

(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
2020年3月12日(12.03.2020)



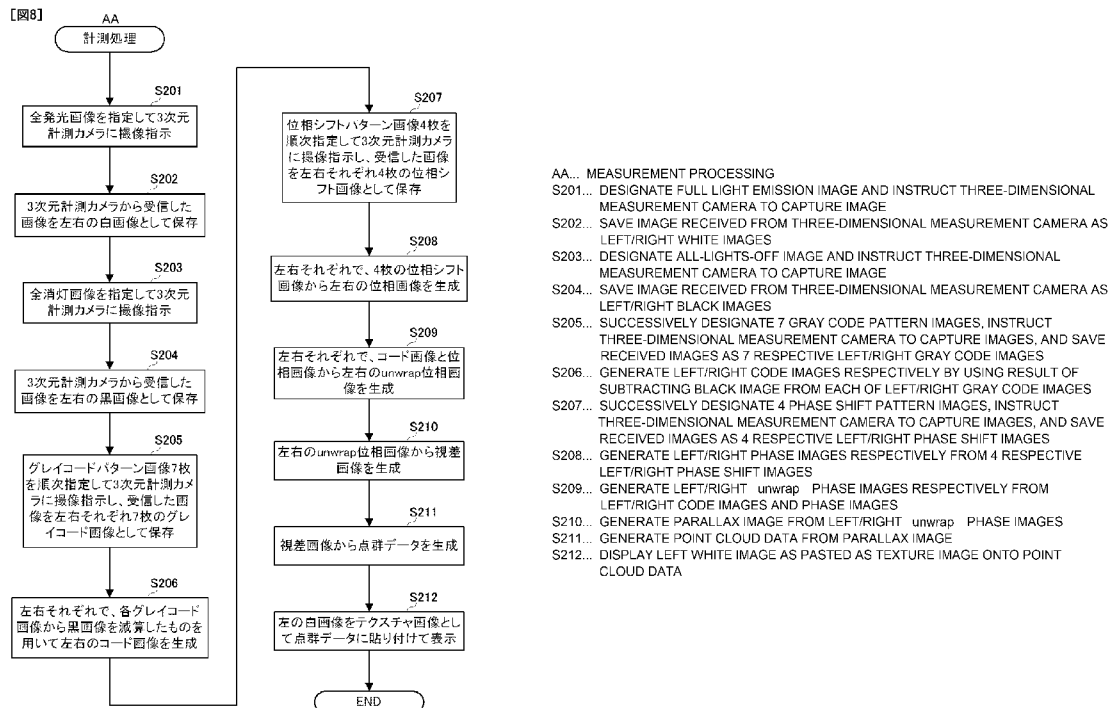
(10) 国際公開番号

WO 2020/049965 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/25 (2006.01) G06T 7/593 (2017.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/031840
- (22) 国際出願日: 2019年8月13日(13.08.2019)
- (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 2018-167262 2018年9月6日(06.09.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社 Y O O D S (YOODS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒7540011 山口県山口市小郡御幸町4-9 山陽ビル小郡3 F Yamaguchi (JP).
- (72) 発明者: 原田 寛(HARADA Hiroshi); 〒7540011 山口県山口市小郡御幸町4-9 山陽ビル小郡3 F 株式会社 Y O O D S 内 Yamaguchi (JP).
- (74) 代理人: 木村 満(KIMURA Mitsuru); 〒1010054 東京都千代田区神田錦町二丁目7番地 協販ビル2階 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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL MEASUREMENT SYSTEM, THREE-DIMENSIONAL MEASUREMENT CAMERA, THREE-DIMENSIONAL MEASUREMENT METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 3次元計測システム、3次元計測カメラ、3次元計測方法及びプログラム



(57) Abstract: A three-dimensional measurement system (1000) is provided with a three-dimensional measurement camera (100) and a control device (200). The three-dimensional measurement camera (100) is provided with a condenser lens imaging-type projection unit (140), a left imaging unit (150), a right imaging unit (160), a communication unit (130), and a camera control unit (110). The control device (200) is provided with a communication unit (230) and a control unit

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(210). The camera control unit (110) uses the projection unit (140) to project a Gray code pattern image and a phase shift pattern image onto a measurement subject, captures images with the left imaging unit (150) and the right imaging unit (160), and transmits data of the captured images. The control unit (210) receives the data of the images, generates parallax image data from the data of the images, and generates point cloud data representative of the three-dimensional shape of the measurement subject from the parallax image data.

(57) 要約：3次元計測システム（1000）は、3次元計測カメラ（100）と制御装置（200）とを備える。3次元計測カメラ（100）は、集光レンズ結像方式の投影部（140）と、左撮像部（150）と、右撮像部（160）と、通信部（130）と、カメラ制御部（110）と、を備える。制御装置（200）は、通信部（230）と、制御部（210）と、を備える。カメラ制御部（110）は、投影部（140）によりグレイコードパターン画像及び位相シフトパターン画像を計測対象に投影し、左撮像部（150）及び右撮像部（160）で撮像し、撮像した画像のデータを送信する。制御部（210）は、画像のデータを受信し、画像のデータから視差画像データを生成し、視差画像データから計測対象の3次元形状を表す点群データを生成する。

明 細 書

発明の名称：

3次元計測システム、3次元計測カメラ、3次元計測方法及びプログラム
技術分野

[0001] 本発明は、3次元計測システム、3次元計測カメラ、3次元計測方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] カメラを2台用いてステレオカメラを構成し、3次元形状を取得する装置が知られている。例えば、特許文献1には、計測対象にプロジェクタからランダムドットパターンを照射してステレオカメラで左右画像を撮影し、左右の画像から対応点を探索して距離画像を得るステレオ3次元計測装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-174547号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に開示されているような、ステレオカメラによる3次元計測装置では、左右の画像で対応する点が探索されたら、右の画像中の該点の位置と左の画像中の該点の位置との差から求まる視差値から、三角測量の原理により、該点までの距離を算出することができる。しかし、視差値は各画像のピクセル単位で求まるものであるから、算出される距離の精度は、ステレオカメラが取得する画像のピクセルの大きさに依存することになる。したがって、ステレオカメラの解像度を上げないと距離の精度を上げることができない。

[0005] また、位相シフト法を用いることにより、計測精度を上げることができるが、位相シフト法を用いるためには、所定の画像（例えば位相シフトパター

ン画像)を投影する必要がある。この画像の投影のために一般的な構造のプロジェクタを組み込むと、カメラ本体が大きく、複雑になり、振動や衝撃にも弱いものになってしまう。

[0006] 本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、集光レンズ結像方式の投影部、複数の撮像部及び位相シフトパターン画像を用いることにより、単純化した構造で耐久性が高く、しかも高い精度で計測対象の形状を計測することができる３次元計測システム、３次元計測カメラ、３次元計測方法及びプログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するため、本発明の第１の観点に係る３次元計測システムは、

３次元計測カメラと、制御装置と、を備え、
前記３次元計測カメラは、
集光レンズ結像方式により計測対象に画像を投影する投影部と、
前記投影部の左から前記計測対象を撮像する左撮像部と、
前記投影部の右から前記計測対象を撮像する右撮像部と、
前記左撮像部で撮像した左画像のデータ及び前記右撮像部で撮像した右画像のデータを前記制御装置に送信する送信部と、
カメラ制御部と、
を備え、
前記制御装置は、
前記送信部から送信されたデータを受信する受信部と、
制御部と、
を備え、
前記カメラ制御部は、
前記投影部によりグレイコードパターン画像及び位相シフトパターン画像を前記計測対象に投影し、
前記グレイコードパターン画像が投影された前記計測対象及び前記位相シ

フトパターン画像が投影された前記計測対象を前記左撮像部及び前記右撮像部で撮像し、

前記送信部を介して前記撮像した前記左画像のデータ及び前記右画像のデータを前記制御装置に送信し、

前記制御部は、

前記受信部を介して前記左画像のデータ及び前記右画像のデータを前記３次元計測カメラから受信し、

前記左画像のデータ及び前記右画像のデータから視差画像データを生成し、

前記視差画像データから前記計測対象の３次元形状を表す点群データを生成する。

[0008] 前記制御装置が備える前記制御部は、前記視差画像データの生成の際に、前記左画像内及び前記右画像内の相互に対応するエピポーラ線に沿って、前記左画像の位相値と前記右画像の位相値とが一致する点を求め、それらの点の横方向の位置の差を視差とする、

ようにしてもよい。

[0009] また、本発明の第２の観点に係る３次元計測カメラは、集光レンズ結像方式により計測対象に画像を投影する投影部と、前記投影部の左から前記計測対象を撮像する左撮像部と、前記投影部の右から前記計測対象を撮像する右撮像部と、前記左撮像部で撮像した左画像のデータ及び前記右撮像部で撮像した右画像のデータを外部の制御装置に送信する送信部と、

カメラ制御部と、

を備え、

前記カメラ制御部は、

前記投影部によりグレイコードパターン画像及び位相シフトパターン画像を前記計測対象に投影し、

前記グレイコードパターン画像が投影された前記計測対象及び前記位相シ

フトパターン画像が投影された前記計測対象を前記左撮像部及び前記右撮像部で撮像し、

前記送信部を介して前記撮像した前記左画像のデータ及び前記右画像のデータを前記制御装置に送信する。

[0010] 前記カメラ制御部は、前記左撮像部及び前記右撮像部に対して、同時に撮像指示を出し、撮像して得られた同期した前記左画像のデータ及び前記右画像のデータを1つに結合して前記制御装置に送信する、
ようにしてもよい。

[0011] 前記撮像した前記左画像のデータ及び前記右画像のデータを補正するためのデータテーブルであるレクティブテーブルをさらに備え、
前記カメラ制御部は、前記撮像した前記左画像のデータ及び前記右画像のデータを、前記レクティブテーブルを用いて補正し、補正後のデータを前記制御装置に送信する、
ようにしてもよい。

[0012] 前記カメラ制御部は、
前記投影部により90度ずつ位相をずらした4枚の位相シフトパターン画像を前記計測対象に投影し、
前記位相シフトパターン画像が投影された前記計測対象を前記位相シフトパターン画像の位相を90度ずつずらして前記左撮像部及び前記右撮像部でそれぞれ4枚撮像し、
前記撮像した4枚の前記左画像のデータからピクセル毎の位相値を算出して左の位相画像データを生成し、
前記撮像した4枚の前記右画像のデータからピクセル毎の位相値を算出して右の位相画像データを生成し、
前記送信部を介して前記生成した前記左の位相画像データ及び前記右の位相画像データを前記制御装置に送信する、
ようにしてもよい。

[0013] 前記カメラ制御部は、

前記投影部により規定枚数のグレイコードパターン画像を前記計測対象に投影し、

前記各グレイコードパターン画像が投影された前記計測対象を前記左撮像部及び前記右撮像部でそれぞれ前記規定枚数撮像し、

前記撮像した前記規定枚数の前記左画像のデータからピクセル毎のコード値を算出して左のコード画像データを生成し、

前記撮像した前記規定枚数の前記右画像のデータからピクセル毎のコード値を算出して右のコード画像データを生成し、

前記送信部を介して前記生成した前記左のコード画像データ及び前記右のコード画像データを前記制御装置に送信する、

ようにしてもよい。

[0014] また、本発明の第3の観点に係る3次元計測方法は、

グレイコードパターン画像及び位相シフトパターン画像を集光レンズ結像方式により計測対象に投影する投影ステップと、

前記投影ステップで前記グレイコードパターン画像が投影された前記計測対象及び前記位相シフトパターン画像が投影された前記計測対象を左撮像部及び右撮像部で撮像する撮像ステップと、

前記撮像ステップで前記左撮像部が撮像した左画像のデータ及び前記右撮像部が撮像した右画像のデータから視差画像データを生成する視差画像データ生成ステップと、

前記視差画像データ生成ステップで生成した視差画像データから前記計測対象の3次元形状を表す点群データを生成する点群データ生成ステップと、
を有する。

[0015] また、本発明の第4の観点に係るプログラムは、

コンピュータに、

グレイコードパターン画像及び位相シフトパターン画像を集光レンズ結像方式により計測対象に投影する投影ステップ、

前記投影ステップで前記グレイコードパターン画像が投影された前記計測

対象及び前記位相シフトパターン画像が投影された前記計測対象を左撮像部及び右撮像部で撮像する撮像ステップ、

前記撮像ステップで前記左撮像部が撮像した左画像のデータ及び前記右撮像部が撮像した右画像のデータから視差画像データを生成する視差画像データ生成ステップ、及び、

前記視差画像データ生成ステップで生成した視差画像データから前記計測対象の３次元形状を表す点群データを生成する点群データ生成ステップ、
を実行させる。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、集光レンズ結像方式の投影部、複数の撮像部及び位相シフトパターン画像を用いることにより、単純化した構造で耐久性が高く、しかも高い精度で計測対象の形状を計測することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]実施の形態１に係る３次元計測システムの機能構成を示すブロック図である。

[図2]グレイコードパターン画像データ及びコード画像データを説明する図である。

[図3]実施の形態１に係る３次元計測カメラの光学系（集光レンズ結像方式）の構造の一例を示す図である。

[図4]フライアイレンズ照明系の構造の一例を示す図である。

[図5]ミラーを２枚入れた集光レンズ結像方式の構造の一例を示す図である。

[図6]ミラーを１枚入れた集光レンズ結像方式の構造の一例を示す図である。

[図7]実施の形態１に係る３次元計測カメラの撮像処理のフローチャートである。

[図8]実施の形態１に係る制御装置の計測処理のフローチャートである。

[図9] `unwrap` 位相画像データから視差画像データを求める一例を説明する図である。

[図10]実施の形態２に係る３次元計測カメラの撮像処理のフローチャートで

ある。

[図11]実施の形態2に係る制御装置の計測処理のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0018] (実施の形態1)

本発明の実施の形態1について図面を参照して詳細に説明する。

[0019] 本実施の形態に係る3次元計測システム1000は、図1に示すように、3次元計測カメラ100と制御装置200とを備え、3次元計測カメラ100で撮影した計測対象の形状を計測する（具体的には計測対象を構成する点の3次元位置の集まり（点群）を取得する）システムである。

[0020] 3次元計測カメラ100は、図1に示すように、カメラ制御部110と、記憶部120と、通信部130と、投影部140と、左撮像部150と、右撮像部160と、を備える。制御装置200は、図1に示すように、制御部210と、記憶部220と、通信部230と、入力部240と、出力部250と、を備える。

[0021] カメラ制御部110は、FPGA (Field Programmable Gate Array)、CPU (Central Processing Unit) 等で構成され、3次元計測カメラ100の各部を制御する。

[0022] 記憶部120は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory) 等で構成される。記憶部120には、カメラ制御部110で各種処理を行うためのプログラム、投影部140から計測対象に投影する画像（投影画像）のデータ、後述するレクティファイテーブル等が予め記憶されている。また、記憶部120は、左撮像部150及び右撮像部160が撮像した画像データや、カメラ制御部110が演算処理等に使用するデータ等を記憶する。

[0023] 上述したように、記憶部120には、投影画像のデータが記憶されているが、この投影画像には、全発光画像、全消灯画像、グレイコードパターン画像（7種類）、位相シフトパターン画像（4種類）の全部で13種類の画像

が存在する。

[0024] 全発光画像は、全てのピクセルが最高明度の白である画像であり、この画像を投影すると投影部140は一種のフラッシュのように働く。全消灯画像は、全てのピクセルが最低明度の黒である画像であり、この画像を投影しても、投影部140は、何も投影していないのと同様になる。グレイコードパターン画像及び位相シフトパターン画像は、投影部140と撮像部（左撮像部150及び右撮像部160）のピクセルの対応関係を求めるために使用される。

[0025] グレイコードパターン画像（7種類）は、各ピクセルのx方向（横方向）に7ビットのグレイコードを割り当てて、そのグレイコードを1ビットずつ7種類のグレイコードパターン画像の1枚1枚に割り振った画像である。ここでは「各ピクセルにグレイコードを割り当てる」としたが、グレイコードで表現できる数値（7ビットの場合0から127まで）よりもx方向のピクセル数の方が多い場合には、隣り合うピクセルを複数集めてピクセル群にし、「ピクセル群にグレイコードを割り当てる」としてもよい。

[0026] また、本実施の形態ではグレイコードパターン画像を7種類（7枚）としたが、投影部140の備えるDMD（Digital Mirror Device）や、左撮像部150及び右撮像部160の備えるCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）センサのx方向のピクセル数に合わせて、ピクセル数が多いなら8種類（8枚）以上にしてもよいし、ピクセル数が少ないなら7種類（7枚）未満にしてもよい。DMDやCMOSセンサのピクセル数に応じて、グレイコードパターン画像の種類数（枚数）である規定枚数を設定すればよい。そして、規定枚数のグレイコードパターン画像から各ピクセルに割り当てられたグレイコードを復元した画像データを、本実施の形態ではコード画像データと呼ぶ。

[0027] 例えば、図2に示すように、x方向のピクセル数が8の場合は、グレイコードパターン画像の規定枚数は3枚でよい。そして、この3枚のグレイコー

ドパターン画像の各ピクセルを枚数方向に重ね合わせて3ビットのグレイコードとして表現すると、図2に示すように、0から7までのコード値を持つコード画像データを得ることができる。

[0028] なお、図2では、白い部分を0、黒い部分を1に対応させ、1枚目をMSB (Most Significant Bit)、3枚目をLSB (Least Significant Bit) として表した場合である。白と黒のどちらを1に対応させるか、また、何枚目をMSBやLSBにするかは任意である。また、コード画像データの各ピクセルの値は、グレイコードそのものではなく、グレイコードに任意のバイアス値を加算したものにしてもよい。例えば、バイアス値として100を加算することになると、コード画像データの各ピクセルの値は100から227までの値を取ることになる。

[0029] 位相シフトパターン画像（4種類）は、x方向（横方向）に、所定の周期のサイン波で輝度を変化させた画像であり、サイン波の位相を90度ずつずらして4種類（4枚）用意したものである。輝度の値を何ビットで表現するかは任意であるが、本実施の形態では8ビットで表し、輝度の値は0から255までの値を取ることとする。

[0030] 位相シフト法の原理から、この4枚の画像を撮像部で撮像し、n枚目の各ピクセル(x, y)の輝度を $I_n(x, y)$ で表すと、各ピクセル(x, y)における位相値 $\phi(x, y)$ は、以下の式(1)で表すことができる。

$$\phi(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{I_3(x, y) - I_1(x, y)}{I_0(x, y) - I_2(x, y)} \right) \quad \dots (1)$$

[0031] 各ピクセル(x, y)に、式(1)によって求めた位相値 $\phi(x, y)$ を割り当てたデータを、本実施の形態では位相画像データと呼ぶ。位相値 $\phi(x, y)$ は、 $-\pi/2$ から $\pi/2$ の実数値を取るが、位相画像データの各ピクセルの値は位相値そのものではなく、位相値に任意のバイアス値を加算したものにしてもよい。例えば、バイアス値として $\pi/2$ を加算することになると、位相画像データの各ピクセルの値は0から π までの値を取ることにな

る。

[0032] なお、本実施の形態では位相シフトパターン画像を４種類（４枚）としたが、サイン波の位相をずらす値を９０度以外にする場合は、それに応じて異なる枚数にしてもよい。例えば位相を１２０度ずつずらす場合には、位相シフトパターン画像は３種類（３枚）になる。

[0033] 通信部１３０は、ＬＡＮ（Ｌｏｃａｌ Ａｒｅａ Ｎｅｔｗｏｒｋ）アダプタ等で構成され、３次元計測カメラ１００と制御装置２００との間でデータ通信を行う。データ通信の一例として、通信部１３０は、左撮像部１５０及び右撮像部１６０が撮像した画像データを、制御装置２００に送信する。この例のように、画像データを制御装置２００に送信する際は、通信部１３０は、送信部として機能する。

[0034] 投影部１４０は、投影デバイス（例えば、ＤＬＰ（Ｄｉｇｉｔａｌ Ｌｉｇｈｔ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ）で用いられるＤＭＤ）と、そのコントローラ（例えば、ＤＬＰＣ（Ｄｉｇｉｔａｌ Ｌｉｇｈｔ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｃｏｎｔｒｏｌｌｅｒ））、マイクロコントローラ等で構成される。投影部１４０は、カメラ制御部１１０から投影画像のデータ及び投影タイミングのトリガを受けて、計測対象に投影画像を投影する。

[0035] 左撮像部１５０は、投影部１４０の左に設置される撮像デバイス（例えばＣＭＯＳセンサ）である。左撮像部１５０は、投影部１４０の左側から計測対象を撮像する。

[0036] 右撮像部１６０は、投影部１４０の右に設置される撮像デバイス（例えばＣＭＯＳセンサ）である。右撮像部１６０は、投影部１４０の右側から計測対象を撮像する。左撮像部１５０と右撮像部１６０は、カメラ制御部１１０からの撮像指示により、同期が取れた撮像（同じタイミングでの撮像）を行うことができる。また、左撮像部１５０と右撮像部１６０のレンズ歪み補正を行ったり、左撮像部１５０と右撮像部１６０を疑似的に平行化したりするためのデータテーブルであるレクティファイテーブルが、記憶部１２０に記憶されている。

[0037] 位相シフト法では、上述した位相シフトパターン画像等を投影する手段（プロジェクタ等）が必要となるので、本実施の形態に係る３次元計測カメラ１００は投影部１４０を備える。そして、投影部１４０は、図３に示すような光学系の構造を持っている。ＬＥＤ（Ｌｉｇｈｔ Ｅｍｉｔｔｉｎｇ Ｄｉｏｄｅ）１１から出力された光は、レンズ１２及びレンズ１３で集光され、コンデンサレンズ１４上で結像する。そして、コンデンサレンズ１４を通った光は、全反射プリズム１５でＤＭＤが搭載されたＤＬＰ基板１６の方に反射して、ＤＬＰ基板１６のＤＬＰ素子上にレンズ１２及びレンズ１３の合成レンズの像を投影する。投影された光はＤＬＰ素子で反射して、プロジェクタレンズ１７を通して出力される。このように集光レンズ（コンデンサレンズ１４）上で結像させているので、ここではこの光学系のことを集光レンズ結像方式と呼ぶ。集光レンズ結像方式では、ＬＥＤ１１からの光がコンデンサレンズ１４上で結像し、レンズ１２及びレンズ１３で構成される合成レンズの像がＤＬＰ素子上に投影されるため、照明ムラが少なくなるが、中央が明るく周辺が暗い照度分布になる。

[0038] これに対し、図４に示すようなフライアイ照明系では、ＬＥＤ１１から出力された光は、レンズ１２及びレンズ１３で集光された後に、フライアイレンズ１８を２枚透過することにより、照度ムラが打ち消されて、隅々まで明るい均一光を得ることができる。したがって、一般的なプロジェクタでは図４に示すようなフライアイ照明系が使われることが多い。しかし、フライアイ照明系では、２枚のフライアイレンズ１８を、照度ムラが打ち消されるように調整する必要があり、レンズの枚数も増えることから構造的にも複雑になり、振動や衝撃に弱く、また、サイズも大きくなってしまう。

[0039] しかし、本実施の形態で用いる位相シフト法はピクセル単位の輝度変化を用いてピクセル位相値を求めることから、本実施の形態に係る３次元計測カメラ１００では、投影部１４０が照射する光の全体均一性はあまり重要ではない。それよりも、低コストで振動等に強く、高輝度で高コントラストな光源であることが求められる。フライアイ照明系はフライアイレンズを２枚必

要とするので構造が複雑で、しかもこの2枚のフライアイレンズの調整も煩雑な点で、集光レンズ結像方式より振動等に弱く、コストが高くなる。また、フライアイ照明系では、光がフライアイレンズを2枚透過するため、光の強さも集光レンズ結像方式より弱くなる。したがって、本実施の形態に係る3次元計測カメラ100では、集光レンズ結像方式を用いる。また、構造を単純化、コンパクト化でき、耐久性を高くできる点でも、集光レンズ結像方式はフライアイ照明系よりも本実施の形態に適している。

[0040] なお、3次元計測カメラ100の左撮像部150と右撮像部160は、図3に示すように、それぞれ、CMOS基板21、カメラレンズホルダ22及びカメラレンズ23を備え、投影部140の左側と右側とに設置された構造になっている。

[0041] また、図5に示すように、コンデンサレンズ14の前後にミラー19を入れることにより、光学系をさらにコンパクトにすることもできる。この時、ミラー19は必ずしも2枚入れる必要はなく、コンデンサレンズ14の前又は後ろに1枚だけ入れてもよい。例えば、コンデンサレンズ14の前に1枚のミラー19を入れると、図6に示すような光学系になる。これらも全て、集光レンズ結像方式の一例である。

[0042] 図1に戻り、制御部210は、CPU等で構成され、記憶部220に記憶されているプログラムを実行することにより、各種演算処理を実行する。

[0043] 記憶部220は、RAM、ROM等で構成される。記憶部220には、制御部210で各種処理を行うためのプログラム等が予め記憶されている。また、記憶部220は、3次元計測カメラ100から受信したデータや、制御部210が演算処理等に使用するデータ等を記憶する。

[0044] 通信部230は、LANアダプタ等で構成され、3次元計測カメラ100と制御装置200との間でデータ通信を行う。データ通信の一例として、通信部230は、3次元計測カメラ100から送信された画像データを受信する。この例のように、画像データを3次元計測カメラ100から受信する際は、通信部230は、受信部として機能する。

- [0045] 入力部240は、キーボード、マウス、タッチパネル等で構成され、制御装置200に対するユーザの指示を取得する。
- [0046] 出力部250は、液晶、有機EL（Electro-Luminescence）等によるディスプレイを備え、計測対象の3次元形状を表す点群データの表示等を行う。
- [0047] 以上、3次元計測カメラ100及び制御装置200を含む3次元計測システム1000の構成について説明した。
- [0048] 次に、3次元計測カメラ100のカメラ制御部110が実行する撮像処理について、図7を参照して説明する。この撮像処理は、制御装置200から、通信部130を介して撮像指示を受けると処理が開始される。以下の説明では、この時、制御装置200は、投影部140から計測対象に投影する投影画像の種類を、3次元計測カメラ100に送信するものとして説明する。もっとも、投影部140は上述した13種類の投影画像を予め決められた順番（シーケンス）で投影するので、3次元計測カメラ100の方で投影画像の種類を示すカウンタを持たせる等すれば、制御装置200は投影画像の種類を3次元計測カメラ100に送信しなくてもよい。
- [0049] まず、カメラ制御部110は、制御装置200から受信した投影画像の種類を、投影部140から投影する（ステップS101）。ステップS101は投影ステップとも呼ばれる。ここで投影画像の種類は、上述した、全発光画像、全消灯画像、グレイコードパターン画像（7種類）、位相シフトパターン画像（4種類）の13種類のいずれかである。
- [0050] 次に、カメラ制御部110は、左撮像部150及び右撮像部160で計測対象を同時に撮像する（ステップS102）。ステップS102は撮像ステップとも呼ばれる。そして、カメラ制御部110は、左撮像部150で撮像した画像データ（左画像データ）及び右撮像部160で撮像した画像データ（右画像データ）を記憶部120に保存する（ステップS103）。
- [0051] 次にカメラ制御部110は、記憶部120に記憶されているレクティファイテーブルを参照して、レクティファイを実行する（ステップS104）。

レクティファイとは、撮像部のレンズの歪曲収差を補正したり、左右の撮像部を疑似平行化したりすることを言う。例えば、校正用画像データを左撮像部150で撮像して得られた画像を、元の校正用画像データに戻すための演算テーブルを算出すれば、それが左撮像部150用のレクティファイテーブル（左画像用レクティファイテーブル）になる。右撮像部160についても同様である。このようなレクティファイテーブルを予め記憶部120に用意しておき、ステップS104では、左画像データに対して左画像用レクティファイテーブルを適用し、右画像データに対して右画像用レクティファイテーブルを適用する。

[0052] そして、カメラ制御部110は、レクティファイ後の左画像データとレクティファイ後の右画像データを1つに結合して、通信部130を介して、制御装置200に送信し（ステップS105）、撮像処理を終了する。

[0053] 次に、上述した撮像処理をサブルーチンのように用いて、計測対象を構成する点群を取得する計測処理について、図8を参照して説明する。この処理は、入力部240にユーザが計測指示を入力すると開始する。

[0054] まず、制御部210は、投影画像の種類として、全発光画像を指定して、3次元計測カメラ100に、撮像指示を送信する（ステップS201）。すると、3次元計測カメラ100で上述の撮像処理が行われ、撮像した左画像及び右画像のデータが制御装置200に送信される。そして、制御部210は、3次元計測カメラ100から受信した左画像データを左の白画像データとして、右画像データを右の白画像データとして、それぞれ記憶部220に保存する（ステップS202）。なお、3次元計測カメラ100の方で予め決められた投影画像のシーケンスを記憶している場合には、ステップS201で制御部210は、投影画像の種類を指定する必要はなく、撮像指示を送信するだけでよい。この場合、予め決められたシーケンスの最初の投影画像が全発光画像であり、以下、後述するように、全消灯画像、グレイコードパターン画像（7種類）、位相シフトパターン画像（4種類）が続く。

[0055] 次に、制御部210は、投影画像の種類として、全消灯画像を指定して、

3次元計測カメラ100に、撮像指示を送信する（ステップS203）。すると、3次元計測カメラ100で上述の撮像処理が行われ、撮像した左画像データ及び右画像データが制御装置200に送信される。そして、制御部210は、3次元計測カメラ100から受信した左画像データを左の黒画像データとして、右画像データを右の黒画像データとして、それぞれ記憶部220に保存する（ステップS204）。

[0056] 次に、制御部210は、投影画像の種類として、グレイコードパターン画像の7種類を順次指定して、3次元計測カメラ100に撮像指示し、3次元計測カメラ100で撮像処理が行われて送信された左画像データ及び右画像データを、それぞれ左のグレイコード画像データ及び右のグレイコード画像データとして記憶部220に保存する（ステップS205）。制御部210は、グレイコードパターン画像の7枚を順次指定しては、3次元計測カメラ100に撮像指示を出すので、左のグレイコード画像データ及び右のグレイコード画像データも、それぞれ7枚得られ、それらが記憶部220に保存される。

[0057] そして、制御部210は、左のグレイコード画像データからは左の黒画像データを減算し、右のグレイコード画像データからは右の黒画像データを減算し、左の黒画像データを減算した後の左のグレイコード画像データ7枚から左のコード画像データを生成し、右の黒画像データを減算した後の右のグレイコード画像データ7枚から右のコード画像データを生成する（ステップS206）。このステップでは、制御部210は、グレイコード画像データから黒画像データを減算した画像データを、各ピクセルが0又は1の画像データにする。例えば、制御部210は、判定閾値として、各ピクセルについて（白画像データ－黒画像データ）÷2を求めておき、各ピクセルについて（グレイコード画像データ－黒画像データ）がこの判定閾値より小さいか否かにより、そのピクセルの値を0又は1にする。そして、制御部210は、このような各ピクセルが0又は1になっているデータを7つ束ねることでコード画像データを生成する。

[0058] 次に、制御部210は、投影画像の種類として、位相シフトパターン画像の4種類を順次指定して、3次元計測カメラ100に撮像指示し、3次元計測カメラ100で撮像処理が行われて送信された左画像データ及び右画像データを、それぞれ左の位相シフト画像データ及び右の位相シフト画像データとして記憶部220に保存する（ステップS207）。制御部210は、位相シフトパターン画像の4枚を順次指定しては、3次元計測カメラ100に撮像指示を出すので、左の位相シフト画像データ及び右の位相シフト画像データも、それぞれ4枚得られ、それらが記憶部220に保存される。

[0059] そして、制御部210は、左の位相シフト画像データ4枚から左の位相画像データを生成し、右の位相シフト画像データ4枚から右の位相画像データを生成する（ステップS208）。位相画像データはラジアンで表されるので、通常は各ピクセルは浮動小数点型である。ただし、メモリの効率化、計算処理の高速化のために16ビット整数化等して、整数や固定小数点の数として表してもよい。

[0060] 次に、制御部210は、左のコード画像データと左の位相画像データから左の`unwrap`位相画像データを生成し、右のコード画像データと右の位相画像データから右の`unwrap`位相画像データを生成する（ステップS209）。位相画像データは周期的に同じ範囲（例えば0から π まで）の値が波状に繰り返されるデータになるが、このデータをコード画像データの情報を用いて、単調増加的なデータに変換したものが`unwrap`位相画像データである。

[0061] そして、制御部210は、左右の`unwrap`位相画像データから、視差画像データを生成する（ステップS210）。ステップS210は、視差画像データ生成ステップとも呼ばれる。ここで、視差画像データとは、左画像データを基準にした各ピクセルでの視差を値とするデータである。具体的には、左右の`unwrap`位相画像データ内の相互に対応するエピポーラ線（ y 座標が一定の水平線になる）に沿って、左右のピクセル値（`unwrap`位相値）が一致する一致点を求め、この一致点の x 座標の左右の差（右の`u`

$unwrap$ 位相画像データ中の一致点の x 座標－左の $unwrap$ 位相画像データ中の一致点の x 座標）を、ピクセル (x, y) の値にしたデータである。

[0062] 実際には、 $unwrap$ 位相画像データの各ピクセルの値（ $unwrap$ 後の位相値）は実数値であり、左右で値が一致することはあまりない。そこで、左右で値が一致しない場合には、右の $unwrap$ 位相画像データをピクセル間で内挿（場合によってはピクセル外に外挿）して、左の $unwrap$ 位相画像データの当該ピクセルの値に一致したであろう仮想的な x 座標を算出し、その仮想的な x 座標から、左の $unwrap$ 位相画像データの x 座標を引くことによって視差画像データの当該ピクセル (x, y) の値を求める。

[0063] $unwrap$ 位相画像データから視差画像データを求める場合の具体例を図 9 に示す。図 9 では、左撮像部 150 が撮像した画像データのうち一点鎖線 31 に対応する部分の $unwrap$ 位相値を実線 41 で表し、右撮像部 160 が撮像した画像データのうち一点鎖線 32 に対応する部分の $unwrap$ 位相値を点線 42 で表している。この例では、物体 33 に投影部 140 からの光を投射すると影 34 ができ、影 34 の部分には投影部 140 からの光が到達しないため、グラフ上では左の光不達領域 43 及び、右の光不達領域 44 として間隙ができています。そして、視差 45 で表される値が、視差画像データの値となる。

[0064] 次に、制御部 210 は、視差画像データと、各撮像部のカメラパラメータに基づき、三角法の原理により各ピクセルの 3 次元位置を求めて点群データを生成する（ステップ S211）。ステップ S211 は、点群データ生成ステップとも呼ばれる。そして、制御部 210 は、左の白画像データを計測対象のテクスチャ画像として、点群データに貼り付けて出力部 250 に表示し（ステップ S212）、計測処理を終了する。

[0065] 視差画像データから各ピクセルの 3 次元位置を求める方法について補足説明する。なお、ここでは、視差画像データの $[x, y]$ 座標の値（符号付き

浮動小数点型)を $\text{par}[x, y]$ で表し、カメラパラメータから算出される同次座標系の 4×4 の透視変換行列を Q で表す。また、右肩の T は転置を表す。そして、視差画像データの $[x, y]$ 座標のピクセルの3次元位置を $3d\text{image}[x, y]$ で表す。すると、

$$[X \ Y \ Z \ W]^T = Q \times [x \ y \ \text{par}[x, y] \ 1]^T$$

$$3d\text{image}[x, y] = (X/W, Y/W, Z/W)$$

となる。

[0066] 以上の計測処理により、計測対象の形状がテクスチャとともに確認できる点群データが出力部250に表示される。この点群データの3次元位置は、位相シフト法を用いて算出しているため、撮像部が取得する画像のピクセルの大きさよりも細かい精度で求めることができる。

[0067] なお、単眼カメラとプロジェクタとで位相シフト法により3次元位置を計測する方法も知られているが、この方法では、単眼カメラとプロジェクタとの間のキャリブレーションを正確に行わないと、位相シフト法の特長である高精度での3次元位置計測ができない。しかし、単眼カメラとプロジェクタとの間のキャリブレーションはかなり煩雑である。

[0068] それに対し、本実施の形態では、左撮像部150と右撮像部160により、ステレオカメラが構成されており、この2つのカメラで撮像した画像から視差画像データを求めることによって3次元位置計測を行っているため、カメラとプロジェクタ(投影部140)との間のキャリブレーションは不要である。本実施の形態では、ステレオカメラのキャリブレーション(左撮像部150と右撮像部160の間のキャリブレーション)は必要だが、カメラ間のキャリブレーションは、用意したキャリブレーション板を左撮像部150と右撮像部160のカメラで同時に撮影した画像を複数セット用意することで精度良く行うことができ、カメラとプロジェクタとの間のキャリブレーションに比較すると格段に容易に行うことができる。したがって、本実施の形態では、煩雑なキャリブレーション不要で、位相シフト法による正確な3次元位置計測を行うことができる。

[0069] なお、上述の実施の形態１では、記憶部１２０にレクティファイテーブルが記憶されており、カメラ制御部１１０がレクティファイを実行した（ステップＳ１０４）。しかし、レクティファイテーブルが記憶部１２０ではなく、記憶部２２０に記憶されている実施の形態であってもよい。この場合、カメラ制御部１１０はレクティファイを実行せず（ステップＳ１０４は削除）、制御部２１０が、３次元計測カメラ１００から受信した画像データをレクティファイしてから記憶部２２０に保存することになる。

[0070] （実施の形態２）

上述の実施の形態１では、３次元計測カメラ１００は、記憶部１２０に記憶されている１３種類の投影画像に対応する撮像画像のデータを制御装置２００に送信する必要があった。このデータは、白画像データ、黒画像データ、グレイコード画像データ（７枚）及び位相シフト画像データ（４枚）で、それぞれ左右のデータがあるので、合計２６枚の画像データを送信する必要があった。３次元計測カメラ１００から制御装置２００に転送するデータ量が多くなるほど、計測に必要な時間が増え、また、データ転送失敗による再撮影が必要になる可能性も高くなる。これに対し、３次元計測カメラ１００の内部で、コード画像及び位相画像の生成まで行うようにすれば、制御装置２００に送信する画像データは左の白画像データ並びに左右のコード画像データ及び位相画像データだけでよくなり、合計５枚の画像データの送信だけで済む。そうすれば、転送データ量が削減され、データ転送時間も短縮され、データ転送エラーになる確率も低減される。このように、３次元計測カメラ１００でコード画像及び位相画像を生成する実施の形態２について、説明する。

[0071] 実施の形態２に係る３次元計測システム１００１の構成は、実施の形態１に係る３次元計測システム１０００と同じであり、図１に示される。異なる点は、３次元計測カメラ１００が実行する撮像処理と、制御装置２００が実行する計測処理である。そこで、これらの処理について順次説明する。

[0072] まず、実施の形態２に係る３次元計測カメラ１００のカメラ制御部１１０

が実行する撮像処理について、図10を参照して説明する。この撮像処理は、制御装置200から、通信部130を介して撮像指示を受けると処理が開始される。実施の形態1では、制御装置200が、投影画像の種類の情報を送信する場合もあり得たが、実施の形態2では、制御装置200は投影画像の種類の情報を送信しない3次元計測カメラ100が自ら予め決められたシーケンスで各投影画像を順次投影していくからである。

[0073] まず、カメラ制御部110は、投影部140で全発光画像を投影する（ステップS121）。そして、カメラ制御部110は、左撮像部150及び右撮像部160で計測対象を撮像し、撮像して得られた画像データを（記憶部120に記憶されているレクティファイテーブルを参照して）レクティファイしてから、左画像データを左の白画像データとして、右画像データを右の白画像データとして、それぞれ記憶部120に保存する（ステップS122）。

[0074] 次に、カメラ制御部110は、投影部140で全消灯画像を投影する（ステップS123）。そして、カメラ制御部110は、左撮像部150及び右撮像部160で計測対象を撮像し、撮像して得られた画像データをレクティファイしてから、左画像データを左の黒画像データとして、右画像データを右の黒画像データとして、それぞれ記憶部120に保存する（ステップS124）。

[0075] 次に、カメラ制御部110は、投影部140でグレイコードパターン画像の7種類を順次投影し、左撮像部150及び右撮像部160で計測対象を撮像し、撮像して得られた左画像データ及び右画像データをレクティファイしてから、それぞれ左のグレイコード画像データ及び右のグレイコード画像データとして記憶部120に保存する（ステップS125）。カメラ制御部110は、グレイコードパターン画像の7枚を順次投影しては、左撮像部150及び右撮像部160で撮像するので、左のグレイコード画像データ及び右のグレイコード画像データも、それぞれ7枚得られ、それらが記憶部120に保存される。

[0076] そして、カメラ制御部110は、左のグレイコード画像データからは左の黒画像データを減算し、右のグレイコード画像データからは右の黒画像データを減算し、左の黒画像データを減算した後の左のグレイコード画像データ7枚から左のコード画像データを生成し、右の黒画像データを減算した後の右のグレイコード画像データ7枚から右のコード画像データを生成する（ステップS126）。

[0077] 次に、カメラ制御部110は、投影部140で位相シフトパターン画像の4種類を順次投影し、左撮像部150及び右撮像部160で計測対象を撮像し、撮像して得られた左画像データ及び右画像データをレクティファイしてから、それぞれ左の位相シフト画像データ及び右の位相シフト画像データとして記憶部120に保存する（ステップS127）。カメラ制御部110は、位相シフトパターン画像の4枚を順次投影しては、左撮像部150及び右撮像部160で撮像するので、左の位相シフト画像データ及び右の位相シフト画像データも、それぞれ4枚得られ、それらが記憶部120に保存される。

[0078] そして、カメラ制御部110は、左の位相シフト画像データ4枚から左の位相画像データを生成し、右の位相シフト画像データ4枚から右の位相画像データを生成する（ステップS128）。位相画像データは単位がラジアンで表されるため、通常は各ピクセルの値を浮動小数点型（4バイト又は8バイト）で表す。ただし、転送データ量を減らすために、2バイト（16ビット）固定小数点型で表したり、8ビットシフト（256倍）した2バイト表現の位相データ値として表してもよい。この場合、データを受信した制御装置200側では、受信データを浮動小数点型に変換してから扱ってもよい。

[0079] そして、カメラ制御部110は、左の白画像データ、左のコード画像データ、右のコード画像データ、左の位相画像データ及び右の位相画像データを、通信部130を介して、制御装置200に送信し（ステップS129）、撮像処理を終了する。

[0080] 次に、上述した撮像処理を用いて、計測対象を構成する点群を取得する計

測処理について、図 11 を参照して説明する。この処理は、入力部 240 にユーザが計測指示を入力すると開始する。

[0081] まず、制御部 210 は、3次元計測カメラ 100 に、撮像指示を送信する（ステップ S221）。すると、3次元計測カメラ 100 で上述の撮像処理が行われ、3次元計測カメラ 100 から、制御装置 200 に、レクティブアイ後の白画像データ、左のコード画像データ、右のコード画像データ、左の位相画像データ及び右の位相画像データが送信される。そして、制御部 210 は、通信部 230 を介して、3次元計測カメラ 100 から、レクティブアイ後の左の白画像データ、左のコード画像データ、右のコード画像データ、左の位相画像データ及び右の位相画像データを受信し、記憶部 220 に保存する（ステップ S222）。

[0082] 次に、制御部 210 は、左のコード画像データと左の位相画像データから左の `unwrap` 位相画像データを生成し、右のコード画像データと右の位相画像データから右の `unwrap` 位相画像データを生成する（ステップ S223）。`unwrap` 位相画像データについては実施の形態 1 で説明した通りである。

[0083] そして、制御部 210 は、左右の `unwrap` 位相画像データから、視差画像データを生成する（ステップ S224）。視差画像データも実施の形態 1 で説明した通りである。

[0084] 次に、制御部 210 は、視差画像データと、各撮像部のカメラパラメータに基づき、各ピクセル毎の 3次元位置を求めて点群データを生成する（ステップ S225）。そして、制御部 210 は、左の白画像データを計測対象のテクスチャ画像として、点群データに貼り付けて出力部 250 に表示し（ステップ S226）、計測処理を終了する。

[0085] 以上の計測処理により、計測対象の形状がテクスチャとともに確認できる点群データが出力部 250 に表示される。この点群データの 3次元位置は、位相シフト法を用いて算出しているので、撮像部が取得する画像のピクセルの大きさよりも細かい精度で求めることができる。しかも、3次元計測カメ

ラ１００は、レクティファイ後の白画像データ、左のコード画像データ、右のコード画像データ、左の位相画像データ及び右の位相画像データのみを送信するので、実施の形態１に比較して、制御装置２００の負荷は軽く、また転送データ量が少ないため、転送データをロスして画像転送に失敗する確率も低くなる。

[0086] 以上、実施の形態１及び実施の形態２について説明したが、これらの実施の形態は、種々の変更を行うことが可能である。

[0087] 例えば、上述の実施の形態１では制御装置２００がコード画像の生成及び位相画像の生成を行い、上述の実施の形態２では３次元計測カメラ１００がコード画像の生成及び位相画像の生成を行っていたが、この２つの装置の間の処理の分担はこれに限定されるわけではない。例えば、３次元計測カメラ１００がコード画像の生成を行うが、位相画像の生成は制御装置２００が行うようにしてもよい。

[0088] また、上述の実施の形態２では、３次元計測カメラ１００は、撮像データを毎回レクティファイしてから記憶部１２０に保存していたが、記憶部１２０にはレクティファイ前の撮像データを保存し、レクティファイ前の画像データを用いてコード画像データ及び位相画像データを生成し、その最終的に得られたコード画像データ及び位相画像データに対してレクティファイを行うようにしてもよい。このようにすると、レクティファイを行う画像データの枚数を２６枚から５枚（左の白画像データ並びに左右のコード画像データ及び位相画像データ）に減らすことができる。

[0089] また、上述の実施の形態では、投影部１４０の照明系として、コスト面、調整の簡便さ、耐久性等の点から集光レンズ結像方式を用いたが、他の照明系（フライアイ照明系、クリティカル照明系）を用いてもよい。

[0090] なお、３次元計測カメラ１００のカメラ制御部１１０及び制御装置２００の制御部２１０の各機能は、通常のＰＣ（Personal Computer）等のコンピュータによっても実施することができる。具体的には、上記実施の形態では、３次元計測カメラ１００のカメラ制御部１１０が行う撮

像処理のプログラムが記憶部 120 の ROM に、制御装置 200 の制御部 210 が行う計測処理のプログラムが記憶部 220 の ROM に、それぞれ予め記憶されているものとして説明した。しかし、プログラムを、フレキシブルディスク、CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory)、DVD (Digital Versatile Disc)、MO (Magnetooptical Disc)、メモリカード、USB (Universal Serial Bus) メモリ等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体に格納して配布し、そのプログラムをコンピュータに読み込んでインストールすることにより、上述の機能を実現することができるコンピュータを構成してもよい。

[0091] 以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、本発明の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施の形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施の形態は、この発明を説明するためのものであり、本発明の範囲を限定するものではない。すなわち、本発明の範囲は、実施の形態ではなく、請求の範囲によって示される。そして、請求の範囲内及びそれと同等の発明の意義の範囲内で施される様々な変形が、この発明の範囲内とみなされる。

[0092] 本出願は、2018年9月6日に提出された日本国特許出願特願2018-167262号に基づく。本明細書中に日本国特許出願特願2018-167262号の明細書、特許請求の範囲、図面全体を参照として取り込むものとする。

符号の説明

[0093] 11…LED
12, 13…レンズ
14…コンデンサレンズ
15…全反射プリズム
16…DLP基板
17…プロジェクタレンズ

1 8 … フライアイレンズ
2 1 … CMOS 基板
2 2 … カメラレンズホルダ
2 3 … カメラレンズ
3 1, 3 2 … 一点鎖線
3 3 … 物体
3 4 … 影
4 1 … 実線
4 2 … 点線
4 3, 4 4 … 光不達領域
4 5 … 視差
1 0 0 … 3 次元計測カメラ
1 1 0 … カメラ制御部
1 2 0, 2 2 0 … 記憶部
1 3 0, 2 3 0 … 通信部
1 4 0 … 投影部
1 5 0 … 左撮像部
1 6 0 … 右撮像部
2 0 0 … 制御装置
2 1 0 … 制御部
2 4 0 … 入力部
2 5 0 … 出力部
1 0 0 0, 1 0 0 1 … 3 次元計測システム

請求の範囲

[請求項1]

3次元計測カメラと、制御装置と、を備え、
前記3次元計測カメラは、
集光レンズ結像方式により計測対象に画像を投影する投影部と、
前記投影部の左から前記計測対象を撮像する左撮像部と、
前記投影部の右から前記計測対象を撮像する右撮像部と、
前記左撮像部で撮像した左画像のデータ及び前記右撮像部で撮像した右画像のデータを前記制御装置に送信する送信部と、
カメラ制御部と、
を備え、
前記制御装置は、
前記送信部から送信されたデータを受信する受信部と、
制御部と、
を備え、
前記カメラ制御部は、
前記投影部によりグレイコードパターン画像及び位相シフトパターン画像を前記計測対象に投影し、
前記グレイコードパターン画像が投影された前記計測対象及び前記位相シフトパターン画像が投影された前記計測対象を前記左撮像部及び前記右撮像部で撮像し、
前記送信部を介して前記撮像した前記左画像のデータ及び前記右画像のデータを前記制御装置に送信し、
前記制御部は、
前記受信部を介して前記左画像のデータ及び前記右画像のデータを前記3次元計測カメラから受信し、
前記左画像のデータ及び前記右画像のデータから視差画像データを生成し、
前記視差画像データから前記計測対象の3次元形状を表す点群デー

タを生成する、

3次元計測システム。

[請求項2] 前記制御装置が備える前記制御部は、前記視差画像データの生成の際に、前記左画像内及び前記右画像内の相互に対応するエピポーラ線に沿って、前記左画像の位相値と前記右画像の位相値とが一致する点を求め、それらの点の横方向の位置の差を視差とする、

請求項1に記載の3次元計測システム。

[請求項3] 集光レンズ結像方式により計測対象に画像を投影する投影部と、
前記投影部の左から前記計測対象を撮像する左撮像部と、
前記投影部の右から前記計測対象を撮像する右撮像部と、
前記左撮像部で撮像した左画像のデータ及び前記右撮像部で撮像した右画像のデータを外部の制御装置に送信する送信部と、

カメラ制御部と、

を備え、

前記カメラ制御部は、

前記投影部によりグレイコードパターン画像及び位相シフトパターン画像を前記計測対象に投影し、

前記グレイコードパターン画像が投影された前記計測対象及び前記位相シフトパターン画像が投影された前記計測対象を前記左撮像部及び前記右撮像部で撮像し、

前記送信部を介して前記撮像した前記左画像のデータ及び前記右画像のデータを前記制御装置に送信する、

3次元計測カメラ。

[請求項4] 前記カメラ制御部は、前記左撮像部及び前記右撮像部に対して、同時に撮像指示を出し、撮像して得られた同期した前記左画像のデータ及び前記右画像のデータを1つに結合して前記制御装置に送信する、

請求項3に記載の3次元計測カメラ。

[請求項5] 前記撮像した前記左画像のデータ及び前記右画像のデータを補正す

るためのデータテーブルであるレクティファイテーブルをさらに備え、

前記カメラ制御部は、前記撮像した前記左画像のデータ及び前記右画像のデータを、前記レクティファイテーブルを用いて補正し、補正後のデータを前記制御装置に送信する、

請求項3又は4に記載の3次元計測カメラ。

[請求項6]

前記カメラ制御部は、

前記投影部により90度ずつ位相をずらした4枚の位相シフトパターン画像を前記計測対象に投影し、

前記位相シフトパターン画像が投影された前記計測対象を前記位相シフトパターン画像の位相を90度ずつずらして前記左撮像部及び前記右撮像部でそれぞれ4枚撮像し、

前記撮像した4枚の前記左画像のデータからピクセル毎の位相値を算出して左の位相画像データを生成し、

前記撮像した4枚の前記右画像のデータからピクセル毎の位相値を算出して右の位相画像データを生成し、

前記送信部を介して前記生成した前記左の位相画像データ及び前記右の位相画像データを前記制御装置に送信する、

請求項3から5のいずれか1項に記載の3次元計測カメラ。

[請求項7]

前記カメラ制御部は、

前記投影部により規定枚数のグレイコードパターン画像を前記計測対象に投影し、

前記各グレイコードパターン画像が投影された前記計測対象を前記左撮像部及び前記右撮像部でそれぞれ前記規定枚数撮像し、

前記撮像した前記規定枚数の前記左画像のデータからピクセル毎のコード値を算出して左のコード画像データを生成し、

前記撮像した前記規定枚数の前記右画像のデータからピクセル毎のコード値を算出して右のコード画像データを生成し、

前記送信部を介して前記生成した前記左のコード画像データ及び前記右のコード画像データを前記制御装置に送信する、

請求項3から6のいずれか1項に記載の3次元計測カメラ。

[請求項8]

グレイコードパターン画像及び位相シフトパターン画像を集光レンズ結像方式により計測対象に投影する投影ステップと、

前記投影ステップで前記グレイコードパターン画像が投影された前記計測対象及び前記位相シフトパターン画像が投影された前記計測対象を左撮像部及び右撮像部で撮像する撮像ステップと、

前記撮像ステップで前記左撮像部が撮像した左画像のデータ及び前記右撮像部が撮像した右画像のデータから視差画像データを生成する視差画像データ生成ステップと、

前記視差画像データ生成ステップで生成した視差画像データから前記計測対象の3次元形状を表す点群データを生成する点群データ生成ステップと、

を有する3次元計測方法。

[請求項9]

コンピュータに、

グレイコードパターン画像及び位相シフトパターン画像を集光レンズ結像方式により計測対象に投影する投影ステップ、

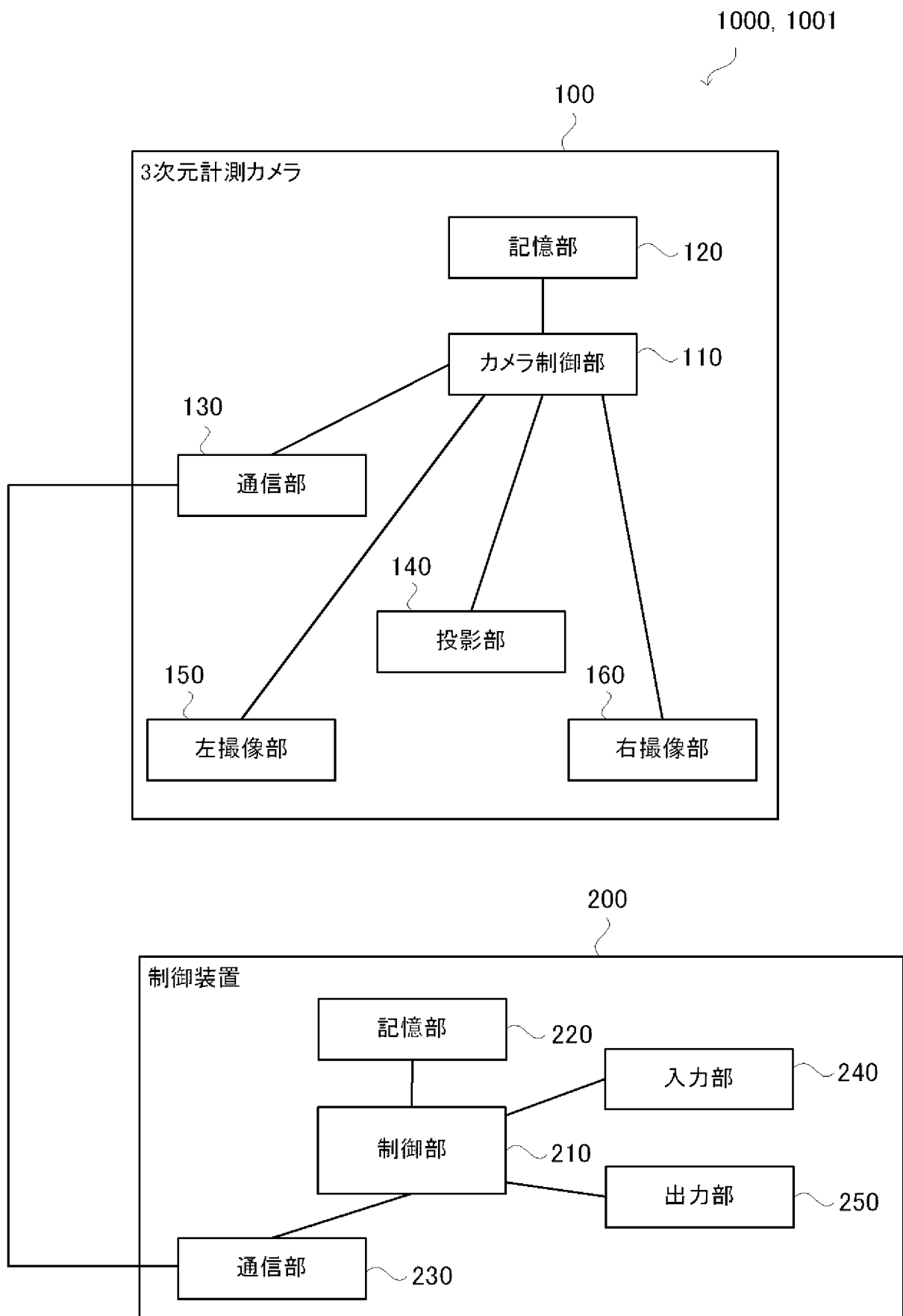
前記投影ステップで前記グレイコードパターン画像が投影された前記計測対象及び前記位相シフトパターン画像が投影された前記計測対象を左撮像部及び右撮像部で撮像する撮像ステップ、

前記撮像ステップで前記左撮像部が撮像した左画像のデータ及び前記右撮像部が撮像した右画像のデータから視差画像データを生成する視差画像データ生成ステップ、及び、

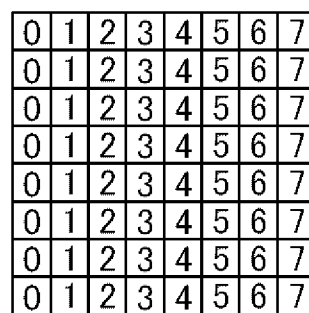
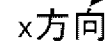
前記視差画像データ生成ステップで生成した視差画像データから前記計測対象の3次元形状を表す点群データを生成する点群データ生成ステップ、

を実行させるためのプログラム。

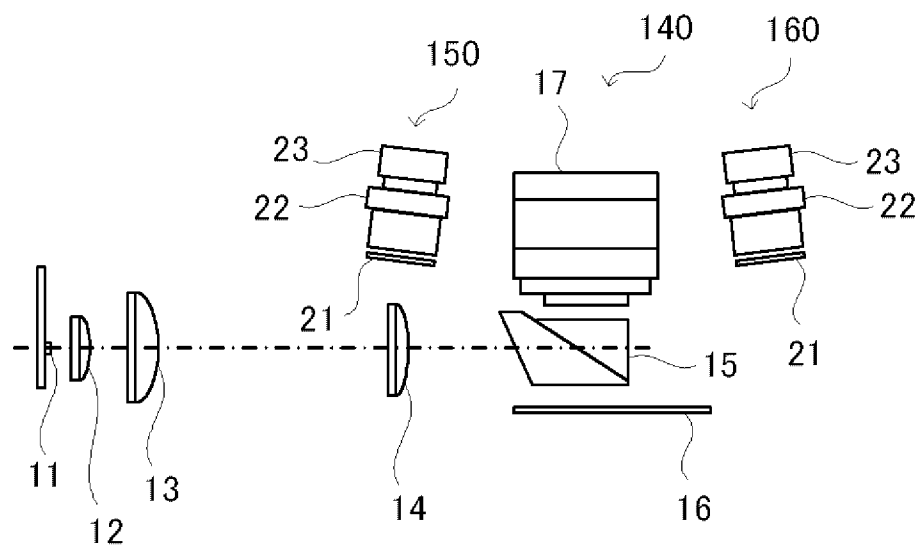
[図1]



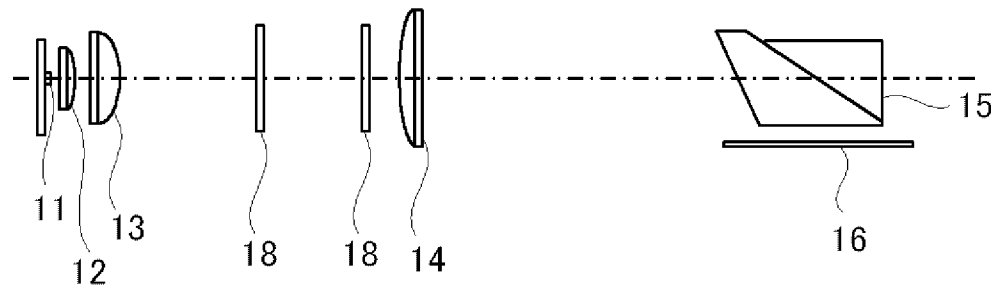
3枚目



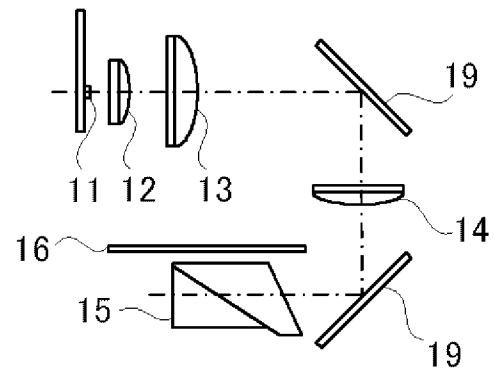
[図3]



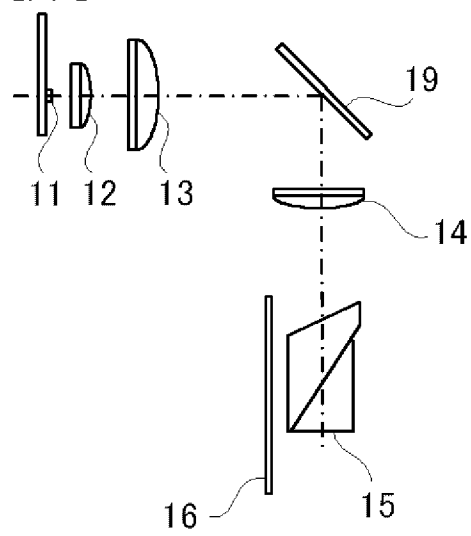
[図4]



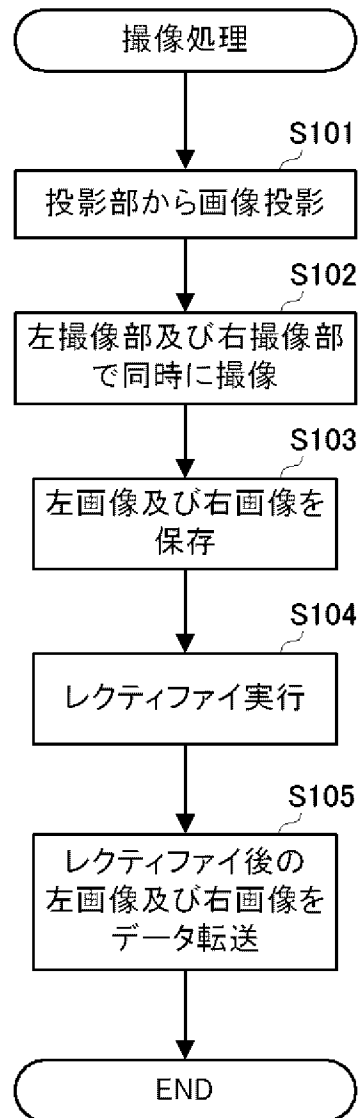
[図5]



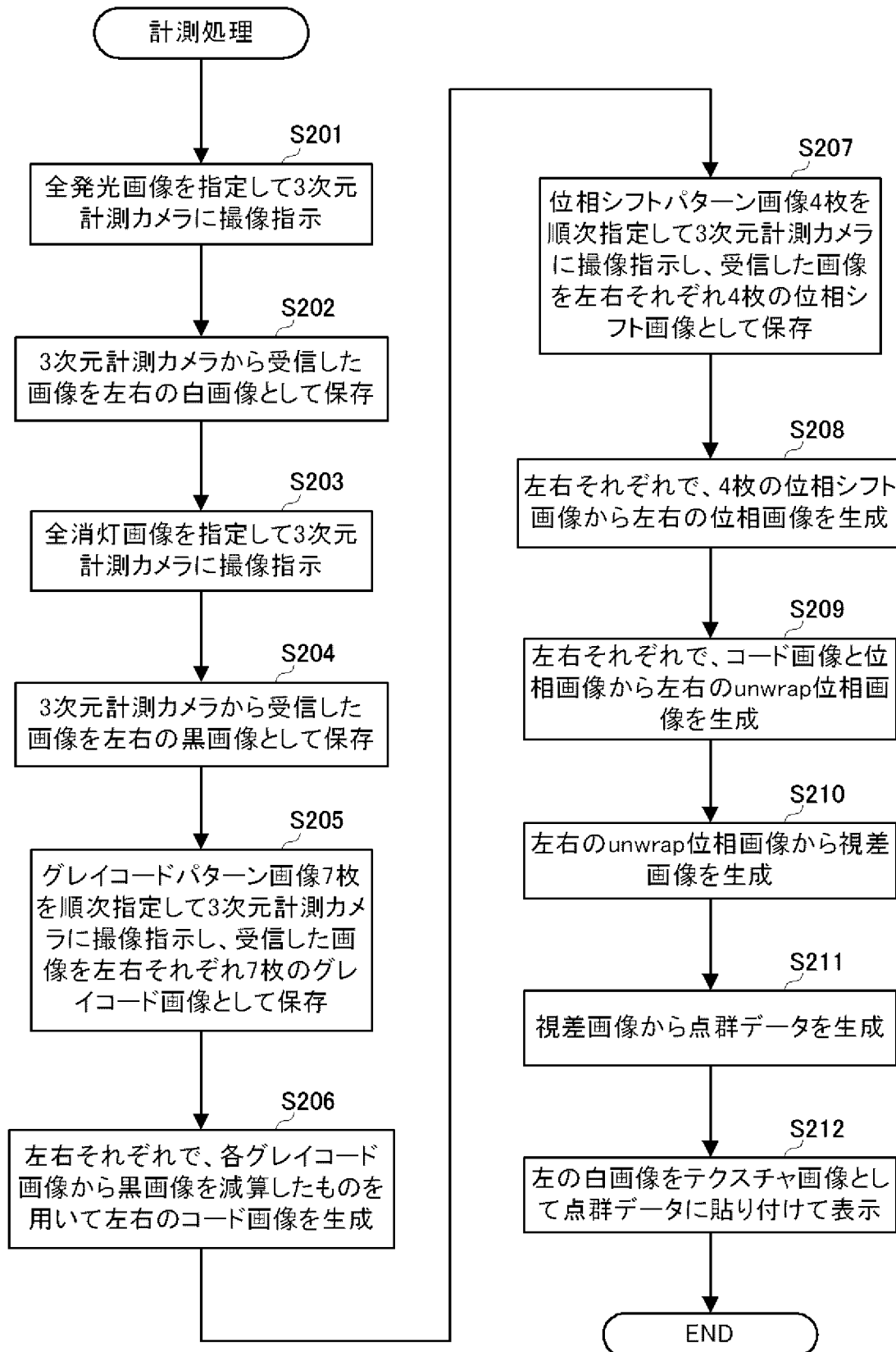
[図6]



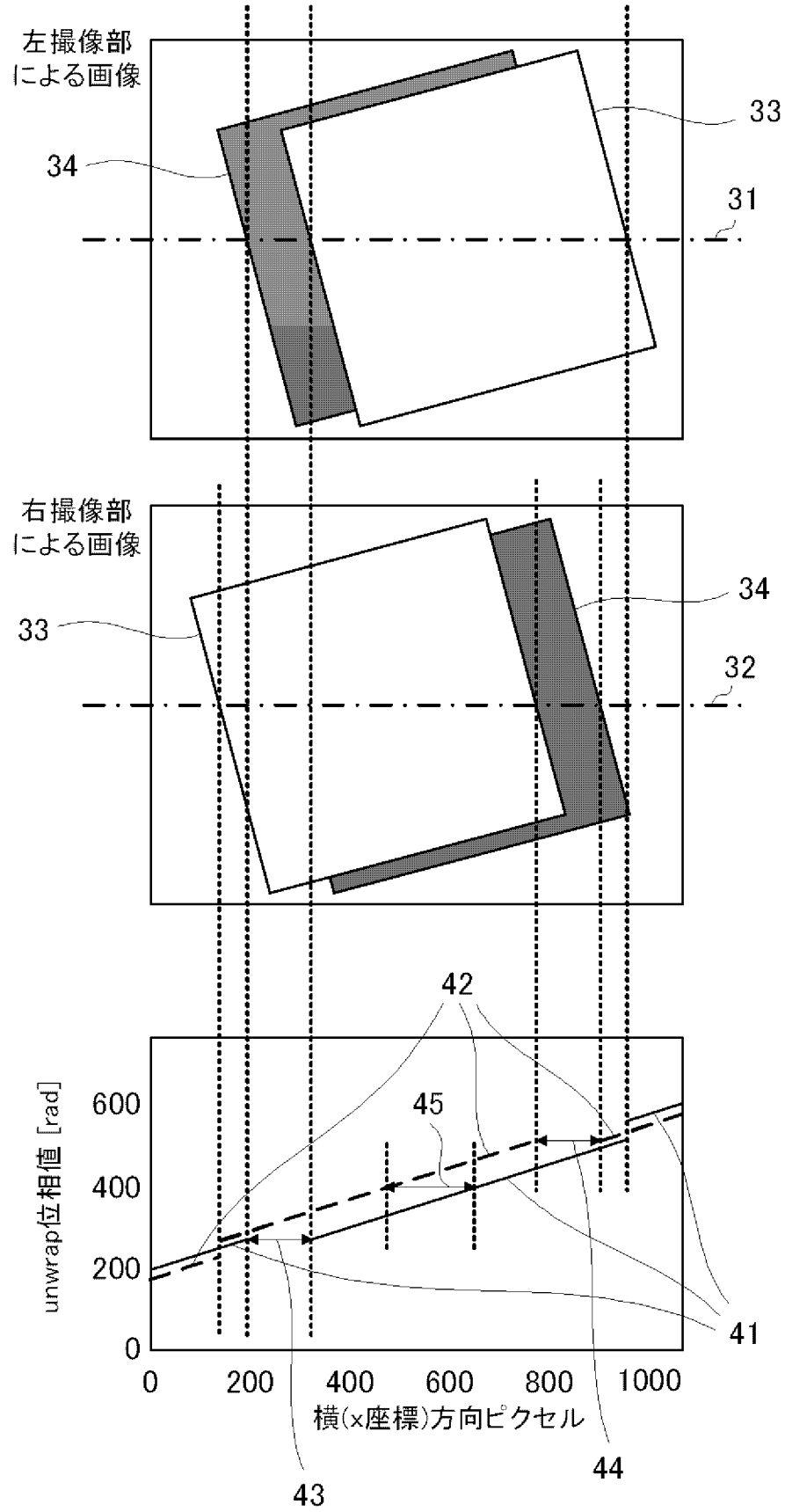
[図7]



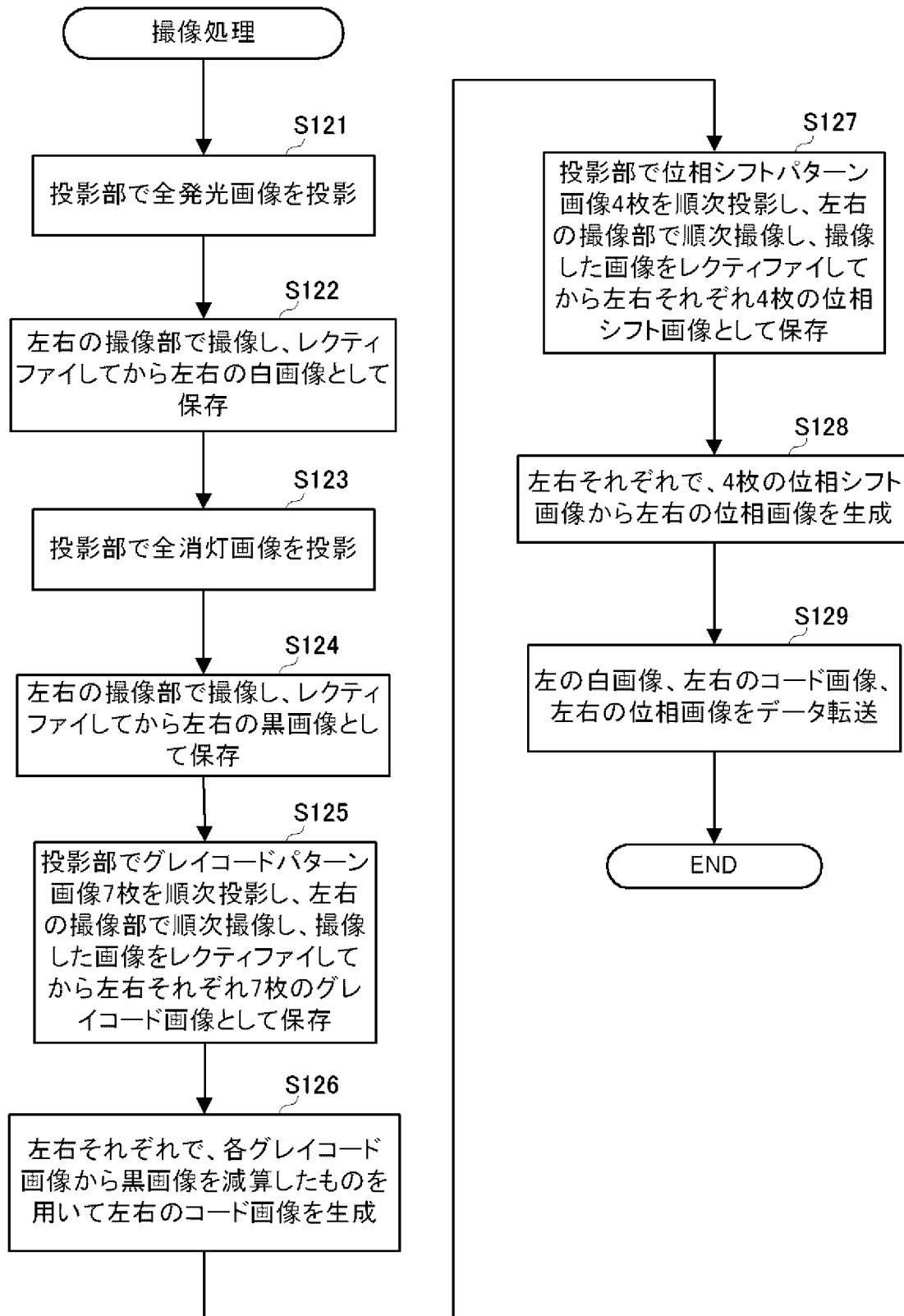
[図8]



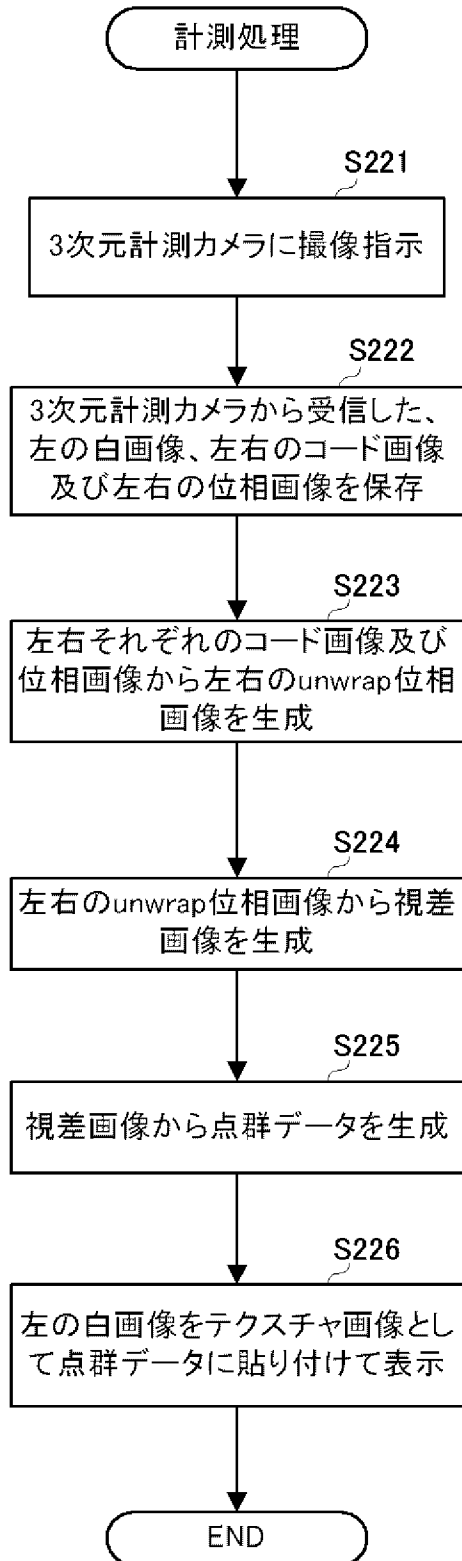
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/031840

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01B11/25 (2006.01) i, G06T7/593 (2017.01) 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)

Int. Cl. G01B11/25, G06T7/593

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019
Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
Y	JP 2011-252835 A (MYUU SKYNET KK) 15 December 2011, paragraphs [0034]-[0046], fig. 1 (Family: none)	1-9
Y	JP 2014-059239 A (FUJITSU LIMITED) 03 April 2014, paragraphs [0002], [0013]-[0030] (Family: none)	1-9
Y	JP 2013-205175 A (DAINIPPON SCREEN MFG. CO., LTD.) 07 October 2013, paragraphs [0027], [0028] (Family: none)	1-9
Y	JP 2009-026250 A (PANASONIC CORP.) 05 February 2009, paragraph [0156] (Family: none)	2



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
03.09.2019

Date of mailing of the international search report
10.09.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/JP2019/031840
--

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7-262375 A (TOSHIBA CORP.) 13 October 1995, paragraph [0015] (Family: none)	4-7
Y	JP 2007-304743 A (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) 22 November 2007, paragraph [0002] (Family: none)	5-7
Y	JP 2007-315864 A (ROLAND DG CORPORATION) 06 December 2007, paragraphs [0074]-[0080] (Family: none)	7

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, G06T7/593(2017.01)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. G01B11/25, G06T7/593

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 請求項の番号
Y	JP 2011-252835 A（有限会社ミュースカイネット） 2011.12.15, 段落[0034]-[0046], 図1 (ファミリーなし)	1-9
Y	JP 2014-059239 A（富士通株式会社） 2014.04.03, 段落[0002], [0013]-[0030] (ファミリーなし)	1-9

☒ 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

03.09.2019

国際調査報告の発送日

10.09.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

齋藤 卓司

2S

4637

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 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 請求項の番号
Y	JP 2013-205175 A (大日本スクリーン製造株式会社) 2013. 10. 07, 段落[0027]-[0028] (ファミリーなし)	1-9
Y	JP 2009-026250 A (パナソニック株式会社) 2009. 02. 05, 段落[0156] (ファミリーなし)	2
Y	JP 7-262375 A (株式会社東芝) 1995. 10. 13, 段落[0015] (ファミリーなし)	4-7
Y	JP 2007-304743 A (独立行政法人産業技術総合研究所) 2007. 11. 22, 段落[0002] (ファミリーなし)	5-7
Y	JP 2007-315864 A (ローランドディー. ジー. 株式会社) 2007. 12. 06, 段落[0074]-[0080] (ファミリーなし)	7