(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
2016 年 12 月 15 日(15.12.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/199253 A1

(51) 国際特許分類:
G06T 7/00 (2006.01)　*H04N 1/107* (2006.01)
G01B 11/25 (2006.01)　*H04N 5/222* (2006.01)
H04N 1/10 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/066778

(22) 国際出願日: 2015 年 6 月 10 日(10.06.2015)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 株式会社ＰＦＵ(**PFU LIMITED**) [JP/JP]; 〒9291192 石川県かほく市宇野気ヌ９８番地の２ Ishikawa (JP).

(72) 発明者: 松田　夕貴(**MATSUDA, Yuki**); 〒9291192 石川県かほく市宇野気ヌ９８番地の２　株式会社ＰＦＵ内 Ishikawa (JP). 西川　満(**NISHIKAWA, Mitsuru**); 〒9291192 石川県かほく市宇野気ヌ９８番地の２　株式会社ＰＦＵ内 Ishikawa (JP). 高森正也(**TAKAMORI, Masaya**); 〒9291192 石川県かほく市宇野気ヌ９８番地の２　株式会社ＰＦＵ内 Ishikawa (JP).

(74) 代理人: 青木　篤, 外(**AOKI, Atsushi** et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目５番１号　虎ノ門３７森ビル青和特許法律事務所 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, 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.

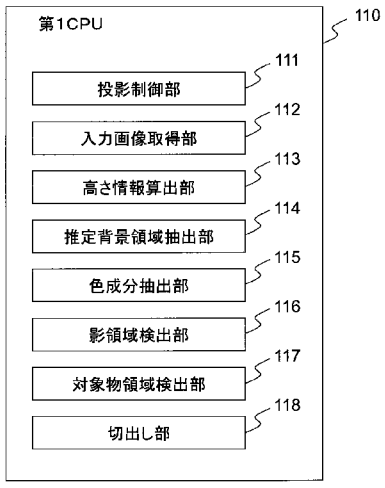
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

(54) **Title**: IMAGE PROCESSING SYSTEM, IMAGE READ-IN DEVICE, REGION DETECTION METHOD, AND COMPUTER PROGRAM

(54) 発明の名称 : 画像処理システム、画像読取装置、領域検出方法及びコンピュータプログラム

図3



110 First CPU
111 Projection control unit
112 Input image acquisition unit
113 Height information computation unit
114 Estimated background region extraction unit
115 Color component extraction unit
116 Shadow region detection unit
117 Subject region detection unit
118 Cropping unit

(57) **Abstract**: Provided are an image processing system, image read-in device, region detection method, and computer program, which detect easily and with high precision a region in which a subject is present in an image in which the subject has been captured. The image processing system comprises an image projection device which projects toward a subject a projection image of a striped pattern or a lattice pattern, and an image read-in device which captures an image of the subject whereupon the projection image is projected. The image read-in device comprises an input image acquisition unit which acquires an input image in which is captured the subject whereupon the projection image is projected, a height information computation unit which, using the input image, computes height information of each pixel within the input image, and a subject region detection unit which, on the basis of the height information of each pixel within the input image, detects a subject region in the input image in which the subject is present.

(57) 要約: 対象物が撮像された画像において対象物が存在する領域を容易且つ高精度に検出する画像処理システム、画像読取装置、領域検出方法及びコンピュータプログラムを提供する。画像処理システムは、対象物に向けて縞模様又は格子模様の投影画像を投影する画像投影装置と、投影画像が投影された対象物を撮像する画像読取装置と、を有し、画像読取装置は、投影画像が投影された対象物を撮像した入力画像を取得する入力画像取得部と、入力画像を用いて、入力画像内の各画素の高さ情報を算出する高さ情報算出部と、入力画像内の各画素の高さ情報に基づいて、入力画像において対象物が存在する対象物領域を検出する対象物領域検出部とを有する。

WO 2016/199253 A1

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:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ：

画像処理システム、画像読取装置、領域検出方法及びコンピュータプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、画像処理システム、画像読取装置、領域検出方法及びコンピュータプログラムに関し、特に、入力画像から対象物が存在する領域を検出する画像処理システム、画像読取装置、領域検出方法及びコンピュータプログラムに関する。

背景技術

[0002] 近年、ＥＣ（Electronic Commerce）サイト、オークションサイト等において、立体的な形状を有する商品が出品される場合に、サイトの閲覧者が商品の形状を把握し易いように、商品の画像として３次元画像が掲載されることがある。商品の出品者は、例えば、所定の投影画像を投影するプロジェクタと、その投影画像が投影された商品を撮像するカメラを用いることにより、商品の３次元画像を作成することができる。

[0003] 投光部から被写体に所定の投光パターンを照射して投光パターンの歪を有する投光画像を撮像部で撮影する画像入力装置が開示されている。この画像入力装置では、投光部と撮像部との相対位置が固定され、移動部で撮像部を相対移動させて撮像位置の異なる複数の投光画像を撮影する（特許文献１を参照）。

[0004] また、パンを載せたトレーの背後からバックライトを照射した状態でパン及びトレーを撮像し、撮像したカラーデジタル画像からパン領域を切り出し、切り出したパン領域に基づいてパンの種類を識別する物体識別装置が開示されている（特許文献２を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２００３－７８７２５号公報

特許文献2：特開２０１３－１４５４４１号公報

発明の概要

[0006] 対象物が撮像された画像から対象物の３次元画像を生成する場合に、対象物が存在する領域を容易且つ高精度に検出することが求められている。

[0007] 画像処理システム、画像読取装置、領域検出方法及びコンピュータプログラムの目的は、対象物が撮像された画像において対象物が存在する領域を容易且つ高精度に検出することにある。

[0008] 本実施形態の一側面に係る画像処理システムは、対象物に向けて縞模様又は格子模様の投影画像を投影する画像投影装置と、投影画像が投影された対象物を撮像する画像読取装置と、を有し、画像読取装置は、投影画像が投影された対象物を撮像した入力画像を取得する入力画像取得部と、入力画像を用いて、入力画像内の各画素の高さ情報を算出する高さ情報算出部と、入力画像内の各画素の高さ情報に基づいて、入力画像において対象物が存在する対象物領域を検出する対象物領域検出部と、を有する。

[0009] また、本実施形態の一側面に係る画像読取装置は、画像投影装置により縞模様又は格子模様の投影画像が投影された対象物を撮像した入力画像を取得する入力画像取得部と、入力画像を用いて、入力画像内の各画素の高さ情報を算出する高さ情報算出部と、入力画像内の各画素の高さ情報に基づいて、入力画像において対象物が存在する対象物領域を検出する対象物領域検出部と、を有する。

[0010] また、本実施形態の一側面に係る領域検出方法は、画像投影装置及び画像読取装置を有する画像処理システムにおける領域検出方法であって、画像投影装置が、対象物に向けて縞模様又は格子模様の投影画像を投影し、画像読取装置が、投影画像が投影された対象物を撮像した入力画像を取得し、入力画像を用いて、入力画像内の各画素の高さ情報を算出し、入力画像内の各画素の高さ情報に基づいて、入力画像において対象物が存在する対象物領域を検出することを含む。

[0011] また、本実施形態の一側面に係るコンピュータプログラムは、画像投影装置により縞模様又は格子模様の投影画像が投影された対象物を撮像した入力画像を取得し、入力画像を用いて、入力画像内の各画素の高さ情報を算出し、入力画像内の各画素の高さ情報に基づいて、入力画像において対象物が存在する対象物領域を検出する、ことをコンピュータに実行させる。

[0012] 本実施形態によれば、画像処理システム、画像読取装置、領域検出方法及びコンピュータプログラムは、対象物が撮像された画像において対象物が存在する領域を容易且つ高精度に検出することが可能となる。

[0013] 本発明の目的及び効果は、特に請求項において指摘される構成要素及び組み合わせを用いることによって認識され且つ得られるだろう。前述の一般的な説明及び後述の詳細な説明の両方は、例示的及び説明的なものであり、特許請求の範囲に記載されている本発明を制限するものではない。

図面の簡単な説明

[0014] [図1A]実施形態に従った画像処理システム１の概略構成を示す図である。

[図1B]実施形態に従った画像処理システム１の分解図である。

[図2]画像読取装置１００のハードウェア構成図である。

[図3]第１ＣＰＵ１１０の概略構成を示す図である。

[図4]画像投影装置２００のハードウェア構成図である。

[図5]領域切出し処理の動作を示すフローチャートである。

[図6]高さ情報算出処理の動作の例を示すフローチャートである。

[図7A]各入力画像について説明するための模式図である。

[図7B]各入力画像について説明するための模式図である。

[図7C]各入力画像について説明するための模式図である。

[図7D]各入力画像について説明するための模式図である。

[図8]深度の算出方法について説明するための模式図である。

[図9]高さ情報算出処理の動作の例を示すフローチャートである。

[図10]推定背景領域について説明するための模式図である。

[図11]影領域検出処理の動作の例を示すフローチャートである。

[図12A]第１色入力画像について説明するための模式図である。

[図12B]第２色入力画像について説明するための模式図である。

[図13]対象物領域検出処理の動作の例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本開示の一側面に係る画像処理システム、画像読取装置、領域検出方法及びコンピュータプログラムについて図を参照しつつ説明する。但し、本開示の技術的範囲はそれらの実施の形態に限定されず、特許請求の範囲に記載された発明とその均等物に及ぶ点に留意されたい。

[0016] 図１Ａは、実施形態に従った画像処理システムの概略構成を示す図であり、図１Ｂは、画像処理システムの分解図である。図１Ａ、Ｂに示すように、画像処理システム１は、画像読取装置１００、画像投影装置２００、載置台３００、設置台４００及び支持部材５００等を有する。

[0017] 画像読取装置１００は、載置台３００に載置された対象物の上方に配置され、対象物を撮像する装置である。画像読取装置１００は、例えばカメラ等を有する多機能携帯電話（いわゆるスマートフォン）、タブレットＰＣ（Personal Computer）、携帯情報端末等である。画像読取装置１００が撮像する対象物は、例えば立体的な３次元の形状を有する物体である。

[0018] 画像投影装置２００は、載置台３００に載置された対象物の上方に配置され、対象物に向けて投影画像を投影する装置であり、例えばプロジェクタである。

[0019] 載置台３００は、画像読取装置１００が撮像する対象物を載置する台である。

[0020] 設置台４００は、画像読取装置１００を設置する台である。設置台４００は、台座４０１、接続部材４０２及び設置部材４０３からなるコの字形状を有する。台座４０１は、平面形状を有し、ネジ等により載置台３００の所定位置３０１に取り付けられる。なお、台座４０１は、所定位置３０１に取り付けられずに、単に載置されていてもよい。接続部材４０２は、平面形状を有し、台座４０１から鉛直方向上方に向けて伸びている。設置部材４０３は

、平面形状を有し、接続部材４０２の鉛直方向上方の端部に、台座４０１が取り付けられている方向と同じ方向に向けて取り付けられている。画像読取装置１００は、載置台３００に載置された対象物を撮像できるように、即ち撮像方向が鉛直方向下方となり且つ撮像範囲に設置部材４０３が含まれないように設置部材４０３上に載置される。

[0021] 支持部材５００は、画像投影装置２００を支持する部材である。支持部材５００は、Ｌ字形状を有し、ネジ等により載置台３００の所定位置３０２に取り付けられ、載置台３００から鉛直方向上方に向けて伸びている。支持部材５００の、載置台３００に取り付けられる端部と反対側の端部には、ネジ等により画像投影装置２００が取り付けられる。画像投影装置２００は、載置台３００に載置された対象物に向けて投影画像を投影できるように、即ち投影方向が鉛直方向下方となるように支持部材５００に取り付けられる。

[0022] 図１Ａ、図１Ｂに示すように、設置台４００及び支持部材５００がそれぞれ載置台３００の予め定められた所定位置３０１及び３０２に配置されることにより、画像読取装置１００、画像投影装置２００及び載置台３００の配置位置は固定される。これにより、画像読取装置１００の撮像装置の光学中心及び撮像方向と、画像投影装置２００の光学中心及び投影方向と、載置台３００の載置面との位置関係は一定に保たれる。

[0023] なお、支持部材５００は、載置台３００に取り付けられるのではなく、設置台４００に取り付けられてもよい。また、画像読取装置１００と設置台４００は、例えばオーバーヘッド型のスキャナ装置等を用いて一体に構成されてもよい。

[0024] 図２は、画像読取装置１００のハードウェア構成図である。図２に示すように、画像読取装置１００は、第１通信回路１０１、撮像装置１０２、入力装置１０３、表示装置１０４、第１記憶装置１０５及び第１ＣＰＵ（Central Processing Unit）１１０等を有する。以下、画像読取装置１００の各部について詳細に説明する。

[0025] 第１通信回路１０１は、無線信号を送受信するアンテナと、無線ＬＡＮ（L

ocal Area Network）等の所定の通信プロトコルに従って、無線通信回線を通じて信号の送受信を行うための無線通信インターフェース回路とを有する。第１通信回路１０１は、不図示のアクセスポイントを介して画像投影装置２００と通信し、第１ＣＰＵ１１０から出力された情報を画像投影装置２００に送信し、画像投影装置２００から受信した情報を第１ＣＰＵ１１０に出力する。なお、第１通信回路１０１は、アクセスポイントを介さずに画像投影装置２００と直接通信してもよい。また、第１通信回路１０１は、近距離無線通信により、画像投影装置２００と通信してもよい。

[0026] 撮像装置１０２は、対象物を撮像する撮像センサを有する。この撮像センサは、撮像素子と、撮像素子に対象物の像を結像する光学系を備える。各撮像素子は、ＲＧＢ各色に対応するアナログ値を出力する。撮像素子は、１次元又は２次元に配列されたＣＣＤ（Charge Coupled Device）、ＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）等である。撮像装置１０２は、撮像センサが出力した各アナログ値をデジタル値に変換して画素データを生成し、生成した各画素データから構成される画像データ（以下、入力画像と称する）を生成する。この入力画像は、各画素データが、例えばＲＧＢ各色毎に８ｂｉｔで表される計２４ｂｉｔのＲＧＢ値からなるカラー画像データとなる。撮像装置１０２は、生成した入力画像を第１ＣＰＵ１１０に出力する。

[0027] 入力装置１０３は、タッチパッド等の入力装置及び入力装置から信号を取得するインターフェース回路を有し、利用者の操作に応じた信号を第１ＣＰＵ１１０に出力する。

[0028] 表示装置１０４は、液晶、有機ＥＬ（Electro－Luminescence）等から構成されるディスプレイ及びディスプレイに画像データを出力するインターフェース回路を有し、第１ＣＰＵ１１０から出力された画像データを表示する。

[0029] 第１記憶装置１０５は、ＲＡＭ（Random Access Memory）等の揮発性半導体メモリ、ＲＯＭ（Read Only Memory）等の不揮発性半導体メモリ等を有する。また、第１記憶装置１０５には、画像読取装置１００の各種処理に用い

られるコンピュータプログラム、データベース、テーブル、各種画像等が格納される。コンピュータプログラムは、コンピュータ読み取り可能な可搬型記録媒体から公知のセットアッププログラム等を用いて第１記憶装置１４にインストールされてもよい。可搬型記録媒体は、例えばＣＤ－ＲＯＭ（compact disk read only memory）、ＤＶＤ－ＲＯＭ（digital versatile disk read only memory）等である。

[0030] また、第１記憶装置１０５には、撮像装置１０２の光学中心と画像投影装置２００の光学中心との位置関係、及び、撮像装置１０２の光学中心と載置台３００の載置面の位置関係等が記憶される。撮像装置１０２の光学中心と画像投影装置２００の光学中心との位置関係として、例えば撮像装置１０２の光学中心から画像投影装置２００の光学中心へ向かうベクトルが記憶される。撮像装置１０２の光学中心と載置台３００の載置面の位置関係として、撮像装置１０２の光学中心から載置台３００の載置面までの距離、撮像装置１０２の撮像方向の載置台３００の載置面に対する角度等が記憶される。これらの情報は、画像処理システム１の製品出荷時又は設置時等に予め計測される。

[0031] 第１ＣＰＵ１１０は、第１通信回路１０１、撮像装置１０２、入力装置１０３、表示装置１０４及び第１記憶装置１０５と接続され、これらの各部を制御する。第１ＣＰＵ１１０は、第１通信回路１０１を介した画像投影装置２００とのデータ送受信制御、撮像装置１０２の画像生成制御、入力装置１０３の入力制御、表示装置１０４の表示制御、第１記憶装置１０５の制御等を行う。

[0032] 図３は、第１ＣＰＵ１１０の概略構成を示す図である。図３に示すように第１ＣＰＵ１１０は、投影制御部１１１、入力画像取得部１１２、高さ情報算出部１１３、推定背景領域抽出部１１４、色成分抽出部１１５、影領域検出部１１６、対象物領域検出部１１７及び切出し部１１８等を有する。これらの各部は、プロセッサ上で動作するソフトウェアにより実装される機能モジュールである。なお、これらの各部はそれぞれ独立した集積回路、マイク

ロプロセッサ、ファームウェア等で構成されてもよい。

[0033] 図４は、画像投影装置２００のハードウェア構成図である。図４に示すように、画像投影装置２００は、第２通信回路２０１、投影装置２０２、第２記憶装置２０３及び第２ＣＰＵ２１０等を有する。以下、画像投影装置２００の各部について詳細に説明する。

[0034] 第２通信回路２０１は、画像読取装置１００の第１通信回路１０１と同様のインターフェース回路を有する。第２通信回路２０１は、画像読取装置１００と通信し、第２ＣＰＵ２１０から出力された情報を画像読取装置１００に送信し、画像読取装置１００から受信した情報を第２ＣＰＵ２１０に出力する。

[0035] 投影装置２０２は、光源、光学系等を備え、第２ＣＰＵ２１０から出力された画像を対象物に向けて投影する。

[0036] 第２記憶装置２０３は、ＲＡＭ等の揮発性半導体メモリ、ＲＯＭ等の不揮発性半導体メモリ等を有する。また、第２記憶装置２０３には、画像投影装置２００の各種処理に用いられるコンピュータプログラム、データベース、テーブル、各種画像等が格納される。コンピュータプログラムは、例えばＣＤ－ＲＯＭ、ＤＶＤ－ＲＯＭ等のコンピュータ読み取り可能な可搬型記録媒体から公知のセットアッププログラム等を用いて第２記憶装置２０３にインストールされてもよい。

[0037] 第２ＣＰＵ２１０は、第２通信回路２０１、投影装置２０２、及び第２記憶装置２０３と接続され、これらの各部を制御する。第２ＣＰＵ２１０は、第２通信回路２０１を介した画像読取装置１００とのデータ送受信制御、投影装置２０２の画像投影制御、第２記憶装置２０３の制御等を行う。

[0038] 図５は、画像読取装置１００による領域切出し処理の動作を示すフローチャートである。以下、図５に示したフローチャートを参照しつつ、領域切出し処理の動作を説明する。なお、以下に説明する動作のフローは、予め第１記憶装置１０５に記憶されているプログラムに基づき主に第１ＣＰＵ１１０により画像読取装置１００の各要素と協働して実行される。

[0039] 最初に、第１ＣＰＵ１１０は、高さ情報算出処理を実施する（ステップＳ１０１）。高さ情報算出処理において、第１ＣＰＵ１１０は、投影画像が投影された対象物を撮像した入力画像（以下、投影入力画像と称する場合がある）内の各画素の高さ情報を算出する。投影入力画像は、入力画像の一例である。高さ情報算出処理の詳細については後述する。

[0040] 次に、第１ＣＰＵ１１０は、背景色決定処理を実施する（ステップＳ１０２）。背景色決定処理において、第１ＣＰＵ１１０は、投影画像が投影されていない対象物を撮像した入力画像（以下、非投影入力画像と称する場合がある）内の背景の色成分を決定する。非投影入力画像は、第２入力画像の一例である。背景色決定処理の詳細については後述する。

[0041] 次に、第１ＣＰＵ１１０は、影領域検出処理を実施する（ステップＳ１０３）。影領域検出処理において、第１ＣＰＵ１１０は、投影入力画像及び非投影入力画像内で影が写っている影領域を検出する。影領域検出処理の詳細については後述する。

[0042] 次に、第１ＣＰＵ１１０は、対象領域検出処理を実施する（ステップＳ１０４）。対象領域検出処理において、第１ＣＰＵ１１０は、投影入力画像及び非投影入力画像内で対象物が存在する対象物領域を検出する。対象物領域検出処理の詳細については後述する。

[0043] 次に、第１ＣＰＵ１１０は、検出された対象物領域を非投影入力画像から切り出した切出し画像を生成して第１記憶装置１０５に記憶し（ステップＳ１０５）、一連のステップを終了する。ユーザは、入力装置１０３を用いて、第１記憶装置１０５に記憶された切出し画像を表示装置１０４に表示したり、他の装置へ送信したりすることができる。なお、第１ＣＰＵ１１０は、高さ情報算出処理で算出した高さ情報を用いて、切出し画像を３次元画像に変換してもよい。３次元画像では、２次元に配置された画素毎に、画素値と関連付けて高さ情報が記憶され、３次元画像は、各画素の高さ情報に基づいて、立体的に表示装置１０４に表示される。また、３次元画像が表示装置１０４に表示される場合、第１ＣＰＵ１１０は、入力装置１０３を用いたユー

ザからの指示に従って、表示された３次元画像の視点を切り替える。

[0044] 図６は、高さ情報算出処理の動作の例を示すフローチャートである。図６に示す動作のフローは、図５に示すフローチャートのステップＳ１０１において実行される。

[0045] 第１ＣＰＵ１１０は、位相シフト法に従って、対象物の３次元計測を行う。そのために、投影制御部１１１は、まず、対象物に向けて第１投影画像を投影することを要求するための第１要求信号を第１通信回路１０１を介して画像投影装置２００に送信する（ステップＳ２０１）。第１要求信号には、第１投影画像が含まれる。第１投影画像は、縞模様又は格子模様の画像である。なお、後述の実施形態では、一例として縞模様の画像を用いた場合の例を示す。

[0046] 画像投影装置２００の第２ＣＰＵ２１０は、第２通信回路２０１を介して第１要求信号を受信すると、第１要求信号に含まれる第１投影画像を第２記憶装置２０３に記憶し、投影装置２０２に投影させる。なお、画像投影装置２００の第２記憶装置２０３に第１投影画像を予め記憶しておき、第１ＣＰＵ１１０は、第１投影画像の代わりに第１投影画像の識別情報を含む第１要求信号を送信してもよい。

[0047] 次に、撮像装置１０２は、第１投影画像が投影された対象物を撮像した第１投影入力画像を生成し、第１ＣＰＵ１１０に出力する。入力画像取得部１１２は、第１投影入力画像を取得し、第１記憶装置１０５に記憶する（ステップＳ２０２）。

[0048] 図７Ａ～図７Ｄは、撮像装置１０２が撮像する各入力画像について説明するための模式図である。図７Ａに示す画像７００は非投影入力画像の例である。図７Ａに示すように、非投影入力画像７００は、載置台３００に載置された茶碗７０１を対象物として撮像した画像である。茶碗７０１は、載置台３００が写っている背景７０２と同様の色を有する無地部７０３と、背景７０２とは異なる色を有する模様７０４とを有する。

[0049] 図７Ｂに示す画像７１０は第１投影入力画像の例である。図７Ｂに示すよ

うに、第１投影入力画像７１０は、所定の正弦波パターンが第１投影画像として投影された茶碗７０１を撮像した画像である。正弦波パターンは、白色部分７１１と、白色以外の所定色部分７１２とが周期的に繰り返される縞模様を有する。平面形状を有する載置台３００上では、正弦波パターンによる縞は直線になるが、載置台３００に対して膨らんだ形状を有する茶碗７０１上では、正弦波パターンによる縞は歪み、直線にはならない。

[0050] 次に、投影制御部１１１は、対象物に向けて第２投影画像を投影することを要求するための第２要求信号を第１通信回路１０１を介して画像投影装置２００に送信する（ステップＳ２０３）。第２要求信号には、第２投影画像が含まれる。第２投影画像は、縞模様又は格子模様の画像である。

[0051] 画像投影装置２００の第２ＣＰＵ２１０は、第２通信回路２０１を介して第２要求信号を受信すると、第２要求信号に含まれる第２投影画像を第２記憶装置２０３に記憶し、投影装置２０２に投影させる。

[0052] 次に、撮像装置１０２は、第２投影画像が投影された対象物を撮像した第２投影入力画像を生成し、第１ＣＰＵ１１０に出力する。入力画像取得部１１２は、第２投影入力画像を取得し、第１記憶装置１０５に記憶する（ステップＳ２０４）。

[0053] 図７Ｃに示す画像７２０は第２投影入力画像の例である。図７Ｃに示すように、第２投影入力画像７２０は、第１投影画像の正弦波パターンから位相をπ／２だけずらした正弦波パターンが第２投影画像として投影された茶碗７０１を撮像した画像である。第２投影入力画像７２０では、白色部分７２１及び所定色部分７２２は、それぞれ、第１投影入力画像７１０において白色部分７１１及び所定色部分７１２が投影された位置から位相をπ／２だけずらした位置に投影されている。

[0054] 次に、投影制御部１１１は、対象物に向けて第３投影画像を投影することを要求するための第３要求信号を第１通信回路１０１を介して画像投影装置２００に送信する（ステップＳ２０５）。第３要求信号には、第３投影画像が含まれる。第３投影画像は、縞模様又は格子模様の画像である。

[0055] 画像投影装置２００の第２ＣＰＵ２１０は、第２通信回路２０１を介して第３要求信号を受信すると、第３要求信号に含まれる第３投影画像を第２記憶装置２０３に記憶し、投影装置２０２に投影させる。

[0056] 次に、撮像装置１０２は、第３投影画像が投影された対象物を撮像した第３投影入力画像を生成し、第１ＣＰＵ１１０に出力する。入力画像取得部１１２は、第３投影入力画像を取得し、第１記憶装置１０５に記憶する（ステップＳ２０６）。

[0057] 図７Ｄに示す画像７３０は第３投影入力画像の例である。図７Ｃに示すように、第３投影入力画像７３０は、第２投影画像の正弦波パターンから位相をさらに２π／３だけずらした正弦波パターンが第３投影画像として投影された茶碗７０１を撮像した画像である。第３投影入力画像７３０では、白色部分７３１及び所定色部分７３２は、それぞれ、第２投影入力画像７２０において白色部分７２１及び所定色部分７２２が投影された位置から位相をさらに２π／３だけずらした位置に投影されている。

[0058] 次に、高さ情報算出部１１３は、第１投影入力画像、第２投影入力画像及び第３投影入力画像における各画素の輝度値から、各画素の位置における正弦波パターンの位相値を算出する（ステップＳ２０７）。

[0059] まず、高さ情報算出部１１３は、以下の式（１）により、各投影入力画像内の座標(x,y)に位置する画素の輝度値I(x,y)を算出する。

[数1]

$$I(x,y)=0.30\times R(x,y)+0.59\times G(x,y)+0.11\times B(x,y) \qquad (1)$$

ここで、R、G、Bは、各投影入力画像におけるＲＧＢ各色毎の色値である。

[0060] 次に、高さ情報算出部１１３は、以下の式（２）により、各投影入力画像内の座標(x,y)の位置における正弦波パターンの位相値phase(x,y)を算出する。

[数2]

$$phase(x,y)=\tan^{-1}\frac{\sqrt{3}(I_3(x,y)-I_1(x,y))}{2(2I_2(x,y)-I_1(x,y)-I_3(x,y))} \qquad (2)$$

ここで、$I_1(x,y)$は、第１投影入力画像内の座標(x,y)に位置する画素の輝度値である。$I_2(x,y)$は、第２投影入力画像内の座標(x,y)に位置する画素の輝度値である。$I_3(x,y)$は、第３投影入力画像内の座標(x,y)に位置する画素の輝度値である。

[0061] 以下、式（２）が導出される理由について説明する。なお、以下では、式を簡略化するために、$I_1(x,y)$、$I_2(x,y)$、$I_3(x,y)$をそれぞれI_1、I_2、I_3と表している。第２投影入力画像内の座標(x,y)に対応する位相値をθとすると、I_1、I_2、I_3は、それぞれ以下の式（３）により表すことができる。

[数3]

$$\begin{aligned} I_1 &= a\cos(\theta+\frac{2\pi}{3})+b \\ I_2 &= a\cos(\theta)+b \\ I_3 &= a\cos(\theta-\frac{2\pi}{3})+b \end{aligned} \qquad (3)$$

ここで、aは投影光の強度であり、bは環境光の強度である。したがって、以下の式（４）が成立する。

[数4]

$$\begin{aligned} I_1-I_3 &= -2a\sin(\theta)\sin(\frac{2\pi}{3}) \\ I_2-I_1 &= 2a\sin(\theta+\frac{\pi}{3})\sin(\frac{\pi}{3}) \\ I_3-I_2 &= 2a\sin(\theta-\frac{\pi}{3})\sin(\frac{\pi}{3}) \end{aligned} \qquad (4)$$

式（４）より、以下の式（５）が成立する。

[数5]

$$\frac{\sqrt{3}(I_3 - I_1)}{2(2I_2 - I_1 - I_3)} = \frac{-\sqrt{3}(I_1 - I_3)}{2\{(I_2 - I_1) - (I_3 - I_2)\}}$$
$$= \frac{\sqrt{3}\sin(\theta)\sin(\frac{2\pi}{3})}{2\sin(\frac{\pi}{3})\left(\sin(\theta + \frac{\pi}{3}) - \sin(\theta - \frac{\pi}{3})\right)}$$
$$= \frac{\sqrt{3}\sin(\theta)\sin(\frac{2\pi}{3})}{2\sin(\frac{\pi}{3})\left(\cos(\theta)\sin(\frac{\pi}{3})\right)}$$
$$= \tan(\theta) \qquad (5)$$

この式（５）により、式（２）が導出される。

[0062] 式（２）で算出される位相値は、逆正接関数を用いて算出されるため、－π～＋πの値域のみで連続し、正弦波パターンの周期毎に不連続になる。そこで、高さ情報算出部１１３は、式（２）により算出した各画素の位相値に対して、正弦波パターンの周期毎に2πずつ加算していき、位相連結を行う。以下、位相連結を行った位相値を絶対位相値と称する。

[0063] 次に、高さ情報算出部１１３は、第１投影入力画像、第２投影入力画像及び第３投影入力画像内の対応する画素毎に、深度を算出する（ステップＳ２０８）。深度は、撮像装置１０２の光学中心から、その画素に写っている対象物までの距離である。

[0064] 上記のように算出された絶対位相値が同一である投影入力画像上の画素は、投影画像上の正弦波パターンにおける同一ラインに対応している。そこで、高さ情報算出部１１３は、絶対位相値が同一である投影入力画像上の各画素を連結し、連結した画素のグループと、投影画像上の正弦波パターンの各ラインとの対応付けを行う。さらに、高さ情報算出部１１３は、各グループに含まれる各画素について、そのグループの両端に位置する画素からの距離を算出する。高さ情報算出部１１３は、算出した距離に基づいて、各グループに含まれる各画素と、そのグループに対応付けられた正弦波パターンのラ

イン上の各画素との対応付けを行う。そして、高さ情報算出部１１３は、投影入力画像上の各画素について、対応付けた投影画像上の画素との位置関係に基づいて、深度を算出する。

[0065] 図８は、深度の算出方法について説明するための模式図である。図８において、物体８０１は対象物であり、c点８１１は撮像装置１０２の光学中心であり、平面８１２は投影装置２０２の撮像面であり、p点８２１は投影装置２０２の光学中心であり、平面８２２は投影装置２０２の投影面である。また、撮像面８１２上のs’点８１３と、投影面８２２上のs’’点８２３とが、それぞれ対象物８０１上のs点８０２に対応し、相互に対応付けられている。前述したように、画像処理システム１において撮像装置１０２の光学中心と投影装置２０２の光学中心の位置関係は一定に保たれている。撮像装置１０２の光学中心のc点８１１から投影装置２０２の光学中心のp点８２１へ向かうベクトルT_{c-p}は、予め第１記憶装置１０５に記憶されている。

[0066] c点８１１からp点８２１へ向かうベクトルと、c点８２１から対象物８０１上のs点８０２へ向かうベクトルとがなす角度θ_cは、内積の関係から、以下の式（６）により算出される。

[数6]

$$\theta_c = \cos^{-1}\left(\frac{T_{c-s'} \bullet T_{c-p}}{|T_{c-s'}||T_{c-p}|}\right) \qquad (6)$$

ここで、$T_{c-s'}$は、撮像装置１０２の光学中心のc点８１１から撮像面８１２上のs’点８１３へ向かうベクトルである。

[0067] 同様に、c点８１１からp点８２１へ向かうベクトルと、p点８２１からs点８０２へ向かうベクトルとがなす角度θ_pは、以下の式（７）により算出される。

[数7]

$$\theta_p = \cos^{-1}\left(\frac{-T_{p-s''} \bullet T_{c-p}}{\left|T_{p-s''}\right|\left|T_{c-p}\right|}\right) \qquad (7)$$

ここで、$T_{p-s''}$は、投影装置２０２の光学中心のp点８２１から投影面８２２上のs''点８２３へ向かうベクトルである。

[0068] 撮像面８１２上のs'点８１３の深度は、撮像装置１０２の光学中心のc点８２１から投影装置２０２の光学中心のp点８１１へ向かうベクトルT_{c-s}の絶対値で表される。この深度は、c点、p点、s点を頂点とする三角形に対して三角測量の原理を適用することによって、以下の式（８）により算出される。

[数8]

$$\text{深度} = \left|T_{c-s}\right| = \frac{\left|T_{c-p}\right|\sin\theta_p}{\sin(\pi - \theta_c - \theta_p)} \qquad (8)$$

[0069] 次に、高さ情報算出部１１３は、算出した深度に基づいて、第１投影入力画像、第２投影入力画像及び第３投影入力画像における各画素の高さ情報を算出する（ステップＳ２０９）。

[0070] 高さ情報算出部１１３は、撮像面８１２上のs'点８１３の深度と、載置台３００の載置面に対する撮像装置１０２の撮像方向の角度に基づいて、載置面と直交する方向における撮像装置１０２の光学中心から対象物８０１上のs点８０２までの距離を算出する。また、高さ情報算出部１１３は、算出した距離と、撮像装置１０２の光学中心から載置台３００の載置面までの距離に基づいて、載置面から対象物８０１上のs点８０２までの高さを算出する。そして、高さ情報算出部１１３は、算出した載置面からの高さを、撮像面８１２上のs'点８１３に対応する画素の高さ情報として、第１記憶装置１０５に記憶する。

[0071] このように、高さ情報算出部１１３は、第１投影入力画像、第２投影入力

画像及び第３投影入力画像を用いて、各画素の高さ情報を算出する。

[0072] 図９は、背景色決定処理の動作の例を示すフローチャートである。図９に示す動作のフローは、図５に示すフローチャートのステップＳ１０２において実行される。

[0073] 最初に、投影制御部１１１は、投影画像の投影を停止することを要求するための停止要求信号を第１通信回路１０１を介して画像投影装置２００に送信する（ステップＳ３０１）。

[0074] 画像投影装置２００の第２ＣＰＵ２１０は、第２通信回路２０１を介して停止要求信号を受信すると、投影装置２０２に投影画像の投影を停止させる。

[0075] 次に、撮像装置１０２は、投影画像が投影されていない対象物を撮像した非投影入力画像を生成し、第１ＣＰＵ１１０に出力する。入力画像取得部１１２は、非投影入力画像を取得し、第１記憶装置１０５に記憶する（ステップＳ３０２）。

[0076] 次に、推定背景領域抽出部１１４は、高さ情報算出部１１３が算出した各画素の高さ情報に基づいて、非投影入力画像から、対象物が写っていると推定される推定対象物領域を抽出する（ステップＳ３０３）。

[0077] 推定背景領域抽出部１１４は、非投影入力画像内の各画素について、各画素に対応する画素の高さ情報に示される高さが所定値を超えるか否かを判定する。所定値は例えば０である。なお、ノイズ又は高さ情報の算出誤差の影響を考慮して、所定値は０より大きい値（例えば１ｍｍに相当する値）としてもよい。推定背景領域抽出部１１４は、高さ情報に示される高さが所定値を超える画素を、対象物が写っている画素の候補として抽出する。推定背景領域抽出部１１４は、抽出した画素をラベリングによりグループ化し、推定対象物領域として抽出する。

[0078] 次に、推定背景領域抽出部１１４は、抽出した推定対象物領域に基づいて、非投影入力画像から、背景が写っていると推定される推定背景領域を抽出する（ステップＳ３０４）。

[0079] 推定背景領域抽出部１１４は、抽出した全ての推定対象物領域を包含する外接矩形を抽出し、抽出した外接矩形に対してさらに外側に所定長さのマージンをとった矩形を抽出する。推定背景領域抽出部１１４は、抽出した矩形を、その矩形に隣接するように囲む所定幅（例えば５画素）の帯状領域を推定背景領域として抽出する。

[0080] なお、推定背景領域抽出部１１４は、抽出した外接矩形と直接隣接する帯状領域を推定背景領域として抽出してもよい。また、推定背景領域抽出部１１４は、抽出した矩形を囲む帯状領域の四隅の領域のみを推定背景領域として抽出してもよい。

[0081] 図１０は、推定背景領域について説明するための模式図である。図１０に示す画像１０００は非投影入力画像の例である。図１０に示す非投影入力画像１０００において、領域１００１が推定対象物領域であり、矩形１００２が推定対象物領域１００１の外接矩形であり、矩形１００３が矩形１００２に対してマージン１００４をとった矩形である。また、帯状領域１００５が推定背景領域である。また、帯状領域の四隅の領域１００６～１００９が推定背景領域でもよい。

[0082] 次に、色成分抽出部１１５は、推定背景領域内の画素に基づいて、非投影入力画像内の背景の色成分を決定し（ステップＳ３０５）、一連のステップを終了する。

[0083] 色成分抽出部１１５は、推定背景領域内の各画素について、ＲＧＢ各色毎に、各色値の平均値を算出し、算出した各平均値を背景の色成分に決定する。

[0084] 対象物を撮影する利用者は、対象物の近傍については照明による影響が発生しないように照明が直接当たらないように注意するが、対象物から離れた領域についてはそのような注意を払わない傾向にある。一方、推定背景領域抽出部１１４は、推定対象物領域の外側の全領域ではなく、推定対象物領域の近傍領域のみを推定背景領域としている。これにより、色成分抽出部１１５は、照明等の外乱の影響を受けていない領域から背景の色成分を精度良く

算出することができる。また、色成分抽出部１１５は、対象物候補領域の外側の全領域から背景の色成分を算出しないので、色成分算出に係る処理負荷を低減することができる。さらに、色成分抽出部１１５は、帯状領域の四隅の領域のみを推定背景領域とすることにより、色成分算出に係る処理負荷をさらに低減することができる。

[0085] 図１１は、影領域検出処理の動作の例を示すフローチャートである。図１１に示す動作のフローは、図５に示すフローチャートのステップＳ１０３において実行される。

[0086] 最初に、影領域検出部１１６は、色成分抽出部１１５が決定した背景の色成分が黒色であるか否かを判定する（ステップＳ４０１）。

[0087] 黒色とは、光を吸収する範囲の色を意味する。影領域検出部１１６は、背景の色成分として決定されたＲＧＢの各色値が全て３２以下である場合、背景の色成分が黒色であると判定し、何れかの色値が３２より大きい場合、背景の色成分が黒色でないと判定する。

[0088] 影領域検出部１１６は、背景の色成分が黒色であると判定した場合、背景は影による影響を受けないと判定し、影領域を検出せずに、一連のステップを終了する。

[0089] 一方、背景の色成分が黒色でないと判定された場合、投影制御部１１１は、対象物に向けて第１色の光を投影することを要求するための第１色要求信号を第１通信回路１０１を介して画像投影装置２００に送信する（ステップＳ４０２）。第１色は、例えば緑色である。

[0090] 画像投影装置２００の第２ＣＰＵ２１０は、第２通信回路２０１を介して第１色要求信号を受信すると、対象物に向けて第１色の光を投影装置２０２に投影させる。

[0091] 次に、撮像装置１０２は、第１色の光が投影された対象物を撮像した第１色入力画像を生成し、第１ＣＰＵ１１０に出力する。入力画像取得部１１２は、第１色入力画像を取得し、第１記憶装置１０５に記憶する（ステップＳ４０３）。

[0092] 図１２Ａは、第１色入力画像について説明するための模式図である。図１２Ａに示す画像１２００は第１色入力画像の例である。図１２Ａに示す第１色入力画像１２００は、黒色の模様１２０１を有する対象物１２０２を撮像した画像である。図１２Ａに示すように、対象物１２０２及び背景１２０３は第１色の色味を有するが、黒色の模様１２０１は、第１色の光を吸収し、第１色の色味を有さない。また、対象物１２０２の周辺には、第１色の光により影１２０４が発生する。影１２０４は、第１色の色味を有さず、自然光又は環境光により黒色より薄い灰色になる。

[0093] 次に、投影制御部１１１は、対象物に向けて第２色の光を投影することを要求するための第２色要求信号を第１通信回路１０１を介して画像投影装置２００に送信する（ステップＳ４０４）。第２色は、第１色と異なる色であり、例えばピンク色である。

[0094] 画像投影装置２００の第２ＣＰＵ２１０は、第２通信回路２０１を介して第２色要求信号を受信すると、対象物に向けて第２色の光を投影装置２０２に投影させる。

[0095] 次に、撮像装置１０２は、第２色の光が投影された対象物を撮像した第２色入力画像を生成し、第１ＣＰＵ１１０に出力する。入力画像取得部１１２は、第２色入力画像を取得し、第１記憶装置１０５に記憶する（ステップＳ４０５）。

[0096] 図１２Ｂは、第２色入力画像について説明するための模式図である。図１２Ｂに示す画像１２１０は第２色入力画像の例である。図１２Ｂに示す第２色入力画像１２１０は、図１２Ａに示す対象物１２０２と同じ対象物１２１２を撮像した画像である。図１２Ｂに示すように、対象物１２１２及び背景１２１３は第２色の色味を有するが、黒色の模様１２１１は、第２色の光を吸収し、第２色の色味を有さない。また、対象物１２１２の周辺には、第２色の光により影１２１４が発生する。影１２１４は、第２色を有さず、図１２Ａに示す影１２０４と同様に、自然光又は環境光により黒色より薄い灰色になる。

[0097] 以下のステップＳ４０６～Ｓ４１０の処理は、第１色入力画像と第２色入力画像で対応する位置に存在する画素組合せのそれぞれについて実行される。

[0098] まず、影領域検出部１１６は、第１色入力画像内の画素と、その画素に対応する第２色入力画像内の画素の色成分の差が閾値以下であるか否かを判定する（ステップＳ４０６）。影領域検出部１１６は、ＲＧＢの各色毎に２つの画素の色値の差を算出し、算出した差の総和を色成分の差として算出する。閾値は、例えば、人が画像上の色の違いを目視により判別可能な色の差（例えば２０）に設定される。

[0099] 各画素の色成分の差が閾値より大きい場合、影領域検出部１１６は、各画素がそれぞれ第１の色の色味と第２の色味とを有しており、その画素には影が写っていないと判定する（ステップＳ４０７）。

[0100] 一方、各画素の色成分の差が閾値以下である場合、影領域検出部１１６は、第１色入力画像及び第２色入力画像内の各画素の色成分が黒色であるか否かを判定する（ステップＳ４０８）。影領域検出部１１６は、ステップＳ４０１と同様にして、各画素の色成分が黒色であるか否かを判定する。

[0101] 何れかの画素の色成分が黒色である場合、影領域検出部１１６は、その画素には、黒色の対象物又は背景が写っており、影が写っていないと判定する（ステップＳ４０７）。

[0102] 一方、両方の画素の色成分が黒色でない場合、影領域検出部１１６は、各画素が灰色を有しており、その画素には影が写っていると判定する。そして、影領域検出部１１６は、その画素の位置に対応する各投影入力画像及び非投影入力画像内の位置を影領域として検出する（ステップＳ４０９）。

[0103] 次に、影領域検出部１１６は、第１色入力画像と第２色入力画像で対応する位置に存在する全ての画素組合せについて処理を実行したか否かを判定する（ステップＳ４１０）。影領域検出部１１６は、まだ処理を実行していない画素組合せがある場合、処理をステップＳ４０６に戻してステップＳ４０６～Ｓ４１０の処理を繰り返し、全ての画素組合せについて処理を実行した

場合、一連のステップを終了する。

[0104] このように、影領域検出部１１６は、各画素の色成分の差が閾値以下であり且つ各画素が黒色でない画素組合せの位置に対応する各投影入力画像及び非投影入力画像内の位置を影領域として検出する。

[0105] 図１３は、対象物領域検出処理の動作の例を示すフローチャートである。図１３に示す動作のフローは、図５に示すフローチャートのステップＳ１０４において実行される。

[0106] 以下のステップＳ５０１～Ｓ５０６の処理は、第１～第３投影入力画像、非投影入力画像及び第１～第２色入力画像において対応する位置に存在する画素組合せのそれぞれについて実行される。

[0107] 最初に、対象物領域検出部１１７は、影領域検出部１１６により、第１色入力画像及び第２色入力画像内の注目する画素に影が写っていると判定されたか否かを判定する（ステップＳ５０１）。

[0108] 対象物領域検出部１１７は、注目する画素に影が写っていると判定されていた場合、その画素には対象物が写っていないと判定する（ステップＳ５０２）。

[0109] 一方、対象物領域検出部１１７は、注目する画素に影が写っていると判定されていた場合、その画素に対応する投影入力画像内の画素の高さ情報に示される高さが所定値を超えるか否かを判定する（ステップＳ５０３）。所定値は、対象物候補領域を抽出するために用いた所定値と同じ値である。なお、所定値は、対象物候補領域を抽出するために用いた所定値と異なる値でもよい。

[0110] 対象物領域検出部１１７は、その画素の高さ情報に示される高さが所定値を超える場合、その画素には対象物が写っていると判定する（ステップＳ５０４）。

[0111] 一方、その画素の高さ情報に示される高さが所定値以下である場合、色成分抽出部１１５は、その画素に対応する非投影入力画像内の画素の色成分を抽出する。そして、色成分抽出部１１５は、抽出した色成分と、背景の色成

分との差が所定値以上であるか否かを判定する（ステップＳ５０５）。

[0112] 色成分抽出部１１５は、ＲＧＢの各色毎に、抽出した色値と背景の色値の差を算出し、算出した差の総和を色成分の差として算出する。所定値は、例えば、人が画像上の色の違いを目視により判別可能な色の差（例えば２０）に設定される。

[0113] 抽出した色成分と、背景の色成分との差が所定値以上である場合、対象物領域検出部１１７は、その画素には対象物が写っていると判定する（ステップＳ５０４）。

[0114] 一方、抽出した色成分と、背景の色成分との差が所定値未満である場合、対象物領域検出部１１７は、その画素には対象物が写っていないと判定する（ステップＳ５０５）。

[0115] 次に、対象物領域検出部１１７は、全ての画素について処理を実行したか否かを判定する（ステップＳ５０６）。対象物領域検出部１１７は、まだ処理を実行していない画素がある場合、処理をステップＳ５０１に戻してステップＳ５０１～Ｓ５０６の処理を繰り返す。

[0116] 一方、対象物領域検出部１１７は、全ての画素について処理を実行した場合、対象物が写っている領域と写っていない領域を識別するためのマスク画像を生成する（ステップＳ５０７）。対象物領域検出部１１７は、対象物が写っていると判定した画素に対応する画素を有効画素とし、対象物が写っていないと判定した画素に対応する画素を無効画素とした画像をマスク画像として生成する。

[0117] 次に、対象物領域検出部１１７は、マスク画像において、有効画素をラベリングによりグループ化する（ステップＳ５０８）。

[0118] 次に、対象物領域検出部１１７は、各投影入力画像及び非投影入力画像において、マスク画像内の有効画素のグループが存在する位置に対応する位置にある各画素を対象物領域として検出し（ステップＳ５０９）、一連のステップを終了する。

[0119] このように、対象物領域検出部１１７は、各投影入力画像内の各画素の高

さ情報に基づいて、各投影入力画像において対象物領域を検出する。これにより、対象物領域検出部１１７は、図７Ａ～図７Ｄに示したように、背景と類似する色を有する対象物７０１であっても、対象物領域を高精度に検出することができる。

[0120] また、対象物領域検出部１１７は、非投影入力画像内の各画素の色成分及び背景の色成分に基づいて、非投影入力画像において対象物領域を検出する。これにより、対象物領域検出部１１７は、高さの低い平面的な形状を有する対象物であっても、色成分に基づいて、対象物領域を高精度に検出することができる。

[0121] また、対象物領域検出部１１７は、影領域検出部１１６が検出した影領域を含まないように対象物領域を検出する。これにより、対象物領域検出部１１７は、立体的な形状を有する対象物により影が発生した場合でも、切出し画像に影の部分が含まれることを防止できる。また、影領域には、画像投影装置２００から投影される投影画像が投影されないため、画像読取装置１００は、高さ情報を正しく算出することができない。対象物領域検出部１１７は、影領域を含まないように対象物領域を検出することにより、信頼性の低い領域において算出された高さ情報を用いることなく、高精度に対象物領域を検出することができる。

[0122] なお、ステップＳ５０１の処理は省略されてもよい。その場合、対象物領域検出部１１７は、各画素に影が写っているか否かに関わらず、各画素の高さ情報に基づいて対象物領域を検出する。同様に、ステップＳ５０３の処理も省略されてもよい。その場合、対象物領域検出部１１７は、各画素の高さ情報に示される高さが所定値以下である場合、その画素には対象物が写っていないと判定する。また、ステップＳ５０３とステップＳ５０５の処理の順序は逆にしてもよい。その場合、対象物領域検出部１１７は、各画素の色成分と背景の色成分との差が所定値未満であった場合に、その画素の高さ情報に基づいて対象物領域を検出する。これらの場合も、対象物領域検出部１１７は、精度良く対象物を検出することができる。

[0123] また、対象物領域検出部１１７は、各画素について、対象物が写っているらしさを表す対象物度合いを算出し、対象物度合いが所定値以上であるか否かにより、各画素に対象物が写っているか否かを判定してもよい。その場合、対象物領域検出部１１７は、各画素の高さ情報に示される高さが高いほど対象物度合いが高くなり、高さが低いほど対象物度合いが低くなるように、対象物度合いを算出する。さらに、対象物領域検出部１１７は、各画素の色成分と背景の色成分との差が大きいほど対象物度合いが高くなり、その色成分と背景の色成分との差が小さいほど対象物度合いが低くなるように、対象物度合いを算出する。これにより、対象物領域検出部１１７は、より精度良く対象物を検出することができる。

[0124] または、対象物領域検出部１１７は、各画素の高さ情報に基づいてエッジ画像を生成し、エッジ画像に基づいて対象物を検出してもよい。その場合、対象物領域検出部１１７は、投影入力画像内の各画素の高さ情報に示される高さについて、水平又は垂直方向の両隣の画素の高さの差の絶対値（以下、隣接差分値と称する）を算出する。対象物領域検出部１１７は、水平又は垂直方向における隣接差分値が閾値を越える画素をエッジ画素として抽出し、エッジ画素からなる画像をエッジ画像として生成する。対象物領域検出部１１７は、生成したエッジ画像において、各エッジ画素をラベリングによりグループ化し、グループ化されたエッジ画素により囲まれる領域を対象物領域として検出する。これによっても、対象物領域検出部１１７は、精度良く対象物を検出することができる。

[0125] また、対象物領域検出部１１７は、非投影入力画像内の各画素の色成分に基づいて対象物領域を検出するのではなく、投影入力画像内の各画素の色成分に基づいて対象物領域を検出してもよい。その場合、推定背景領域抽出部１１４は、投影入力画像内の各画素の高さ情報に基づいて、投影入力画像から推定背景領域を抽出する。色成分抽出部１１５は、推定背景領域内の画素に基づいて、投影入力画像内の背景の色成分を決定するとともに、投影入力画像内の各画素の色成分を抽出する。そして、対象物領域検出部１１７は、

投影入力画像内の背景の色成分及び各画素の色成分に基づいて、対象物領域を検出する。

[0126] 以上詳述したように、図５、６、９、１１、１３に示したフローチャートに従って動作することによって、画像処理システム１は、対象物が撮像された画像において対象物領域を容易且つ高精度に検出することが可能となった。特に、画像処理システム１は、高さ情報を用いることにより、対象物の全体又は一部の色と背景の色が類似している場合でも、対象物領域を高精度に検出することが可能となった。また、画像処理システム１は、ブルーバックのような特殊な背景設備、バックライトのような特殊な照明設備を用いることなく対象物領域を検出することが可能となった。

符号の説明

[0127] １ 画像処理システム

１００ 画像読取装置

１１１ 投影制御部

１１２ 入力画像取得部

１１３ 高さ情報算出部

１１４ 推定背景領域抽出部

１１５ 色成分抽出部

１１６ 影領域検出部

１１７ 対象物領域検出部

１１８ 切出し部

２００ 画像投影装置

請求の範囲

[請求項1] 対象物に向けて縞模様又は格子模様の投影画像を投影する画像投影装置と、

前記投影画像が投影された対象物を撮像する画像読取装置と、を有し、

前記画像読取装置は、

前記投影画像が投影された対象物を撮像した入力画像を取得する入力画像取得部と、

前記入力画像を用いて、前記入力画像内の各画素の高さ情報を算出する高さ情報算出部と、

前記入力画像内の各画素の高さ情報に基づいて、前記入力画像において対象物が存在する対象物領域を検出する対象物領域検出部と、

を有することを特徴とする画像処理システム。

[請求項2] 前記入力画像取得部は、前記投影画像が投影されていない対象物を撮像した第２入力画像をさらに取得し、

前記画像読取装置は、前記第２入力画像内の各画素の色成分を抽出する色成分抽出部をさらに有し、

前記対象物領域検出部は、さらに前記第２入力画像内の各画素の色成分に基づいて、前記第２入力画像において対象物が存在する第２対象物領域を検出する、請求項１に記載の画像処理システム。

[請求項3] 前記画像読取装置は、前記入力画像内の各画素の高さ情報に基づいて、前記第２入力画像から、背景が写っていると推定される推定背景領域を抽出する推定背景領域抽出部をさらに有し、

前記色成分抽出部は、前記推定背景領域内の画素に基づいて、前記第２入力画像内の背景の色成分を決定し、

前記対象物領域検出部は、前記決定した背景の色成分に基づいて、前記第２対象物領域を検出する、請求項２に記載の画像処理システム。

[請求項4] 前記画像投影装置は、さらに、前記対象物に向けて、第一色の光及び前記第一色と異なる第二色の光を投影し、

前記入力画像取得部は、前記第一色の光が投影された対象物を撮像した第一色入力画像と、前記第二色の光が投影された対象物を撮像した第二色入力画像と、をさらに取得し、

前記画像読取装置は、前記第一色入力画像と前記第二色入力画像で対応する位置に存在する画素組合せのそれぞれについて、各画素の色成分の差が閾値以下であるか否かと、各画素の色成分が黒色であるか否かとを判定し、各画素の色成分の差が閾値以下であり且つ各画素の色成分が黒色でない画素組合せの位置に対応する前記入力画像内の位置を影領域として検出する影領域検出部をさらに有し、

前記対象物領域検出部は、前記影領域検出部が検出した影領域を含まないように前記対象物領域を検出する、請求項３に記載の画像処理システム。

[請求項5] 前記影領域検出部は、前記決定した背景の色成分が黒色である場合、前記影領域を検出しない、請求項４に記載の画像処理システム。

[請求項6] 画像投影装置により縞模様又は格子模様の投影画像が投影された対象物を撮像した入力画像を取得する入力画像取得部と、

前記入力画像を用いて、前記入力画像内の各画素の高さ情報を算出する高さ情報算出部と、

前記入力画像内の各画素の高さ情報に基づいて、前記入力画像において対象物が存在する対象物領域を検出する対象物領域検出部と、

を有することを特徴とする画像読取装置。

[請求項7] 画像投影装置及び画像読取装置を有する画像処理システムにおける領域検出方法であって、

前記画像投影装置が、対象物に向けて縞模様又は格子模様の投影画像を投影し、

前記画像読取装置が、

前記投影画像が投影された対象物を撮像した入力画像を取得し、

前記入力画像を用いて、前記入力画像内の各画素の高さ情報を算出し、

前記入力画像内の各画素の高さ情報に基づいて、前記入力画像において対象物が存在する対象物領域を検出する、

ことを含むことを特徴とする領域検出方法。

[請求項8] 画像投影装置により縞模様又は格子模様の投影画像が投影された対象物を撮像した入力画像を取得し、

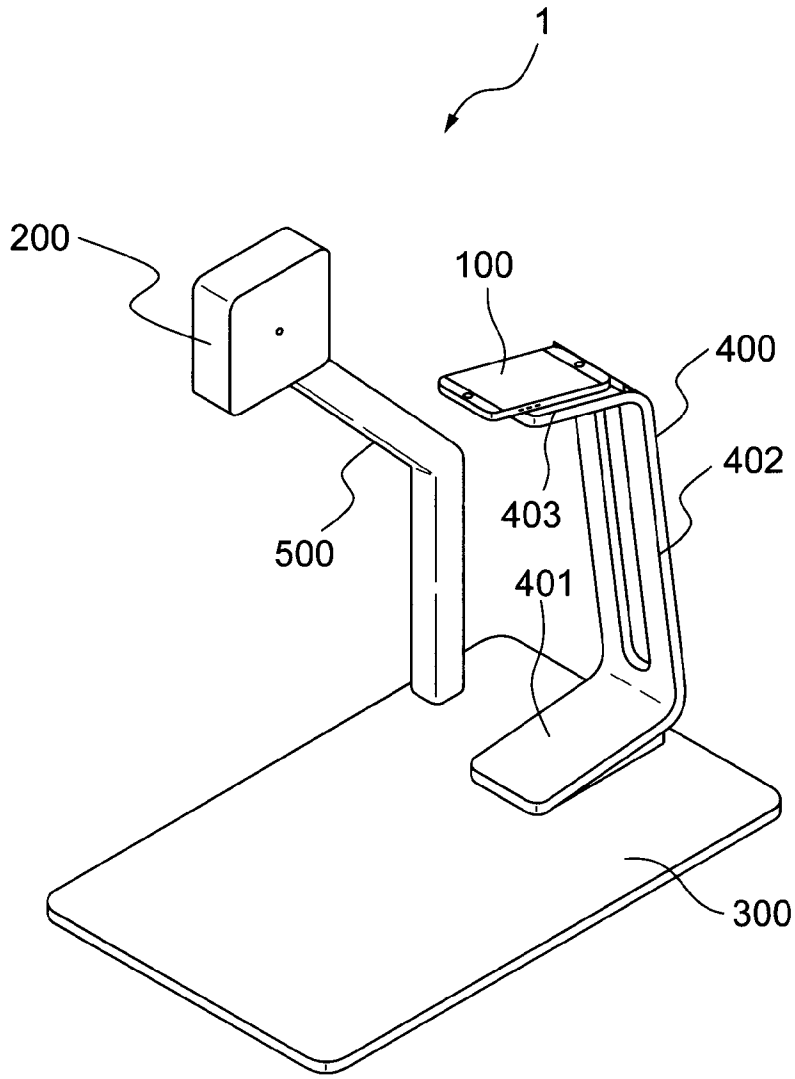
前記入力画像を用いて、前記入力画像内の各画素の高さ情報を算出し、

前記入力画像内の各画素の高さ情報に基づいて、前記入力画像において対象物が存在する対象物領域を検出する、

ことをコンピュータに実行させることを特徴とするコンピュータプログラム。

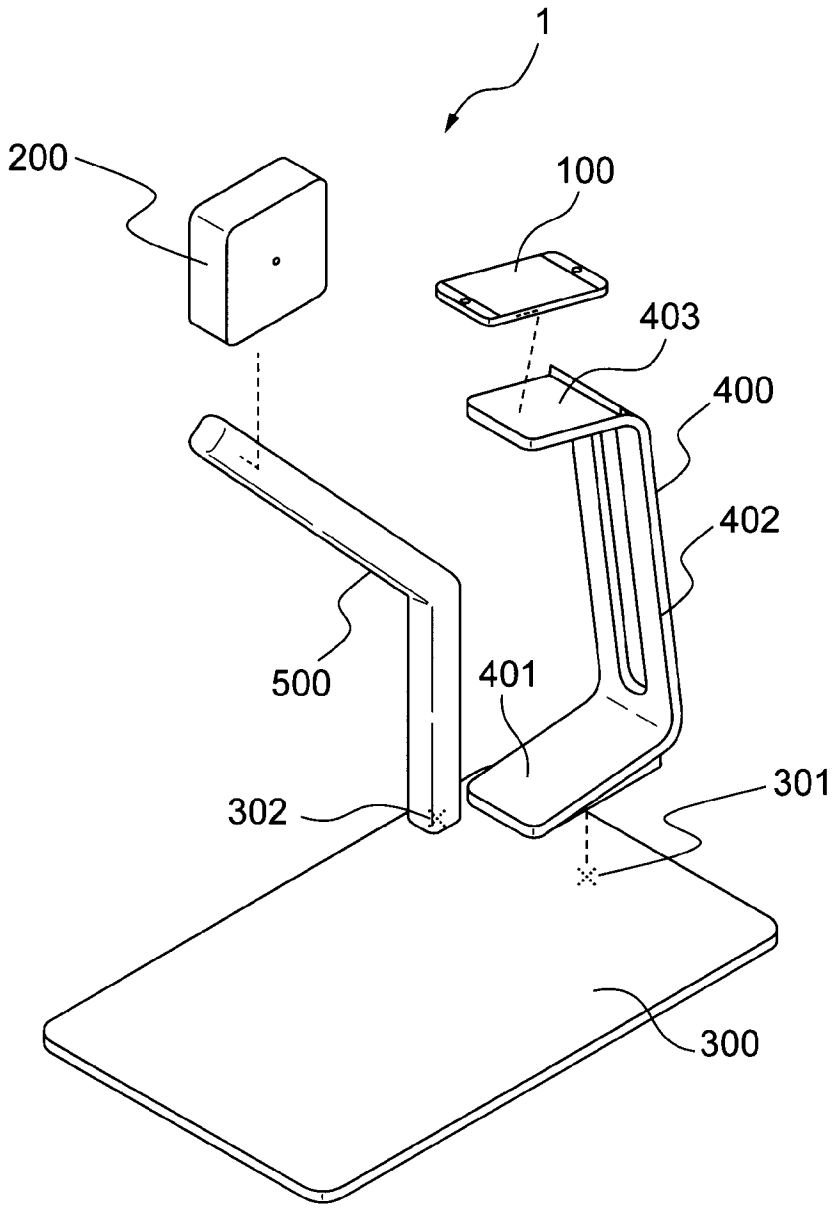
[図1A]

図1A



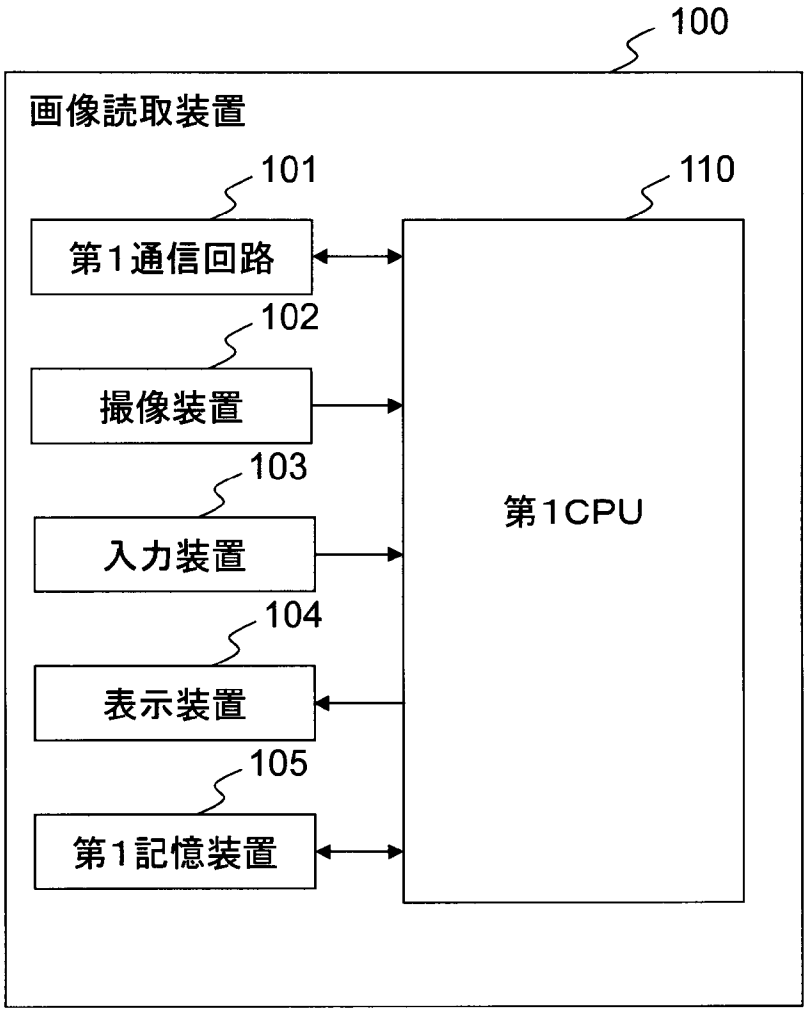
[図1B]

図1B



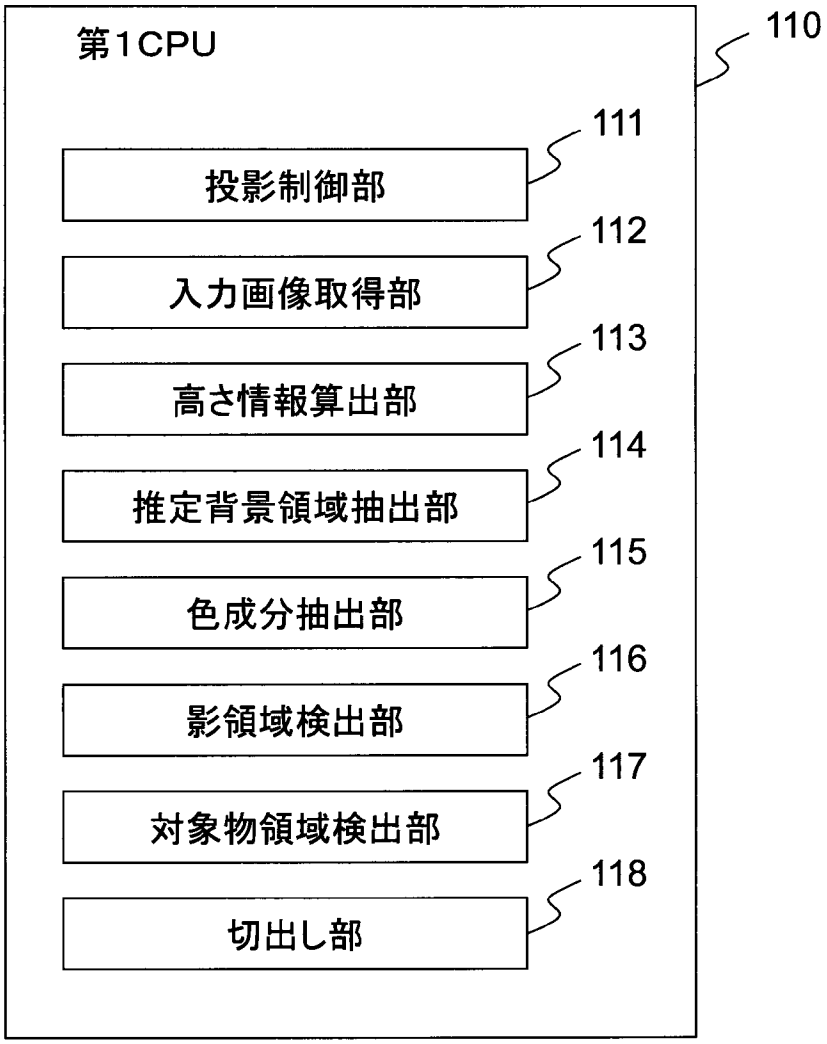
[図2]

図2


100
画像読取装置
101
第1通信回路
102
撮像装置
103
入力装置
104
表示装置
105
第1記憶装置
110
第1CPU

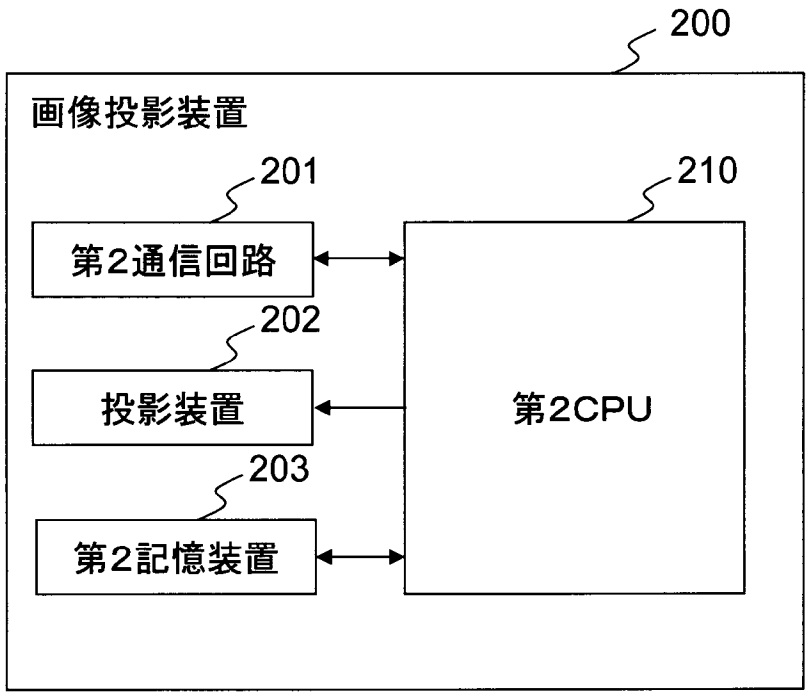
[図3]

図3


第1CPU
110
111
投影制御部
112
入力画像取得部
113
高さ情報算出部
114
推定背景領域抽出部
115
色成分抽出部
116
影領域検出部
117
対象物領域検出部
118
切出し部

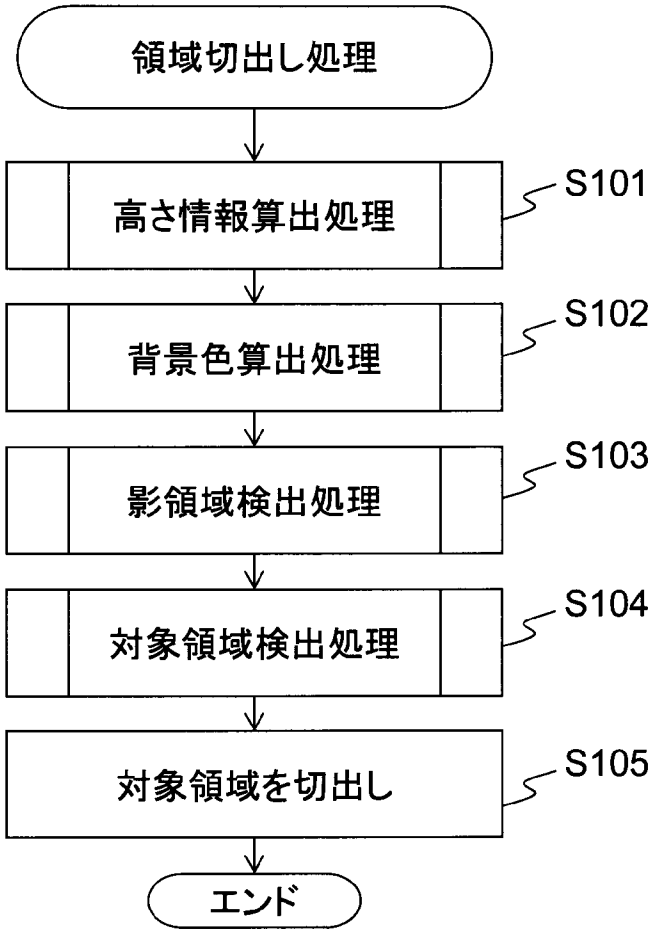
[図4]

図4



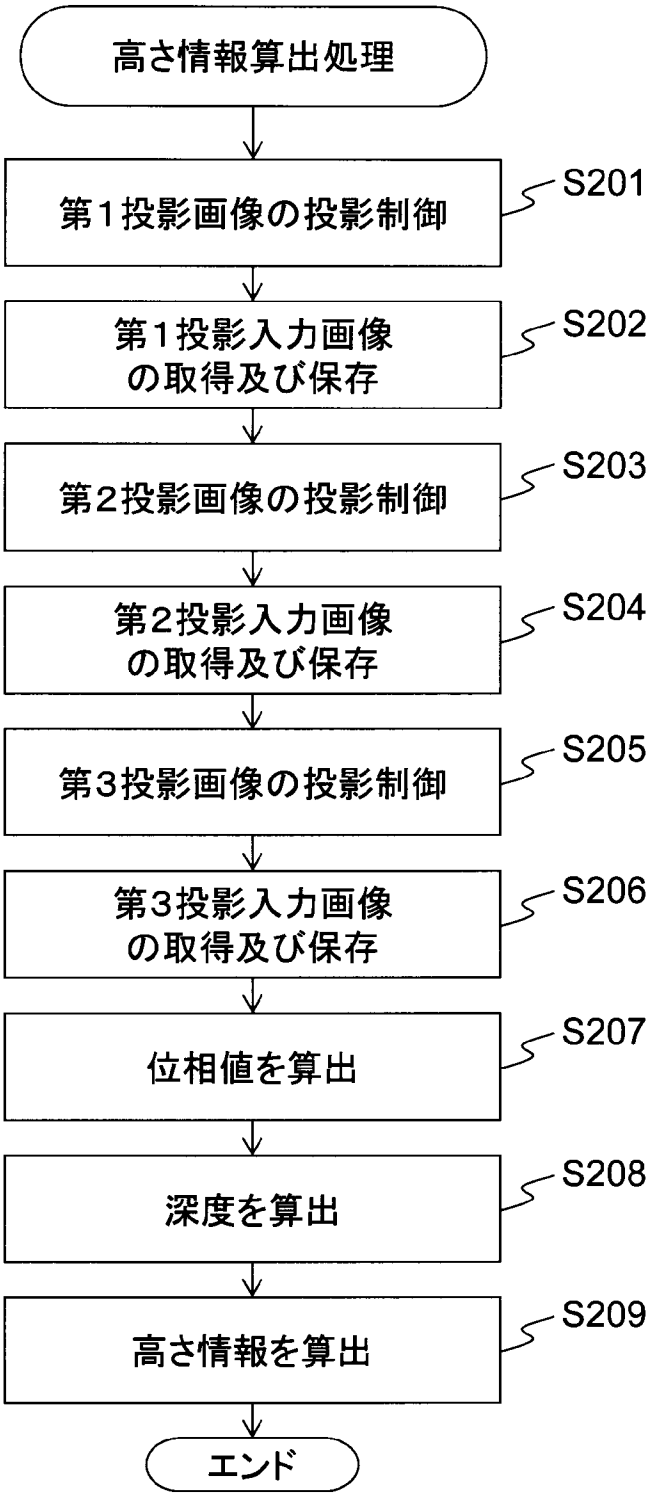
[図5]

図5


領域切出し処理
高さ情報算出処理
S101
背景色算出処理
S102
影領域検出処理
S103
対象領域検出処理
S104
対象領域を切出し
S105
エンド

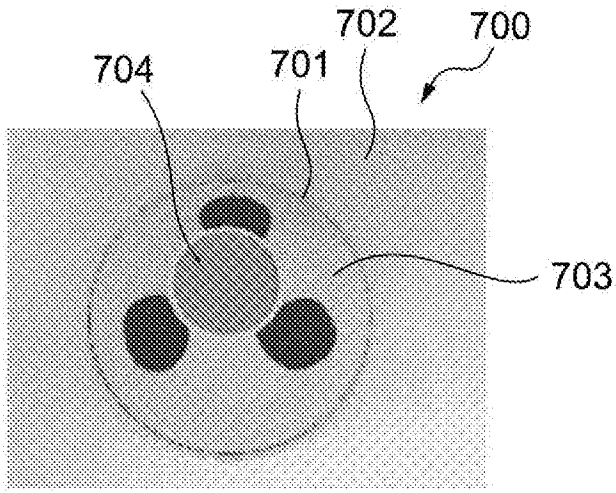
[図6]

図6


高さ情報算出処理
第１投影画像の投影制御
S201
第１投影入力画像
の取得及び保存
S202
第２投影画像の投影制御
S203
第２投影入力画像
の取得及び保存
S204
第３投影画像の投影制御
S205
第３投影入力画像
の取得及び保存
S206
位相値を算出
S207
深度を算出
S208
高さ情報を算出
S209
エンド

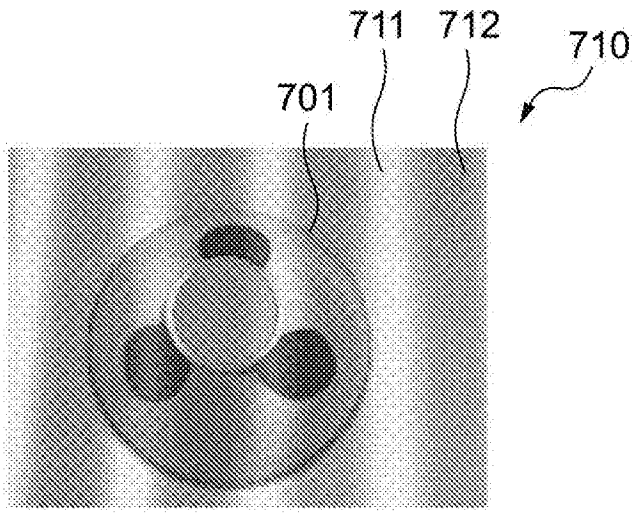
[図7A]

図7A



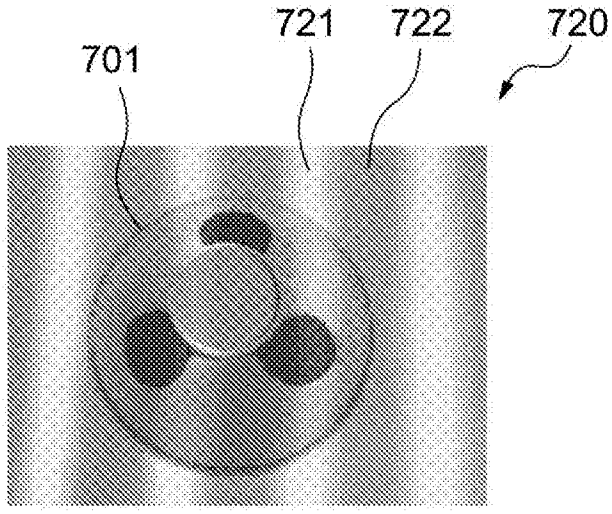
[図7B]

図7B



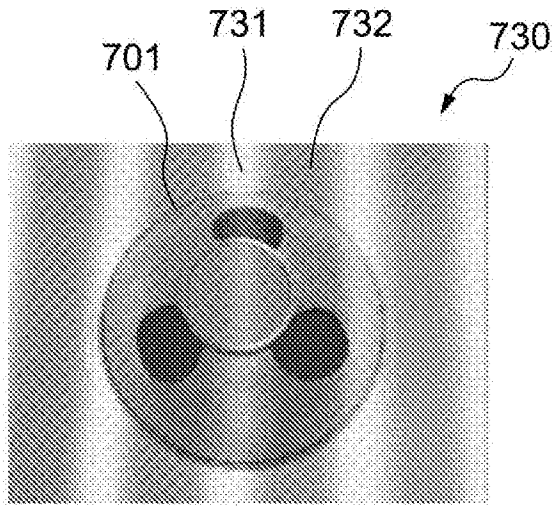
[図7C]

図7C



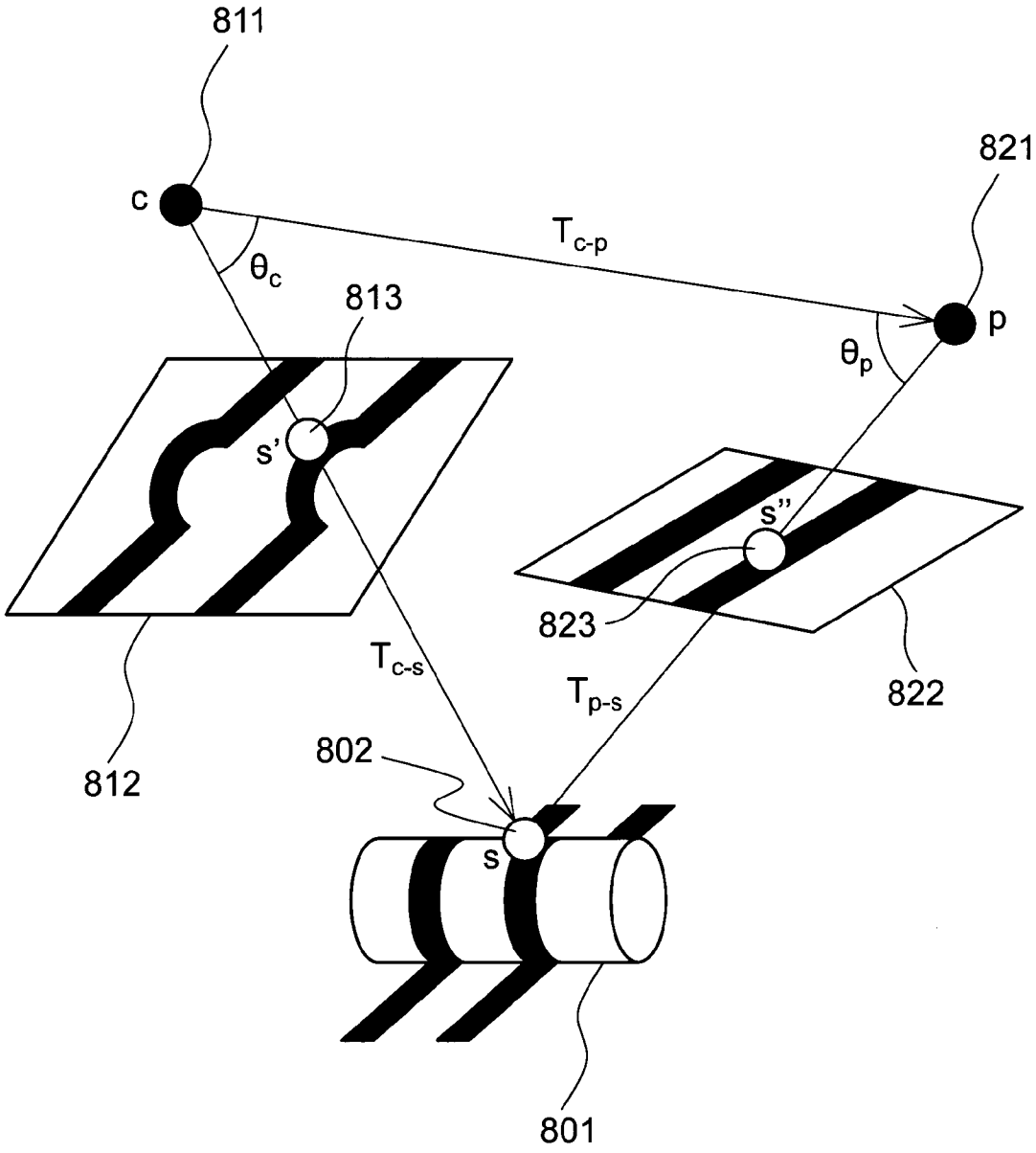
[図7D]

図7D



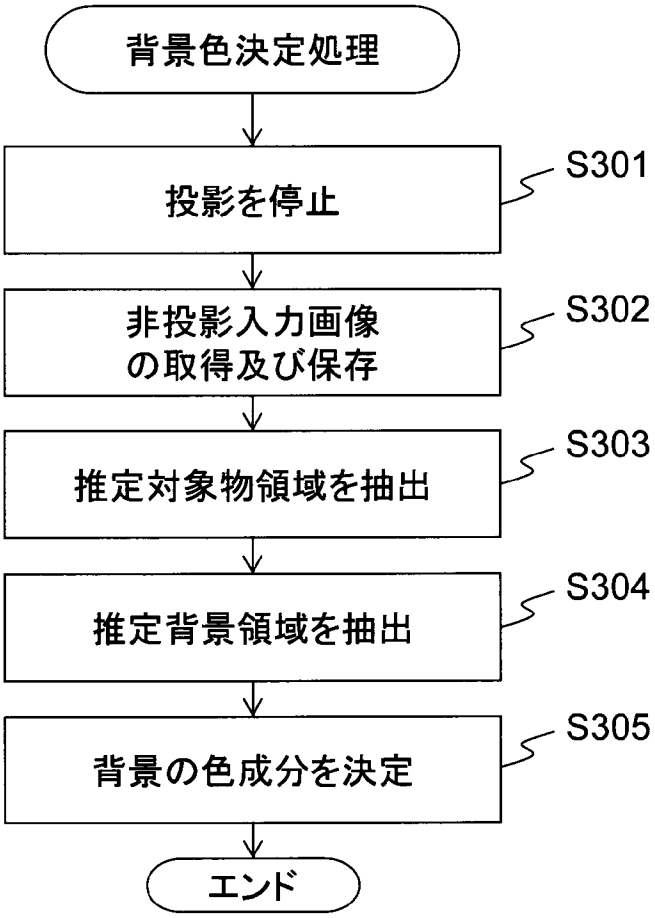
[図8]

図8


811
821
c
T_{c-p}
θ_c
813
p
θ_p
s'
s''
823
T_{c-s}
T_{p-s}
822
812
802
s
801

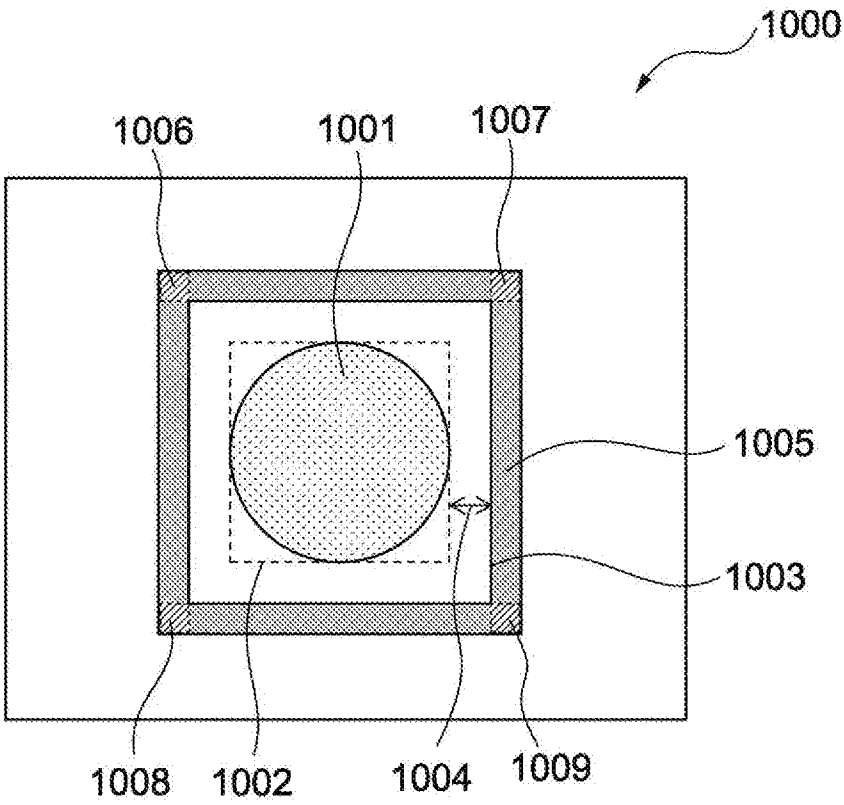
[図9]

図9


背景色決定処理
投影を停止
S301
非投影入力画像
の取得及び保存
S302
推定対象物領域を抽出
S303
推定背景領域を抽出
S304
背景の色成分を決定
S305
エンド

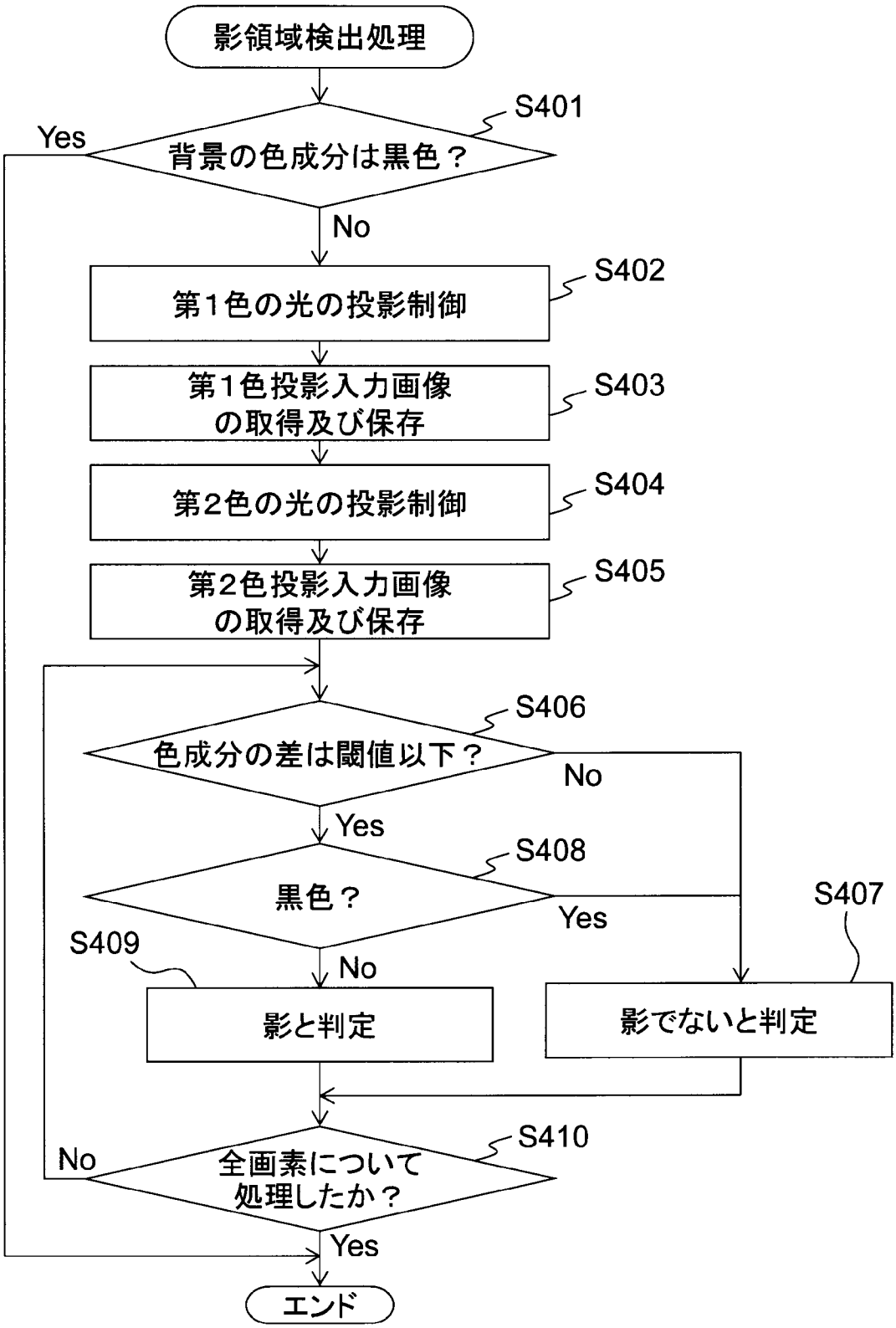
[図10]

図10



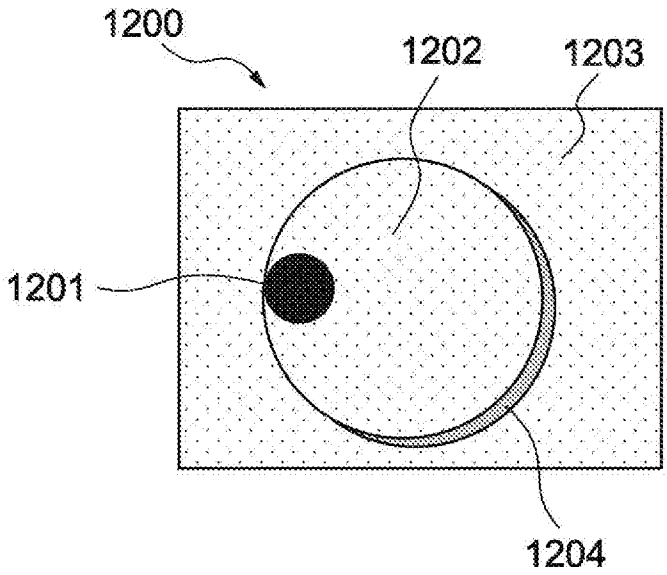
[図11]

図11


影領域検出処理
S401
背景の色成分は黒色？
Yes
No
S402
第1色の光の投影制御
S403
第1色投影入力画像の取得及び保存
S404
第2色の光の投影制御
S405
第2色投影入力画像の取得及び保存
S406
色成分の差は閾値以下？
No
Yes
S408
黒色？
Yes
S407
S409
No
影と判定
影でないと判定
S410
No
全画素について処理したか？
Yes
エンド

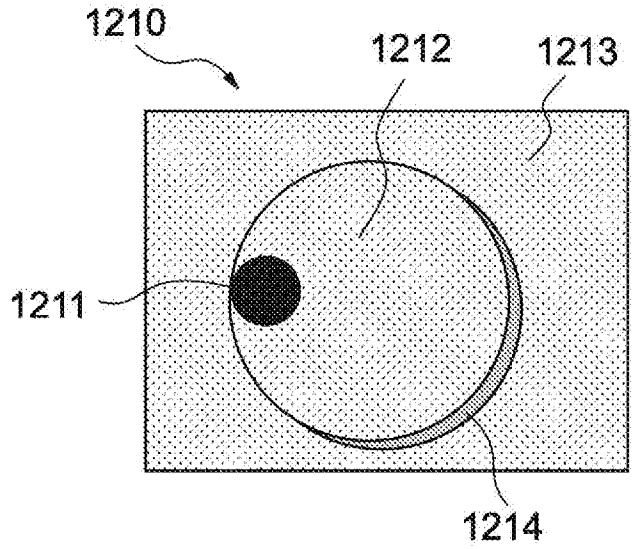
[図12A]

図12A



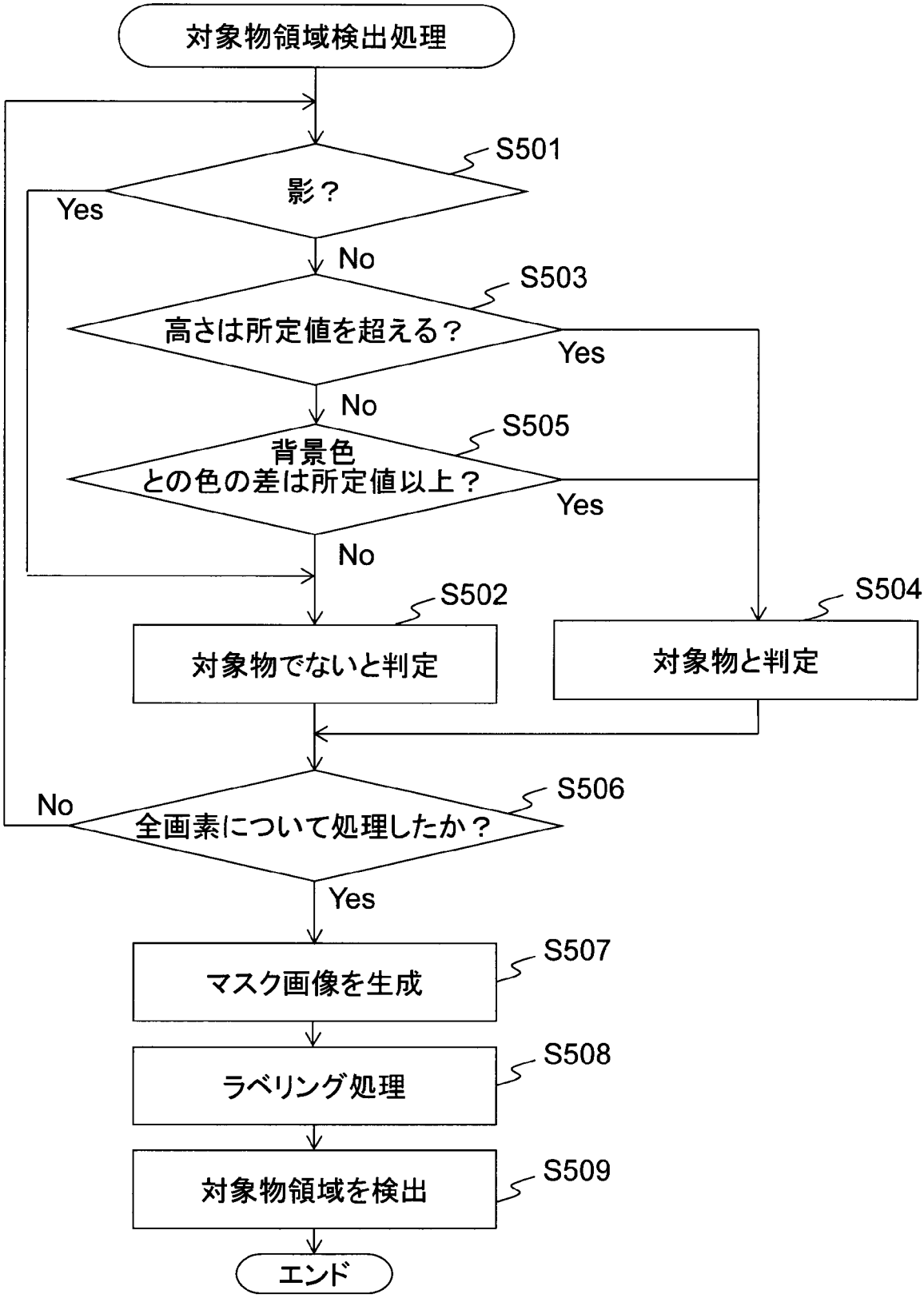
[図12B]

図12B



[図13]

図13


対象物領域検出処理
S501
影？
Yes
No
S503
高さは所定値を超える？
Yes
No
S505
背景色
との色の差は所定値以上？
Yes
No
S502
対象物でないと判定
S504
対象物と判定
S506
No
全画素について処理したか？
Yes
S507
マスク画像を生成
S508
ラベリング処理
S509
対象物領域を検出
エンド

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/066778

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G06T7/00(2006.01)i, *G01B11/25*(2006.01)i, *H04N1/10*(2006.01)i, *H04N1/107*(2006.01)i, *H04N5/222*(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)
G06T7/00, G01B11/25, H04N1/10, H04N1/107, H04N5/222

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 A	JP 10-54709 A (Techno-Holon Corp.), 24 February 1998 (24.02.1998), paragraphs [0009], [0024]; fig. 1 to 3, 9 (Family: none)	1,6-8 2-5
Y A	WO 2008/149923 A1 (The University of Electro-Communications), 11 December 2008 (11.12.2008), paragraphs [0046] to [0049] & JP 2009-14712 A & EP 2161695 A1	1,6-8 2-5
A	JP 2013-145441 A (Brain Co., Ltd.), 25 July 2013 (25.07.2013), paragraphs [0020] to [0032] & US 2013/0182106 A1	1-8

☐ 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
30 July 2015 (30.07.15)	25 August 2015 (25.08.15)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０６６７７８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G06T7/00(2006.01)i, G01B11/25(2006.01)i, H04N1/10(2006.01)i, H04N1/107(2006.01)i, H04N5/222(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.　G06T7/00, G01B11/25, H04N1/10, H04N1/107, H04N5/222

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	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５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 A	JP 10-54709 A（株式会社テクノホロン）1998.02.24, 段落［０００９］,［００２４］,［図１］－［図３］,［図９］ （ファミリーなし）	1,6-8 2-5
Y A	WO 2008/149923 A1（国立大学法人電気通信大学） 2008.12.11, 段落［００４６］－［００４９］ & JP 2009-14712 A & EP 2161695 A1	1,6-8 2-5

☑　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	国際調査報告の発送日
３０．０７．２０１５	２５．０８．２０１５

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）　５Ｈ　５５８１
新井　則和
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５３１

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
A	JP 2013-145441 A (株式会社ブレイン) 2013.07.25, 段落［００２０］－［００３２］ & US 2013/0182106 A1	1-8