫通穴に嵌挿されるだけで第二レバー530に強固に固定される。なお軸571は、凸部538から所定量突出する程度の長さを有している。

[0067] 軸571の上記突出部分にはボールベアリング572が止め環573と凸部538端面により狭持されている。ボールベアリング572はボールベアリング552と同一構造を有するものである。ボールベアリング572は、その内輪が軸571に隙間なく嵌合している。すなわちボールベアリング572の内輪と軸571は相対的に固定された状態にある。

[0068] ジョイントホルダ560には凹部561が形成されている。ジョイントホルダ560に対して第二レバー530を連結させるとき、凹部561には、対向面560a(ジョイントホルダ560が有する第二レバー530との対向面)側から、第二レバー530のうちの対向面530bよりも突出した部分が収納される。この突出した部分とは、凸部538、軸571の上記突出部分、ボールベアリング572、及び、止め環573である。このときボールベアリング572は、その外輪が凹部561に隙間なく嵌合される。すなわちボールベアリング572の外輪と凹部561は相対的に固定された状態となる。

[0069] 上述したように、内輪は第二レバー530、外輪はジョイントホルダ560に相対的に固定されている。このため第二レバー530とジョイントホルダ560は、ボールベアリング572の作用により軸571を中心として回動することができる。

[0070] なおジョイントホルダ560において、対向面560aの反対側の面上には、凹部561による開口を塞ぐための蓋562が取り付けられている。

[0071] ジョイントホルダ560には溝563が形成されている。図8(a)及び(b)に示されるように、溝563にはピン537が係合される。

[0072] ピン537が溝563に係合されたとき、第二レバー530がジョイントホルダ560に対して垂直位置で係止される。このとき化粧板536は自然状態となる。従ってピン537は、対向面530bから突出するよう位置して溝563に係合される。展開状態や収納状態の例と同様の理由により、第二レバー530は垂直位置で係止された状態を保つことができる。

[0073] またジョイントホルダ560には溝564も形成されている。溝564は、軸571を中心に溝563を矢印E方向に90度回転させた位置に形成されている。

[0074] 例えばジョイントホルダ560に対して第二レバー530を図8(a)及び(b)に示される状態から矢印E方向に90度回動させる。この場合、ピン537は溝564に係合される。これにより、第二レバー530は、ジョイントホルダ560に対して水平位置で係止される。

[0075] 図2及び図3に示されるように、第二レバー530が水平位置又は垂直位置の何れで係止されている場合であっても展開状態においては、測定ヘッドMH前面は被写体Sに常に対向するよう位置している。すなわち三次元情報測定装置10は展開状態にセットされているとき、撮像光学系30の視線が常に被写体Sに向くように構成されている。より詳細には、第二レバー530が水平位置で係止されているとき、撮像光学系30の視線は被写体S側面に向いている。また第二レバー530が垂直位置で係止されているとき、撮像光学系30の視線は被写体S上面に向いている。従って前者の場合には被写体S側面を撮像することができ、後者の場合には被写体S上面を撮像することができる。

[0076] なお説明の便宜上、展開状態において第二レバー530が水平位置で係止されている形態を「水平展開状態」、展開状態において第二レバー530が垂直位置で係止されている形態を「垂直展開状態」と記す。

[0077] 水平展開状態において、撮像光学系30の光軸O_1は回転載置面190と平行になる。これに対して垂直展開状態において、撮像光学系30の光軸O_1は回転載置面190に対して直交する。ここで、各位置における光軸O_1の交点をP_1とする。ジョイントホル

ダ560に対して第二レバー530を回動させたとき、撮像光学系30は交点P_1を中心に半径dの円弧を描くよう矢印E方向に沿って移動する。なお、図2，3上では、説明の便宜上、光軸O_1をレバー部LVから少し離れた位置に記載したが、実際には光軸O_1は、レバー部LV近傍又は図2，3においてレバー部LVと重複するような位置を通る。図1から図5においても、撮像光学系30は、説明の便宜上、図2，3，4においてレバー部LVから少し離れた位置に示されているが、実際には、レバー部LV近傍又はレバー部LVと重複する位置にある。つまり、交点P_1は実際には、図2、図3において、レバー部LVが矢印E方向に沿って移動した場合のレバー部LVの回転中心付近に位置するため、撮像光学系30は、交点P_1を中心に円弧を描くよう移動する。

[0078] 三次元情報装置10において、水平展開状態及び垂直展開状態における測定ヘッドMHの位置及び向きは規定されている。このため、各状態における測定ヘッドMHの位置及び向きの情報は処理部16にとって既知である。従って、本実施形態の三次元情報測定装置10には、測定ヘッドMHの位置及び向きを検知するためのセンサは不要である。これは、装置の小型化及びコストダウンに寄与する。またセンサが不要であることに伴って、上記位置及び向きの情報を演算する必要もなくなる。これにより、処理部16に対する処理動作負担の軽減が期待される。

[0079] なお図2及び図3に示されるように交点P_1は被写体S近傍に位置する。そして展開状態において撮像光学系30は、交点P_1から距離d離間したところに常に位置する。従って撮像光学系30の視線方向に拘わらず、撮像光学系30と被写体Sとの距離は常に同一であるとみなすことができる。これにより処理部16は、撮像光学系30と被写体Sとの距離が一定であるという前提で各種処理を行うことができる。例えば撮像光学系30の位置や向きに応じてそれぞれ異なる情報を参照するといった処理が不要となる。このような観点からも、処理部16に対する処理動作負担の軽減が期待される。

[0080] またレバー部LVは従来の多関節アームと異なりコンパクトで単純な構成である。またその動作に対する駆動制御系等も不要である。本実施形態の三次元情報測定装置10においてこのようなレバー部LVは、サイズやコスト、処理部16への負担等の観点からすると極めて好適な構成であると言える。

[0081] ここで、測定ヘッドMHの説明に戻る。投影部12は、所定の複数種類のパタン光を

被写体Sに選択的に投影するためのユニットである。この投影部12は、図9及び図10に示されるように、基板60、LED62、照明絞り63、光源レンズ64、送りモータ(例えばパルスモータ)65、投影機構66、及び、投影光学系32を有している。また基板60、LED62、照明絞り63、及び、光源レンズ64により、光源部68が構成されている。LED62は、例えば金属基板に接合された単一のLED素子によって比較に広い出射面から光を出力するタイプのLEDである。また投影機構66は、送りモータ65を駆動源として板状の光変調体200を送る機構である。投影部12の各構成要素は、投影方向に沿って直列的に配置されている。

[0082] 図10には、この投影部12のハードウエア構成のうち、基板60、LED62、照明絞り63、光源レンズ64、光変調体200、及び、投影光学系32が詳細に示されている。図11には、この投影部12を含む三次元情報測定装置10全体のソフトウエア構成及び電気的接続関係が詳細に示されている。図12乃至図14には、投影部12のハードウエア構成のうち投影機構66が詳細に示されている。図15には、光変調体200が拡大されて示されている。

[0083] 撮像部14は、被写体Sを撮像するためのユニットである。この撮像部14は、図9に示されるように、撮像光学系30及びCCD70を画像光の入射方向に沿って直列に備えている。CCD70は例えばベイヤー方式のカラーCCDであり、インターライントランスファー方式でプログレッシブ走査を行うよう構成されている。

[0084] 撮像光学系30は、図9に示されるように複数枚のレンズを用いて構成されている。この撮像光学系30は、周知のオートフォーカス機能及び自動露出機能により、焦点距離、絞り及びシャッタ時間を自動調整して入射光をCCD70上に結像させる。

[0085] CCD70の受光面には、フォトダイオード素子等の光電変換素子がマトリクス状に配置されている。このCCD70は、撮像光学系30を介してその表面に結像される光学像を、周知の光電変換によりその色及び強さに応じた信号として画素毎に生成する。ここで生成された信号は、デジタルデータに変換されて処理部16に出力される。

[0086] 処理部16は、図11に示されるように、レリーズボタン40及びモード切替スイッチ42の各々に電気的に接続されている。処理部16は、更に、モニタLCDドライバ72を介してモニタLCD44、RFドライバ52を介してアンテナ50、電源インタフェース76を介

してバッテリ74にそれぞれ電気的に接続されている。これらの各構成要素は処理部16の制御下で動作する。

[0087] 処理部16は、更に、外部メモリ78及びキャッシュメモリ80にそれぞれ電気的に接続されている。処理部16は、更に、光源ドライバ84を介してLED62、送りモータドライバ86を介して投影機構66の送りモータ65、CCDインタフェース88を介してCCD70にそれぞれ電気的に接続されている。これらの各構成要素も先と同様に処理部16の制御下で動作する。

[0088] 外部メモリ78は例えば着脱可能なフラッシュROM(Read Only Memory)である。外部メモリ78には、立体画像モードにおいて撮像された撮像画像や三次元情報(前述の三次元色形状データやそれに関連する情報を含む)を記憶することが可能である。外部メモリ78を構成するために、例えばSDカード(登録商標)、コンパクトフラッシュ(登録商標)カード等を採用しても良い。

[0089] キャッシュメモリ80は、例えばデータの読み書きを高速で行い得る記憶装置である。キャッシュメモリ80には、例えば所定のモードで撮像された撮像画像が高速で転送される。キャッシュメモリ80は、処理部16で画像処理が実行された後に外部メモリ78にその画像を格納することを可能とするために使用される。キャッシュメモリ80には、例えばSDRAM(Synchronous DRAM)やDDRRAM(Double Data Rate RAM)等が採用され得る。

[0090] 電源インタフェース76、光源ドライバ84、送りモータドライバ86、及び、CCDインタフェース88はそれぞれ、バッテリ74、LED62、モータ65、及び、CCD70を制御する各種のIC(Integrated Circuit)によって構成されている。

[0091] 図6に示されるように測定ヘッドMHには、ACアダプタ端子90、及び、USB端子91が設けられている。ACアダプタ端子90は、図9にも示されるように、バッテリ74に電気的に接続されている。これにより、三次元情報測定装置10は外部の交流電源を電力源として作動可能となっている。USB端子91は、USBドライバ93を介して処理部16に接続されている。また図9に示されるように測定ヘッドMHにはテーブルモータ端子92が備えられている。テーブルモータ端子92は、テーブルモータドライバ94を介して処理部16に接続されている。

[0092] 回転テーブルユニットRTから電気ラインとしてハーネス(不図示)が延び出している。このハーネスはテーブルモータ端子92に接続されている。ハーネスは、測定ヘッドMHから回転テーブルユニットRTに制御信号及び電力を供給する電気ラインとして機能する。従って、図11に示されるように、テーブルモータ194がテーブルモータドライバ94を介して処理部16に接続されることになる。

[0093] 基板60は、アルミニウム製基板に絶縁性合成樹脂を塗布してから無電解メッキによってパタンを形成したものである。又は、基板60は、例えばガラスエポキシ基材をコアとする単層または多層構造の基板を使用して製作されたものであって良い。基板60にはLED62が実装されている。LED62は、投影機構66に向けて放射状のアンバー色の光を広い面積で発光する光源である。LED62は、その表側が透明樹脂製であるLEDケーシング100内に収容されている。

[0094] 照明絞り63は、LED62から出力された光のうち不要な部分を遮光する機能を果たす。これにより必要な部分の光のみが光源レンズ64に入射する。光源レンズ64は、LED62からの放射光を集光するレンズである。その材質は例えばアクリルに代表される光学プラスチックである。

[0095] 本実施形態では、図10に示されるように、LED62からの放射光が光源レンズ64によって効率良く集光される。次いでこの光は、所定の円錐頂角を有する入射角特性をもって、入射面106に対してその円錐の軸が略直角であるように入射する。そして指向性の高い放射光として投影機構66の出射面108から出射される。光源レンズ64はコリメートレンズとして機能する。図10には、その出射面108上において互いに隔たった2個の注目点A、Bにつき、それぞれの指向性特性が照度分布のグラフ(θ:半値拡がり半角)で表されている。

[0096] 投影光学系32は複数枚の投影レンズ34を含んでいる。複数枚の投影レンズ34は、投影機構66を通過した光を被写体Sに向かって投影するためのものである。これらの投影レンズ34は、例えばガラス製レンズと光学プラスチック製レンズとの組合せから成るテレセントリックなレンズ系を成す。

[0097] ここでいう「テレセントリック」とは、投影光学系32を通過する主光線が、入射側の空間では投影光学系32の光軸O_2に平行になり入射瞳の位置が無限になる構成を意

味する。すなわちここでの例では入射側テレセントリックを意味する。

[0098] 投影光学系32は、上述のようにテレセントリック特性を持ち、その入射開口角θNAが0．1程度である。このため投影光学系32の光路は、入射開口角θNAとして垂直±5度以内の光のみが絞り36を通過できるよう規制されている。

[0099] 従って本実施形態では、投影光学系32のテレセントリック性により、投影機構66を垂直±5度以内で通過する光のみを投影光学系32によって物体に投影し得る構成と相俟って、投影画像の画質向上を容易に図り得る。

[0100] その理由を説明するに、被投影体から出射される特定の角度成分のみが結像に供される方が、解像度特性、スペクトラム特性、照度分布特性、コントラスト特性等、大半の光学的特性の仕様上有利であるからである。なお被投影体は、本実施形態では光変調体200が該当するが、一般にはスライドや透過型液晶が該当する。

[0101] ここで、図12乃至図14を参照することにより、投影部12のハードウエア構成のうち投影機構66について詳細に説明する。

[0102] 投影機構66は、光源部68からの入射光を複数種類のパタン光に選択的に変換することができる。投影機構66でのパタン光の切り替えにより、複数種類のパタン光が被写体Sに順次投影される。図12に、投影機構66の正面図を示す。この正面図は、光軸O_2に沿った方向において投影光学系32側から投影機構66を観察して示した図である。

[0103] 投影機構66は、光軸O_2に直交する方向に板状を成して延びた光変調体200を有している。光変調体200はキャリッジ202に取り付けられている。キャリッジ202は、送りモータ65により光変調体200の長手方向沿いに往復直線運動される。

[0104] 説明を加えると、投影機構66はハウジング204（図12）を備えている。このハウジング204は例えば測定ヘッドMHのハウジングの一部を成すものであっても良い。ハウジング204には送りモータ65が取り付けられている。そのハウジング204のうち対向する2つの支持部206の間に、主ガイド210と副ガイド212とが、半径方向に隙間を隔てて互いに平行に延びる姿勢で設置されている。

[0105] 主ガイド210、副ガイド212はそれぞれ、両端において2つの支持部206の各々に支持されている。主ガイド210、副ガイド212は何れも、同一の円形断面を有して真

っ直ぐに延びている。その材質は例えばステンレスである。また、外形は例えば円筒度が3μm程度の精度で加工されている。主ガイド210及び副ガイド212は、光軸O_2と直交する方向に直線的に延びる送りガイドとして機能する。

[0106] 主ガイド210及び副ガイド212により、キャリッジ202が直線的に往復運動可能に案内される。その案内を実現するために、キャリッジ202は、図12に示されるように、嵌合部214及びスライダ216を備えている。嵌合部214及びスライダ216は、キャリッジ202の移動方向と直交する方向に互いに隔てられるよう配置されている。

[0107] キャリッジ202は、嵌合部214において、主ガイド210の軸線周りに摺動可能に当該主ガイド210に支持される。具体的には、例えば嵌合部214にすべり軸受218が固定され、そのすべり軸受218に主ガイド210が潤滑剤(グリス等)を介して摺動可能に嵌合される。すべり軸受218は、例えば油浸ポーラス金属体から成り、主ガイド210との液体界面を用いた摺動を可能にする。

[0108] 主ガイド210とすべり軸受218は、それらの間の嵌合すきま精度が最大でも12μmであるように部品形状精度が管理・製造されている。このような構成を採用することにより、主ガイド210とすべり軸受218の間の嵌合すきまに起因する光変調体200の位置ずれを12μm以内に抑えることが可能となる。その結果、被写体Sに対してパタン光をずれが少ない状態で正確に投影することが可能となる。

[0109] 投影光学系32の倍率を例えば40倍であるとしたとき、光変調体200の位置ずれが12μmを超えない限り、被写体S上におけるパタン光の位置ずれは0.48mmを超えない。このように、がたの少ない高精度な直線運動機構と、移動する光変調体200という適切な組合せにより、被写体Sの三次元入力精度を向上させることが容易となる。

[0110] 一方、キャリッジ202はスライダ216において、副ガイド212の外周面に接触する状態で、その外周面に沿って副ガイド212の軸線方向に摺動させられる。スライダ216は、副ガイド212の外周面に潤滑剤(グリス等)を介して摺動可能に押し付けられる。その押付けは、後述の送りベルト220に予め付与されたテンションを利用して行われる。

[0111] 本実施形態では、キャリッジ202が主ガイド210周りに正逆両方向にスライド回転可

能に嵌合されている。その一方で、スライダ216と副ガイド212との当接により、それら正逆両方向のスライド回転が一方向的に機械的に阻止されている。光変調体200は、後に詳述するが、選択的に実現されるべき複数種類のパタン光投影に対応する複数の平面的光学素子260(図15参照)を備えている。各平面的光学素子260は同一平面内において直列に並べられている。本実施形態では、キャリッジ202が副ガイド212に当接している状態において、光源部68からの入射光が平面的光学素子260に対して略垂直に入射するよう、キャリッジ202が配置されている。

[0112] なお本実施形態では、主ガイド210及び副ガイド212の何れも円筒外周面を有するロッドとして構成されている。しかし、少なくとも副ガイド212については、そのような構成に限定されない。副ガイド212は、例えばその軸線に平行に延びる平面部を有するように構成されたものであっても良い。この場合、副ガイド212は、その平面部においてスライダ216を受けることができる。

[0113] 投影機構66は、図12に示されるように駆動機構222を有している。駆動機構222は、キャリッジ202を主ガイド210及び副ガイド212に沿って駆動するための機構である。駆動機構222には、送りモータ65、及び、送りベルト220(閉曲線を形成する伝動媒体の一例)が備えられている。

[0114] 送りベルト220は、主ガイド210と副ガイド212とが成す空間においてその長手方向に沿って配置されている。上記空間には、駆動ギヤ(駆動回転体の一例)224と従動ギヤ(従動回転体の一例)226とが、キャリッジ202の上記長手方向において隔てられるよう設置されている。送りベルト220は駆動ギヤ224と従動ギヤ226に巻き掛けられている。送りベルト220の内周面には複数の歯が形成されている。一方、駆動ギヤ224及び従動ギヤ226の外周面にも複数の歯が形成されている。送りベルト220の歯と、駆動ギヤ224及び従動ギヤ226の歯は互いに噛合している。

[0115] 駆動ギヤ224と従動ギヤ226に送りベルト220が巻き掛けられる結果、その送りベルト220に2本の直線部が形成される。2本の直線部のうちの一方にキャリッジ202が固定されている。具体的には、送りベルト220の一端が、キャリッジ202においてその移動方向に互いに隔てられるよう配置された2つの連結部230の一方に固定される。またその他端がそれら2つの連結部230のもう一方に固定されている。

[0116] 駆動ギヤ224は送りモータ65によって駆動される。これにより、送りベルト220の往復直線運動が実現される。一方、従動ギヤ226は、ハウジング204に固定された支持シャフト234に回転可能に支持されている。

[0117] 図13には、光変調体200及びキャリッジ202が、光源部68及び投影光学系32と共に平面図で示されている。この平面図は、光軸O_2に直交する方向において(且つキャリッジ202の移動方向に平行な方向から)観察される図である。

[0118] 光源部68は、コリメートレンズ鏡筒242に保持されたコリメートレンズ240を有している。コリメートレンズ240は、図9に示された照明絞り63及び光源レンズ64を含むように構成されている。

[0119] 投影光学系32は、鏡筒ホルダ250に保持された鏡筒24を有している。鏡筒24には、図9に示されるように、複数の投影レンズ34と絞り36が組み込まれている。ハウジング204には凹部252が形成されている。鏡筒ホルダ250は、凹部252に嵌め込まれて位置決めされた状態でハウジング204に取り付けられている。

[0120] 図12及び図13に示されるように、光変調体200の基板264上には複数の平面的光学素子260が一列に並ぶよう形成されている。

[0121] ここで、光変調体200の製造プロセスについて概説する。複数の平面的光学素子260の反転形状が高精度で形成された金型(図示しない)を基板264の表面(出射面108となる面)に押し付けることにより、その金型の形状を高精度に基板264の表面に転写するインプリント成型技術が実施される。この転写により、基板264上に複数の平面的光学素子260が形成される。平面的光学素子260の形状、光学的作用及び製法については後に詳述する。

[0122] 図12乃至図14に示されるように、投影機構66は、光変調体200の移動方向に平行な平面(以下、「移動平面」と記す)に対する当該光変調体200の傾きを調整する回転角度調整機構270を備えている。回転角度調整機構270は、支持機構272及び回転機構274を有している。支持機構272は、基板264を上記移動平面に対して回転可能な状態でキャリッジ202に支持させている。回転機構274は、基板264をキャリッジ202に対して相対的に回転させるものである。本実施形態では、基板264が、複数の平面的光学素子260を支持する直線可動部材として機能する。

[0123] 図12及び図13に示されるように、支持機構272は、基板264を保持する一対のホルダ280を備えている。一対のホルダ280は、光変調体200の移動方向における基板264の両端部を保持している。図14には、図13において右側に位置するホルダ280のみが代表的に、その周辺の要素と共に拡大されて正面図で示されている。

[0124] 図13に示されるように、各ホルダ280は、基板264端部を、その板厚方向において両側から僅かな隙間を残して挟むように保持する。一対のホルダ280により、光変調体200がキャリッジ202の背面側に設置される。光変調体200側からの射出光は、キャリッジ202に形成された貫通穴284を通過して投影光学系32に進行する。

[0125] 基板264は、各ホルダ280により、自己に平行な面上において相対移動(相対回転運動を含む)することを許容されている。ここで、各ホルダ280には、固定具として機能し得る固定ねじ286が取り付けられている。固定ねじ286が基板264にねじ込まれると、基板264はそのときの位置に機械的に固定される。

[0126] 回転機構274は、調整コマ290を主体として構成されている。調整コマ290は、調整ねじ292、及び、調整ねじ292が螺合される本体部294を有している。本体部294には雌ねじが形成され、調整ねじ292にはそれに対応する雄ねじが形成されている。調整ねじ292は、上記移動平面に平行な軸を中心に回転して雌ねじに螺合され得る。

[0127] 本体部294は基板264に固定されている。調整ねじ292は、その先端において本体部294から突出している。調整ねじ292の突出部はキャリッジ202に係合されている。調整ねじ292は、その頭部に工具が当て付けられて作業者によりねじ止め操作される。そのねじ止め操作量に応じて、本体部294からの調整ねじ292の突出量が変わる。これにより、本体部294とキャリッジ202との距離が変化する。

[0128] 従って調整コマ290によれば、作業者による操作量に応じて光変調体200の回転角度すなわち上記移動平面に対する傾きが微調整される。その微調整量は、直線運動装置(キャリッジ202)の移動直線に対して例えば平行度12μm程度の公差範囲内に設定されている。その結果、被写体Sの三次元入力精度を向上させることが容易となる。

[0129] なお図示しないが、固定ねじ286及び調整ねじ292は、その螺合部分に固定接着

剤が塗布される。これによりこれらのねじの緩みが防止される。

[0130] ハウジング204は、キャリッジ202に向かって局部的に突出するよう形成されている。具体的には、ハウジング204は誘導部296を有している。誘導部296はキャリッジ202に挿通されて、光変調体200の出射面108近傍にまで延びている。誘導部296は遮光性を有し、薄肉角錐状を成す。

[0131] 誘導部296の先端には窓部297が形成されている。誘導部296は、窓部297において、複数の平面的光学素子260のうち選択されたものだけに光学的に連通する。誘導部296及び窓部297は、ハウジング204と一体成型されている。その材料として、例えば成型精度の高いガラスファイバー補強ポリカーボネートが代表的である。

[0132] 選択された一つの平面的光学素子260から出射したパタン光のみが、光透過性を有した窓部297を通過して誘導部296内の空間に進入する。その進入したパタン光は、誘導部296の外部に漏れることなく投影光学系32に入射する。誘導部296は、外乱光が進入して投影光学系32に入射することを阻止するよう作用している。

[0133] 図12に示されるように、ハウジング204には位置決めポスト298が固定されている。位置決めポスト298には、位置センサとして機能するフォトインタラプタ300が取り付けられている。フォトインタラプタ300は、キャリッジ202と一体的に移動する位置決め爪(被検出子)302を光学的に検出する。これにより、キャリッジ202が特定の位置にあることが検出される。

[0134] 図11に示されるように、フォトインタラプタ300は処理部16に電気的に接続されている。フォトインタラプタ300は、位置決め爪302の検出状態に応じて処理部16にPI信号を出力する。位置決め爪302を検出していないとき、フォトインタラプタ300はローレベルを示すPI信号を出力する。位置決め爪302を検出したとき、フォトインタラプタ300はハイレベルを示すPI信号を出力する。

[0135] ここで、図15を参照することにより、光変調体200を詳細に説明する。

[0136] 図15に、光変調体200を拡大した略正面図を示す。平面的光学素子260は、例えば図13に示す窓部297に正対するように位置決めされる。

[0137] 本実施形態では八種類のパタン光が被写体Sに順次投影される。これらのパタン光は、被写体Sの三次元形状を後述の空間コード化法によって測定するために被写

体Sの撮像時に投影される。このような投影を行うため、光変調体200は、八種類のパタン光の各々に対応する八個の平面的光学パターン260を金属めっき遮光パターンとして備えている。図15には、八個の平面的光学素子260のパタン番号PN0乃至7がそれぞれ、コード0乃至7として表記されている。

[0138] 光変調体200は、青板または白板ガラスを母材として用いたリソグラフィープロセス品である。

[0139] 上記公知のリソグラフィープロセス技術を採用することにより、光変調体200の金属めっき遮光パターンの精度は向上する。これに伴って、三次元情報測定装置10の三次元入力精度も向上する。またこのプロセスは光変調体200の量産に適している。この種のリソグラフィープロセスの一例として、1ミクロン精度でパターンが形成されたマスターマスクを用いるものが挙げられる。このプロセスでは、マスキングされた母体を露光機にて密着露光させながら母材上の金属および金属上のレジストを露光する。次いで、露光を受けた母材を現像し、リンスし、洗浄し、乾燥させて、ウェットエッチングによって金属部をケミカルエッチングする。このような簡便で安価なプロセスにより、1ミクロン精度の金属遮光パターンを転写形成することが可能である。このため光変調体200の精度を限界まで高め、且つ、光変調体200の生産コストを低減させることも可能となるといった顕著な効果を奏する。

[0140] 光変調体200には光源部68からの出射光が入射する。そしてその入射光が、平面的光学素子260の作用により、パターンに従って遮光され所定のパタン光として出射する。

[0141] 平面的光学素子から出射されたパタン光は、鏡筒24(投影レンズ34及び絞り36を含む)により被写体Sに投影されて、その表面にストライプ状の模様を形成させる。

[0142] ここで、図11に示されるように、処理部16はコンピュータ400を主体として構成されている。コンピュータ400は、CPU402、ROM404、RAM406、及び、バス408を含むように構成されている。

[0143] CPU402は、ROM404に記憶されたプログラムをRAM406上に展開して実行する。これにより、レリーズボタン40の操作状態の検出、CCD70からの画像データの取込み、その取り込まれた画像データの転送及び格納、モード切替スイッチ42の操作

状態の検出等の各種処理が実施される。

[0144] ROM404には、カメラ制御プログラム404a、撮像処理プログラム404b、輝度画像生成プログラム404c、コード画像生成プログラム404d、コード境界抽出プログラム404e、レンズ収差補正プログラム404f、三角測量演算プログラム404g、及び、テーブルモータ制御プログラム404jが格納されている。

[0145] カメラ制御プログラム404aは、三次元情報測定装置10全体の制御を行うためのものである。カメラ制御プログラム404aにより、図16にフローチャートで示されたメイン処理が行われる。

[0146] 撮像処理プログラム404bが実行されると、パタン光が投影された被写体Sが撮像されてパタン光有画像が取得される。また、パタン光が投影されていない被写体Sが撮像されてパタン光無画像が取得される。

[0147] 輝度画像生成プログラム404cが実行されると、撮像処理プログラム404bにより被写体Sについて取得された各画素のRGB値に基づいて、複数枚のパタン光有画像にそれぞれ対応する複数枚の輝度画像が生成される。

[0148] 本実施形態では、同じ被写体Sに対して複数種類のパタン光が順次投影される。そして各パタン光が投影される毎に被写体Sが撮像される。そのようにして撮像された複数枚のパタン光有画像の各々について各画素のRGB値が取得される。この結果、パタン光の種類と同数の輝度画像が生成される。

[0149] コード画像生成プログラム404dが実行されると、輝度画像生成プログラム404cにより生成された複数枚の輝度画像それぞれに対する閾値処理により2値化画像が生成される。そして生成された2値化画像から、画素毎に空間コードが割り当てられたコード画像が生成される。

[0150] 概略的に説明すると、コード画像生成プログラム404dが実行されると、特定のパタン光が投影された被写体Sの輝度画像におけるパタンラインの間隔が周期として取得される。この特定のパタン光とは、複数種類のパタン光のうちパタンラインの間隔が最も狭いものである。次いで、その周期の輝度画像全体における分布が周期分布として取得される。

[0151] コード画像生成プログラム404dが実行されると、更に、その取得された周期分布に

従ってサイズが変化する可変窓がパタン光毎の輝度画像にローカルに設定される。上記可変窓を用いたフィルタ処理により輝度画像全体に対して閾値がローカルに算出されて設定される。そのようにして設定された閾値の分布を表す閾値画像とパタン光毎の輝度画像との関係から、パタン光毎に2値化画像が生成される。

[0152] なお、可変窓を用いたフィルタ処理により輝度画像全体に対して閾値をローカルに算出する技術は、特開2006－98252号公報に詳細に開示されている。本実施形態では、上記公報に記載されている技術が採用されている。

[0153] コード境界抽出プログラム404eが実行されると、コード画像生成プログラム404dにより生成されたコード画像と、輝度画像生成プログラム404cにより生成された輝度画像に基づいて、コードの境界座標がサブピクセル精度で算出される。

[0154] レンズ収差補正プログラム404fが実行されると、コード境界抽出プログラム404eによりサブピクセル精度で求められたコードの境界座標に対して撮像光学系20の収差補正が行われる。

[0155] 三角測量演算プログラム404gが実行されると、レンズ収差補正プログラム404fにより収差補正されたコードの境界座標から、その境界座標に関する実空間の三次元座標が演算される。

[0156] 送りモータ制御プログラム404hが実行されると、複数種類のパタン光を被写体Sに順次投影すべく送りモータ65が制御される。この送りモータ制御プログラム404hは、他の処理と共に図19のフローチャートに示されている。

[0157] テーブルモータ制御プログラム404jが実行されると、被写体Sを回転させるべくテーブルモータ194が制御される。このテーブルモータ制御プログラム404jは、他の処理と共に図18のフローチャートに示されている。

[0158] 本実施形態では、三次元情報測定装置10が水平展開状態にセットされているとき、前述の一連のパタン光の被写体Sへの投影及び被写体Sの撮像が、被写体Sの回転位置が等間隔で割り出される毎に行われる。またこれらの投影及び撮像処理は、三次元情報測定装置10が垂直展開状態にセットされているときにも行われる。具体的には、水平展開状態において被写体Sの回転位置が90度ずつ間欠的に割り出される。そして各割り出し位置において、一連のパタン光が投影されて被写体Sが撮像

される。その結果、被写体S側面の全体領域が4つの部分領域に分割される。そして部分領域毎に立体画像(三次元形状情報)が取得される。次いで垂直展開状態において、先と同様に一連のパタン光が投影されて被写体Sが撮像される。その結果、被写体S上面の全体領域の立体画像が取得される。次いで、これらの5つの立体画像に対して、互いにオーバラップする部分を除去する処理が施される。そしてこれらの立体画像が互いに結合される。これにより、被写体Sに対応する1つの全体画像がステッチ画像として生成される。

[0159] 更に、本実施形態では、生成されたステッチ画像に対して、同じ被写体Sについて計測された表面色情報がマッピングされる。マッピング後、前述の三次元色形状データが生成される。これにより、被写体Sについての一連の三次元入力処理が終了する。

[0160] 図11に示されるように、RAM406には、パタン光有画像格納部406a、パタン光無画像格納部406b、輝度画像格納部406c、コード画像格納部406d、コード境界座標格納部406e、収差補正座標格納部406g、三次元座標格納部406h、周期分布格納部406p、閾値画像格納部406q、2値化画像格納部406r、ステッチ画像格納部406s、三次元色形状データ格納部406t、及び、ワーキングエリア410がそれぞれ記憶領域として割り当てられている。

[0161] パタン光有画像格納部406aはパタン光有画像データを格納する。パタン光有画像データは、撮像処理プログラム404bにより撮像されたパタン光が投影された画像を表すデータである。パタン光無画像格納部406bはパタン光無画像データを格納する。パタン光無画像データは、撮像処理プログラム404bにより撮像されたパタン光が投影されていない画像を表すデータである。

[0162] 輝度画像格納部406cは、輝度画像生成プログラム404cにより生成された輝度画像を表すデータを格納する。コード画像格納部406dは、コード画像生成プログラム404dにより生成されたコード画像を表すデータを格納する。コード境界座標格納部406eは、コード境界抽出プログラム404eによりサブピクセル精度で抽出された各コードの境界座標を表すデータを格納する。

[0163] 収差補正座標格納部406gは、レンズ収差補正プログラム404fにより収差補正が

行われたコードの境界座標を表すデータを格納する。三次元座標格納部404hは、三角測量演算プログラム404gにより演算された実空間の三次元座標を表すデータを格納する。

[0164] 周期分布格納部406p、閾値画像格納部406q、及び、2値化画像格納部406rは、コード画像生成プログラム404dにより取得された周期分布、閾値画像及び2値化画像を表すデータをそれぞれ格納する。

[0165] ステッチ画像格納部406sは、前述のステッチ画像を格納する。三次元色形状データ格納部406tは、前述の三次元色形状データを格納する。ワーキングエリア410は、CPU402がその動作のために一時的に使用するデータを格納する。

[0166] ここで、図16を参照してカメラ制御プログラム404aを説明する。このカメラ制御プログラム404aがコンピュータ400によって実行されることにより、前述のメイン処理が実行される。このメイン処理は、三次元情報測定装置10が水平展開状態にセットされていることを前提に実行される。

[0167] なお、三次元情報測定装置10が水平展開状態にセットされているか否かを図示しないセンサにより検出し、その検出結果に基づいてメイン処理を実行するか否かを決定するようにカメラ制御プログラム404aを構成しても良い。すなわちこのようなカメラ制御プログラム404aによれば、三次元情報測定装置10が水平展開状態にセットされていることが上記センサにより検出されたときのみ、メイン処理の実行が許可される。

[0168] このメイン処理では、先ず、ステップ101（以下の明細書及び図面においてステップを「S」と略記）において、バッテリ74を含む電源がONされる。次にS102において、処理部16及び周辺インタフェース等が初期化される。

[0169] 続いてS103において、モード切替スイッチ42の操作状態を判別するためにキースキャンが行われる。次いでS104において、モード切替スイッチ42の操作によってSLOWモードが選択されたか否かが判定される。ここで、SLOWモードが選択された場合には判定がYESとなる。これにより、S105において前述の非間引き画像処理モードが設定される。このS105の実行後、後に詳述するS108が実行されてS103に戻る。

[0170] これに対してモード切替スイッチ42の操作によってSLOWモードが選択されなかった場合にはS104の判定がNOとなる。これにより処理はS106に進む。S106において、モード切替スイッチ42の操作によってFASTモードが選択されたか否かが判定される。ここで、FASTモードが選択された場合には判定がYESとなる。これにより、S107において前述の間引き画像処理モードが設定される。このS107の実行後、後に詳述するS108が実行されてS103に戻る。

[0171] これに対してモード切替スイッチ42の操作によってFASTモードが選択されなかった場合にはS106の判定がNOとなる。これにより処理はS112に進む。S112において、モード切替スイッチ42の操作によってオフモードが選択されたか否かが判定される。ここで、モード切替スイッチ42の操作によってオフモードが選択された場合には判定がYESとなり、直ちに今回のメイン処理が終了する。これに対してモード切替スイッチ42の操作によってオフモードが選択されなかった場合には判定がNOとなり、S103に戻る。

[0172] 図17には、図16のS108が立体画像処理ルーチンとしてフローチャートで概念的に表されている。立体画像処理ルーチンの実行により、被写体Sの三次元形状が立体画像として検出される。立体画像処理では、更に、同じ被写体Sの表面色も検出される。これらの立体画像及び表面色の検出結果が位置に関連付けて組み合わされたものが三次元色形状検出結果である。

[0173] 立体画像処理では、先ず、S1001においてファインダ画像がモニタLCD44に表示される。ファインダ画像は撮像光学系30を通して見える範囲の画像と同じ画像である。ユーザは、モニタLCD44に表示された画像を見ることにより、実際の撮像前に撮像画像(撮像範囲)を確認することができる。

[0174] 次に、S1002においてレリーズボタン40の操作状態がスキャンされる。次いで、S1003においてそのスキャン結果に基づいてレリーズボタン40が半押し状態にあるか否かが判定される。半押し状態にあれば判定がYESとなり、S1004においてオートフォーカス(AF)及び自動露出(AE)機能が起動する。これにより、ピント、絞り及びシャッタスピードが調節される。レリーズボタン40が半押し状態になければS1003の判定がNOとなり、S1010に移行する。

[0175] S1004の実行後、S1005において、再度、レリーズボタン40の操作状態がスキャンされる。次いで、S1006においてそのスキャン結果に基づいてレリーズボタン40が全押し状態にあるか否かが判定される。レリーズボタン40が全押し状態になければ、このS1006の判定がNOとなってS1002に戻る。

[0176] レリーズボタン40が半押し状態から全押し状態に移行すれば、S1006の判定がYESとなり、S1007において後述の三次元色形状検出処理が実行される。これにより、被写体Sの三次元形状及び表面色が検出される。

[0177] 概略的に説明するに、この三次元色形状検出処理によって被写体Sの三次元色形状検出結果が生成される。ここに、三次元色形状検出結果とは、後述の空間コード画像において検出される複数の空間コード境界画像を三次元座標に変換した結果取得される頂点座標の集合体であって、頂点毎に色形状情報とポリゴン情報とが互いに関連付けられたものを意味する。色形状情報とは、実空間座標とRGB値との組合せを表す情報である。ポリゴン情報とは、被写体Sを三次元的に表現する立体を構成するために互いに連結されるべき複数の頂点の組合せを表す情報である。

[0178] その後S1008において、その三次元色形状検出結果が外部メモリ78に格納される。次いでS1009において、その三次元色形状検出結果が三次元コンピュータグラフィック画像としてモニタLCD44に表示される。

[0179] その後S1010において、図16のS103と同様にキースキャンが行われる。続いてS1011において、モード切替スイッチ42の操作状態に変化が無いか否かが判定される。変化が無ければS1011の判定がYESとなり、S1001に戻る。これに対して変化が有ればS1011の判定がNOとなり、今回の立体画像処理が終了する。

[0180] 図17のS1007において実行される三次元色形状検出処理では、空間コード化法を用いて被写体Sの三次元形状が検出される。

[0181] 図18には、図17のS1007が三次元色形状検出処理ルーチンとしてフローチャートで概念的に表されている。この三次元色形状検出処理ルーチンには、テーブルモータ制御プログラム404iが組み込まれている。テーブルモータ制御プログラム404iは、図18のS1201及びS1221乃至S1223を含むように構成されている。

[0182] この三次元色形状検出処理ルーチンでは、先ず、S1201において回転載置面19

0の回転位相PHが0に初期化される。本実施形態では、回転載置面190は一回転する間に4回停止される。このため、回転載置面190には4つの回転位相PHが離散的に設定されている。具体的には、回転位相PHは、初期の回転位相PHを表す「0」と、次の回転位相PHを表す「1」と、次の回転位相PHを表す「2」と、最後の回転位相PHを表す「3」とが設定されている。

[0183] 次に、S1210において撮像処理プログラム404bが実行される。これにより、今回の回転位相PHについて撮像処理が実行される。この撮像処理では、投影部12からストライプ状のパタン光が被写体S側面に順次投影される。更に、複数種類のパタン光が投影されている被写体S側面をそれぞれ撮像した複数枚のパタン光有画像と、パタン光が投影されていない同じ被写体S側面を撮像した1枚のパタン光無画像とが取得される。このS1210は、後に図19を参照して詳述する。

[0184] 撮像処理が終了すると、S1220において、今回の回転位相PHについて三次元計測処理が実行される。この三次元計測処理が実行されると、複数枚のパタン光有画像と1枚のパタン光無画像とが利用されて実際に被写体S側面の三次元情報が計測される。このS1220は、後に図22を参照して詳述する。

[0185] この三次元計測処理が終了すると、S1221において、次回の撮像に備えて回転位相PHが1だけインクリメントされる。続いてS1222において、回転位相PHの現在値が4より大きいか否か、すなわち被写体S側面についての一連の撮像が既に終了しているか否かが判定される。

[0186] 回転位相PHの現在値が4より大きくはない場合にはS1222の判定がNOとなり、S1223において所定の駆動信号がテーブルモータ194に対して出力される。この結果、回転載置面190が時計回りに90度回転する。これにより、被写体S側面が前回の撮像時とは異なる部分領域において測定ヘッドMHに対向される。その後、S1210及びS1220が実行される。これにより、次の回転位相PHについて前述の撮像処理及び三次元計測処理が行われる。

[0187] S1210乃至S1223のループが必要回数実行された結果、S1222の判定がYESとなれば、S1224において、三次元情報測定装置10の状態を水平展開状態から垂直展開状態に変えるようユーザに指示が出される。この指示処理には例えばモニタL

CD44が用いられる。例えばS1222でYESと判定された直後に指示文がモニタLCD44に表示される。この指示文は、三次元情報測定装置10を垂直展開状態にセットすることをユーザに促す文である。

[0188] 次に、S1225において、被写体S上面の三次元情報測定を省略するか否かが判定される。被写体S上面の三次元情報測定を省略するようにユーザ・オペレーションが成されたとき、処理はS1230に移行する。このユーザ・オペレーションは、例えば4接点カーソルキー43や図示しない他のファンクションキー等を用いて行われる。

[0189] 上記ユーザ・オペレーションが成されることなく垂直展開状態にセットされたことを検知したとき(S1225:NO、S1226:YES)、S1227においてS1210と同様の撮像処理が実行される。S1227では、被写体S上面に対して複数種類のパタン光が順次投影される。そして複被写体S上面の画像(複数枚のパタン光有画像と1枚のパタン光無画像)が取得される。なお、S1226における検知は例えば図示しないセンサによって実現される。具体的には、垂直展開状態にセットされたことを検知するセンサを三次元情報測定装置10に設置する。そしてその出力を処理部16に監視させる。この監視結果によりS1226の検知処理が成される。また垂直展開状態にセットした後にユーザ・オペレーションが成されることにより、上記検知が果たされるよう三次元情報測定装置10を構成しても良い。このユーザ・オペレーションも、例えば4接点カーソルキー43や図示しない他のファンクションキー等を用いて行われる。

[0190] 次いで、S1228においてS1220と同様の三次元計測処理が実行される。これにより、複数枚のパタン光有画像と1枚のパタン光無画像とが利用されて実際に被写体S上面の三次元情報が計測される。その後、処理はS1230に移行する。

[0191] S1230において被写体Sについて計測された三次元形状と表面色とを組み合わせることにより、三次元色形状検出結果が生成される。このS1230は、後に図24を参照して詳述する。

[0192] この三次元色形状検出結果が生成されると、今回の三次元色形状検出処理が終了する。

[0193] ここで、図19を参照することにより、図18におけるS1210を詳述する。図19には、そのS1210が撮像処理プログラム404bとしてフローチャートで概念的に表されてい

る。

[0194] この撮像処理プログラム404bには、送りモータ制御プログラム404hが組み込まれている。送りモータ制御プログラム404hにより、図19のS2002乃至S2005、S2010、S2016及びS2017の処理が実行される。

[0195] 撮像処理プログラム404bでは、先ず、S2001において今回生成すべきパタン光の番号を表すパタン番号PNが0に初期化される。このパタン番号PNは、複数の平面的光学素子260の中から今回選択されるべき選択光学素子260の番号(図14における「コード」)に対応する。今回選択されるべき選択光学素子260とは、今回のパタン光を被写体Sに投影するために窓部297に位置決めされるものである。

[0196] 次にS2002において、予め設定された方向に送りモータ65が駆動される。続いてS2003において、フォトインタラプタ300から上記PI信号が読み取られる。その後S2004において、その読み取られたPI信号のレベルがローレベルからハイレベルに変化したか否かが判定される。すなわちキャリッジ202が前述の特定の位置に移動したか否かが判定される。

[0197] PI信号のレベルがローレベルからハイレベルに変化していない場合にはS2004の判定がNOとなり、S2002乃至S2004のループの実行が再開される。そのループが複数回実行された結果、PI信号のレベルがローレベルからハイレベルに変化した場合にはS2004の判定がYESとなり、S2005に移行する。

[0198] このS2005では、上述の特定の位置にあるキャリッジ202を更に移動させてホームポジションに位置決めするために、予め設定された駆動信号(例えば、駆動パルス)が送りモータ65に供給される。キャリッジ202がそのホームポジションに位置決めされると、光変調体200が、複数の平面的光学素子260のうち今回のパタン番号PNを有するパタン光を生成するもの(前述の選択光学素子)において窓部297に正対することになる。

[0199] その後S2006において、パタン番号PNの現在値と等しい番号が付されたPN番目のパタン光の投影が開始される。

[0200] 続いてS2007において、PN番目のパタン光を被写体Sに投影するための投影処理が行われる。図20には、S2007の詳細が投影処理サブルーチンとしてフローチャ

ートで概念的に表されている。投影処理サブルーチンの実行により、PN番目のパタン光を投影部12から被写体Sに投影する投影処理が投影機構66との共同作用によって実現される。

[0201] この投影処理では、先ず、S3004において光源ドライバ84が駆動される。続いてS3005において、その光源ドライバ84からの電気信号によってLED62が発光する。以上で、今回の投影処理が終了する。

[0202] LED62が発光した光は、光源レンズ64を経て投影機構66に到達する。投影機構66では、選択光学素子260の表面形状に応じて空間変調が施される。この結果、投影機構66への入射光がパタン光に変換されて出射される。このパタン光は、投影光学系32を経て被写体Sに投影画像として投影される。

[0203] 以上のようにしてPN番目のパタン光が被写体Sに投影されると、続いて図19のS2008において、そのPN番目のパタン光が投影されている被写体Sが撮像部14によって撮像される。

[0204] 上記撮像によりPN番目のパタン光有画像が取得される。その取得されたパタン光有画像は、対応するパタン番号PNに関連付けてパタン光有画像格納部406aに格納される。

[0205] 上記撮像が終了すると、S2009においてPN番目のパタン光の投影が終了する。続いてS2010において、送りモータ65が、次のパタン光を投影する準備のためにキャリッジ202を1ピッチ送る。その後S2011において、次のパタン光を投影する準備のためにパタン番号PNが1だけインクリメントされる。

[0206] 続いてS2012において、そのパタン番号PNの現在値が最大値PNmaxより小さいか否かが判定される。最大値PNmaxは、使用されるマスクパタンの合計数に応じて決定される。例えば八種類のマスクパタンが使用される場合には、最大値PNmaxが8に設定される。

[0207] パタン番号PNの現在値が最大値PNmaxより小さい場合にはS2012の判定がYESとなり、S2006乃至S2012のループの実行が、今回のパタン番号PNを有するパタン光の投影のために再開される。

[0208] S2006乃至S2012のループの実行がパタン光の種類の数と同数回繰り返された

結果パタン番号PNの現在値が最大値PNmaxより大きい値になると、S2012の判定がNOとなり今回の撮像処理が終了する。従って、一回の撮像処理により最大値PNmaxと同数枚のパタン光有画像が取得されることになる。

[0209] 続いてS2013において、フラッシュモードが選択されているか否かが判定される。フラッシュモードが選択されている場合にはその判定がYESとなり、S2014において白色LED群26が発光する。これにより、上述したように被写体Sが一様に照明される。一方、フラッシュモードが選択されていない場合にはS2013の判定がNOとなり、S2014がスキップされる。何れにしてもその後、S2015において被写体Sが撮像される。

[0210] この撮像は、被写体Sの表面色を計測することを目的として、投影部12からパタン光を被写体Sに投影することなく行われる。この結果、被写体Sについて1枚のパタン光無画像が取得される。取得されたパタン光無画像はパタン光無画像格納部406bに格納される。

[0211] 続いてS2016において、キャリッジ202を前述のホームポジションに復帰させるよう送りモータ65が駆動される。その後S2017において、送りモータ65が停止して待機状態に移行する。

[0212] 以上で、撮像処理プログラム404bの一回の実行が終了する。

[0213] 図21には、撮像処理プログラム404bの一回の実行に伴うこの三次元情報測定装置10の作動の一例がタイミングチャートで表されている。この作動例は、FASTモード選択時にレリーズボタン40が全押し状態に操作された場合に三次元情報測定装置10によって実行されるものである。

[0214] 図21(a)には、被写体Sからの入射光によってCCD70が複数回、連続して露光される様子が示されている。図21(b)には、それら複数回の露光のそれぞれにつき、被写体Sからの光学像がCCD70で画素毎に光源変換されて出力される信号出力タイミングがタイミングチャートで表されている。図21(c)には、撮像部14の画像処理モードが前述の間引き画像処理モード又は非間引き画像処理モードの何れか一方に切り替わるタイミングがタイミングチャートで表されている。

[0215] 更に、図21(d)には、撮像部14の状態が待機状態と、撮像及び信号取り出しのた

めの作動状態とに切り替わるタイミングがタイミングチャートで表されている。図21(e)には、各パタン光を形成するために光変調体200において各平面的光学素子260が割り出されるタイミングがタイミングチャートで表されている。図21(f)には、白色LED群26がOFF状態とON状態とに切り替わるタイミングがタイミングチャートで表されている。図21(g)には、レリーズボタン40が非操作状態(OFF状態)と操作状態(ON状態)とに切り替わるタイミングがタイミングチャートで表されている。

[0216] 本実施形態では、CCD70が露光状態となり被写体S像を受像し、次いでその露光を反映した信号がCCD70から取り出される。一回の露光に一回の信号取り出しが対応している。これら露光と信号取り出しとが互いに共同して一回の個別撮像処理を成す。

[0217] 本実施形態では、同じ被写体Sについて三次元形状情報及び表面色情報の取得が順番に且つ連続的に行われる。

[0218] 前述のように被写体Sに八種類のパタン光(パタン番号PN=0～7)が順次投影される。そして各パタン光の投影毎に一回の個別撮像処理が行われる。すなわち被写体Sの三次元形状情報を取得するために、その被写体Sに対する個別撮像処理が順次、合計八回行われる。図21には、三次元形状情報を取得するための各回の個別撮像処理に対応するパタン光の番号PNが「0」乃至「7」の数字によって示されている。

[0219] 被写体Sの表面色情報を取得するために、被写体Sからの入射光によってCCD70が一回露光され、その後に信号取り出しが行われる。すなわち被写体Sの表面色情報を取得するために、個別撮像処理が一回行われる。図21では、表面色情報を取得するための一回の個別撮像処理が「c」という記号によって示されている。

[0220] 従って本実施形態では、三次元形状情報取得のための八回の個別撮像処理と、表面色情報取得のための一回の個別撮像処理とが連続的に行われる。つまり合計九回の個別撮像処理が連続的に行われる。本実施形態では、これら九回の個別撮像処理が互いに共同して一回の全体撮像処理を構成している。

[0221] これら九回の個別撮像処理では、同じ被写体Sについて九回の露光が順次行われる。そしてこれら九回の露光は、例えばビデオレートと同じ速度で且つ同一周期で行

われる。これら九回の露光が連続的に行われる期間は、被写体Sと三次元情報測定装置10との相対位置が変化するとその影響がCCD70の撮像結果に現れる期間である。この期間は、三次元情報測定装置10の撮像時間である。この撮像時間が短いほど、三次元情報測定装置10の動画撮像能力が高いことを意味する。

[0222] 図21に示す一作動例では、三次元形状情報取得のための八回の個別撮像処理での信号取り出しが何れも間引き画像処理として実行される。従って、三次元形状情報取得のための各回の個別撮像処理では、CCD70の露光に後続して必要な信号取り出し時間t1の経過後、CCD70から電気信号が出力される。信号取り出し時間t1は、1フレーム取り出し時間ともいい、各パタン光の投影毎にCCD70の露光が終了してから、三次元形状情報が1フレーム分、CCD70から出力されるまでに必要な三次元形状情報出力時間を意味する。

[0223] 図21に示す一例では、表面色情報取得のための一回の個別撮像処理における信号取り出しが非間引き画像処理として実行される。従って表面色情報取得のための一回の個別撮像処理については、CCD70の露光に後続して必要な信号取り出し時間t2の経過後、CCD70から電気信号が出力される。信号取り出し時間t2は、1フレーム取り出し時間ともいい、CCD70の露光が終了してから、表面色状情報が1フレーム分、CCD70から出力されるまでに必要な表面色情報出力時間を意味する。

[0224] 間引き画像処理に必要な信号取り出し時間t1は、非間引き画像処理に必要な信号取り出し時間t2より短い。例えば信号取り出し時間t1が約33msであるのに対して、信号取り出し時間t2は約0．5sである。

[0225] 図21(a)及び(b)に示されるように、一回の個別撮像処理では露光が終了した後に信号取り出しが開始される。そして次回の個別撮像処理における露光は、前回の個別撮像処理における信号取り出しが終了する前に開始される。すなわち、ある回の個別撮像処理における信号取り出しは、次回の個別撮像処理における露光と時間的に一部オーバラップするよう実行される。但し、ある回の個別撮像処理における信号取り出しは、次回の個別撮像処理における露光が終了する前に終了する。

[0226] 従って本実施形態では、図21(b)に示されるように、三次元形状情報取得のための八回の信号取り出しが時間的に隙間なく連続的に行われる。

[0227] 各回の信号取り出しは、それが間引き画像処理として実行される場合には、約33msで終了する。従って八回の信号取り出しは約0．26sで終了する。よって、図21に示される撮像時間（全体撮像時間）のうち三次元形状情報取得のための撮像に必要な部分（以下、「部分撮像時間」という。）の長さは、信号取り出し時間の長さの合計値によって支配されるため、約0．26sの程度の長さで済む。

[0228] これに対して各回の信号取り出しは、それを非間引き画像処理として実行すると、約0．5sも必要である。そのため、八回の信号取り出しに約5sも必要となる。これにより、対応する部分撮像時間もその程度の長さが必要となる。

[0229] このように、CCD70からの信号取り出しを間引き画像処理として実行する場合には、撮像時間が短縮される。この結果、被写体Sの動きや三次元情報測定装置10の振れの影響が低減して、被写体Sの三次元形状が高精度で計測され得る。

[0230] 更に、図21に示されるように、本実施形態では、三次元形状情報取得のための二回目乃至八回目の露光のそれぞれと、表面色情報取得のための露光がそれぞれ、先行する直前の露光に対応する信号取り出しの終了を待つことなく開始される。先行する露光に対応する信号取り出しと、後続する露光とが互いに並行して行われる。すなわち、九回の信号取出しが時間的に隙間なく連続的に行われる。従って、図21に示す撮像時間すなわち三次元形状情報取得のための撮像と表面色情報取得のための撮像との双方を連続的に行うのに必要な時間が短縮される。

[0231] 具体的には、各回の信号取り出しは、それが間引き画像処理として実行される場合には約33msで終了する。このため九回の信号取り出しは約0．3sで終了する。これにより、対応する全体撮像時間もその程度の長さで済む。

[0232] 例えば表面色計測撮像処理、三次元計測撮像処理の順に実行する場合、先行する表面色計測撮像処理における信号取出しが大部分終了するまで、三次元形状情報取得のための初回の露光を待機させなければならない。その待ち時間は、信号取り出し時間t2の長さにほぼ等しく約0．5sである。なお表面色計測撮像処理は、信号取り出しが非間引き画像処理として実行される。また三次元計測撮像処理は、信号取り出しが間引き画像処理として実行される。

[0233] この場合には、表面色情報取得のための露光と、三次元形状情報取得のための初

回の露光との間にやや長い時間間隔が存在する。従って、図21に示される全体撮像時間が長くなる。一方、測定ヘッドMHと被写体Sとの間の相対変位が存在しない又は十分に小さい場合には、その全体撮像時間がやや長いことは問題にならない。これに対して測定ヘッドMHと被写体Sとの間の相対変位が大きい場合には、その全体撮像時間が長いと、表面色情報と三次元形状情報とが画素の位置に関して互いに十分に正確にマッチングしなくなってしまう。すなわち、テクスチャマッピング精度が低下してしまう。

[0234] これに対して本実施形態では、図21に示されるように、三次元形状情報取得のための八回の個別撮像処理が先に、表面色情報取得のための一回の個別撮像処理が後に行われる。その結果、先行する三次元形状情報取得のための八回目の露光と、後続する表面色情報取得のための露光とを、先行する三次元形状情報取得のための八回の露光が行われる周期と同じ周期で連続して行うことが可能となる。よって、本実施形態によれば、全体撮像時間を約0．3s程度にまで短縮することが可能となる。

[0235] 従って本実施形態によれば、三次元形状情報取得のための露光と表面色情報取得のための露光とを十分に短い時間間隔で連続して行うことが可能となる。この結果、測定ヘッドMHと被写体Sの間の相対変位の有無やその程度の大小に影響されることなく、高いテクスチャマッピング精度が実現される。

[0236] 本実施形態によれば、三次元形状情報取得のためのCCD70からの信号取り出しを間引き画像処理モードで実行する場合（ユーザがFASTモードを選択する場合）には、高いテクスチャ解像度すなわち表面色計測精度を確保しつつ、高いテクスチャマッピング精度で動画を撮像するのに適した三次元情報測定装置10が提供される。

[0237] 更に、本実施形態では、ユーザは、三次元形状情報を取得するための画像処理モードを、間引き画像処理モードすなわちFASTモード、又は、非間引き画像処理モードすなわちSLOWモードの何れかに適宜変更することが可能である。テクスチャマッピング精度の低下が懸念される環境においてユーザがFASTモードを選択すれば、そのような環境にも拘わらずテクスチャマッピング精度が低下せずに済む。一方、テ

クスチャマッピング精度の低下が懸念されない環境においてユーザがSLOWモードを選択すれば、高いテクスチャマッピング精度のみならず高い三次元形状計測精度も実現される。

[0238] 本実施形態によれば、三次元情報測定装置10の使用環境や、三次元形状計測精度とテクスチャマッピング精度のそれぞれに対するユーザの要望に応じて、三次元情報測定装置10の設定をユーザが任意に変更することができる。従って本実施形態によれば、使い勝手の良い三次元情報測定装置10が提供される。

[0239] ここで、図22を参照することにより、図18のS1220を詳述する。図22には、S1220が三次元計測処理サブルーチンとしてフローチャートで概念的に表されている。

[0240] この三次元計測処理サブルーチンでは、先ず、S4001において輝度画像生成プログラム404cの実行により輝度画像が生成される。

[0241] このS4001では、輝度値がYCbCr空間におけるY値として定義されている。輝度値は各画素のRGB値より、

Y＝0. 2989・R＋0. 5866・G＋0. 1145・B

なる式を用いて計算される。各画素についてY値を求めることにより、複数枚のパタン光有画像にそれぞれ対応した複数枚の輝度画像が生成される。これらの生成された輝度画像は、パタン番号PNに関連付けて輝度画像格納部406cに格納される。但し、輝度値の算出に用いられる式は、上記式に限定されるものではなく他の式に適宜変更することが可能である。

[0242] 次に、S4002においてコード画像生成プログラム404dが実行される。コード画像生成プログラム404dが実行されると、生成された複数枚の輝度画像が前述の空間コード化法を利用して組み合わされる。これにより、画素毎に空間コードが割り当てられたコード画像が生成される。そのコード画像は、輝度画像格納部406cに格納された複数種類のパタン光有画像に関する輝度画像と、画素毎に輝度閾値が割り当てられた閾値画像との比較による2値化処理によって生成される。その生成されたコード画像はコード画像格納部406dに格納される。

[0243] 図22には、このコード画像生成プログラム404dの詳細がフローチャートで概念的に表されている。このコード画像生成プログラム404dにおいて採用されている技術

は、上述したように、特開2006－98252号公報に詳細に記載されたものであり、本実施形態でも採用されている。

[0244] 以下、このコード画像生成プログラム404dについて説明するが、それに先立ち、原理的に説明する。

[0245] 本実施形態では、同じ被写体S（三次元対象物）につき、複数種類のパタン光のもとにそれぞれ複数枚の輝度画像が生成される。これらのパタン光は何れも、明部すなわち幅を有する明るいパタンラインと、暗部すなわち幅を有する暗いパタンラインとが交互に一定の周期で繰り返すように形成される。これらのパタン光は、その周期に関して互いに異なっており、それぞれ、パタン番号PNを有するパタン光と称される。これらのパタン光のうち最も短い周期を有するパタン光が、パタン番号PNが0であるパタン光であり、最も長い周期を有するパタン光が、パタン番号PNが（PNmax－1）であるパタン光である。

[0246] 何れの輝度画像も、対応するパタン光のもとに取得されるため、明るいパタンラインと暗いパタンラインとが交互に並んで成るパタン画像として形成される。パタンラインの間隔すなわち周期は、三次元情報測定装置10と被写体Sとの間における相対的な幾何学的関係（位置及び向きに関する関係）に依存する。このため各輝度画像内の全ての位置において一定であるとは限らない。複数種類のパタン光のもとにそれぞれ取得される複数枚の輝度画像は、対応するパタン光のパタン番号PNを用いて特定される。

[0247] 本実施形態では、複数枚の輝度画像のうちの何れかが代表パタン画像に選択される。その代表パタン画像の一典型例は、複数種類のパタン光のうちパタンライン周期が最小であるものに対応する輝度画像である。すなわちパタン番号PNが0である輝度画像である。

[0248] パタン光が投影された被写体Sを撮像した輝度画像では、輝度値が画素列の方向において空間的且つ周期的に変化する。その周期的変化を表すグラフにその複数の下ピーク点（最低輝度点）において接する包絡線が存在する。この包絡線は、同じ被写体Sを無照射状態で撮像した輝度画像における輝度値、すなわち、被写体Sの背景光の輝度値の空間的変化を表している。このような包絡線が存在する輝度画像

については、各画素の輝度値を閾値処理によって正確に2値化するため、閾値を画素位置に応じて変化させることが望ましい。すなわち、輝度画像の実際の輝度値変化をトラッキングすることによって閾値を適応的に変化させることが望ましいのである。

[0249] このような知見に基づき、本実施形態では、輝度画像に対してフィルタ処理を行うことによって閾値を算出するフィルタ窓がローカルに設定されている。フィルタ処理されることによりその位置に適した閾値が、輝度画像に対してローカルに設定される。輝度画像のうちのあるローカル位置に窓が設定されれば、輝度画像を構成する複数本のパタンラインのうちその窓内に存在する画素の輝度値が取り出されて参照される。これにより、そのあるローカル位置に対応する閾値が設定される。

[0250] 本実施形態において使用される窓は方形窓である。この方形窓を採用する場合には、その方形窓内に存在する複数本のパタンラインを構成する画素の輝度値が取り出され、それら輝度値に対して同一の重み係数が用いられて閾値が算出される。その重み係数により方形窓の窓関数が定義される。

[0251] 方形窓を採用する場合には、パタンラインが延びるライン方向における方形窓のサイズ(以下、「ライン方向サイズ」と記す)に応じて、その方形窓内においてライン方向に存在する画素の数を可変とすることができる。一方、複数本のパタンラインが列を成して並ぶ列方向における方形窓のサイズ(以下、「列方向サイズ」と記す)に応じて、その方形窓内において列方向に存在するパタンラインの数も画素の数も可変とすることができる。

[0252] 従って方形窓を採用する場合には、その方形窓の列方向サイズにより、輝度画像に窓を設定することによってその輝度画像から算出される閾値が変化することになる。例えばその閾値を適宜変化させることが必要である場合には、方形窓の列方向サイズを適宜変化させれば良い。

[0253] 本実施形態では、方形窓として構成される窓のサイズが、その窓内に存在するパタンラインの数がその間隔すなわち周期(例えば明るいパタンラインが繰り返される周期)の整数倍であるように設定することが望ましい。すなわち窓内に、明るいパタンラインと暗いパタンラインとが同数ずつ存在するように当該窓のサイズを設定することが望ましい。このように設定すれば、窓内に存在する複数本のパタンラインの輝度値の

平均値を算出することにより、望ましい閾値を高精度取得することができる。

[0254] しかし同じ輝度画像上であっても、パタンラインの周期は場所によって異なる可能性がある。このため窓のサイズを固定した場合には、窓内に存在するパタンラインの数が場所によって変動してしまい、閾値の設定精度が低下してしまう。

[0255] 本実施形態では、複数枚の輝度画像のうち、パタンラインの周期が最小であるパタン光のもとに撮像されたもの、すなわちパタン番号PNが0である輝度画像が代表パタン画像として選択される。更に、本実施形態では、その代表パタン画像に対してローカルに設定される窓VWが、そのサイズが可変である可変窓として構成されている。それにより、その可変窓VWのサイズが、代表パタン画像の実際のパタンライン周期に適応して変更される。

[0256] 従って本実施形態によれば、代表パタン画像におけるパタンライン周期が列方向位置に応じて変動しても、それに追従するように可変窓VWのサイズが変更される。この結果、パタンライン周期の変動に影響されることなく、可変窓VW内に存在する明部と暗部のパタンラインの数が一定に維持される。本実施形態では、代表パタン画像に対して可変窓VWが設定されるローカル位置毎に閾値THが取得される。ローカル位置毎の閾値THは、各ローカル位置に最適なサイズを有する可変窓VWのもとに精度良く取得されることになる。

[0257] また、明部と暗部のパタンラインの数が一定に維持されるような可変窓VWのサイズは、パタン番号PNが0である輝度画像において最小となる。従ってパタン番号PNが0のものを代表パタン画像として選択することにより、可変窓VWのサイズを最小とすることが可能となる。これにより、可変窓VWを用いた後のフィルタ処理の計算負担が抑えられる。

[0258] 本実施形態では、可変窓VWはそのサイズが可変である方形窓として構成されている。その可変窓VWのサイズは、代表パタン画像の列方向には可変であるように設定されている。これに対してライン方向には固定であるように設定されている。

[0259] 本実施形態では、可変窓VWのサイズ、すなわち代表パタン画像の列方向におけるサイズが、その代表パタン画像の実際のパタンライン周期を適応的に反映するように設定される。従って可変窓VWのサイズを設定するために、代表パタン画像の実際

のパタンライン周期分布が事前に判明していることが必要である。

[0260] よって本実施形態では、可変窓VWのサイズの設定に先立ち、サイズが固定された固定窓が代表パタン画像に対して設定される。この設定された固定窓によって捕捉される複数の連続画素が複数の注目画素として選択される。そしてそれら選択された注目画素の輝度値に基づいて、代表パタン画像の実際のパタンライン周期分布が取得される。

[0261] 本実施形態では、更に、代表パタン画像における複数の注目画素の輝度値に対してFFT(Fast Fourier Transform:高速フーリエ変換)処理が施される。これにより、代表パタン画像の列方向において輝度値変化の周波数成分のそれぞれについて強度(例えばパワースペクトル)が取得される。ここに、「周波数成分」は、一個の固定窓によって捕捉される複数の注目画素を列方向に辿った場合に、輝度値の変化が反復される反復回数を意味する。

[0262] 本実施形態では、代表パタン画像において列方向に連続的に並んだ複数の連続画素のそれぞれが順次注目画素に選定される。そして選定された注目画素毎にパタンライン周期が代表パタン画像の輝度値分布に基づいて取得される。

[0263] 以上、このコード画像生成プログラム404dを原理的に説明したが、以下、図23を参照して説明する。

[0264] コード画像生成プログラム404dでは、先ず、S5001において、輝度画像格納部406cから、パタン番号PN0のパタン光が投影された被写体Sの輝度画像が、代表パタン画像として読み込まれる。

[0265] 次に、S5002においてその代表パタン画像につき、前記読み込まれた輝度画像に基づいて前述のFFT変換によるアプローチにより、代表パタン画像において列方向に連続的に並んだ画素毎にパタンライン周期が演算される。演算された複数のパタンライン周期は、各画素(各列方向画素位置)に関連付けて周期分布格納部406pに格納される。

[0266] 続いてS5003において、演算された複数のパタンライン周期に基づいて可変窓VWの特性がローカルに設定される。本実施形態では、可変窓VWのライン方向サイズは、その可変窓VWが設定される代表パタン画像上の位置に拘わらず変化しない

ように設定される。これに対して可変窓VWの列方向サイズは、各列方向画素位置に関連付けて演算されたパタンライン周期の整数倍に相当するように設定される。

[0267] その後S5004において、代表パタン画像に対して可変窓VWが、ライン方向と列方向に沿って平面的に各画素に関連付けて設定される。これにより画素毎に、可変窓VW内に存在する複数の画素の輝度値の平均値がローカルな閾値として演算される。S5004では、更に、演算された閾値を各画素に割り当てた閾値画像が生成される。生成された閾値画像は閾値画像格納部406qに格納される。

[0268] 続いてS5005において、パタン番号PNが0に初期化される。次いでS5006において、パタン番号PNの現在値が最大値PNmaxより小さいか否かが判定される。ここではパタン番号PNの現在値が0であるため判定がNOとなり、S5007に移行する。

[0269] S5007では、パタン番号PNの現在値と等しいパタン番号PNが割り当てられた輝度画像の輝度値と、生成された閾値画像の閾値とが、画素毎に互いに比較される。その比較結果は画素毎に2値化画像に反映される。具体的には、輝度画像の輝度値が閾値より大きい場合には、「1」を表すデータが、2値化画像のうち対応する画素位置に関連付けて2値化画像格納部406rに格納される。一方、輝度画像の輝度値が閾値より大きくはない場合には、「0」を表すデータが、2値化画像のうち対応する画素位置に関連付けて2値化画像格納部406rに格納される。

[0270] その後S5008において、パタン番号PNが1だけインクリメントされる。続いてS5006に戻り、パタン番号PNの現在値が最大値PNmaxより小さいか否かが判定される。今回もパタン番号PNの現在値が最大値PNmaxよりも小さいと判定されてNOとなり、S5007に移行する。

[0271] S5006乃至S5008の実行がパタン光の種類の数と同数回繰り返された結果、パタン番号PNの現在値が最大値PNmaxより大きい値になると、S5006の判定がYESとなり、S5009に移行する。

[0272] S5009では、画素毎に、最大値PNmaxと同数枚の2値化画像から画素値(「1」又は「0」)が、所定の順序に従って抽出される。この所定の順序とは、パタン番号PNが0である輝度画像に対応する2値化画像から、パタン番号PNが(PNmax－1)である輝度画像に対応する2値化画像に至る順序である。これにより、最下位ビットLSMか

ら最上位ビットMSBに至る順序に従って並んだ空間コードが生成される。画素毎の空間コードのビット数は最大値PNmaxと同数である。画素毎に空間コードが生成されることにより、今回の被写体Sに対応する空間コード画像が生成される。生成された空間コードは、各画素位置に関連付けて空間コード格納部116dに格納される。例えば最大値PNmaxが8である場合には、生成される空間コードは0から255までの範囲内の値を有する。

[0273] 以上で、このコード画像生成プログラム404dの一回の実行が終了する。

[0274] その後、図22におけるS4003においてコード境界抽出プログラム404eの実行により、コード境界座標検出処理が実施される。前述の空間コード化法によるコード化は各画素単位で行われる。このため、実際のパタン光における明暗の境界線と、前記生成されたコード画像における空間コードの境界線(ある空間コードが割り当てられた領域と別の空間コードが割り当てられた領域との間の境界線)との間にサブピクセル精度の誤差が生ずる。そのため、このコード境界座標検出処理は、空間コードの境界座標値をサブピクセル精度で検出することを目的として実施される。

[0275] 例えば各パタン光のライン方向と交差する離散的な基準線の位置をCCD座標系において255本設定する。このとき最大値PNmaxが8(空間コードを256有するため境界は255)である場合、図22におけるS4003(コード境界抽出プログラム404eの実行)により、最大約6万5千の空間コードの境界座標値が検出される。

[0276] 検出されたコード境界座標値はコード境界座標格納部406eに格納される。コード境界座標値は、CCD70の結像面に設定された二次元座標系であるCCD座標系ccdx－ccdyにおいて定義される。

[0277] 続いてS4004において、レンズ収差補正プログラム404fの実行により、レンズ収差補正処理が実施される。このレンズ収差補正処理は、撮像光学系30に入射した光束の実際の結像位置であってその撮像光学系30の収差の影響を受けたものを理想結像位置に近づくように補正する処理である。この理想結像位置とは、その撮像光学系30が理想レンズ系(すなわち無収差レンズ系)であるときに結像されるべき位置を表す。

[0278] このレンズ収差補正処理により、S4003において検出されたコード境界座標値は、

撮像光学系30の歪み等に起因した誤差が除去されるように補正される。そのようにして補正されたコード境界座標は収差補正座標格納部406gに格納される。

[0279] コード境界座標検出処理及びレンズ収差補正処理は何れも、本発明を理解するために不可欠な事項ではなく、しかも、特開2005－293075号公報に詳細に開示されている。従って上記処理の詳細な説明については上記公報を参照すべきであり、ここでの詳細な説明を省略する。

[0280] その後S4005において、三角測量演算プログラム404gの実行により、三角測量の原理による実空間変換処理が実施される。この実空間変換処理が実施されれば、三角測量の原理により、CCD座標系ccdx－ccdy上のコード境界座標値であって収差補正が施されたものが、実空間に設定された三次元座標系である実空間座標系X－Y－Z上の三次元座標値に変換される。この結果、三次元色形状検出結果としての三次元座標値が取得される。その取得された三次元座標値は、対応する部分画像の回転位相PHに関連付けられて、三次元座標格納部406hに格納される。具体的には、被写体S側面の4つの部分画像はそれぞれ、回転位相PH0、1、2、又は3に関連付けられて三次元座標格納部406hに格納される。また被写体上面の画像は回転位相PH4に関連付けられて三次元座標格納部406hに格納される。

[0281] S4005では、被写体Sの三次元形状を複数の三次元頂点の集まりとして空間離散的に計測するために、二次元的なコード画像が、各パタン光のライン方向と交差する離散的な複数本の基準線に関して空間離散的に参照される。これにより、そのコード画像の外周境界上の複数の離散点にそれぞれ対応する複数の三次元頂点が取得されるのみならず、そのコード画像の内部の複数の離散点（S4003において検出されたコードの境界座標点）にそれぞれ対応する複数の三次元頂点が取得される。

[0282] ここで、図24を参照することにより、図18におけるS1230を詳述する。図24には、S1230が三次元色形状検出結果生成サブルーチンとして概念的にフローチャートで表されている。

[0283] 三次元色形状検出結果生成サブルーチンでは、先ず、S5501において三次元座標格納部406hから、回転位相PH0乃至4のそれぞれに関連付けて、複数の三次元座標値がロードされる。本実施形態では、被写体Sの外面全体が5つの部分面（正面

、右側面、左側面、背面、及び、上面）に分割され、各部分面ごとに立体画像が生成される。S5501では、これら5つの部分面の全てについて、各部分面に属する複数の三次元座標値が三次元座標格納部406hからロードされる。

[0284] 次にS5502において、ロードされた複数の三次元座標値（頂点座標値）に対して、各三次元座標値が属する各部分面の回転位相PHに応じた回転変換が行われる。これにより、5つの部分面に属する複数の三次元座標値が、各部分面の回転位相PHを見込んで組み合わされる。その結果、複数の三次元座標値によって三次元的に表現される5つの部分面が一体化されて、被写体Sの外面全体を現す画像が合成される。但しこの段階ではその合成画像に、測定ヘッドMHの分割撮像手法に起因して空間的にオーバラップする部分が存在する。

[0285] 続いてS5503において、生成された合成画像において空間的にオーバラップする部分が抽出される。更に、その合成画像の長さ方向における各領域においてオーバラップする2つの部分が、それら2部分に属する複数の三次元座標値の平均化等の手法により、1つの部分に結合される。その結果、合成画像において空間的なオーバラップが除去される。これによりステッチ画像が完成する。そのステッチ画像を表すデータがステッチ画像格納部406sに格納される。

[0286] その後S6001において、前述の実空間三次元座標系に座標変換された三次元頂点群の各実座標空間座標値に対応するRGB値（R輝度値、G輝度値及びB輝度値）が前述の表面色画像から抽出される。

[0287] 実空間座標系と、表面色画像を定義する平面座標系との関係は、前述の三角測量計算によって幾何学的に互いに対応付けられている。すなわち、コード画像（すなわち被写体Sの三次元形状を計測するための二次元画像である形状画像を定義する平面座標系を実空間三次元座標系に計算によってマッピングさせるために用いられる関数）が存在する場合に、その関数の逆関数を用いることにより、実空間三次元座標系を、表面色画像を定義する平面座標系に計算によってマッピングさせることが可能なのである。従ってS6001では、二次元的な表面色画像から三次元頂点毎に、それに対応する表面色値すなわちRGB値を抽出することが可能である。

[0288] 次にS6002において、頂点毎に、対応する実空間座標値とRGB値とが組み合わさ

れて色形状情報が生成される。更に、その生成された色形状情報が、対応する頂点に直接的又は間接的に関連付けてワーキングエリア410にローカル保存される。

[0289] 続いてS6003において、その被写体Sについて取得された複数の頂点のうち、距離的に近接する複数の頂点が三個ずつグループ分けされる。これは、被写体Sの表面形状を複数のポリゴンの一例である三角形に分割することによって近似的に表現するために行われる。グループ毎に三個の頂点が互いに連結されることにより、一個のポリゴンが形成される。

[0290] その後S6004において、ポリゴン毎に、そのポリゴンを形成するために互いに連結すべき三個の頂点の組合せがポリゴン情報として、各ポリゴンに直接的又は間接的に関連付けてワーキングエリア410にローカル保存される。またそのポリゴン情報は、必要に応じて、被写体Sの三次元色形状を表す情報として三次元色形状データ格納部406tに格納される。

[0291] 以上で、この三次元色形状検出結果生成サブルーチンの一回の実行が終了する。これに伴い、図18に示す三次元色形状検出処理ルーチンの一回の実行が終了する。

[0292] 以上が本発明の実施の形態である。本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではなく様々な範囲で変形が可能である。例えば測定ヘッドMHと回転テーブルユニットRTとを連結する構造はレバー部LVに限らない。

[0293] 図25に、別の実施の形態に係る三次元情報測定装置10yの垂直展開状態における斜視図を示す。三次元情報測定装置10yでは、測定ヘッドMHの両側面それぞれにレバー部LV_1、LV_2が取り付けられている。なお、以下に示される実施形態において本実施形態の三次元情報測定装置10と同一及び同様の構成には、同一及び同様の名称及び符号を付して詳細な説明を省略することとする。

[0294] レバー部LV_1及びLV_2は本実施形態のレバー部LVと同様の構造を有している。レバー部LV_1は、収納ジョイント650により互いに回動自在に連結された第一レバー610と第二レバー620を有している。またレバー部LV_2は、収納ジョイント652により互いに回動自在に連結された第一レバー630と第二レバー640を有している。第一レバー610及び630は測定ヘッドMHを保持している。また第二レバー620、640はそれ

ぞれ、回動ジョイントにより、回転テーブルユニットRT上のジョイントホルダ660、662に対して回動自在に支持されている。

[0295] 展開状態において第二レバー620及び640が矢印F方向に回動されると、三次元情報測定装置10yは水平展開状態又は垂直展開状態の何れかにセットされる。また第一レバー610及び630が矢印G_1方向に回動され且つ第二レバー620及び640が矢印G_2方向に回動されると、レバー部LV_1及びLV_2が折り畳まれた状態となる。すなわち三次元情報測定装置10yが収納状態にセットされる。

[0296] このようにレバー部を二本設けて三次元情報測定装置を構成した場合も本実施形態と同様の効果を奏することができる。なお別の実施形態では、二本のレバー部によって測定ヘッドMHを保持する構成としたことにより、装置の堅牢性向上が実現される。

[0297] 次に、図26に、更に別の実施の形態に係る三次元情報測定装置10zの垂直展開状態における斜視図を示す。更に別の実施の形態に示されるように、測定ヘッドMHと回転テーブルユニットRTとを連結する構造はレバー構造に限らない。例えば更に別の実施の形態では、測定ヘッドMHと回転テーブルユニットRTとがプレートを介して連結されている。

[0298] 三次元情報測定装置10zは、連結構造として、第一プレート710、第二プレート730、収納ジョイント750(図27)、及び、回動ジョイント760を有している。第一プレート710はその一端において測定ヘッドMHを保持している。またその他端において収納ジョイント750により第二プレート730に対して回動自在に支持されている。すなわち第二プレート730はその一端が第一プレート710と回動自在に連結している。またその他端が回動ジョイント760により、回転テーブルユニットRTに対して回動自在に支持されている。収納ジョイント750及び回動ジョイント760は、例えば周知のヒンジ構造を有している。

[0299] ここで、図27に、三次元情報測定装置10zの一部の構成の側面図を示す。図26及び27に示されるように、第二プレート730上にはバー保持器762が取り付けられている。バー保持器762は垂直固定バー764を回動自在に支持している。垂直固定バー764の先端はフック形状となっている。回転テーブルユニットRT上には、垂直固定

バー764の先端を引っ掛けるためのバー固定穴766が形成されている。

[0300] 図26及び27の例では、垂直固定バー764先端がバー固定穴766に引っ掛けて止められている。これにより垂直固定バー764は、その一端が第二プレート730に固定され、その他端が回転テーブルユニットRTに固定された状態となっている。従ってこれらの図に示されるように、第二プレート730と回転テーブルユニットRTは互いに垂直を成す状態で固定される。垂直固定バー764先端をバー固定穴766から外した場合、第二プレート730は、回動ジョイント760により回転テーブルユニットRTに対して回動自在となる。第二プレート730は例えば矢印H方向に回動し得る。

[0301] また、第一プレート710上にはキー回動ピン752、及び、キー回動ピン752を回動軸とした展開固定キー754が取り付けられている。第二プレート730上には、展開固定キー754を係止可能なキー固定係止器756が取り付けられている。

[0302] 図26及び27の例では、展開固定キー754がキー固定係止器756により係止されている。このとき展開固定キー754は、第一プレート710及び第二プレート730の両方の面上に跨って接触するよう配置されている。従って第一プレート710と第二プレート730は展開固定キー754により支えられて、図26及び27に示された展開状態に固定されている。

[0303] 展開固定キー754を矢印I_1方向に回動させて第二プレート730の面上から退避させると、第一プレート710及び第二プレート730は互いに回動自在な状態となる。このとき第一プレート710を矢印I_2方向に回動させて第一プレート710と第二プレート730を略重なり合う状態とする。そしてこれに併せて垂直固定バー764先端をバー固定穴766から外し、第二プレート730を矢印H方向に回動させて第二プレート730と回転テーブルユニットRTと略重なり合う状態とする。これにより三次元情報測定装置10zをコンパクトな状態すなわち収納状態にセットすることができる。

[0304] このように連結構造としてプレートを採用した場合も本実施形態と同様の効果を奏することができる。また、プレートは一般にアームよりも断面積が大きく剛性が高い構造である。従って、更に別の実施形態においても三次元情報測定装置の堅牢性向上が実現される。

[0305] 従来の三次元形状測定装置において被写体上面を撮像する場合には、例えば被

写体側面を撮像した後に当該装置を三脚等に設置して、撮像手段が被写体上面を真上から見下ろすような位置に固定するような方法も講じられていた。そして、その状態で被写体上面を撮像していた。しかしながら、これはユーザにとって極めて繁雑な作業であった。例えば被写体に対して撮像手段の光軸が垂直となるように三次元形状測定装置を三脚等に固定することは非常に困難な作業であった。また、被写体と撮像手段との距離を正確に算出することも困難であった。また更に、被写体上面と側面の撮像データをステッチ処理するときに形状や色の位置合わせをすることは大変困難であり、膨大な演算が必要となるといった問題もあった。本発明に係る三次元情報測定装置はそのような従来技術の問題点をも解決するものである。

[0306] また本発明に係る三次元情報測定装置は、撮像手段を載置台に対して移動自在に支持した折り畳み可能な支持部が非折り畳み状態であるとき、撮像手段は例えば回転載置面周辺において円弧を描くように移動するよう構成されている。

[0307] また上記三次元情報測定装置において当該支持部は、その一端が載置台に回動自在に支持された第一のレバーと、その一端が撮像手段を保持した第二のレバーと、互いの他端において第一と第二のレバーとを回動自在に連結した連結部と、非折り畳み状態において第一のレバーを第二のレバーに係止させる係止部とを少なくとも有したものであっても良い。

[0308] 上記三次元情報測定装置によれば、折り畳み可能な支持部を僅かな部品点数で構成することができる。

[0309] なお連結部は、第一のレバーに対して第二のレバーが少なくとも180度回動するよう互いを連結したものであっても良い。

[0310] このような構成によれば、第一のレバーと第二のレバーにおける折り畳み角度が大きく確保されているため、支持部を極めてコンパクトに折り畳むことが可能となる。

[0311] また上記三次元情報測定装置は、支持部上に把持部が形成されたものであっても良い。

[0312] このような構成によれば、持ち運び性が向上した三次元情報測定装置が提供され得る。

[0313] また上記三次元情報測定装置において支持部規制手段は、撮像手段を、例えば

その視線が被写体側面を向く位置又は被写体上面を向く位置の何れかに固定することができる。

[0314] このような構成によれば、被写体側面及び上面の三次元情報を測定可能な三次元情報測定装置が提供され得る。

[0315] 以上、本発明によれば、様々な視線から被写体の三次元情報を測定可能であると共に、小型化、コストダウン、制御系への負担軽減等が実現可能な三次元情報測定装置が提供される。

請求の範囲

[1] 被写体における三次元の形状及び色を測定する三次元情報測定装置において、

被写体が載置される回転可能な回転載置面を有した載置台と、

前記回転載置面上の被写体を撮像する撮像手段と、

前記撮像手段を前記載置台に対して移動自在に支持した折り畳み可能な支持部であって、非折り畳み状態において前記回転載置面と前記撮像手段との距離を略一定に保ち且つその視線を前記回転載置面上に向けるよう前記撮像手段を保持した支持部と、

前記載置台に対する前記撮像手段の位置が複数の規定位置の何れかに固定されるよう前記支持部の動きを規制する支持部規制手段と、を備えたこと、を特徴とする三次元情報測定装置。

[2] 前記支持部が非折り畳み状態であるとき、前記撮像手段は、前記回転載置面周辺において円弧を描くように移動し得ること、を特徴とする請求項1に記載の三次元情報測定装置。

[3] 前記支持部は、

その一端が前記載置台に回動自在に支持された第一のレバーと、

その一端が前記撮像手段を保持した第二のレバーと、

互いの他端において前記第一と第二のレバーとを回動自在に連結した連結部と、

非折り畳み状態において前記第一のレバーを前記第二のレバーに係止させる係止部と、を少なくとも有したこと、を特徴とする請求項1に記載の三次元情報測定装置。

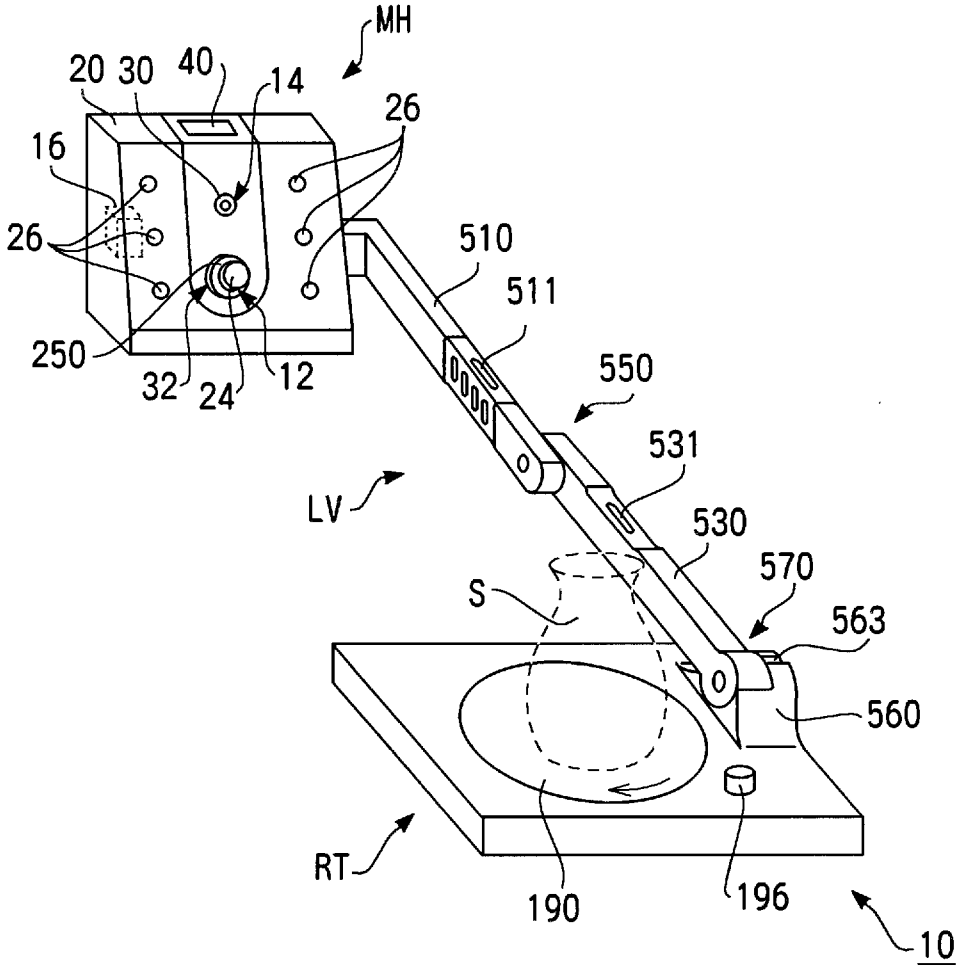
[4] 前記連結部は、前記第一のレバーに対して前記第二のレバーが少なくとも180度回動するよう互いを連結していること、を特徴とする請求項3に記載の三次元情報測定装置。

[5] 前記支持部上に把持部を形成したこと、を特徴とする請求項1に記載の三次元情報測定装置。

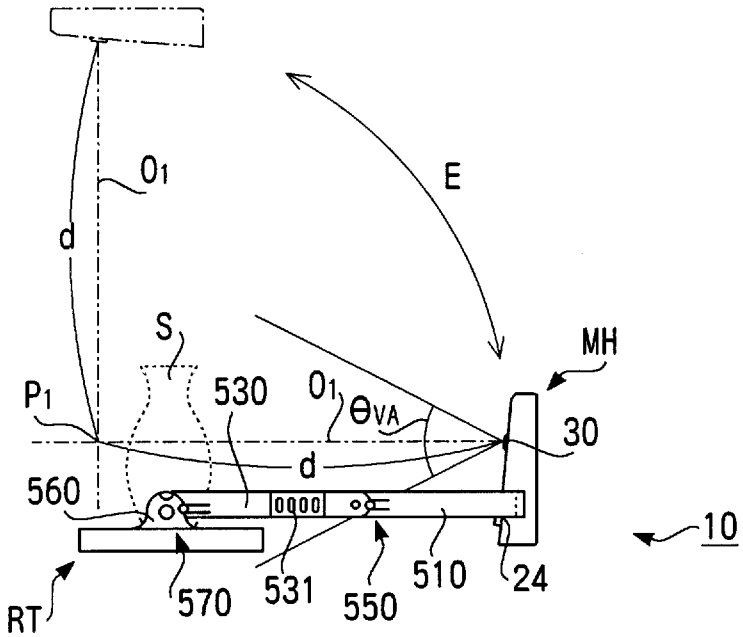
[6] 前記支持部規制手段は、前記撮像手段を、その視線が被写体側面を向く位置又は被写体上面を向く位置の何れかに固定すること、を特徴とする請求項1に記載の

三次元情報測定装置。

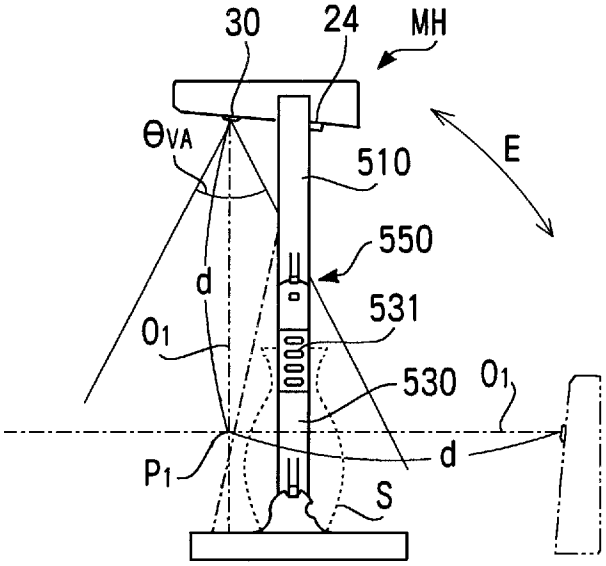
[図1]


MH
20
30
40
14
26
16
26
510
511
250
32
24
12
550
531
LV
530
570
S
563
560
RT
190
196
10

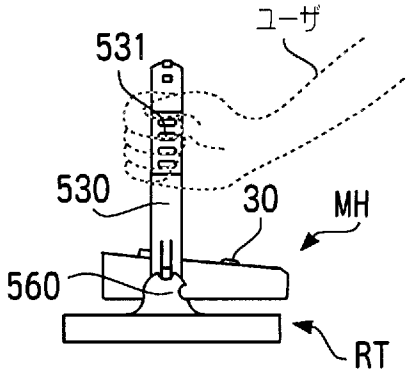
[図2]


O1
E
d
S
MH
P1
530
O1
θVA
30
d
560
10
RT
570
531
550
510
24

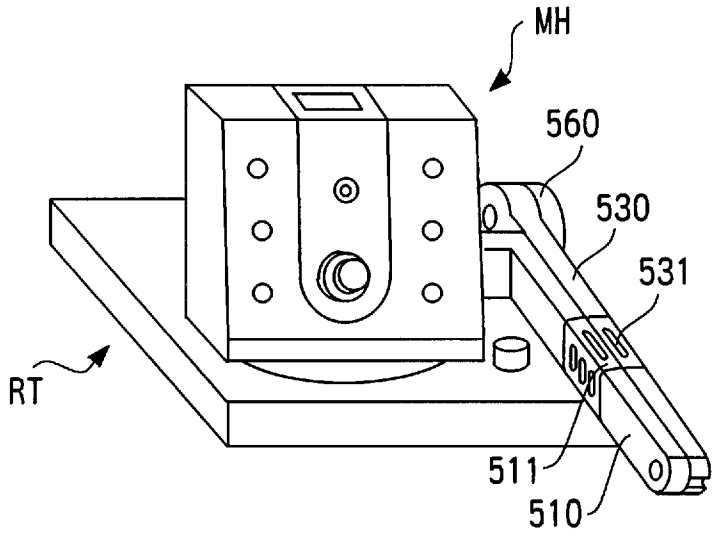
[図3]


30
24
MH
θVA
510
E
550
d
531
O1
530
O1
P1
d
S

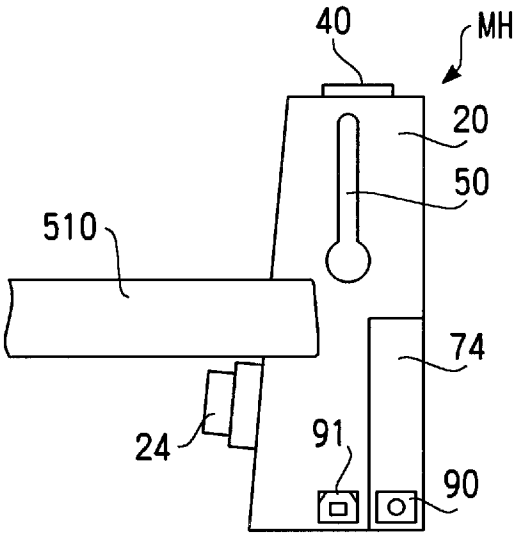
[図4]


ユーザ
531
530
30
MH
560
RT

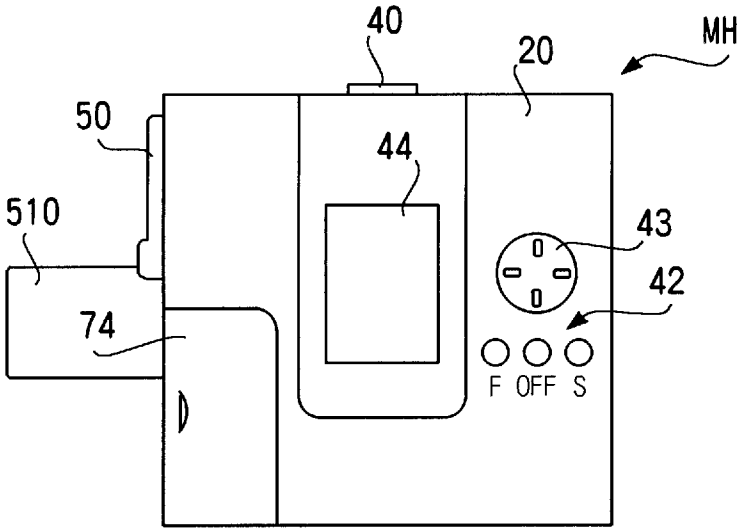
[図5]


MH
560
530
531
RT
511
510

[図6]

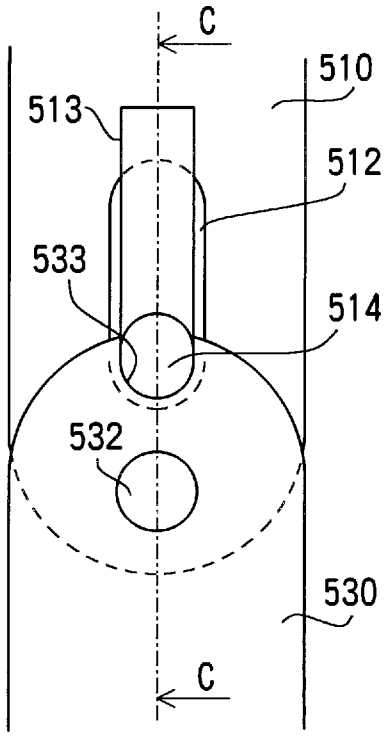


(a)

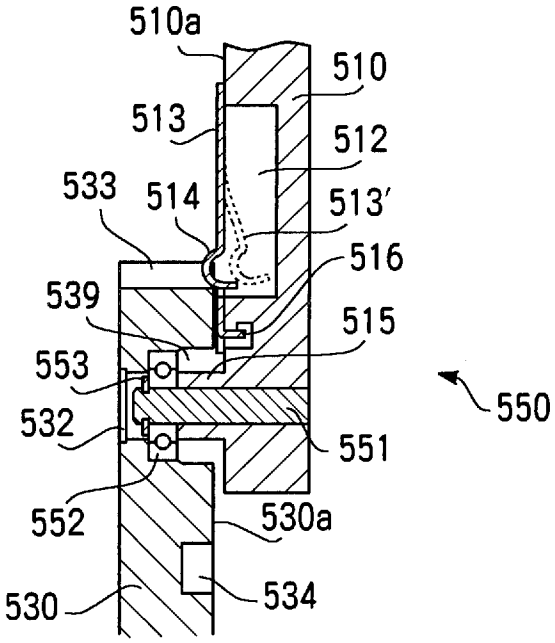


(b)

[図7]

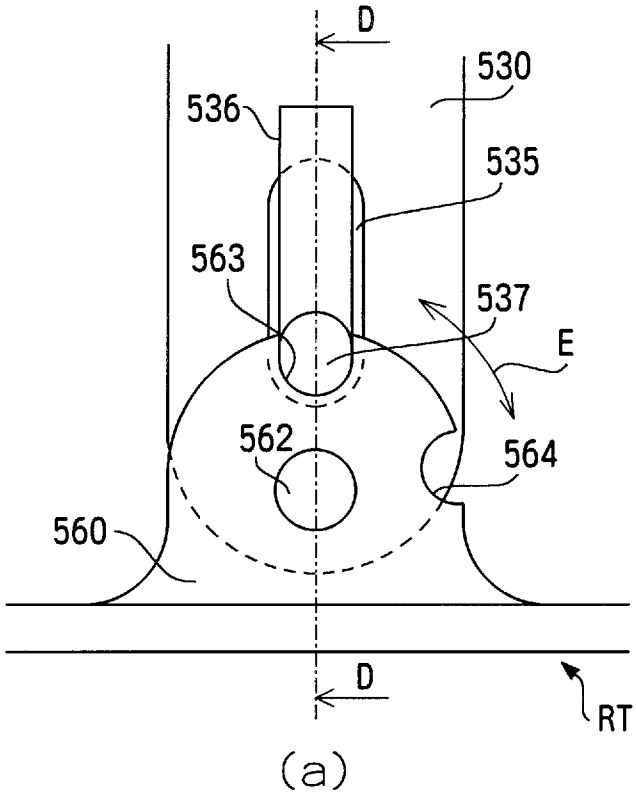

C
510
513
512
533
514
532
530
C

(a)

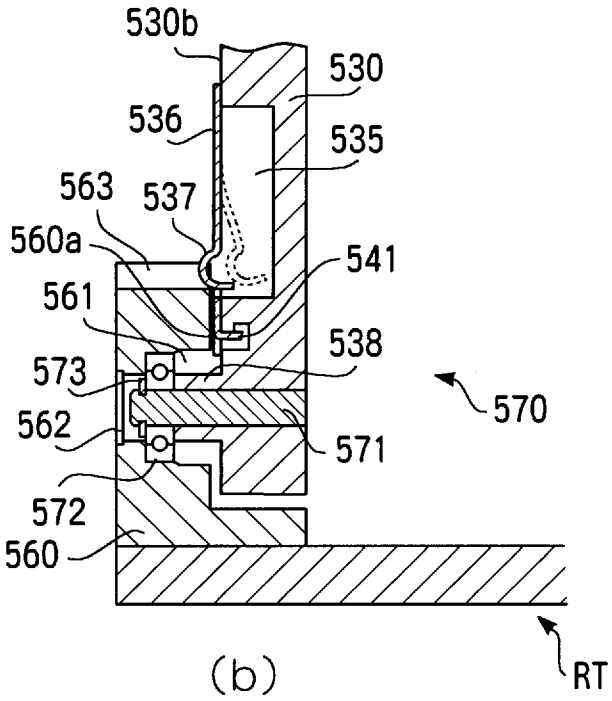

510a
510
513
512
533
514
513'
516
539
515
553
550
532
551
552
530a
530
534

(b)

[図8]

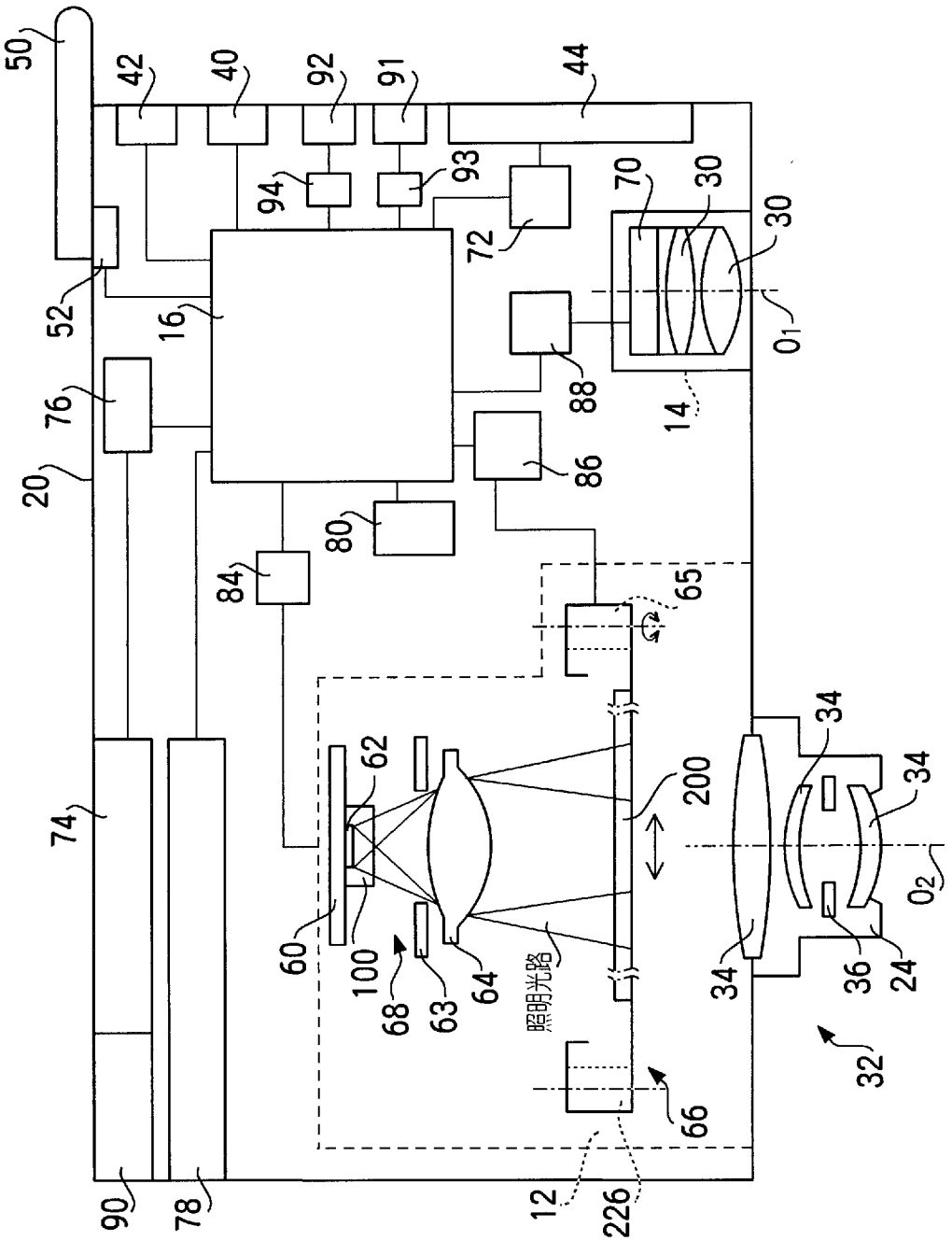

D
530
536
535
563
537
E
562
564
560
D
RT

(a)

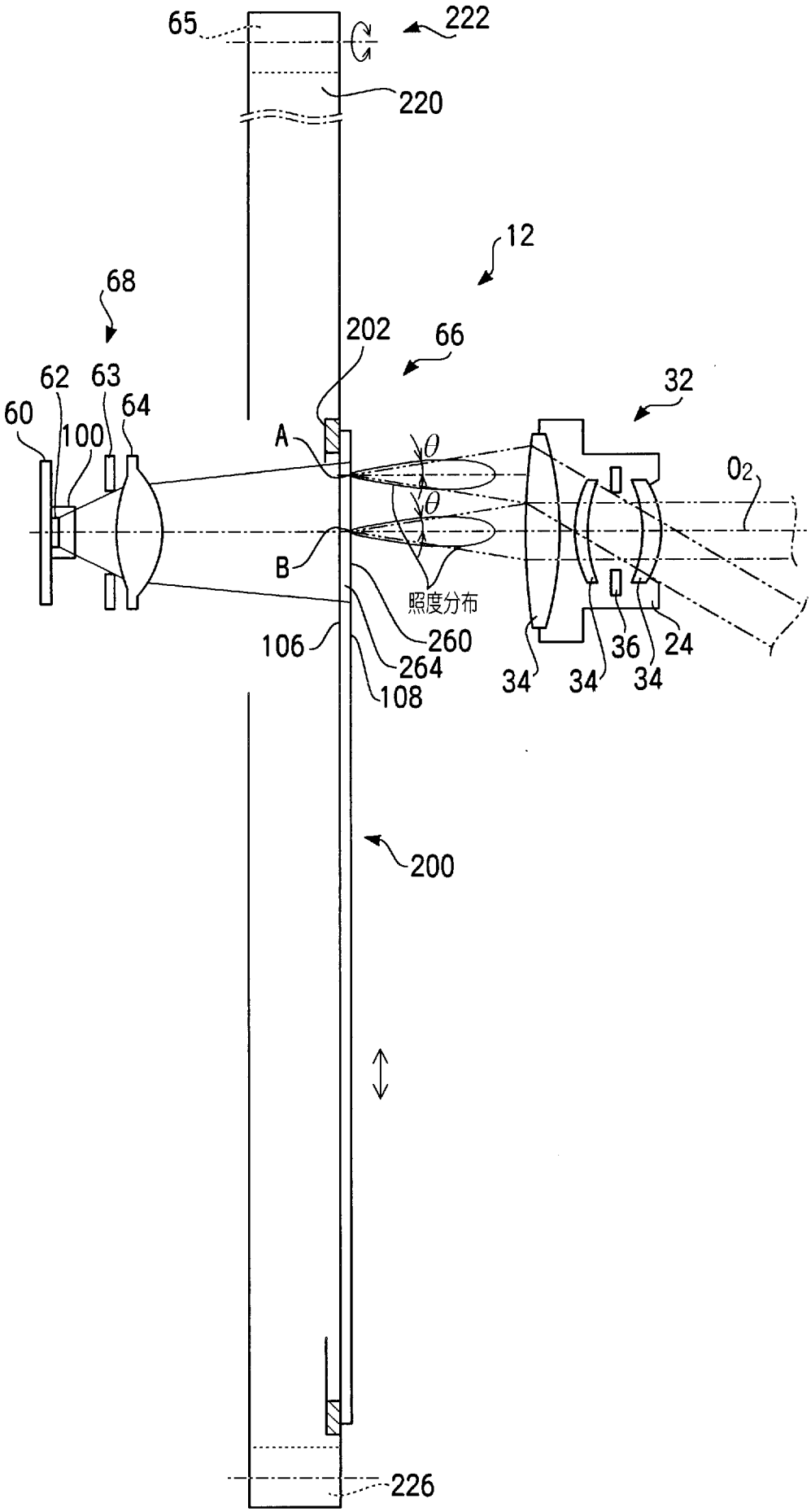

530b
530
536
535
563
537
560a
541
561
538
573
570
562
571
572
560
RT

(b)

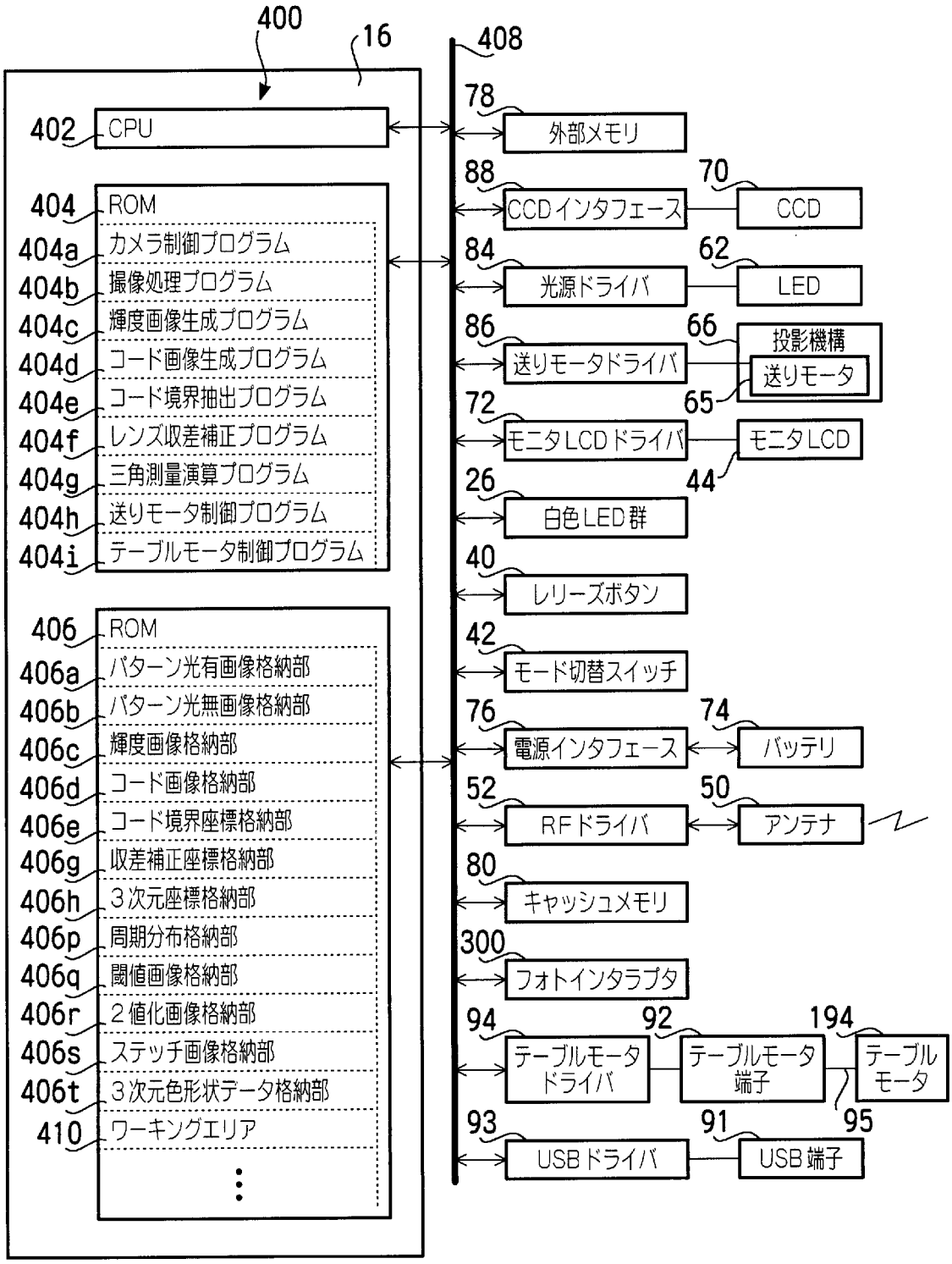
[図9]


50
42
40
92
91
44
94
93
72
70
30
30
52
16
88
O_1
76
14
20
86
80
84
65
62
34
200
34
74
60
100
68
63
64
照明光路
34
36
24
O_2
66
32
90
78
12
226

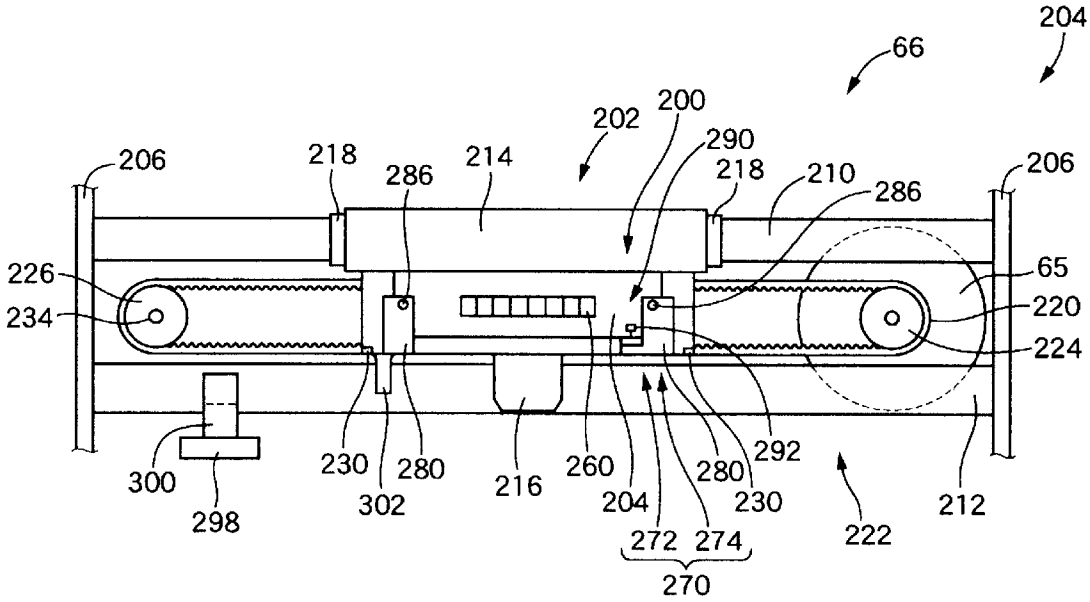
[図10]


65
222
220
12
68
202
66
62
63
64
60
100
A
θ
θ
32
O2
B
照度分布
106
260
264
108
34
34
36
34
24
200
226

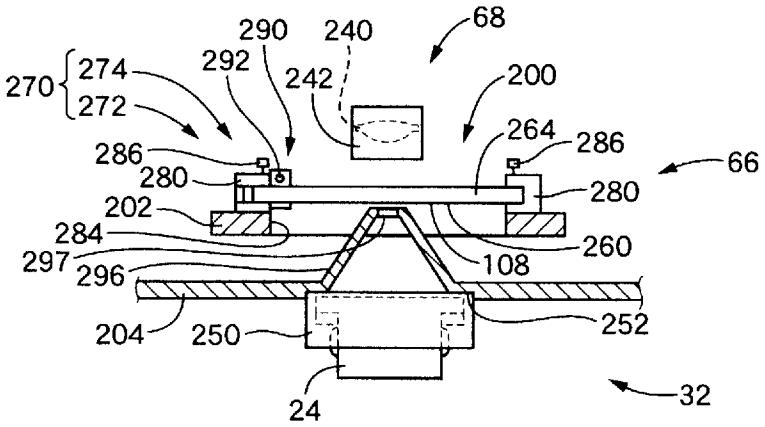
[図11]


400
16
408
402 CPU
404 ROM
404a カメラ制御プログラム
404b 撮像処理プログラム
404c 輝度画像生成プログラム
404d コード画像生成プログラム
404e コード境界抽出プログラム
404f レンズ収差補正プログラム
404g 三角測量演算プログラム
404h 送りモータ制御プログラム
404i テーブルモータ制御プログラム
406 ROM
406a パターン光有画像格納部
406b パターン光無画像格納部
406c 輝度画像格納部
406d コード画像格納部
406e コード境界座標格納部
406g 収差補正座標格納部
406h 3次元座標格納部
406p 周期分布格納部
406q 閾値画像格納部
406r 2値化画像格納部
406s ステッチ画像格納部
406t 3次元色形状データ格納部
410 ワーキングエリア
78 外部メモリ
88 CCDインタフェース
70 CCD
84 光源ドライバ
62 LED
86 送りモータドライバ
66 投影機構
送りモータ
65
72 モニタLCDドライバ
モニタLCD
44
26 白色LED群
40 レリーズボタン
42 モード切替スイッチ
76 電源インタフェース
74 バッテリ
52 RFドライバ
50 アンテナ
80 キャッシュメモリ
300 フォトインタラプタ
94 テーブルモータドライバ
92 テーブルモータ端子
194 テーブルモータ
95
93 USBドライバ
91 USB端子

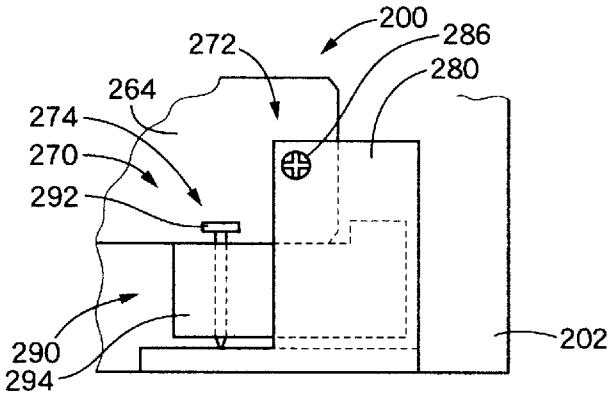
[図12]


204
66
202
200
290
218
210
286
206
218
286
214
206
226
65
234
220
224
300
298
230
302
280
216
260
204
280
230
292
212
222
272
274
270

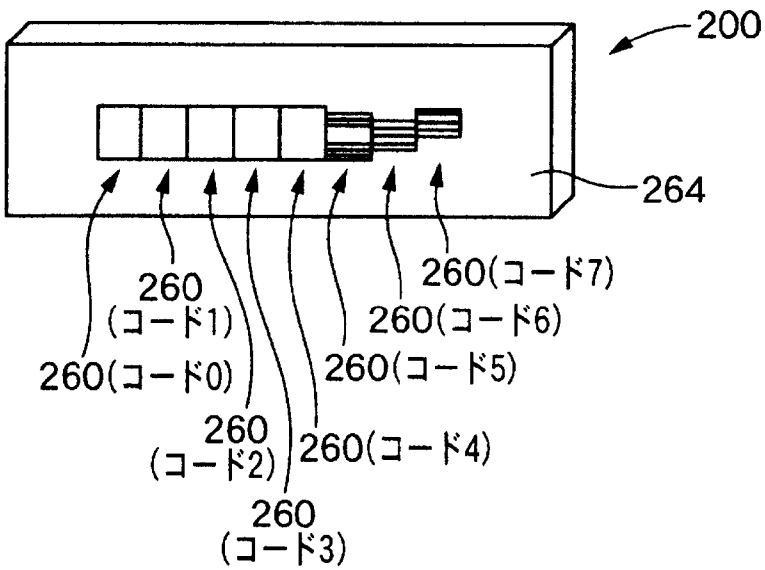
[図13]


68
290
240
270
274
272
292
242
200
264
286
286
66
280
280
202
284
260
297
108
296
204
250
252
24
32

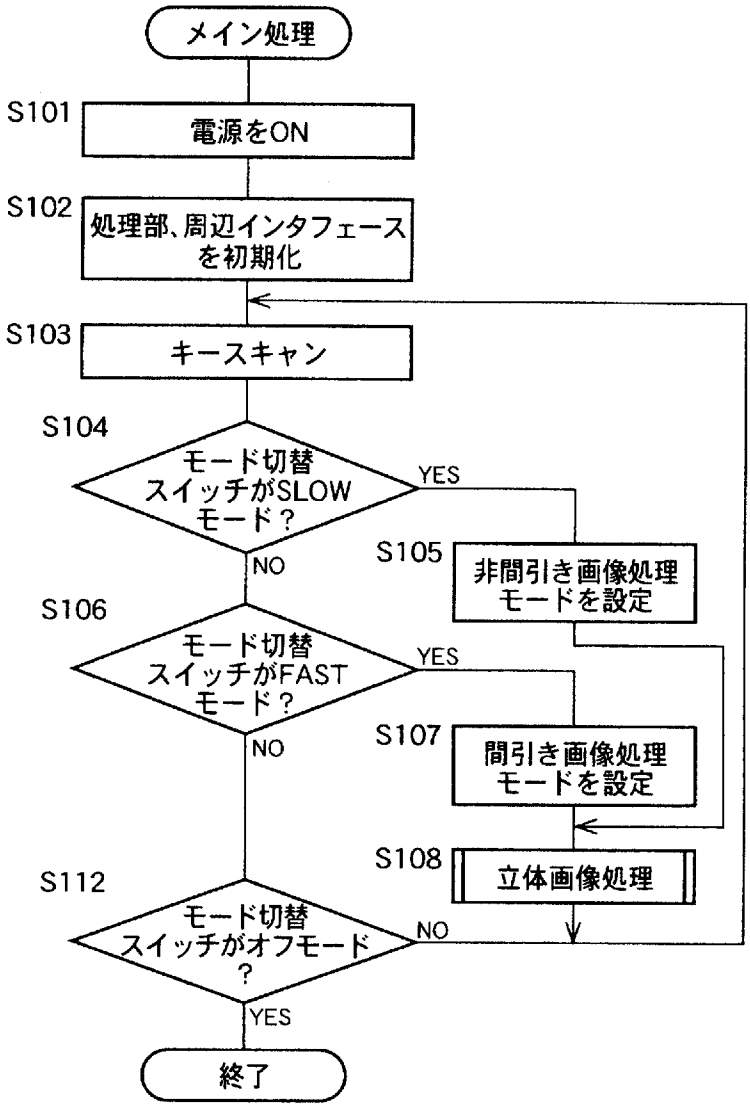
[図14]


200
272
286
280
264
274
270
292
290
294
202

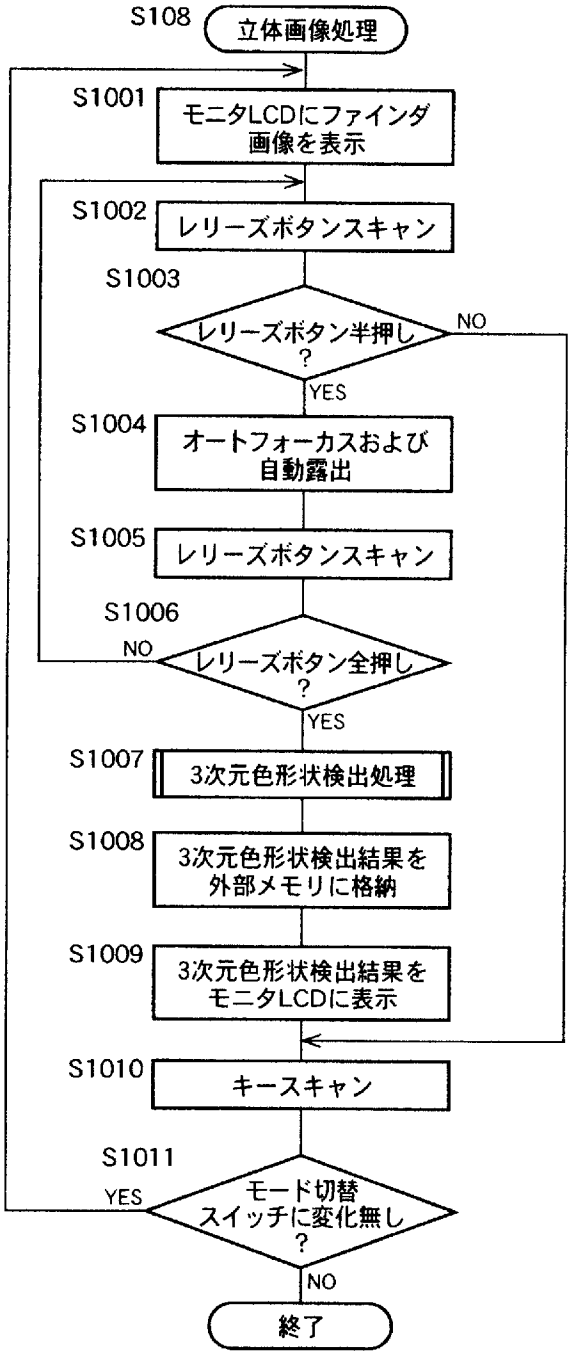
[図15]


200
264
260(コード7)
260
(コード1)
260(コード6)
260(コード0)
260(コード5)
260
(コード2)
260(コード4)
260
(コード3)

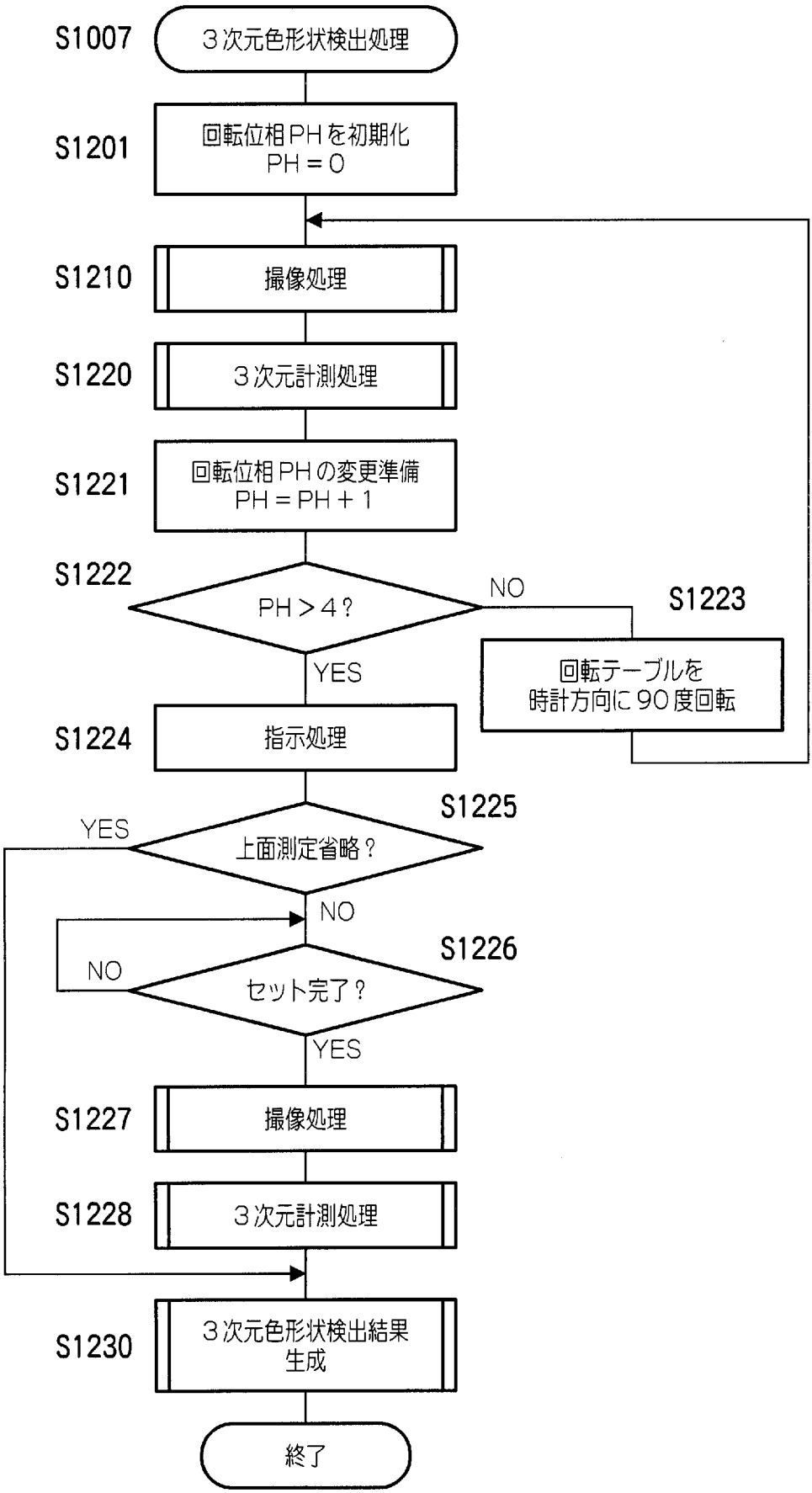
[図16]


メイン処理
S101
電源をON
S102
処理部、周辺インタフェースを初期化
S103
キースキャン
S104
モード切替スイッチがSLOWモード？
YES
NO
S105
非間引き画像処理モードを設定
S106
モード切替スイッチがFASTモード？
YES
NO
S107
間引き画像処理モードを設定
S108
立体画像処理
S112
モード切替スイッチがオフモード？
NO
YES
終了

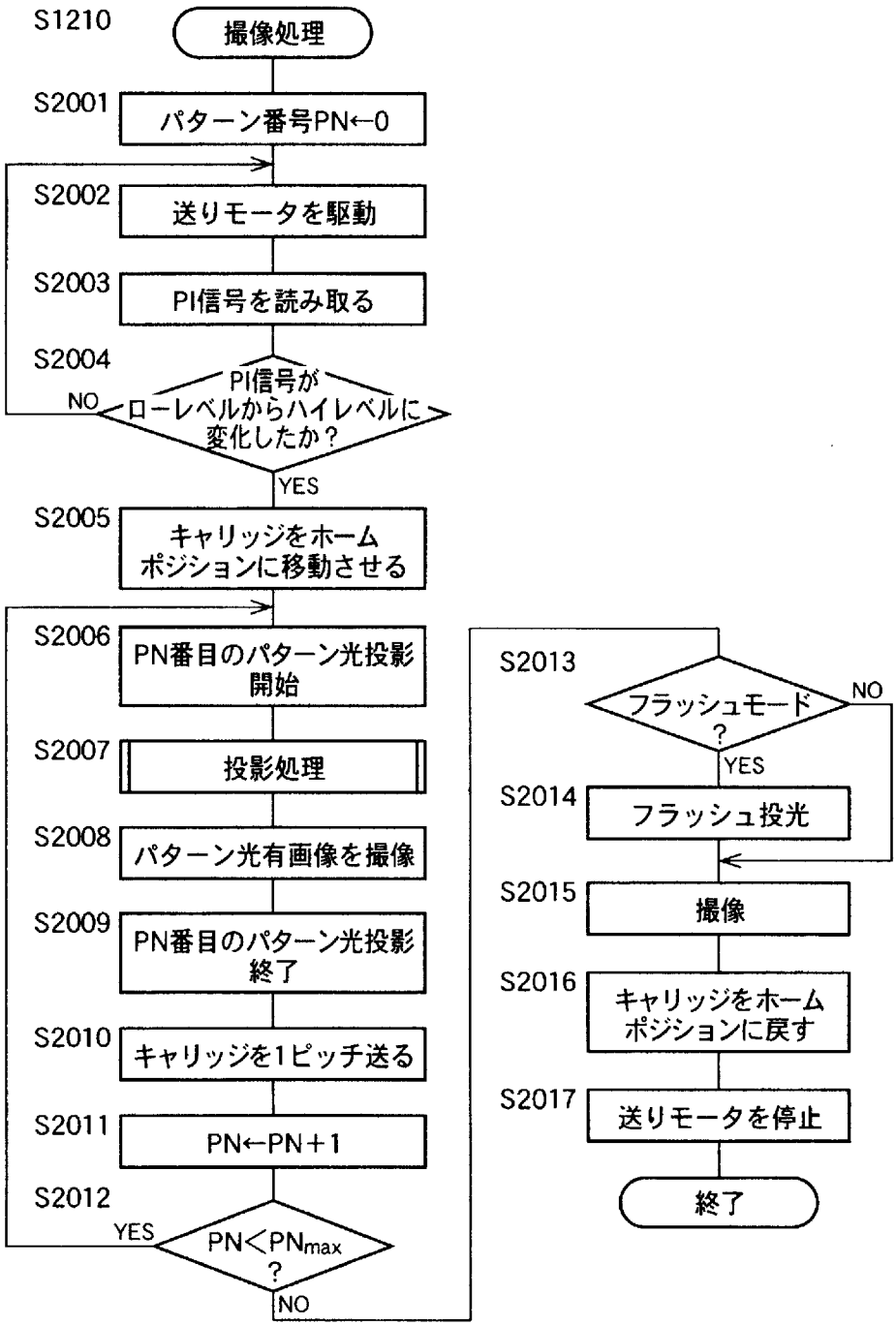
[図17]


S108
立体画像処理
S1001
モニタLCDにファインダ画像を表示
S1002
レリーズボタンスキャン
S1003
レリーズボタン半押し？
NO
YES
S1004
オートフォーカスおよび自動露出
S1005
レリーズボタンスキャン
S1006
NO
レリーズボタン全押し？
YES
S1007
3次元色形状検出処理
S1008
3次元色形状検出結果を外部メモリに格納
S1009
3次元色形状検出結果をモニタLCDに表示
S1010
キースキャン
S1011
YES
モード切替スイッチに変化無し？
NO
終了

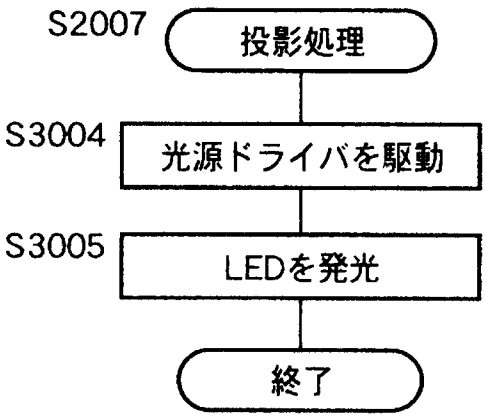
[図18]


S1007
3次元色形状検出処理
S1201
回転位相PHを初期化
PH = 0
S1210
撮像処理
S1220
3次元計測処理
S1221
回転位相PHの変更準備
PH = PH + 1
S1222
PH > 4?
NO
S1223
回転テーブルを
時計方向に90度回転
YES
S1224
指示処理
S1225
YES
上面測定省略?
NO
S1226
NO
セット完了?
YES
S1227
撮像処理
S1228
3次元計測処理
S1230
3次元色形状検出結果
生成
終了

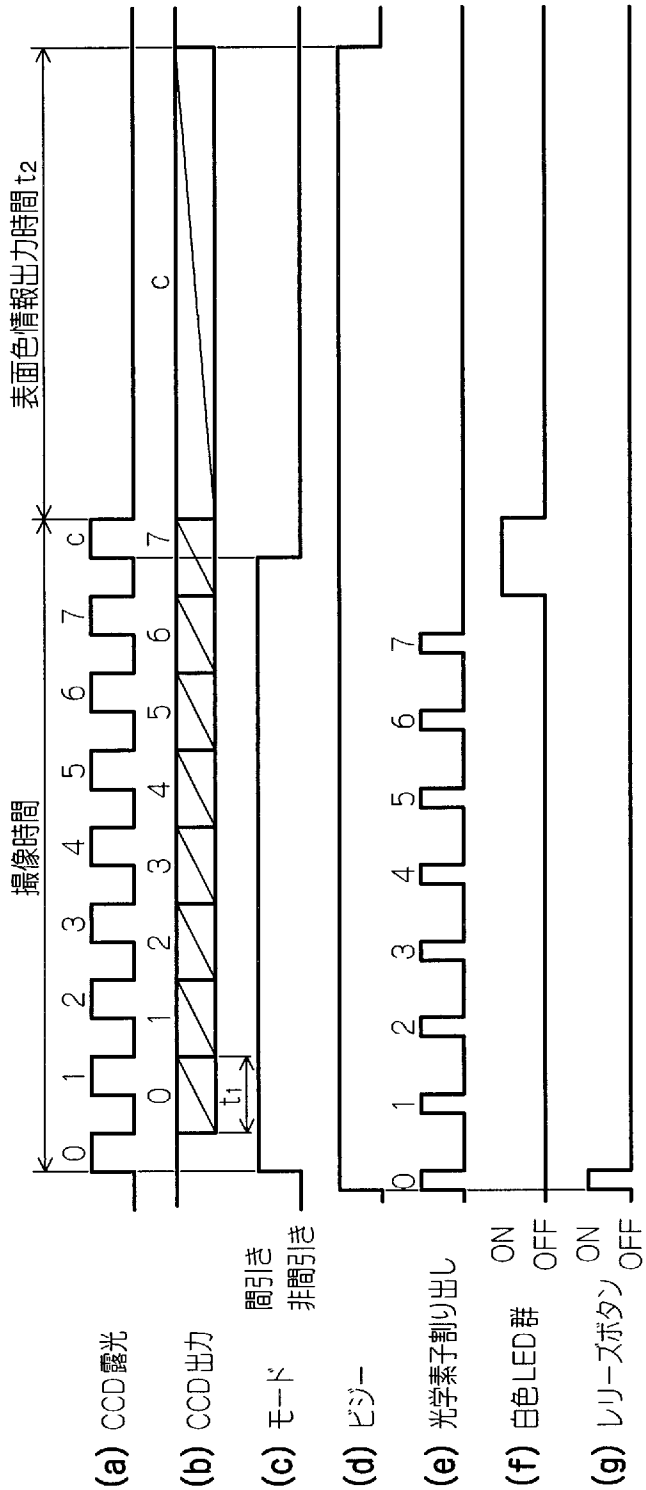
[図19]


S1210
撮像処理
S2001
パターン番号PN←0
S2002
送りモータを駆動
S2003
PI信号を読み取る
S2004
PI信号がローレベルからハイレベルに変化したか？
NO
YES
S2005
キャリッジをホームポジションに移動させる
S2006
PN番目のパターン光投影開始
S2007
投影処理
S2008
パターン光有画像を撮像
S2009
PN番目のパターン光投影終了
S2010
キャリッジを1ピッチ送る
S2011
PN←PN＋1
S2012
YES
PN＜PNmax ？
NO
S2013
フラッシュモード？
NO
YES
S2014
フラッシュ投光
S2015
撮像
S2016
キャリッジをホームポジションに戻す
S2017
送りモータを停止
終了

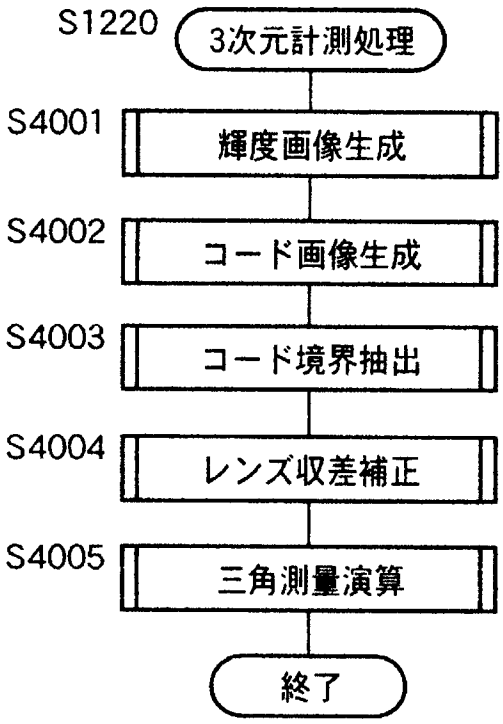
[図20]



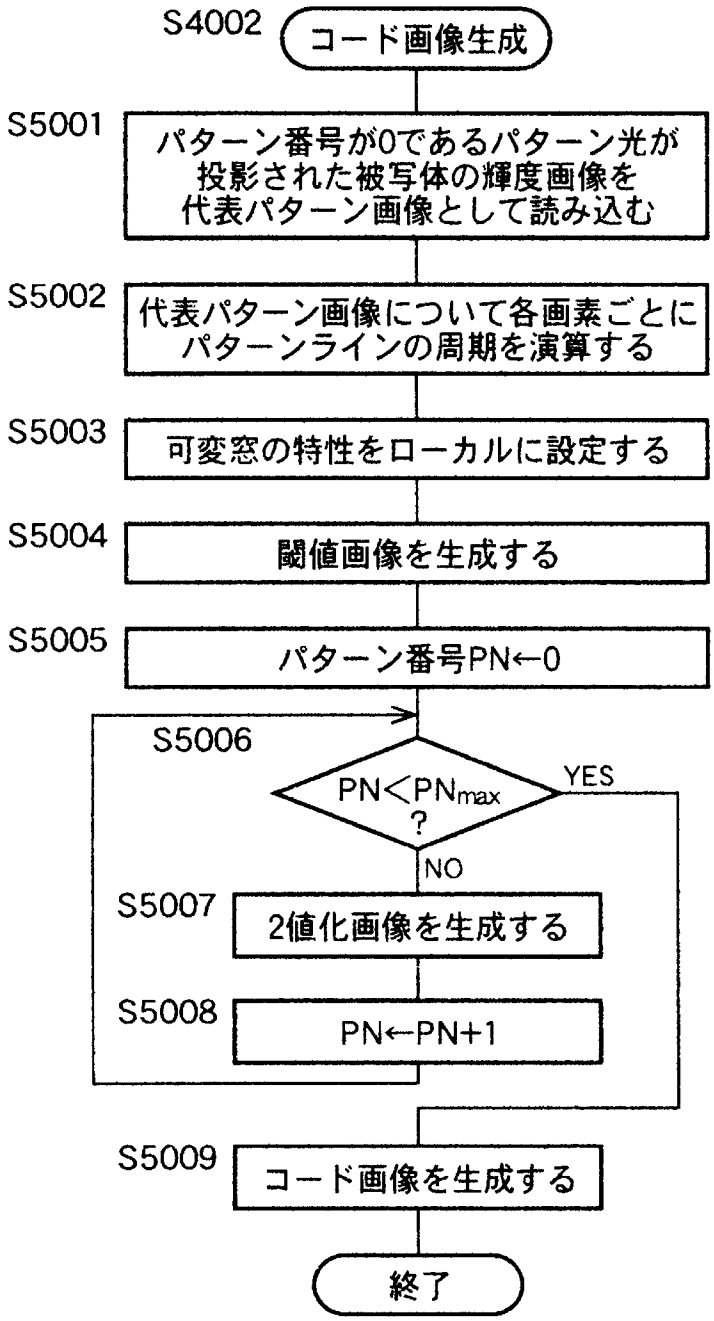
[図21]


撮像時間
表面色情報出力時間 t2
t1
(a) CCD露光
(b) CCD出力
(c) モード
間引き
非間引き
(d) ビジー
(e) 光学素子割り出し
(f) 白色LED群
ON
OFF
(g) レリーズボタン
ON
OFF

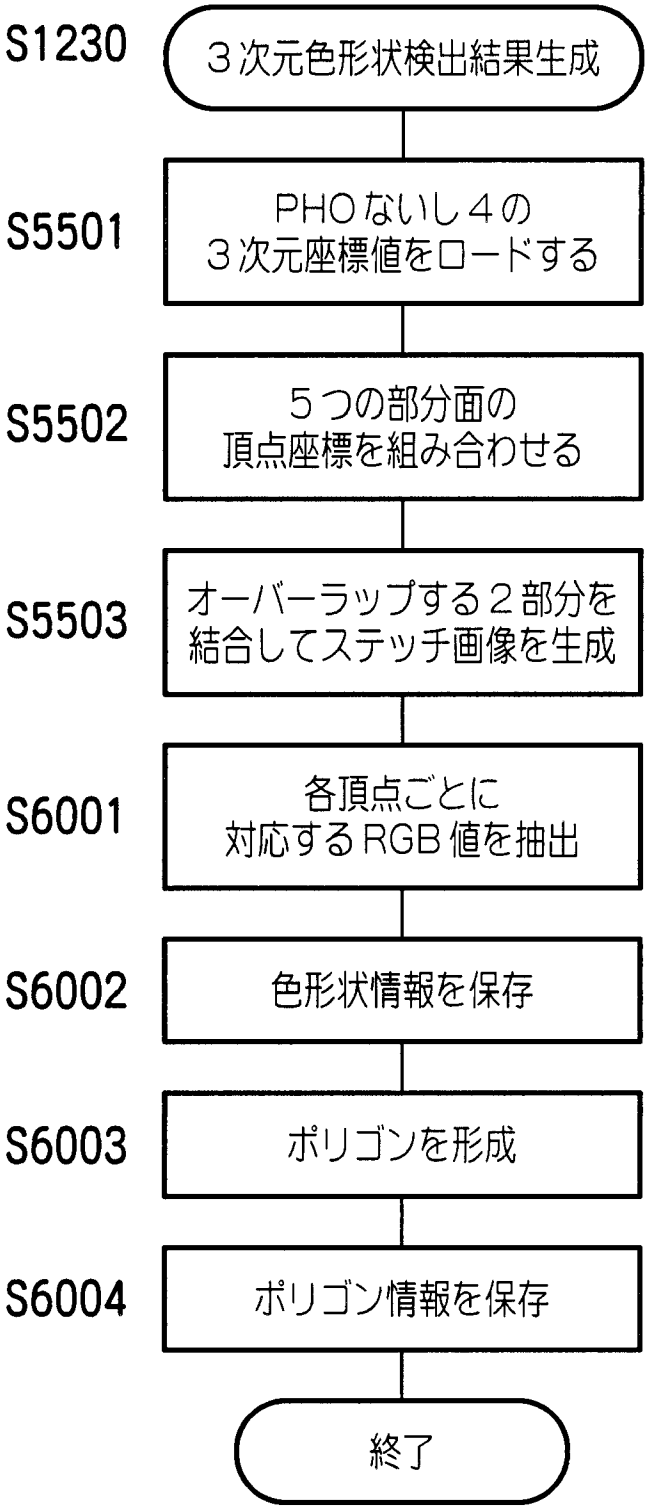
[図22]


S1220
3次元計測処理
S4001
輝度画像生成
S4002
コード画像生成
S4003
コード境界抽出
S4004
レンズ収差補正
S4005
三角測量演算
終了

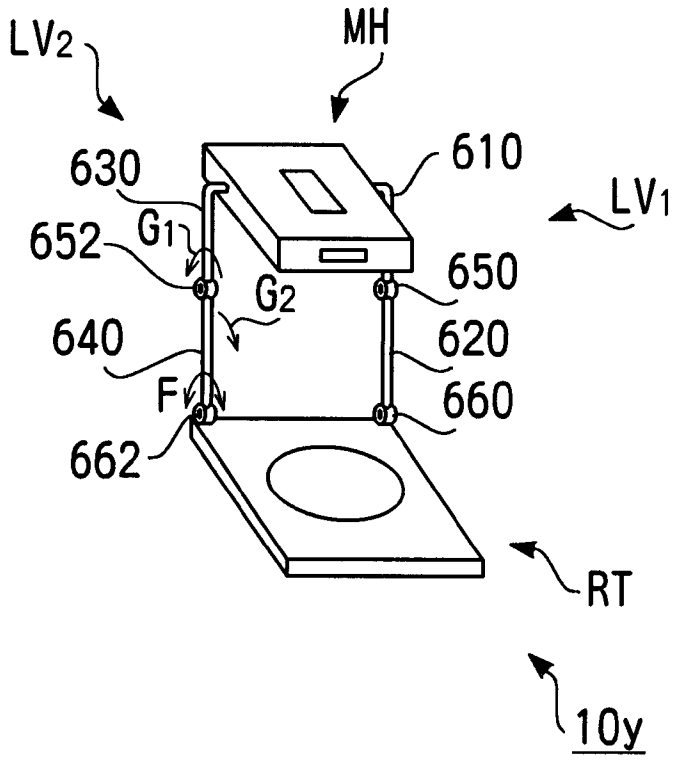
[図23]


S4002
コード画像生成
S5001
パターン番号が0であるパターン光が投影された被写体の輝度画像を代表パターン画像として読み込む
S5002
代表パターン画像について各画素ごとにパターンラインの周期を演算する
S5003
可変窓の特性をローカルに設定する
S5004
閾値画像を生成する
S5005
パターン番号PN←0
S5006
PN<PNmax ?
YES
NO
S5007
2値化画像を生成する
S5008
PN←PN+1
S5009
コード画像を生成する
終了

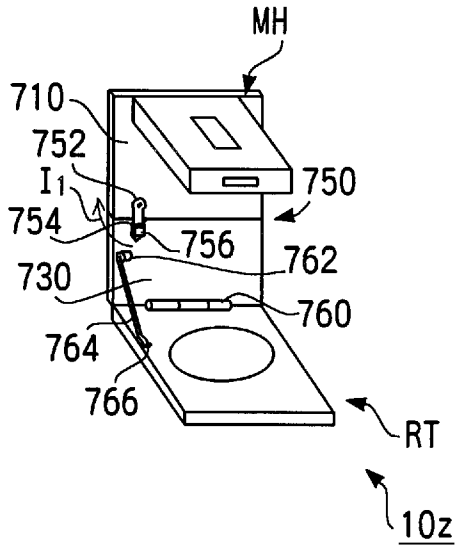
[図24]


S1230
３次元色形状検出結果生成
S5501
PHOないし４の
３次元座標値をロードする
S5502
５つの部分面の
頂点座標を組み合わせる
S5503
オーバーラップする２部分を
結合してステッチ画像を生成
S6001
各頂点ごとに
対応するRGB値を抽出
S6002
色形状情報を保存
S6003
ポリゴンを形成
S6004
ポリゴン情報を保存
終了

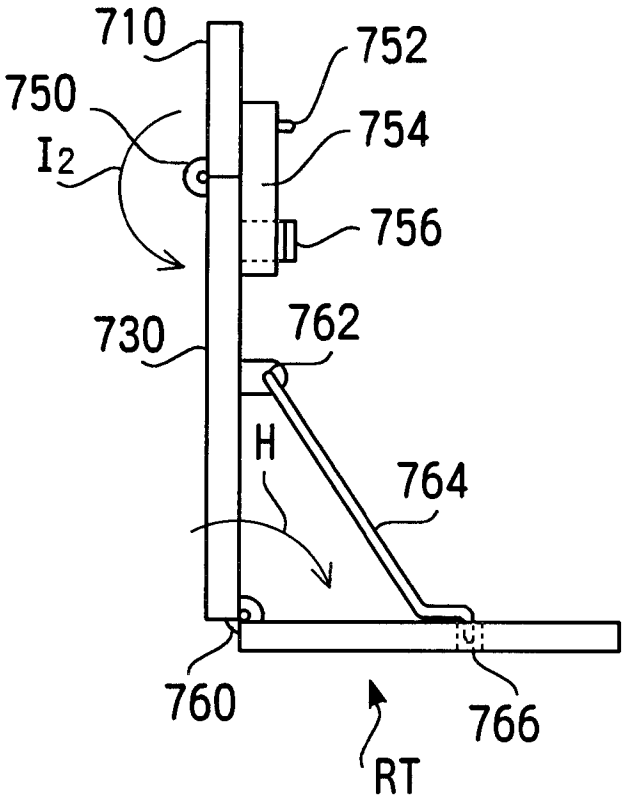
[図25]



[図26]


MH
710
752
I1
750
754
756
762
730
760
764
766
RT
10z

[図27]


710
752
750
754
I2
756
730
762
H
764
760
766
RT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/055371

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01B11/25(2006.01)i, *G06T1/00*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01B11/00-11/30, G06T1/00, H04N5/225

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2001-145123 A (Shimane-Ken), 25 May, 2001 (25.05.01), Par. Nos. [0011] to [0027]; Figs. 1 to 4, 15 (Family: none)	1,2,6 3-5
Y	JP 8-340472 A (Canon Inc.), 24 December, 1996 (24.12.96), Full text; all drawings & US 6115068 A & EP 749037 A2	3-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 May, 2007 (17.05.07)	29 May, 2007 (29.05.07)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００７／０５５３７１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01B11/25(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01B11/00-11/30, G06T1/00, H04N5/225

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００７年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
X	JP 2001-145123 A（島根県）2001.05.25, [0011]-[0027], 第1-4, 15図（ファミリー無し）	1,2,6
Y		3-5
Y	JP 8-340472 A（キヤノン株式会社）1996.12.24, 全文、全図 & US 6115068 A & EP 749037 A2	3-5

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 １７．０５．２００７	国際調査報告の発送日 ２９．０５．２００７
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｓ　９３０３ 山下　雅人 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５８