

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-15706  
(P2019-15706A)

(43) 公開日 平成31年1月31日(2019.1.31)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
GO 1 B	11/24	(2006.01)	GO 1 B	11/24	K	2 F 0 6 5	
GO 1 B	11/25	(2006.01)	GO 1 B	11/25	H	2 F 1 1 2	
GO 1 B	11/00	(2006.01)	GO 1 B	11/00	H	5 J 0 8 4	
GO 1 S	17/89	(2006.01)	GO 1 S	17/89			
GO 1 C	3/06	(2006.01)	GO 1 C	3/06	1 2 0 Q		
			審査請求 未請求			請求項の数 12 O L (全 32 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2017-135381 (P2017-135381)  
(22) 出願日 平成29年7月11日 (2017.7.11)

(71) 出願人 316005926  
ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社  
神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号  
(74) 代理人 100095957  
弁理士 亀谷 美明  
(74) 代理人 100096389  
弁理士 金本 哲男  
(74) 代理人 100101557  
弁理士 萩原 康司  
(74) 代理人 100128587  
弁理士 松本 一騎

最終頁に続く

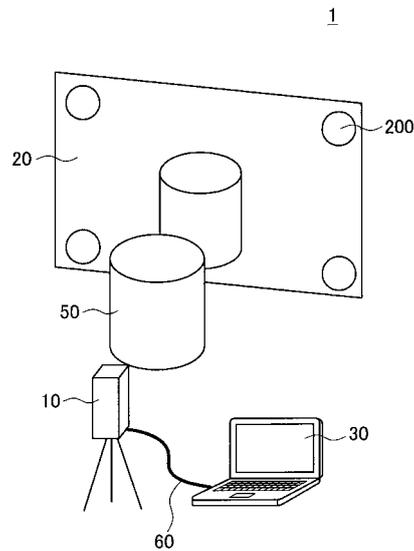
(54) 【発明の名称】 撮像装置及びモニタリング装置

(57) 【要約】

【課題】 1 台の測距カメラで直接的に測定することが難しい対象物の領域に対して正確に距離及び形状を測定することが可能な、撮像装置及びモニタリング装置を提供する。

【解決手段】 対象物に対して光を照射して、前記対象物によって反射された前記光を検知するセンサ部と、前記センサ部のセンシングデータに基づいて、前記対象物までの距離を算出する距離算出部と、前記対象物を挟んで、前記センサ部の反対側に位置する鏡面反射体と、前記センサ部から前記対象物に向かう第 1 の経路をたどった前記光と、前記センサ部から前記鏡面反射体で反射して前記対象物に向かう第 2 の経路をたどった前記光との干渉に起因する、算出された前記距離に含まれる誤差を補正する補正部と、を備える、撮像装置を提供する。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

対象物に対して光を照射して、前記対象物によって反射された前記光を検知するセンサ部と、

前記センサ部のセンシングデータに基づいて、前記対象物までの距離を算出する距離算出部と、

前記対象物を挟んで、前記センサ部の反対側に位置する鏡面反射体と、

前記センサ部から前記対象物に向かう第 1 の経路をたどった前記光と、前記センサ部から前記鏡面反射体で反射して前記対象物に向かう第 2 の経路をたどった前記光との干渉に起因する、算出された前記距離に含まれる誤差を補正する補正部と、

を備える、

撮像装置。

10

**【請求項 2】**

前記センサ部と前記鏡面反射体との間の距離を固定する固定部材をさらに備える、請求項 1 に記載の撮像装置。

**【請求項 3】**

対象物に対して光を照射して、前記対象物によって反射された前記光を検知するセンサ部と、

前記センサ部のセンシングデータに基づいて、前記対象物までの距離を算出する距離算出部と、

前記センサ部から前記対象物に向かう第 1 の経路をたどった前記光と、前記センサ部から、前記対象物を挟んで前記センサ部の反対側に位置する鏡面反射体で反射して前記対象物に向かう第 2 の経路をたどった前記光との干渉に起因する、算出された前記距離に含まれる誤差を補正する補正部と、

を備える、

撮像装置。

20

**【請求項 4】**

前記センサ部は、

前記光を照射する照射部と、

反射された前記光を受光する受光部と、

照射した前記光と受光した前記光と位相差を算出する位相差算出部と、

を有し、

前記距離算出部は、前記位相差に基づいて前記距離を算出する、

請求項 1 に記載の撮像装置。

30

**【請求項 5】**

前記補正部は、前記センサ部の前記センシングデータと、前記干渉によって生じると推定される推定値とを比較することにより、前記誤差を補正する、請求項 1 に記載の撮像装置。

**【請求項 6】**

前記干渉による前記誤差の発生の有無を判定する判定部をさらに備える、請求項 1 に記載の撮像装置。

40

**【請求項 7】**

前記判定部は、前記補正が施された前記対象物の実像と、前記補正が施された、前記対象物の前記鏡面反射体に投影された鏡像との一致の有無により、前記誤差の発生の有無を判定する、請求項 6 に記載の撮像装置。

**【請求項 8】**

前記対象物のカラー画像を取得するカラーセンサ部をさらに備え、

前記判定部は、前記対象物の前記実像のカラー画像と前記鏡像のカラー画像とを比較することにより、前記誤差の有無を判定する、請求項 7 に記載の撮像装置。

**【請求項 9】**

50

前記鏡面反射体には、非光沢表面を持つマーカが設けられている、請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 10】

前記マーカは、互いに離間して設けられる 3 つ以上のマーカ部からなる、請求項 9 に記載の撮像装置。

【請求項 11】

前記鏡面反射体までの距離を測定する鏡面反射体センサ部をさらに備える、請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 12】

対象物に対して光を照射して、前記対象物によって反射された前記光を検知するセンサ部と、

前記センサ部のセンシングデータに基づいて、前記対象物までの距離を算出する距離算出部と、

前記センサ部から前記対象物に向かう第 1 の経路をたどった前記光と、前記センサ部から、前記対象物を挟んで前記センサ部の反対側に位置する鏡面反射体で反射して前記対象物に向かう第 2 の経路をたどった前記光との干渉に起因する、算出された前記距離に含まれる誤差を補正する補正部と、

を有する撮像装置が搭載されたモニタリング装置。

10

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本開示は、撮像装置及びモニタリング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

対象物に対して赤外光等を出射して、当該対象物で反射された赤外光を受光することにより、対象物の距離や表面形状を測定する測距カメラが知られている。このような測距カメラとしては、例えば、下記特許文献 1 に開示の技術が挙げられる。

【0003】

ところで、上記測距カメラにより対象物を測定しようとする際、1 台の測距カメラによって測定できない領域、具体的には、対象物自身による遮断によって直接的に測定できない背面等が存在する場合がある。このような場合、1 台の測距カメラと鏡面反射体とを組み合わせて用いて、対象物の背面等を測定することが考えられる。このような方法としては、例えば、下記特許文献 2 に開示の技術を挙げることができる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2012 - 57960 号公報

【特許文献 2】特表 2012 - 509470 号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、鏡面反射体を用いて測定を行う場合には、2 つの経路の光が存在する。1 つ目の経路の光は、測距カメラから対象物に到達し、当該対象物で直接反射されて測距カメラに戻る光である。一方、2 つ目の経路の光は、測距カメラから鏡面反射体に到達し、鏡面反射体で反射されて対象物に到達し、さらに同じ経路で鏡面反射体を介して当該対象物から測距カメラに戻る光である。そして、対象物の形状によっては、これら異なる 2 つの経路の光が対象物の同一点（面）上で干渉する場合があります（このような現象をマルチパスによる干渉と呼ぶ）、このような場合、干渉光を受光することにより、測距カメラが正しく対象物の距離及び形状を測定することができない場合がある。しかしながら、上記特許

50

文献 2 に開示の技術においては、上述のようなマルチパスによる干渉を考慮して測定するものではないことから、正確に対象物の距離及び形状を測定することが難しい。

【 0 0 0 6 】

そこで、本開示では、上記事情を鑑みて、1台の測距カメラで直接的に測定することが難しい対象物の領域に対して正確に距離及び形状を測定することが可能な、新規且つ改良された撮像装置及びモニタリング装置を提案する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本開示によれば、対象物に対して光を照射して、前記対象物によって反射された前記光を検知するセンサ部と、前記センサ部のセンシングデータに基づいて、前記対象物までの距離を算出する距離算出部と、前記対象物を挟んで、前記センサ部の反対側に位置する鏡面反射体と、前記センサ部から前記対象物に向かう第1の経路をたどった前記光と、前記センサ部から前記鏡面反射体で反射して前記対象物に向かう第2の経路をたどった前記光との干渉に起因する、算出された前記距離に含まれる誤差を補正する補正部と、を備える、撮像装置が提供される。

10

【 0 0 0 8 】

また、本開示によれば、対象物に対して光を照射して、前記対象物によって反射された前記光を検知するセンサ部と、前記センサ部のセンシングデータに基づいて、前記対象物までの距離を算出する距離算出部と、前記センサ部から前記対象物に向かう第1の経路をたどった前記光と、前記センサ部から、前記対象物を挟んで前記センサ部の反対側に位置する鏡面反射体で反射して前記対象物に向かう第2の経路をたどった前記光との干渉に起因する、算出された前記距離に含まれる誤差を補正する補正部と、を備える、撮像装置が提供される。

20

【 0 0 0 9 】

さらに、本開示によれば、対象物に対して光を照射して、前記対象物によって反射された前記光を検知するセンサ部と、前記センサ部のセンシングデータに基づいて、前記対象物までの距離を算出する距離算出部と、前記センサ部から前記対象物に向かう第1の経路をたどった前記光と、前記センサ部から、前記対象物を挟んで前記センサ部の反対側に位置する鏡面反射体で反射して前記対象物に向かう第2の経路をたどった前記光との干渉に起因する、算出された前記距離に含まれる誤差を補正する補正部と、を有する撮像装置が搭載されたモニタリング装置が提供される。

30

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

以上説明したように本開示によれば、1台の測距カメラで直接的に測定することが難しい対象物の領域に対して正確に距離及び形状を測定することが可能な、撮像装置及びモニタリング装置を提供することができる。

【 0 0 1 1 】

なお、上記の効果は必ずしも限定的なものではなく、上記の効果とともに、または上記の効果に代えて、本明細書に示されたいずれかの効果、または本明細書から把握され得る他の効果が奏されてもよい。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】本開示の実施形態に係る測距システム 1 の構成例を示す図である。

【図 2】同実施形態に係る鏡面反射体 20 を用いた対象物 50 に対する測定を説明する説明図 (その 1) である。

【図 3】同実施形態に係る鏡面反射体 20 を用いた対象物 50 に対する測定を説明する説明図 (その 2) である。

【図 4】同実施形態に係る鏡面反射体 20 を用いた対象物 50 に対する測定を説明する説明図 (その 3) である。

【図 5】同実施形態に係る鏡面反射体 20 を用いた対象物 50 に対する測定を説明する説

50

明図（その４）である。

【図６】同実施形態に係る測距カメラ１０の構成を示すブロック図である。

【図７】同実施形態に係る処理装置３０の構成を示すブロック図である。

【図８】同実施形態に係る測定方法の一例を説明するフローチャート図である。

【図９】同実施形態に係る鏡面反射体２０の測定方法の一例を説明する説明図である。

【図１０】同実施形態に係る補正方法の一例を説明する説明図である。

【図１１】同実施形態の適用例１を説明する説明図である。

【図１２】同実施形態の適用例２を説明する説明図である。

【図１３】同実施形態の適用例３を説明する説明図である。

【図１４】同実施形態の適用例４を説明する説明図である。

10

【図１５】同実施形態に係る処理装置９００のハードウェア構成の一例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【００１３】

以下に添付図面を参照しながら、本開示の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【００１４】

なお、説明は以下の順序で行うものとする。

- １． 本開示の実施形態に係る測距システム１の概要
- ２． 本発明者らが本開示に係る実施形態を創作するに至る背景
- ３． 本開示の実施形態に係る測距システム１に含まれる各装置の詳細
  - ３．１ 測距カメラ１０の詳細構成
  - ３．２ 処理装置３０の詳細構成
- ４． 本開示の実施形態に係る測定方法
  - ４．１ 鏡面反射体の測定
  - ４．２ マルチパスの干渉による誤差の補正
  - ４．３ マルチパスの発生有無の判定
- ５． 本開示の実施形態の適用例
  - ５．１ 適用例１
  - ５．２ 適用例２
  - ５．３ 適用例３
  - ５．４ 適用例４
- ６． まとめ
- ７． ハードウェア構成について
- ８． 補足

20

30

【００１５】

<< １． 本開示の実施形態に係る測距システム１の概要 >>

まずは、本開示の実施形態に係る測距システム（撮像装置）１の概要について、図１を参照して説明する。図１は、本実施形態に係る測距システム１の構成例を示す図である。図１に示すように、本実施形態に係る測距システム１は、測距カメラ１０と、鏡面反射体２０と、処理装置３０とを含む。また、図１においては、測距の対象となる対象物５０が示されており、測距カメラ１０と鏡面反射体２０とは、対象物５０を挟んで向かい合うように配置されている。言い換えると、鏡面反射体２０は、対象物５０を挟んで測距カメラ１０と反対側に位置する。本開示の実施形態に係る測距システム１は、測距カメラ１０が一台であっても、鏡面反射体２０を利用することで、例えば、測距カメラ１０から見て背面にあたる対象物５０の面を測距カメラ１０で捉えることができる。なお、図１においては、鏡面反射体２０は、平面的な形状をもち、鏡面反射体２０の鏡面が床面と直交するように設置されているものとする。以下に、測距システム１に含まれる各装置の概要について説明する。

40

50

## 【 0 0 1 6 】

## ( 測 距 カ メ ラ 1 0 )

本実施形態に係る測距カメラ10は、赤外光等を用いて対象物50の距離及び形状(深さ)を測定する距離測定装置である。詳細には、例えば、測距カメラ10は、対象物50に照射光を出射し、対象物50で反射された反射光を受光し、照射光と反射光との位相差を検出することで、対象物50の距離及び形状を測定する。このような距離の測定方法は、インダイレクトTOF(Time Of Flight)方式と呼ばれている。当該方法は、例えば、室内等の3m程度までの距離にある対象物50を測定する際に好適である。

## 【 0 0 1 7 】

また、本実施形態においては、測距カメラ10は、照射光を出射した時点から、当該照射光が対象物50で反射されて反射光として受光されるまでの光の往復時間を検出することで、対象物50の距離及び形状を測定してもよい。このような距離の測定方法は、ダイレクトTOF方式と呼ばれている。当該方法は、例えば、野外等の5m程度までの距離にある対象物50を測定する際に好適である。また、測距カメラ10は、ストラクチャードライト(structured light)法により、対象物50までの距離(奥行き)を測定する装置であってもよい。ストラクチャードライト法は、対象物50の表面に所定のパターンを持つ光を投影し、投影された光のパターンの変形を解析することにより、対象物50までの距離を推定する方法である。

## 【 0 0 1 8 】

なお、以下の説明においては、測距カメラ10は、インダイレクトTOF方式に対応した測距カメラであるものとして説明する。さらに、測距カメラ10には、対象物50を撮像する撮像部120(図6参照)等が設けられているものとする。また、測距カメラ10の詳細構成については後述する。

## 【 0 0 1 9 】

## ( 鏡 面 反 射 体 2 0 )

鏡面反射体20は、光を鏡面反射させる面を持ち、例えば、銀やアルミニウム等の金属や金属膜等からなる面を持つ。また、上述した測距カメラ10から照射される光が赤外線である場合には、鏡面反射体20は、赤外線を反射するフィルムであってもよい。

## 【 0 0 2 0 】

図1に示すように、鏡面反射体20は、対象物50を挟んで、測距カメラ10と向かい合うように設置される。なお、本実施形態においては、鏡面反射体20の鏡面と測距カメラ10との間の距離や、鏡面反射体20の姿勢は、対象物50の距離を測定する前に既知である、もしくは測定されているものとする。また、本実施形態においては、例えば、鏡面反射体20を既知の距離に固定するために、測距カメラ10と鏡面反射体20の間を固定する固定部材806(図11参照)が設けられていてもよい。さらに、本実施形態においては、鏡面反射体20の距離及び姿勢を測定するために、その鏡面にマーカ200が設けられていてもよい。なお、固定部材806やマーカ200の詳細については後述する。

## 【 0 0 2 1 】

また、測定を行う空間の壁面840(図13参照)に、鏡面反射体20として予め鏡等が設置されている場合には、鏡面反射体20は、本実施形態に係る測距システム1に含まれていなくてもよい。

## 【 0 0 2 2 】

## ( 処 理 装 置 3 0 )

処理装置30は、測距カメラ10によって検出された位相差に基づいて、対象物50の距離及び形状を算出する装置である。処理装置30は、例えば、PC(Personal Computer)、タブレットPC、PDA(Personal Digital Assistant)等のような端末であり、本実施形態を実施するためのアプリケーションが実装されている。図1に示されているように、処理装置30は、測距カメラ10か

10

20

30

40

50

らのセンシングデータを受け取るために、通信ケーブル60によって測距カメラ10と接続されている。なお、本実施形態においては、図1に示されるような有線で処理装置30と測距カメラ10とが接続されていることに限定されるものではなく、無線通信を介して接続されていてもよい。

#### 【0023】

また、本実施形態においては、処理装置30での処理は測距カメラ10で行われてもよく、すなわち、測距カメラ10がスタンドアロンで処理を行ってもよい。また、本実施形態に係る処理装置30は、例えばクラウドコンピューティング等のようなネットワークへの接続を前提とした、複数の装置からなるシステムであってもよい。

#### 【0024】

<<2. 本発明者らが本開示に係る実施形態を創作するに至る背景>>

次に、本開示に係る実施形態の詳細を説明する前に、本発明者らが本開示に係る実施形態を創作するに至る背景について、図2から図5を参照して説明する。図2から図5は、本実施形態に係る鏡面反射体20を用いた対象物50に対する測定を説明する説明図である。

#### 【0025】

例えば、測距カメラ10により測定したい対象物50において、1台の測距カメラ10によって測定できない領域(例えば、対象物50の背面)が存在した場合には、複数の測距カメラ10が必要となる。例えば、このように複数の測距カメラ10を用いて対象物50の背面等を測定する方法が上記特許文献1に開示されている。当該方法によれば、複数の測距カメラ10が必要となることから、測距システム1の構築のためのコストの増加を抑えることが難しい。また、複数の測距カメラ10によって得られた距離情報を含む画像を合成して3次元画像を得る場合には、各測距カメラ10で取得した点群情報を適切に位置合わせする必要があることから、複数の測距カメラ10で測定する領域の一部が互いに重なっていることが求められる。その結果、上記特許文献1に開示の技術においては、測距カメラ10の設置位置に制約があることから、自由に移動する対象物50に追従して測定することは容易ではない。また、上記特許文献1に開示の技術では、複数の測距カメラ10の間での干渉をさけるため、これら測距カメラ10の間で同期をとる必要もある。

#### 【0026】

上記コストの増加を抑えるために、1台の測距カメラ10が対象物50の周囲を回るように移動して測定する、もしくは、対象物50自身を回転させて測定することが考えられる。このような場合、測定に時間がかかり、さらには、対象物50が時間とともに動的に変化する場合(例えば、対象物50が時間とともに形状変化する場合)には対応できない。

#### 【0027】

また、1台の測距カメラ10と鏡面反射体20とを組み合わせる用いて、測距カメラ10によって測定できない領域を測定することが考えられる。このような方法としては、上記特許文献2に開示の技術を挙げることができる。詳細には、図1を側面側から見た図2に示すように、鏡面反射体20は、床面に対して垂直になるように設置されており、測距カメラ10と鏡面反射体20との間には、対象物50が設置されている。この際、測距カメラ10の光軸は、図中の右方向へ向いている。そして、測距カメラ10は、対象物50に向けて光を照射する。照射された光の一部は、対象物50の前面50a(図中の左側面)に到達し、前面50aで反射されて測距カメラ10によって受光される。なお、以下の説明においては、このような光の経路を第1の経路500と呼ぶ。一方、照射された光の他の一部は、鏡面反射体20に到達して、鏡面反射体20で反射して対象物50の背面50b(図中の右側面)に到達する。さらに、当該光は、対象物50の背面50bで反射された後、再び鏡面反射体20へ到達し、そこで反射されて測距カメラ10によって受光される。なお、以下の説明においては、このような光の経路を第2の経路502と呼ぶ。このような第2の経路は、光が鏡面反射していることから、一意に定まることとなる。

#### 【0028】

10

20

30

40

50

従って、測距カメラ 10 は、対象物 50 の背面 50 b の距離を測定する場合には、測距カメラ 10 から鏡面反射体 20 までの距離ではなく、測距カメラ 10 から鏡面反射体 20 で反射して対象物 50 に届くまでの距離を測定することとなる。

#### 【0029】

そして、第 2 の経路の光によって測定される対象物 50 の背面 50 b の像は、測距カメラ 10 によって、図 3 に示すように鏡面反射体 20 の向こう側に存在するように観測される。なお、以下の説明においては、鏡面反射体 20 の向こう側に存在するように観測される像を鏡像 602 と呼ぶ。また、以下の説明においては、対象物 50 の前面 50 a のように鏡面反射体 20 の手前側に存在するように観測される像を実像 600 と呼ぶ。

#### 【0030】

すなわち、上述の実像 600 と鏡像 602 とは、鏡写しの関係にある。この際、測距カメラ 10 から見て鏡面反射体 20 の位置及び姿勢が既知であれば、図 4 に示すように、鏡像 602 を鏡面反射体 20 の平面に対して反転させ、実像 600 と一致させることにより、対象物 50 の 3 次元像（3 次元画像）を得ることができる。

#### 【0031】

ところで、図 5 に示すように、対象物 50 の上面 50 c のように、対象物 50 の形状によっては、第 1 の経路 500 の光と第 2 の経路 502 の光との両方が到達し、両者が反射する面が存在することがある。第 1 の経路 500 の光と、第 2 の経路 502 の光とは、経路の長さが互いに異なることから互いに位相が異なり、第 1 の経路 500 の光と、第 2 の経路 502 の光とは、対象物 50 の上面 50 c 等の上で干渉 700 を起こすこととなる。その結果、測距カメラ 10 は、このように生じた干渉光を受光することとなる。従って、測距カメラ 10 で受光した光は、上記干渉 700 により、本来受光されるべき位相とは異なる位相を持っていることとなる。その結果、測定される距離に誤差（歪み）が生じ、本来測定されるべき正しい距離を得ることができない。なお、以下の説明においては、このような現象をマルチパスによる干渉 700 と呼ぶ。すなわち、以下の説明においてマルチパスによる干渉 700 とは、互いに異なる経路の光によって干渉 700 が生じることをいい、対象物 50 の形状にもよるが、鏡面反射体 20 を設けることにより生じる現象である。

#### 【0032】

しかしながら、先に説明したように、上記特許文献 2 に開示の技術においては、上述したマルチパスによる干渉 700 を考慮して測定するものではないことから、正確に対象物 50 の距離及び形状を測定することが難しい。

#### 【0033】

そこで、本発明者らは、上記状況を鑑みて、対象物 50 自身による遮断等によって、1 台の測距カメラ 10 で直接的に測定することが難しい対象物 50 の領域に対して、正確に距離及び形状を測定することが可能な、本開示の実施形態を創作するに至った。詳細には、以下に説明する本開示の実施形態によれば、鏡面反射体 20 を設けることによりマルチパスによる干渉 700 が生じた場合であっても、対象物 50 の距離及び形状を正確に測定することができる。以下、このような本開示の実施形態の詳細を順次詳細に説明する。

#### 【0034】

<< 3 . 本開示の実施形態に係る測距システム 1 に含まれる各装置の詳細 >>

次に、本開示の実施形態に係る測距システム 1 に含まれる各装置の詳細を説明する。詳細には、先に説明したように、本実施形態に係る測距システム 1 は、測距カメラ 10 と、鏡面反射体 20 と、処理装置 30 とを含む。以下においては、本実施形態に係る測距カメラ 10 及び処理装置 30 の詳細について説明する。

#### 【0035】

< 3 . 1 測距カメラ 10 の詳細構成 >

まずは、図 6 を参照して、測距カメラ 10 の詳細構成について説明する。図 6 は、本実施形態に係る測距カメラ 10 の構成を示すブロック図である。図 6 に示すように、測距カメラ 10 は、センサ部 100 と、位相差算出部 110 と、撮像部（カラーセンサ部）12

10

20

30

40

50

0と、制御部150と、通信部160とを主に有する。以下に、測距カメラ10の各機能部の詳細について説明する。

【0036】

(センサ部100)

センサ部100は、対象物50に対して光を照射する照射部102と、反射された光を受光(検知)する受光部104とを主に有する。

【0037】

詳細には、照射部102は、レーザ光源(図示省略)と光学素子(図示省略)と光電素子(図示省略)とを有している。レーザ光源としては、例えば、レーザダイオードが用いられ、照射される光の波長は、レーザダイオードを適宜選択することにより、変えることができる。なお、本実施形態においては、照射部102は、波長785nm付近の赤外光を照射するものとして説明する。また、レーザ光源は、照射部102に複数設けられていてもよい。また、光学素子は、例えば、コリメーターレンズ等を持ち、レーザ光源からの光を略平行光として出射する機能を有する。さらに、受光素子は、例えば、CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)イメージセンサ等からなり、出射した光の一部を受光して、受光した光の強度に基づいて受光信号を生成し、詳細には、受光した光の強度に略比例する信号を生成する。そして、当該受光素子は、生成した信号を後述する位相差算出部110に出力する。

10

【0038】

なお、レーザ光源は、後述する制御部150による駆動され、光を対象物50へ照射する。さらに、レーザ光源から出射される光の強度も、後述する制御部150によって制御される。また、照射部102は、投光用ミラー(図示省略)等を有していてもよい。

20

【0039】

受光部104は、集光レンズ(図示省略)と受光素子(図示省略)とを有している。集光レンズは、受光した光を受光素子に集める機能を有する。また、受光素子は、例えば、複数の画素を持つCMOSイメージセンサ等からなり、画素ごとに、受光した光の強度に基づいて受光信号を生成し、詳細には、受光した光の強度に略比例する信号を生成する。従って、測距カメラ10は、各画素に対応する光の強度を取得することはできる。さらに、当該受光素子は、生成した信号を後述する位相差算出部110に出力する。この際、受光部104に、増幅アンプ(図示省略)等を設け、生成した信号を増幅した後に、位相差算出部110に出力してもよい。なお、受光部104は、集光ユニット(図示省略)等を有していてもよい。

30

【0040】

(位相差算出部110)

位相差算出部110は、照射部102及び受光部104から出力された信号間の位相差、すなわち、照射部102から照射された光と受光部104で受光した光との位相差を算出し、算出した位相差(センシングデータ)を後述する処理装置30へ出力する。なお、当該位相差算出部110の機能は、後述する処理装置30において行われてもよい。

【0041】

(撮像部120)

撮像部120は、対象物50のカラー撮像画像を取得する。詳細には、撮像部120は、CMOSイメージセンサ等の撮像素子(図示省略)と、撮像素子で光電変換された信号に対して撮像信号処理を施す信号処理回路(図示省略)とを含んで構成される。上記撮像素子は、対象物50からの入射光を光学像として集光し、上記信号処理回路は、結像された光学像を画素単位で光電変換し、各画素の信号を撮像信号として読み出し、画像処理することにより撮像画像を取得することができる。撮像部120は、例えば、撮像して得られた撮像画像を処理装置30へ出力する。さらに、撮像部120は、撮像レンズ、絞り機構、ズームレンズ、及びフォーカスレンズ等により構成される光学系機構(図示省略)及び、上記光学系機構の動作を制御する駆動系機構(図示省略)をさらに有する。なお、撮像部120は、測距カメラ10のセンサ部100との相対位置及び姿勢が既知であれば、

40

50

測距カメラ 10 と分離して設けられていてもよい。

【0042】

(制御部 150)

制御部 150 は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory) 等のハードウェアにより実現され、測距カメラ 10 の各機能部を制御する。

【0043】

(通信部 160)

通信部 160 は、データの送受信を行う機能を有する通信インターフェースであって、  
処理装置 30 等の外部装置との間で情報の送受信を行うことができる。通信部 160 は、  
通信ポートや、通信アンテナ、送受信回路等の通信デバイスにより実現される。

10

【0044】

なお、測距カメラ 10 は、超音波等を用いて鏡面反射体 20 の距離及び姿勢を測定する  
鏡面反射体センサ部 (図示省略) をさらに有していてもよい。

【0045】

< 3.2 処理装置 30 の詳細構成 >

次に、図 7 を参照して、処理装置 30 の詳細構成について説明する。図 7 は、本実施形  
態に係る処理装置 30 の構成を示すブロック図である。図 7 に示すように、処理装置 30  
は、距離算出部 300 と、補正部 310 と、判定部 320 と、画像処理部 330 と、制御  
部 350 と、通信部 360 とを主に有する。以下に、処理装置 30 の各機能部の詳細につ  
いて説明する。

20

【0046】

(距離算出部 300)

距離算出部 300 は、上述の測距カメラ 10 から出力された位相差に基づいて、測距カ  
メラ 10 から対象物 50 までの距離を算出する。

【0047】

(補正部 310)

補正部 310 は、上述の第 1 の経路の光と第 2 の経路の光との干渉 700 (マルチパス  
による干渉 700) に起因する、算出された上記距離に含まれる誤差を補正する。なお、  
補正部 310 の処理の詳細については、後述する。

30

【0048】

(判定部 320)

判定部 320 は、上述したマルチパスの干渉 700 に起因する誤差の発生の有無を判定  
する。例えば、判定部 320 は、反転させた対象物 50 の鏡像 602 と、当該対象物 50  
の実像 600 の一致の有無により、誤差の発生の有無を判定する。なお、判定部 320 の  
処理の詳細については、後述する。

【0049】

(画像処理部 330)

画像処理部 330 は、上述の距離算出部 300 で得られた対象物 50 における画素 (点  
ごとの距離情報に基づき、対象物 50 の 3 次元点群を取得する。また、画像処理部 330  
は、鏡面反射体 20 の位置及び姿勢に基づき、対象物 50 の鏡像 602 の 3 次元点群に  
対して反転処理を行うこともできる。

40

【0050】

(制御部 350)

制御部 350 は、例えば、CPU、ROM、RAM 等のハードウェアにより実現され、  
処理装置 30 の各機能部を制御する。

【0051】

(通信部 360)

通信部 360 は、データの送受信を行う機能を有する通信インターフェースであって、

50

測距カメラ 10 等の外部装置との間で情報の送受信を行うことができる。通信部 360 は、上述の通信部 160 と同様に、通信ポートや、通信アンテナ、送受信回路等の通信デバイスにより実現される。

#### 【0052】

<< 4 . 本開示の実施形態に係る測定方法 >>

以上、本開示の実施形態に係る測距システム 1 に含まれる各装置の詳細について説明した。続いて、本実施形態に係る測定方法について、図 8 を参照して説明する。図 8 は、本実施形態に係る測定方法の一例を説明するフローチャート図である。図 8 に示すように、本実施形態に係る測定方法には、ステップ S 101 からステップ S 115 までの複数のステップが含まれている。以下に、本実施形態に係る測定方法に含まれる各ステップの詳細を説明する。

10

#### 【0053】

(ステップ S 101)

まずは、処理装置 30 は、測距カメラ 10 からのセンシングデータに基づいて算出された、対象物 50 の各点の座標情報及び距離情報を含む 3 次元点群を取得する。

#### 【0054】

(ステップ S 103)

次に、処理装置 30 は、測距カメラ 10 から見た鏡面反射体 20 の位置及び姿勢の情報を既に取得しているかどうかを確認する。処理装置 30 は、既に取得していない場合には、ステップ S 105 へ進み、既に取得している場合には、ステップ S 107 へ進む。

20

#### 【0055】

(ステップ S 105)

処理装置 30 は、測距カメラ 10 から見た鏡面反射体 20 の位置及び姿勢の情報を取得する。例えば、測距カメラ 10 が、鏡面反射体 20 の位置及び姿勢を測定し、処理装置 30 は、当該測定結果を取得する。なお、鏡面反射体 20 の位置及び姿勢の測定の詳細については、後述する。

#### 【0056】

(ステップ S 107)

続いて、処理装置 30 は、鏡面反射体 20 を設けることにより生じるマルチパスによる干渉 700 に起因した誤差を補正し、補正を施した対象物 50 の 3 次元点群を取得する。なお、補正の詳細については後述する。

30

#### 【0057】

(ステップ S 109)

処理装置 30 は、ステップ S 107 にて補正を施した鏡像 602 についての 3 次元点群を鏡面反射体 20 の平面に対して反転させ、反転させた鏡像 602 を、補正を施した実像 600 の 3 次元点群と一致させる。なお、鏡像 602 の反転の際には、ステップ S 105 で取得した鏡面反射体 20 の位置及び姿勢の情報が用いられることとなる。

#### 【0058】

(ステップ S 111)

処理装置 30 は、ステップ S 109 での実像 600 と鏡像 602 との一致の有無に基づき、マルチパスによる干渉 700 の有無を対象物 50 の領域(点)ごとに判定する。処理装置 30 は、干渉 700 の発生が無いと判定した場合には、ステップ S 113 へ進み、干渉 700 の発生がある場合には、ステップ S 115 へ進む。なお、マルチパスによる干渉 700 の有無の判定の詳細については後述する。

40

#### 【0059】

(ステップ S 113)

処理装置 30 は、ステップ S 107 で行った補正を解除し、補正を施していない 3 次元点群を取得する。

#### 【0060】

(ステップ S 115)

50

処理装置 30 は、上述した一連のステップを対象物 50 の全ての領域（点）に対して行い、最終的にマルチパスによる干渉 700 の影響を受けていない対象物 50 の 3 次元点群を取得し、例えば、ユーザ等に出力する。なお、この際に得られる 3 次元点群においては、マルチパスによる干渉 700 の有無に応じて補正されている、もしくは補正されていない状態であるため、対象物 50 の実像 600 と反転させた鏡像 602 とが一致することとなる。これまで、実像 600 と反転させた鏡像 602 と位置合わせにおいては、ユーザによる入力操作によってずれを解消させてから位置合わせを行うことが求められる場合があったが、本実施形態においては、このような入力操作が不要となる。また、これまで、実像 600 と反転させた鏡像 602 と位置合わせにおいては、実像 600 と鏡像 602 との両方において共通して観測される共通領域を設けて、当該共通領域に基づく位置合わせを行うことが求められる場合があったが、本実施形態においては、このようなことも不要となる。

10

#### 【0061】

なお、図 8 に示される測定方法においては、補正された実像 600 と鏡像 602 との一致により干渉の有無を判定しているが、本実施形態はこれに限定されるものではない。例えば、本実施形態においては、補正される前の実像 600 と鏡像 602 との一致により干渉の有無を判定し、判定結果に基づいて補正を行うか否かを選択してもよい。

#### 【0062】

以下に、ステップ S 105 における鏡面反射体 20 の位置及び姿勢の測定の詳細、ステップ S 107 における補正の詳細、及び、ステップ S 111 における誤差の有無の判定の詳細を順次説明する。

20

#### 【0063】

##### < 4.1 鏡面反射体の測定 >

まずは、ステップ S 105 における鏡面反射体 20 の位置及び姿勢の測定の詳細について、図 9 を参照して説明する。図 9 は、本実施形態に係る鏡面反射体 20 の測定方法の一例を説明する説明図である。

#### 【0064】

ところで、鏡面反射体 20 の鏡面では鏡面反射を起こすことから、鏡面反射体 20 に入射する入射光と鏡面反射体 20 で反射した反射光は同じ経路を辿らない。従って、測距カメラ 10 によって、鏡面反射体 20 までの距離を直接的に測定することができない。そこで、本実施形態においては、鏡面反射体 20 の鏡面に、例えば光沢の少ない表面を持つマーカ 200 を貼り付ける。そして、このようなマーカ 200 の表面では、鏡面反射が生じないことから、測距カメラ 10 により、当該マーカ 200 までの距離を測定することができるようになり、従って鏡面反射体 20 の位置及び姿勢を測定することができる。なお、この際のマーカ 200 の検出方法は、マーカ 200 の撮像画像に対してユーザが手動で選択してもよく、マーカ 200 の形状が既知であれば、測距カメラ 10 が当該形状に基づいて自動的に検出してもよく、特に限定されるものではない。

30

#### 【0065】

詳細には、図 9 の左側に示すように、鏡面反射体 20 a の表面の四隅に沿って、非光沢表面を持つマーカ 200 a が貼付されている。この場合、4 つのマーカ 200 a に対して測定を行うことにより、鏡面反射体 20 a の位置及び姿勢を測定することができる。なお、図 9 の左側に示すように、マーカ 200 a は、円形であることに限定されるものではなく、また、4 つに限定されるものではない。例えば、本実施形態においては、マーカ 200 は、互いに離間して設けられた 3 つ以上のマーカ（マーカ部）を含んでいてもよい。

40

#### 【0066】

また、本実施形態においては、マーカ 200 b は、図 9 の中央に示すように三角形であってもよく、この場合、マーカ 200 b の各頂点に対して測定を行うことにより、鏡面反射体 20 b の位置及び姿勢を測定することができる。さらに、本実施形態においては、マーカ 200 c は、図 9 に右側に示すように、鏡面反射体 20 c の平面の 4 隅に沿った枠状の形状を持っていてもよく、この場合、マーカ 200 c の各頂点に対して測定を行うこと

50

により、鏡面反射体 20c の位置及び姿勢を測定することができる。

【0067】

さらに、本実施形態においては、鏡面反射体 20 の位置及び姿勢を測定することができる。例えば、本実施形態によれば、測距カメラ 10 から超音波を鏡面反射体 20 に向けて出射する鏡面反射体測定部（鏡面反射体センサ部）を設けることにより、鏡面反射体 20 の位置及び姿勢を測定してもよい。また、本実施形態によれば、鏡面反射体 20 の撮像画像を利用したモーションキャプチャ法によって、鏡面反射体 20 の位置及び姿勢を測定してもよく、特に限定されるものではない。なお、本実施形態において、鏡面反射体 20 と測距カメラ 10 とがそれぞれ固定されており、相対的な位置及び姿勢の関係が既知であれば、上述したマーカ 200 や鏡面反射体測定部等は不要となる。

10

【0068】

本実施形態においては、測距カメラ 10 と鏡面反射体 20 との相対的な位置関係が撮像フレームごとに既知であればよい。従って、本実施形態においては、測距カメラ 10 と鏡面反射体 20 との相対的な位置関係が動的に変化する場合には、撮像フレーム毎に上述の方法を用いて測距カメラ 10 と鏡面反射体 20 との相対的な位置関係の取得を行えばよい。

【0069】

< 4.2 マルチパスの干渉による誤差の補正 >

次に、ステップ S107 における補正の詳細について、図 10 を参照して説明する。図 10 は、本実施形態に係る補正方法の一例を説明する説明図である。詳細には、図 10 は、測距カメラ 10 のカメラ中心 O と、鏡面反射体 20 と、測距カメラ 10 によって本来測定されるべき対象物 50 の位置  $x_d$ （マルチパスによる干渉 700 の影響を受けていない場合に測定されるべき対象物 50 の位置）と、マルチパスによる干渉 700 に起因する誤差を含む観測された対象物 50 の位置  $x_{ob_s}$  との位置関係を模式的に示す。

20

【0070】

先に説明したように、対象物 50 の形状によっては、第 1 の経路 500 の光と第 2 の経路 502 の光とは、対象物 50 の上面 50c 等で干渉 700 を起こし（マルチパスによる干渉 700）、測距カメラ 10 は、本来受光されるべき位相とは異なる位相を持つ光を受光することとなる。その結果、測定される距離に誤差（歪み）が生じ、対象物 50 の正しい距離を得ることができない。そこで、本実施形態においては、鏡面反射体 20 を設置したことによって生じたマルチパスによる干渉 700 に起因する誤差の補正を実施し、対象物 50 の正しい距離を取得する。

30

【0071】

詳細には、本実施形態においては、鏡面反射体 20 を設置したことによるマルチパスによる干渉 700 の影響を受けた場合に生じると推定される位相、すなわち、測距カメラ 10 で測定されるであろう位相を後述するモデル（推定値）によって表現する。そして、本実施形態においては、当該モデルから推定される位相と実際に観測された位相との差分を最小することにより、測距カメラ 10 により本来受光されるべき位相、すなわちマルチパスによる干渉 700 の影響を受けていない位相を推定する。さらに、本実施形態においては、当該推定に基づいて上記誤差を補正し、対象物 50 の距離を算出する。

40

【0072】

まず、本実施形態における、第 1 の経路 500 の光と第 2 の経路 502 の光とが干渉した場合、すなわち、マルチパスによって干渉した場合に得られる位相を推定するモデルについて、図 10 を参照して説明する。

【0073】

本実施形態においては、第 1 の経路 500 の光も、第 2 の経路 502 の光も、同一の測距カメラ 10 から出射しているため、同一の周波数であると考えることができる。そのため、マルチパスによって干渉した場合に得られる干渉光は、同一の周波数で、且つ、位相及び振幅が異なる波形同士の合成波であると考えることができる。そこで、測距カメラ 10 から光が照射され、対象物 50 の表面の点  $x_d$  に到達した時点での、第 1 の経路 500

50

の光の位相を  $P_d$  とし、第 2 の経路 502 の光の位相を  $P_r$  とした場合には、点  $x_d$  における干渉光の位相  $P_i$  は、以下の式 (1) で表わされる。なお、 $P_d$ 、 $P_r$  は、片道分の位相であり、鏡面反射体 20 によって生じるマルチパスの干渉 700 の影響を受けていない理想的な位相であるとする。また、以下の式 (1) においては、第 1 の経路 500 の光と第 2 の経路 502 の光とが干渉する対象物 50 の点  $x_d$  における、第 1 の経路 500 の光の振幅と第 2 の経路 502 の光の振幅とをそれぞれ  $power_d$ 、 $power_r$  としている。

【0074】

【数 1】

$$P_i = \tan^{-1} \left( \frac{power_d \sin(P_d) + power_r \sin(P_r)}{power_d \cos(P_d) + power_r \cos(P_r)} \right) \quad (1)$$

10

【0075】

次に、位相  $P_d$ 、 $P_r$  と、第 1 の経路 500 の片道分の経路長  $l_d$  と第 2 の経路 502 の片道分の経路長  $l_r$  との関係は、以下の式 (2) で表される。なお、式 (2) において、 $f$  は測距カメラ 10 から照射された光の周波数を示し、 $c$  は光速を示す。

【0076】

【数 2】

$$P_d = \frac{2\pi f l_d}{c}, P_r = \frac{2\pi f l_r}{c} \quad (2)$$

20

【0077】

ところで、実際には、第 1 の経路 500 の光と、第 2 の経路 502 の光とが干渉した時点では、第 1 の経路 500 の光と第 2 の経路 502 の光とが辿ってきた経路長  $l_d$ 、 $l_r$  の長さが異なる。従って、ある点における光の振幅 ( $power$ ) は、逆 2 乗の法則に従い、光源からその点までの距離の 2 乗に反比例することから、第 1 の経路 500 の光の振幅と、第 2 の経路 502 の光の振幅とは互いに異なることとなる。さらに、対象物 50 上で光がランバート反射するものと仮定すると、これら 2 つの光が干渉する対象物 50 の点  $x_d$  における、法線ベクトルの向きに対する入射光 (第 1 の経路 500 の光と第 2 の経路 502 の光) の向きを考慮することが求められる。

30

【0078】

そこで、測距カメラ 10 の照射時の光の振幅を 1 とした場合、点  $x_d$  における、第 1 の経路 500 の光の振幅  $power_d$  と第 2 の経路 502 の光の振幅  $power_r$  は、以下の式 (3) によって表すことができる。なお、式 (3) においては、 $\theta_d$ 、 $\theta_r$  は、点  $x_d$  における、法線ベクトルと点  $x_d$  に入射した第 1 の経路 500 の光及び第 2 の経路 502 の光の方向ベクトルがなす角度である。また、式 (3) における  $r_m$  は、鏡面反射体 20 の反射率を示し、 $0 < r_m < 1$  の範囲にある定数である。当該反射率  $r_m$  は、鏡面反射体 20 の反射面の材質によって異なる。なお、本実施形態においては、鏡面反射体 20 の反射率  $r_m$  は既知であるとする。

40

【0079】

【数 3】

$$power_d = \frac{\cos \alpha_d}{(l_d)^2}, power_r = \frac{r_m \cos \alpha_r}{(l_r)^2} \quad (3)$$

【0080】

ところで、第1の経路500の光と第2の経路502の光とが干渉する対象物50の点 $x_d$ においては、両方の光はランバート反射が生じていることから、式(3)中の $\cos \alpha_d$ と $\cos \alpha_r$ とは1に近似できるものとして考える。

10

【0081】

従って、点 $x_d$ における干渉光の位相 $P_i$ は、上述の式(1)は、数式(2)及び(3)をあてはめることにより、 $P_d$ 、 $P_r$ の関数として以下の式(4)で表されることとなる。なお、式(4)においては、 $A = c/2f$ としている。

【0082】

【数 4】

$$P_i = \tan^{-1} \left( \frac{\frac{\sin(P_d)}{(AP_d)^2} + \frac{r_m \sin(P_r)}{(AP_r)^2}}{\frac{\cos(P_d)}{(AP_d)^2} + \frac{r_m \cos(P_r)}{(AP_r)^2}} \right) \quad (4)$$

20

【0083】

上記式(4)で示されるモデルを用いることにより、点 $x_d$ における干渉光の位相 $P_i$ を推定することができるようになる。

【0084】

ところで、対象物50の点 $x_d$ で干渉した干渉光は、その後、測距カメラ10に到達する。このとき、第1の経路500と同様の経路を辿った場合、すなわち、直接対象物50から測距カメラ10に到達した場合には、測距カメラ10に到達した時点の光の位相 $P_o$ は、さらに $P_d$ だけずれることとなる。つまり、干渉光が、第1の経路500を辿って進んだ場合の光の位相 $P_o$ は、以下の式(5)のように示されることとなる。

30

【0085】

【数 5】

$$\begin{aligned} P_o &= P_i + P_d \\ &= \tan^{-1} \left( \frac{power_d \sin(P_d) + power_r \sin(P_r)}{power_d \cos(P_d) + power_r \cos(P_r)} \right) + P_d \\ &= \tan^{-1} \left( \frac{\frac{\sin(P_d)}{(AP_d)^2} + \frac{r_m \sin(P_r)}{(AP_r)^2}}{\frac{\cos(P_d)}{(AP_d)^2} + \frac{r_m \cos(P_r)}{(AP_r)^2}} \right) + P_d \end{aligned} \quad (5)$$

40

【0086】

このように、式(5)によって、鏡面反射体20を設置したことによるマルチパスで干渉700が生じた場合に観測される光の位相 $P_o$ をモデル化することができる。

【0087】

そして、本実施形態においては、上記式(5)で示されるモデルによって表される位相

50

$P_0$  と、実際に観測された位相  $P_{obs}$  との差分を最小することにより、マルチパスによる干渉 700 が発生しない場合に観測される理想的な位相  $P_d$ 、 $P_r$  を求める。ここで、実際に、測距カメラ 10 によって観測された、鏡面反射体 20 を設置したことによるマルチパスで干渉 700 に起因した誤差を含む位相を  $P_{obs}$  とする。なお、当該位相  $P_{obs}$  は、測距カメラ 10 のカメラ中心 O から点  $x_{obs}$  までのいわゆる片道での位相であり、式 (5) で示される位相  $P_0$  は、測距カメラ 10 のカメラ中心 O から点  $x_{obs}$  までの往復分の位相である。従って、上記式 (5) で示されるモデルによって表される位相  $P_0$  と、実際に観測された位相  $P_{obs}$  の差分  $f_1(P_d, P_r)$  は、下記式 (6) で表される。

【0088】

【数6】

$$\begin{aligned}
 f_1(P_d, P_r) &= 2P_{obs} - P_0 \\
 &= 2P_{obs} - (P_i + P_d) \\
 &= 2P_{obs} - \left[ \tan^{-1} \left( \frac{power_d \sin(P_d) + power_r \sin(P_r)}{power_d \cos(P_d) + power_r \cos(P_r)} \right) + P_d \right] \\
 &= 2P_{obs} - \left[ \tan^{-1} \left( \frac{\frac{\sin(P_d)}{(AP_d)^2} + \frac{rm \sin(P_r)}{(AP_r)^2}}{\frac{\cos(P_d)}{(AP_d)^2} + \frac{rm \cos(P_r)}{(AP_r)^2}} \right) + P_d \right]
 \end{aligned} \tag{6}$$

10

20

【0089】

また、上述と同様に、干渉光が測距カメラ 10 に到達するとき、第 2 の経路 502 と同様の経路を辿った場合、すなわち、対象物 50 から鏡面反射体 20 を介して測距カメラ 10 に到達した場合には、位相がさらに  $P_r$  だけずれることとなる。つまり、干渉光が、第 2 の経路 502 を辿って進んだ場合の光の位相  $P_p$  は、以下の式 (7) のように示されることとなる。なお、この場合、測距カメラ 10 から見て点  $x_r$  に対象物 50 が存在するように、すなわち、点  $x_r$  に鏡像 602 が存在するように観測される。

【0090】

【数7】

$$\begin{aligned}
 P_p &= P_i + P_r \\
 &= \tan^{-1} \left( \frac{power_d \sin(P_d) + power_r \sin(P_r)}{power_d \cos(P_d) + power_r \cos(P_r)} \right) + P_r \\
 &= \tan^{-1} \left( \frac{\frac{\sin(P_d)}{(AP_d)^2} + \frac{rm \sin(P_r)}{(AP_r)^2}}{\frac{\cos(P_d)}{(AP_d)^2} + \frac{rm \cos(P_r)}{(AP_r)^2}} \right) + P_r
 \end{aligned} \tag{7}$$

30

40

【0091】

そして、上述と同様に、上記式 (7) で示されるモデルによって表される位相  $P_p$  と、実際に観測された位相  $P_{obs}$  の差分  $f_2(P_d, P_r)$  は、下記式 (8) で表される。

【0092】

【数 8】

$$\begin{aligned}
 f_2(P_d, P_r) &= 2P_{obs} - P_p \\
 &= 2P_{obs} - (P_i + P_r) \\
 &= 2P_{obs} - \left[ \tan^{-1} \left( \frac{power_d \sin(P_d) + power_r \sin(P_r)}{power_d \cos(P_d) + power_r \cos(P_r)} \right) + P_r \right] \\
 &= 2P_{obs} - \left[ \tan^{-1} \left( \frac{\frac{\sin(P_d)}{(AP_d)^2} + \frac{rm \sin(P_r)}{(AP_r)^2}}{\frac{\cos(P_d)}{(AP_d)^2} + \frac{rm \cos(P_r)}{(AP_r)^2}} \right) + P_r \right]
 \end{aligned} \tag{8}$$

10

【0093】

そして、上記式(6)及び(8)で示される差分 $f_1(P_d, P_r)$ 及び差分 $f_2(P_d, P_r)$ を最小化することにより、すなわち、実測値である位相 $P_{obs}$ とマルチパスによる干渉700の影響を受けた場合に生じると推定される位相の推定値とを比較することにより、 $P_d$ 、 $P_r$ を求めることができる。なお、上記の式(2)からわかるように、測距カメラ10から照射された光の周波数 $f$ と、光速 $c$ が既知であれば、 $P_d$ 、 $P_r$ から、測距カメラ10のカメラ中心Oから点 $x_d$ までの距離 $l_d$ 、 $l_r$ を求めることができる。そして、観測された位相 $P_{obs}$ を $P_d$ 、 $P_r$ に置き換えることにより、マルチパスによる干渉700に起因する誤差の補正を行うことができる。

20

【0094】

また、測距カメラ10から得られた対象物50の3次元点群の情報から、測距カメラ10のカメラ中心Oから点 $x_{obs}$ を通過する直線の式を得ることができる。ところで、鏡面反射体20を設置することにより生じるマルチパスの干渉700は、観測される位相、すなわち距離値に関して影響を与え、光が進む方向に対しては影響しない。さらに、鏡面反射体20の位置及び姿勢は既知であることから、点 $x_d$ の位置がわかれば、点 $x_r$ の位置も一意に定まることとなる。詳細には、測距カメラ10のカメラ中心Oと、点 $x_d$ 、点 $x_{obs}$ は、いずれも同一の直線上に存在する。さらに、点 $x_r$ は、鏡面反射体20の平面に対して点 $x_d$ と対象となる位置に存在する。従って、カメラ中心Oから観測された対象物50に向かって直線上を走査しつつ、上記式(6)及び(8)を最小化する点を求めることにより、理想的な観測点 $x_d$ の位置、すなわち距離 $l_d$ を求めることができる。また、点 $x_d$ に基づいて点 $x_r$ の位置も定まることから、カメラ中心Oから点 $x_r$ までの距離 $l_r$ を求めることができる。

30

【0095】

< 4.3 マルチパスの発生有無の判定 >

次に、ステップS111における誤差の有無の判定の詳細を順次説明する。ところで、マルチパスによる干渉700の発生の説明の際にも述べたが、対象物50の形状によっては、マルチパスによる干渉700が発生しないこともある。また、同一の対象物50においても、マルチパスによる干渉700が発生する領域と、マルチパスによる干渉700が発生しない領域とが混在することもある。このような場合に、観測データの全ての点に対して上述の補正を行うと、マルチパスによる干渉700が発生していない領域については過剰に補正されていることとなることから、実際の対象物50とはかけ離れた3次元点群が取得される可能性がある。そこで、本実施形態においては、マルチパスによる干渉700が発生しているか否か、詳細には、マルチパスによる干渉700が発生する領域と、マルチパスによる干渉700が発生しない領域との判別を行う。

40

【0096】

まず、本実施形態においては、上述した補正を、実像600及び鏡像602を含む観測された全ての3次元点群に対して実施する。次に、補正が施された鏡像602を鏡面反射体20の平面に対して反転させ、反転させた鏡像602を補正が施された実像600に一致させる。この時、マルチパスによる干渉700が発生している領域であれば、反転した

50

鏡像 602 と実像 600 との位置及び形状は一致する。一方、マルチパスによる干渉 700 が発生していない領域であれば、過剰な補正により、反転した鏡像 602 と実像 600 との位置及び形状は一致しなくなる。

#### 【0097】

本実施形態においては、測距カメラ 10 のカメラパラメータ（焦点距離等）はすべて既知であるとする。従って、測距カメラ 10 によって取得した各画素の距離値が含まれる距離画像から、対象物 50 の 3 次元点群を算出することができる。すなわち、距離画像に含まれる各画素と 3 次元点群とは一対一対応であることから、3 次元点群は、二次元の距離画像に投影することができる。そこで、本実施形態においては、対象物 50 の実像 600 から得られた 3 次元点群と、鏡像 602 から得られた 3 次元点群とを距離画像に投影する。反転した鏡像 602 の 3 次元点群を投影する際に、各画素に対応する座標がずれ、同一の距離画像に投影された実像画像の 3 次元点群の画素との対応が取れない場合がある。その場合には、反転した鏡像 602 の 3 次元点群における各画素は、近傍に位置する画素と対応するものとして取り扱う。各画素の対応の取り方としては、例えば、最近傍補間、バイリニア補間等の様々な保管方法を選択することができる。このようにして、本実施形態においては、実像 600 の 3 次元点群と、反転した鏡像 602 の 3 次元点群との対応を取る。

10

#### 【0098】

この際、対応する実像 600 の 3 次元点群の点と、反転した鏡像 602 の 3 次元点群の点との距離が、予め設定した閾値未満であれば、適切に対応が取れているものとして、上述の補正の適用を維持する。一方、対応する実像 600 の 3 次元点群の点と、反転した鏡像 602 の 3 次元点群の点との距離が、上記閾値以上であれば、適切に対応が取れていないと判断する。この場合、過剰に補正したことにより対応が取れていないと推定し、すなわち、当該点においては、マルチパスによる干渉 700 が発生していないとして、補正を解除し、測距カメラ 10 で観測された値をそのまま採用して得られた情報に入れ替える。すなわち、本実施形態によれば、実像 600 の 3 次元点群と、反転した鏡像 602 の 3 次元点群との一致状態に基づいて、マルチパスによる干渉 700 が発生する領域と、マルチパスによる干渉 700 が発生しない領域との判別を行うことができる。

20

#### 【0099】

また、本実施形態においては、上述の判別の際に、測距カメラ 10 の撮像部 120 で得られたカラー画像を用いてもよい。このようにすることで、マルチパスによる干渉 700 の発生の判別を、より容易に、且つ、精度良く行うことができる。

30

#### 【0100】

詳細には、測距カメラ 10 のセンサ部 100 と撮像部 120 との相対位置関係が既知であり、両者のカメラパラメータ等が既知であるとする。この際、センサ部 100 によって取得された距離画像の各画素と、撮像部 120 によって取得されたカラー画像の各画素との対応を特定することができる。従って、本実施形態においては、各画素に対する距離値及び色情報を取得することができる。そこで、本実施形態においては、実像 600 のカラー画像と鏡像 602 のカラー画像とを比較し、両方のカラー画像に含まれる対象物 50 の領域を特定する。このように両方のカラー画像に含まれる領域は、第 1 の経路 500 の光による実像 600 と第 2 の経路 502 の光による鏡像 602 との両者に対応することから、マルチパスによる干渉 700 が生じている領域に該当する可能性が高い。そこで、本実施形態においては、カラー画像によりこのような領域を特定し、さらに、特定された領域の画素に対応する 3 次元点群を抽出することにより、マルチパスによる干渉 700 が生じている領域を取得することができる。すなわち、本実施形態によれば、カラー画像をも参照することにより、マルチパスによる干渉 700 の発生の判別を、より容易に、且つ、精度良く行うことができる。例えば、実像 600 と反転させた鏡像 602 との一致の有無によってマルチパスによる干渉 700 が生じる領域を判別した際に、判別漏れが生じた場合でも、カラー画像を用いた判別を行い補完することができることから、高精度での漏れない判別が可能となる。

40

50

## 【 0 1 0 1 】

また、実像 6 0 0 と、反転させた鏡像 6 0 2 とにおいて特徴点マッチングを実施し、両者において一致点が検出できた場合には、実像 6 0 0 と反転させた鏡像 6 0 2 とが一致したと推定してもよい。この際、全ての画素において、特徴点がマッチングするとは限らない。そこで、このような場合には、本実施形態においては、撮像部 1 2 0 によって取得したカラー画像に基づいて、実像 6 0 0 と反転させた鏡像 6 0 2 とに対してカラーセグメンテーションによる領域分割を行う。そして、分割された領域ごとに、特徴点が一致する点の数をカウントし、予め設定した閾値以上の一致点を含む領域では、実像 6 0 0 と反転させた鏡像 6 0 2 とが一致したと推定し、当該領域を、マルチパスによる干渉 7 0 0 が生じる領域と判別する。一方、上記閾値未満の一致点を含む領域では、実像 6 0 0 と反転させた鏡像 6 0 2 とが一致していないと推定し、当該領域を、マルチパスによる干渉 7 0 0 が生じていない領域と判別する。なお、領域分割については、カラーセグメンテーションに限定されるものではなく、対象物 5 0 の画像から得られるテクスチャ等に基づき領域分割を行ってもよい。

10

## 【 0 1 0 2 】

本実施形態においては、マルチパスによる干渉 7 0 0 が発生している領域の判別方法は、上述のような方法に限定されるものではない。例えば、ユーザによって、対象物 5 0 のカラー画像等に対して、マルチパスによる干渉 7 0 0 が発生している領域に該当する部分を指定することにより、当該領域を特定してもよい。また、カラーセグメンテーションによって分割された領域の中からユーザが特定の領域を指定することにより、当該領域を特定してもよい。

20

## 【 0 1 0 3 】

< < 5 . 本開示の実施形態の適用例 > >

以上、本開示の実施形態の詳細について説明した。以下では、具体的な適用例を示しながら、本開示の実施形態の一例について説明する。なお、以下に示す適用例は、本開示の実施形態のあくまでも一例であって、本開示の実施形態が下記の適用例に限定されるものではない。

## 【 0 1 0 4 】

< 5 . 1 適用例 1 >

まず、図 1 1 を参照して、本開示の実施形態の適用例 1 を説明する。図 1 1 は、本実施形態の適用例 1 を説明する説明図であって、詳細には、本実施形態を用いて患者等の口腔内の歯列 8 1 0 の形状をスキャンする状態を図示している。

30

## 【 0 1 0 5 】

例えば、歯科治療において、患者の歯型を取得する場合には、歯型を形成する材料の準備や硬化に時間がかかることがあり、患者にとっては負担となっていた。そこで、このような歯型を取得するのではなく、直接的に歯列 8 1 0 をスキャンして歯列 8 1 0 の三次元形状を取得することができれば、歯型の取得に係る患者への負担を軽減することができる。口腔内は狭く、三次元形状を取得するためのカメラを複数台同時に挿入することは困難である。従って、歯列 8 1 0 の一方の側面をスキャンし、他方の側面をスキャンし、さらに上面をスキャンするといった、上記カメラにより歯列 8 1 0 を複数回スキャンすることが考えられる。しかしながら、複数回歯列 8 1 0 をスキャンすることも、患者への負担が大きい。

40

## 【 0 1 0 6 】

ところで、歯科治療においては、外部から視認が難しい口腔内の領域を観察するためにミラー（歯鏡）と呼ばれる、小型の鏡部（ミラートップ）とハンドル部（ミラーハンドル）とからなる器具が利用されている。そこで、当該ミラーに本実施形態に係る測距カメラ 1 0 を組み合わせて歯列 8 1 0 を一度のスキャンするモニタリング装置といった適用例を考えることができる。

## 【 0 1 0 7 】

より具体的には、図 1 1 に示すように、本開示の実施形態の適用例 1 に係る歯科器具 8

50

00は、歯医者が握るためのハンドル部802と、測距カメラ10と、小型の鏡部（鏡面反射体）20dとを有する。さらに、当該歯科器具800は、測距カメラ10と鏡部20との距離を固定する固定部材806と、ハンドル部802と固定部材806とを接続するジョイント部804とを有する。図11の例では、固定部材806によって、測距カメラ10と鏡部20dとの距離が所定の距離に固定されており、さらに鏡部20の姿勢も固定されていることから、鏡部20dの位置及び姿勢の測定が不要となる。従って、鏡部20dの表面には上述したマーカ200を貼付しなくてもよい。また、図11の例では、ジョイント部804は、回転可能な構造を持っており、測距カメラ10と鏡部20dとが、互いの相対位置が固定されつつ、ジョイント部804を回転軸として回転することにより、様々な位置にある歯列810（対象物50）をスキャンすることができる。

10

#### 【0108】

また、本適用例においては、非常に近距離における測定であることから、測距カメラ10から照射される光の強度が強すぎて、測距カメラ10の受光部104の感度が飽和してしまう可能性がある。そこで、本適用例においては、このような飽和を避けるべく、測距カメラ10から照射される光の強度を近距離測定に好適な条件に設定することが好ましい。

#### 【0109】

また、本適用例においては、マーカ200等を用いて、鏡部20dの位置及び姿勢が測定可能であれば、測距カメラ10と鏡部20dとの距離を固定しなくてもよい。この場合、例えば、測距カメラ10と鏡部20dとが分離されていてもよく、もしくは、互いに自由

20

#### 【0110】

以上のように、本開示の実施形態を適用することにより、複数の測距カメラ10が必要ないことから、複数の測距カメラ10を容易に挿入しにくい口腔内等の狭い空間での測定が容易となる。また、口腔内だけでなく、患者さんの体内の様々な部位をスキャンすることが求められる治療等において、本実施形態を適用することも可能である。また、測距カメラ10と鏡部20dとの距離を固定する固定部材806を用いることにより、鏡部20dの位置及び姿勢の測定が不要となる。

#### 【0111】

##### < 5.2 適用例2 >

次に、図12を参照して、本開示の実施形態の適用例2を説明する。図12は、本実施形態の適用例2を説明する説明図であって、詳細には、本実施形態を用いて車両820に

30

#### 【0112】

より具体的には、車両820内において、ユーザ（運転手等）が車両820のオーディオ、カーナビゲーション、エアコンディショナー等への操作をハンドジェスチャ830によって行う場合を考える。この場合、図12に示すように、本適用例においては、車両820内の天井に測距カメラ10を設置して、当該測距カメラ10によりハンドジェスチャ830を認識することとなる。この際、図12に示すように、ユーザが人差し指をダッシュボード822側へ伸ばすようなハンドジェスチャ830を行った場合には、測距カメラ10の位置、或いはユーザの手の向きによっては、ユーザの手の甲に人差し指が隠れてしまう。その結果、測距カメラ10から人差し指によるハンドジェスチャ830を認識できないことがある。

40

#### 【0113】

そこで、本適用例においては、図12に示すように、ダッシュボード822に鏡面反射体20を設置する。このようにすることで、測距カメラ10は、鏡面反射体20を用いて、手の甲によって遮断された人差し指によるハンドジェスチャ830（対象物50）を認識することができる。この際、鏡面反射体20は、例えば、測距カメラ10から照射され

50

た赤外線を反射させることができればよいことから、赤外線を反射するフィルムであってもよい。また、実像 600 に対して鏡像 602 が出現する位置が既知であれば、本開示の実施形態を実施することができる。従って、本適用例においては、曲率が既知のフロントウィンドウ 824 に赤外線を反射するフィルムを貼り付けることにより、フロントウィンドウ 824 を鏡面反射体 20 として用いてもよい。

#### 【0114】

以上のように、本適用例においては、上述の本実施形態に係る測距システム 1 を車内おけるハンドジェスチャ 830 を認識するモニタリング装置に適用する。このようにすることで、本適用例によれば、遮断されて認識することができなかつた指先等によるハンドジェスチャ 830 が、車両 820 内の天井に設置された測距カメラ 10 によって認識することができ、従って、本適用例によれば、より複雑なハンドジェスチャ 830 を判別することが可能になることから、1 台の測距カメラ 10 であっても、判別可能なハンドジェスチャ 830 の種類を増やすことができ、より様々な車両 820 内の装置等をユーザが操作することが容易となる。

10

#### 【0115】

##### < 5.3 適用例 3 >

次に、図 13 を参照して、本開示の実施形態の適用例 3 を説明する。図 13 は、本実施形態の適用例 3 を説明する説明図であって、詳細には、本実施形態を用いて、例えば、運動中の人物 50d の全身の動きをスキャンする 3 次元モーションモニタリングシステムを説明する説明図である。

20

#### 【0116】

運動中の人物の動きを 3 次元的にスキャンする際には、モーショントラッキング装置と呼ばれるシステムを用いることが一般的である。モーショントラッキング装置においては、例えば、人物に再帰性反射材からなる複数のマーカを装着し、人物の動きに起因した複数のマーカの動きをトラッキングすることにより、人物の動きを 3 次元的にスキャンすることができる。しかしながら、このような装置は高価であり、人物に複数のマーカを装着することから人物の動きが阻害される可能性がある。そこで、本適用例においては、上述の 3 次元モーションモニタリングシステム（モニタリング装置）に上述の測距システム 1 を適用して、人物に複数のマーカを装着することなく、人物の動きを 3 次元的にスキャンすることを考える。

30

#### 【0117】

より具体的には、図 13 に示すように、スポーツジム等の施設においては、人物 50d が自身の動きを確認するために壁面 840 の一面に大型の鏡 20e が設けられていることがある。そこで、本適用例においては、このような大型の鏡 20e を鏡面反射体 20 として利用する。さらに、図 13 に示すように、上記施設の天井 842、あるいは対象物 50 となる人物 50d の背後に向けて測距カメラ 10 を設置する。そして、測距カメラ 10 により、人物 50d の実像 600 と鏡像 602 とを連続的に取得することにより、運動中の人物 50d の動きを 3 次元的にスキャンすることができる。

#### 【0118】

上述の本開示の実施形態においては、人物 50d が運動する場合であっても、すなわち、対象物 50 の形状等が時間とともに変化する場合であっても、時間によって変化する要素に基づいて、マルチパスによる干渉 700 に起因する誤差を補正していない。従って、対象物 50 である人物 50d が運動する場合、すなわち、時間によって対象物 50 が変化する場合であっても、本実施形態に係る測距システム 1 を適用することができ、対象物 50（人物 50d）の動きを精度よく 3 次元的にスキャンすることができる。

40

#### 【0119】

なお、上述においては、図 13 に示すように、1 台の測距カメラ 10 と 1 枚の鏡 20e とを設置するように説明したが、本適用例においては、鏡 20e は 1 枚に限定されることなく、対象物 50 である人物 50d を囲む 3 枚の鏡 20e を設置してもよい。この場合、人物 50d の正面及び背面だけでなく、人物 50d の側面に対してもスキャンすることが

50

できる。なお、この際、複数の鏡 20e によって生じるマルチパスによる干渉 700 に起因する誤差を補正するために、実像 600 に対する各鏡像 602 の位置が既知であることが求められる。

#### 【0120】

##### < 5.4 適用例 4 >

次に、図 14 を参照して、本開示の実施形態の適用例 4 を説明する。図 14 は、本実施形態の適用例 4 を説明する説明図であって、詳細には、ロボット 850 によりロボット 850 の周囲環境を 3 次元的にスキャンする環境モニタリングシステムを説明する説明図である。

#### 【0121】

近年、ロボット 850 に関する技術が飛躍的に進歩し、ロボット 850 は、決められたルートのみを移動するのではなく、ある領域内を自律的に移動することが可能である。このような場合、ロボット 850 は、SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) 等を用いて、ロボット 850 の自己位置を推定する場合がある。さらに、SLAM では自己位置の推定と同時に、ロボット 850 の周囲のマップの生成も同時に行う。なお、SLAM は、視差を利用したステレオカメラ、上述の TOF 方式の測距カメラ 10、レーザファインダ等の装置によって実現することができる。以下の説明においては、ロボット 850 とは、自律的に移動し、作業等を行うことができる装置のことを言う。

#### 【0122】

そこで、本適用例においては、図 14 に示すように、TOF 方式の測距カメラ 10 を利用して SLAM を実行するロボット 850 を、家庭や工場等の室内で利用する場合を考える。これまで説明したように、TOF 方式の測距カメラ 10 では、鏡面反射体 20 が周囲に存在した場合には、マルチパスによる干渉 700 が発生し、対象物 50 の測定に誤差が生じる。例えば、ロボット 850 が移動する室内の壁面 840 に大型の鏡 20e が設置されていた場合を考える。ロボット 850 の測距カメラ 10 は、床面 860 (対象物 50) が本来平坦であるにもかかわらず、鏡 20e によって生じたマルチパスによる干渉 700 に起因してゆがんだ形状の床面 860 であると認識することがある。同様に、室内に存在する障害物 50e (対象物 50) の形状についても、ロボット 850 の測距カメラ 10 は、正しく認識できない場合がある。その結果、ロボット 850 により、ロボット 850 の周囲のマップが正確に生成できないことがある。

#### 【0123】

そこで、本適用例においては、ロボット 850 の周囲環境をスキャンするモニタリング装置として上述の本実施形態を適用する。このようにすることで、鏡 20e によって生じるマルチパスによる干渉 700 に起因した誤差を補正することができることから、本適用例においては、ロボット 850 の周囲のマップが正確に生成することができる。なお、上述の場合には、鏡 20e の位置及び姿勢が既知であることが前提である。

#### 【0124】

また、人間が容易に入ることはできない空間においては、2 台のロボット 850 を用いて当該空間に関するマップを生成してもよい。当該変形例においては、一方のロボット 850 には、上述したような本実施形態に係る測距カメラ 10 を搭載し、他方のロボット 850 には、本実施形態に係る鏡面反射体 20 を搭載する。これら 2 台のロボット 850 が、測距カメラ 10 と鏡面反射体 20 とが互いに向かい合うように移動することにより、上記空間にある物体等のスキャンを行うことができ、人間が容易に入ることはできない空間内であっても正確なマップを生成することができる。なお、上述の場合、測距カメラ 10 を搭載したロボット 850 と、鏡面反射体 20 を搭載したロボット 850 との相対的な位置関係や姿勢を予め把握した上で物体等のスキャンを行うこととなる。

#### 【0125】

##### << 6. まとめ >>

本開示の実施形態によれば、鏡面反射体 20 と設けることにより、1 台の測距カメラ 1

10

20

30

40

50

0で、対象物50の実像600と鏡像602を同時に測定することができる。従って、本実施形態によれば、対象物50自身による遮断等によって、1台の測距カメラ10で直接的に測定することが難しい対象物50の背面等の領域を測定することができる。また、本実施形態によれば、1台の測距カメラ10で構成することが可能であることから、測距システム1の構築のためのコストの増加を抑えることができる。

#### 【0126】

ところで、1台の測距カメラ10であっても、対象物50の周囲を回転移動させる等により、対象物50の正面と背面とを同時に測定することもできるが、このような場合、対象物50が時間とともに動的に変化する場合には測定することができない。しかしながら、本実施形態によれば、このような対象物50であっても、1台の測距カメラ10で対応することができる。

10

#### 【0127】

また、複数台の測距カメラ10の使用を前提としていないことから、本実施形態によれば、測距カメラ10同士で同期をとる必要がなく、従って、同期回路等を設ける必要がない。さらに、本実施形態によれば、複数台の測距カメラ10を使用する場合と比べて、狭い空間での利用が容易である。

#### 【0128】

さらに、複数の測距カメラ10によって得られた画像を合成して3次元画像を得る場合には、各測距カメラ10で取得した3次元点群を適切に位置合わせするために、複数の測距カメラ10で測定する領域の一部が互いに重なっていることが求められる。すなわち、上述のような場合には、複数の測距カメラ10の設置位置には制約がある。しかしながら、本実施形態によれば、1台の測距カメラ10で構成可能であることから、位置合わせの必要もなく、従って測距カメラ10の位置を自由に設定することができる。

20

#### 【0129】

また、本実施形態においては、鏡面反射体20を設置したことにより、マルチパスによる干渉700が発生するが、このような干渉700の影響を受けた光の位相を示すモデルを用いることにより、当該干渉700に起因した誤差の補正を行うことができる。従って、本実施形態によれば、正確に対象物50の距離及び形状を測定することが可能になる。さらに、対象物50の形状によっては、マルチパスによる干渉700が生じる領域と、マルチパスによる干渉700が生じない領域とが混在する場合がある。このような場合であっても、本実施形態によれば、干渉700の発生の有無を判別して補正を行うことができることから、補正の必要のない領域に対する過剰補正によって正確な測定値の取得ができないといったことを避けることができる。

30

#### 【0130】

<<7. ハードウェア構成について>>

図15は、本実施形態に係る処理装置900のハードウェア構成の一例を示す説明図である。図15では、処理装置900は、上述の処理装置30のハードウェア構成の一例を示している。

#### 【0131】

処理装置900は、例えば、CPU950と、ROM952と、RAM954と、記録媒体956と、入出力インターフェース958と、操作入力デバイス960とを有する。さらに、処理装置900は、表示デバイス962と、通信インターフェース968と、センサ980とを有する。また、処理装置900は、例えば、データの伝送路としてのバス970で各構成要素間を接続する。

40

#### 【0132】

(CPU950)

CPU950は、例えば、CPU等の演算回路で構成される、1または2以上のプロセッサや、各種処理回路等で構成され、処理装置900全体を制御する制御部(例えば、上述の制御部350)として機能する。具体的には、CPU950は、処理装置900において、例えば、距離算出部300、補正部310、判定部320、画像処理部330、及

50

び制御部 350 等の機能を果たす。

【0133】

(ROM 952 及び RAM 954)

ROM 952 は、CPU 950 が使用するプログラムや演算パラメータ等の制御用データ等を記憶する。RAM 954 は、例えば、CPU 950 により実行されるプログラム等を一時的に記憶する。

【0134】

(記録媒体 956)

記録媒体 956 は、例えば、本実施形態に係る測定方法に係るデータや、各種アプリケーション等様々なデータを記憶する。ここで、記録媒体 956 としては、例えば、ハードディスク等の磁気記録媒体や、フラッシュメモリ等の不揮発性メモリが挙げられる。また、記録媒体 956 は、処理装置 900 から着脱可能であってもよい。

10

【0135】

(入出力インターフェース 958、操作入力デバイス 960、及び表示デバイス 962)

入出力インターフェース 958 は、例えば、操作入力デバイス 960 や、表示デバイス 962 等を接続する。入出力インターフェース 958 としては、例えば、USB (Universal Serial Bus) 端子や、DVI (Digital Visual Interface) 端子、HDMI (High-Definition Multimedia Interface) (登録商標) 端子、各種処理回路等が挙げられる。

20

【0136】

操作入力デバイス 960 は、例えば、ユーザの処理装置 900 に対する操作を受け付ける入力部として機能し、処理装置 900 の内部で入出力インターフェース 958 と接続される。

【0137】

表示デバイス 962 は、例えばユーザに対して画像等の出力する出力部として機能し、処理装置 900 上に備えられ、処理装置 900 の内部で入出力インターフェース 958 と接続される。表示デバイス 962 としては、例えば、液晶ディスプレイや有機 EL ディ스플레이 (Organic Electro-Luminescence Display) 等が挙げられる。

30

【0138】

なお、入出力インターフェース 958 は、処理装置 900 の外部の操作入力デバイス (例えば、キーボードやマウス等) や外部の表示デバイス等の、外部デバイスと接続することも可能である。また、入出力インターフェース 958 は、ドライブ (図示省略) と接続されていてもよい。当該ドライブは、磁気ディスク、光ディスク、又は半導体メモリなどのリムーバブル記録媒体のためのリーダライタであり、処理装置 900 に内蔵、あるいは外付けされる。当該ドライブは、装着されているリムーバブル記録媒体に記録されている情報を読み出して、RAM 954 に出力する。また、当該ドライブは、装着されているリムーバブル記録媒体に記録を書き込むこともできる。

【0139】

(通信インターフェース 968)

通信インターフェース 968 は、例えば上述の通信ケーブル 60 を介して (あるいは、直接的に)、測距カメラ 10 等の外部装置と、無線または有線で通信を行うための通信部 360 として機能する。ここで、通信インターフェース 968 としては、例えば、通信アンテナ及び RF (Radio frequency) 回路 (無線通信) や、IEEE 802.15.1 ポート及び送受信回路 (無線通信)、IEEE 802.11 ポート及び送受信回路 (無線通信)、あるいは LAN (Local Area Network) 端子及び送受信回路 (有線通信) 等が挙げられる。

40

【0140】

以上、処理装置 900 のハードウェア構成の一例を示した。なお、処理装置 900 のハ

50

ードウェア構成は、図 15 に示す構成に限られない。詳細には、上記の各構成要素は、汎用的な部材を用いて構成してもよいし、各構成要素の機能に特化したハードウェアにより構成してもよい。かかる構成は、実施する時々の技術レベルに応じて適宜変更されうる。

【0141】

例えば、処理装置 900 は、接続されている外部の通信デバイスを介して測距カメラ 10 等と通信を行う場合や、スタンドアロンで処理を行う構成である場合には、通信インターフェース 968 を備えていなくてもよい。また、通信インターフェース 968 は、複数の通信方式によって、1 または 2 以上の外部装置と通信を行うことが可能な構成を有していてもよい。また、処理装置 900 は、例えば、記録媒体 956 や、操作入力デバイス 960、表示デバイス 962 等を備えない構成をとることも可能である。

10

【0142】

また、本実施形態に係る処理装置 900 は、例えばクラウドコンピューティング等のように、ネットワークへの接続（または各装置間の通信）を前提とした、複数の装置からなるシステムであってもよい。つまり、上述した本実施形態に係る処理装置 900 は、例えば、複数の装置により本実施形態に係る測定方法に係る処理を行う処理システムとして実現することも可能である。

【0143】

<< 8 . 補足 >>

上述した実施形態に係る測定方法における各ステップは、必ずしも記載された順序に沿って処理されなくてもよい。例えば、各ステップは、適宜順序が変更されて処理されてもよい。また、各ステップは、時系列的に処理される代わりに、一部並列的に又は個別に処理されてもよい。さらに、各ステップの処理についても、必ずしも記載された方法に沿って処理されなくてもよく、例えば、他の機能ブロックによって他の方法で処理されていてもよい。

20

【0144】

さらに、上記の実施形態に係る測定方法の少なくとも一部は、コンピュータ（処理装置 30、900）を機能させる情報処理プログラムとして、ソフトウェアで構成することが可能であり、ソフトウェアで構成する場合には、これらの方法の少なくとも一部を実現するプログラムを記録媒体に収納し、処理装置 30（900）等、もしくは、処理装置 30（900）と接続された他の装置に読み込ませて実行させてもよい。また、当該処理方法の少なくとも一部を実現するプログラムを、インターネット等の通信回線（無線通信も含む）を介して頒布してもよい。さらに、同プログラムを暗号化したり、変調をかけたり、圧縮した状態で、インターネット等の有線回線や無線回線を介して、あるいは記録媒体に収納して頒布してもよい。

30

【0145】

以上、添付図面を参照しながら本開示の好適な実施形態について詳細に説明したが、本開示の技術的範囲はかかる例に限定されない。本開示の技術分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

40

【0146】

また、本明細書に記載された効果は、あくまで説明的または例示的なものであって限定的ではない。つまり、本開示に係る技術は、上記の効果とともに、または上記の効果に代えて、本明細書の記載から当業者には明らかな他の効果を奏しうる。

【0147】

なお、以下のような構成も本開示の技術的範囲に属する。

(1) 対象物に対して光を照射して、前記対象物によって反射された前記光を検知するセンサ部と、前記センサ部のセンシングデータに基づいて、前記対象物までの距離を算出する距離算出部と、前記対象物を挟んで、前記センサ部の反対側に位置する鏡面反射体と、前記センサ部から前記対象物に向かう第 1 の経路をたどった前記光と、前記センサ部から

50

前記鏡面反射体で反射して前記対象物に向かう第2の経路をたどった前記光との干渉に起因する、算出された前記距離に含まれる誤差を補正する補正部と、を備える、撮像装置。

(2) 前記センサ部と前記鏡面反射体との間の距離を固定する固定部材をさらに備える、上記(1)に記載の撮像装置。

(3) 対象物に対して光を照射して、前記対象物によって反射された前記光を検知するセンサ部と、前記センサ部のセンシングデータに基づいて、前記対象物までの距離を算出する距離算出部と、前記センサ部から前記対象物に向かう第1の経路をたどった前記光と、前記センサ部から、前記対象物を挟んで前記センサ部の反対側に位置する鏡面反射体で反射して前記対象物に向かう第2の経路をたどった前記光との干渉に起因する、算出された前記距離に含まれる誤差を補正する補正部と、を備える、撮像装置。

10

(4) 前記センサ部は、前記光を照射する照射部と、反射された前記光を受光する受光部と、照射した前記光と受光した前記光と位相差を算出する位相差算出部と、を有し、前記距離算出部は、前記位相差に基づいて前記距離を算出する、上記(1)~(3)のいずれか1つに記載の撮像装置。

(5) 前記補正部は、前記センサ部の前記センシングデータと、前記干渉によって生じると推定される推定値とを比較することにより、前記誤差を補正する、上記(1)に記載の撮像装置。

(6) 前記干渉による前記誤差の発生の有無を判定する判定部をさらに備える、上記(1)~(5)のいずれか1つに記載の撮像装置。

(7) 前記判定部は、前記補正が施された前記対象物の実像と、前記補正が施された、前記対象物の前記鏡面反射体に投影された鏡像との一致の有無により、前記誤差の発生の有無を判定する、上記(6)に記載の撮像装置。

20

(8) 前記対象物のカラー画像を取得するカラーセンサ部をさらに備え、前記判定部は、前記対象物の前記実像のカラー画像と前記鏡像のカラー画像とを比較することにより、前記誤差の有無を判定する、上記(7)に記載の撮像装置。

(9) 前記鏡面反射体には、非光沢表面を持つマーカが設けられている、上記(1)~(8)のいずれか1つに記載の撮像装置。

(10) 前記マーカは、互いに離間して設けられる3つ以上のマーカ部からなる、上記(9)に記載の撮像装置。

(11) 前記鏡面反射体までの距離を測定する鏡面反射体センサ部をさらに備える、上記(1)~(8)のいずれか1つに記載の撮像装置。

30

(12) 対象物に対して光を照射して、前記対象物によって反射された前記光を検知するセンサ部と、前記センサ部のセンシングデータに基づいて、前記対象物までの距離を算出する距離算出部と、前記センサ部から前記対象物に向かう第1の経路をたどった前記光と、前記センサ部から、前記対象物を挟んで前記センサ部の反対側に位置する鏡面反射体で反射して前記対象物に向かう第2の経路をたどった前記光との干渉に起因する、算出された前記距離に含まれる誤差を補正する補正部と、を有する撮像装置が搭載されたモニタリング装置。

【符号の説明】

【0148】

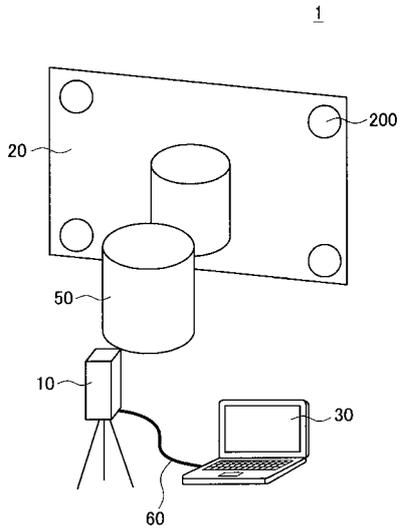
40

- 1 測距システム
- 10 測距カメラ
- 20、20a~c 鏡面反射体
- 20d 鏡部
- 20e 鏡
- 30、900 処理装置
- 50 対象物
- 50a 前面
- 50b 背面
- 50c 上面

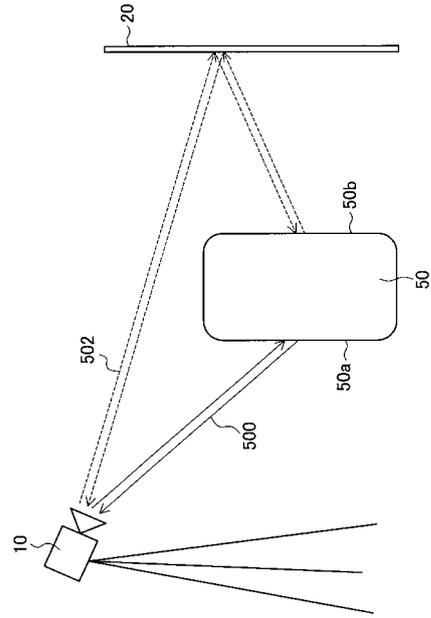
50

5 0 d	人物	
5 0 e	障害物	
6 0	通信ケーブル	
1 0 0	センサ部	
1 0 2	照射部	
1 0 4	受光部	
1 1 0	位相差算出部	
1 2 0	撮像部	
1 5 0、3 5 0	制御部	
1 6 0、3 6 0	通信部	10
2 0 0、2 0 0 a ~ c	マーカ	
3 0 0	距離算出部	
3 1 0	補正部	
3 2 0	判定部	
3 3 0	画像処理部	
5 0 0	第 1 の経路	
5 0 2	第 2 の経路	
6 0 0	実像	
6 0 2	鏡像	
7 0 0	干渉	20
8 0 0	歯科器具	
8 0 2	ハンドル部	
8 0 4	ジョイント部	
8 0 6	固定部材	
8 1 0	歯列	
8 2 0	車両	
8 2 2	ダッシュボード	
8 2 4	フロントウィンドウ	
8 3 0	ハンドジェスチャ	
8 4 0	壁面	30
8 4 2	天井	
8 5 0	ロボット	
8 6 0	床面	
9 5 0	C P U	
9 5 2	R O M	
9 5 4	R A M	
9 5 6	記録媒体	
9 5 8	入出力インターフェース	
9 6 0	操作入力デバイス	
9 6 2	表示デバイス	40
9 6 8	通信インターフェース	
9 7 0	バス	

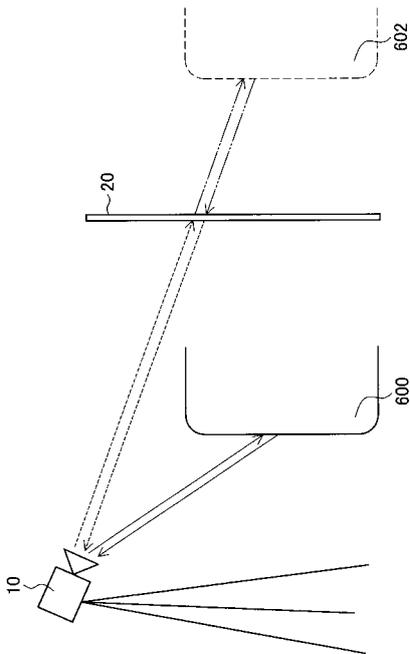
【 図 1 】



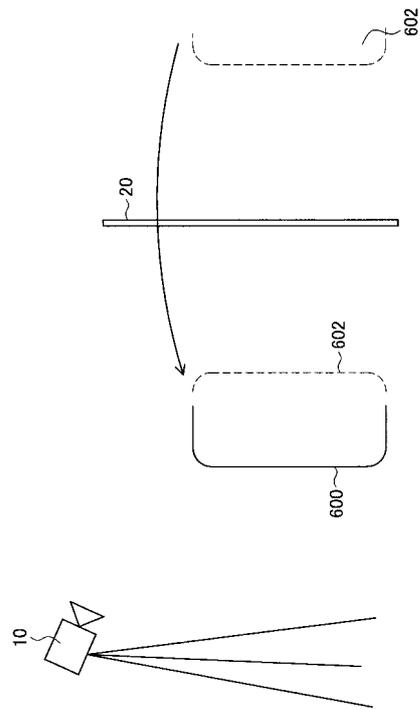
【 図 2 】



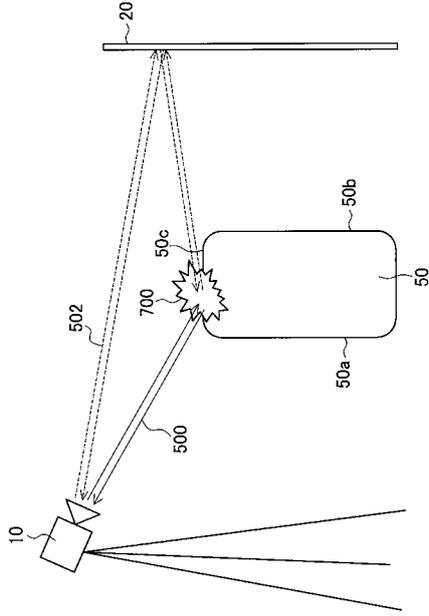
【 図 3 】



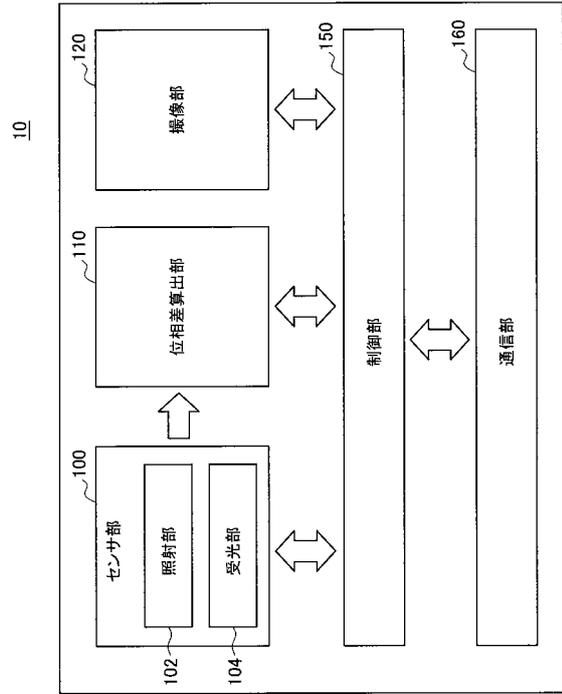
【 図 4 】



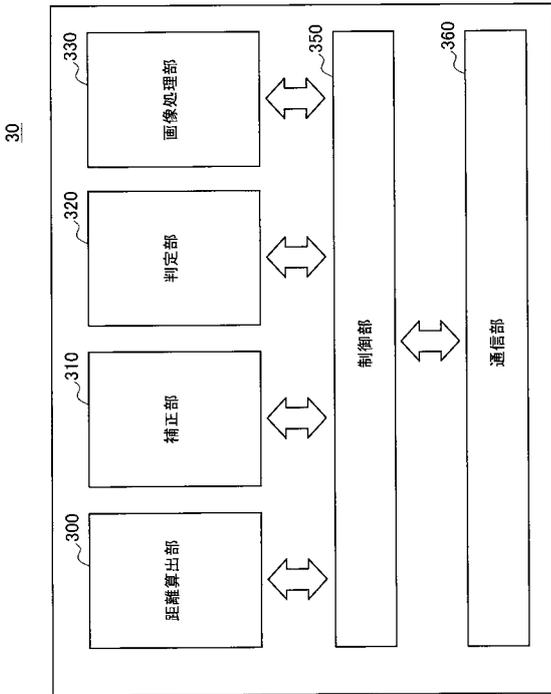
【図5】



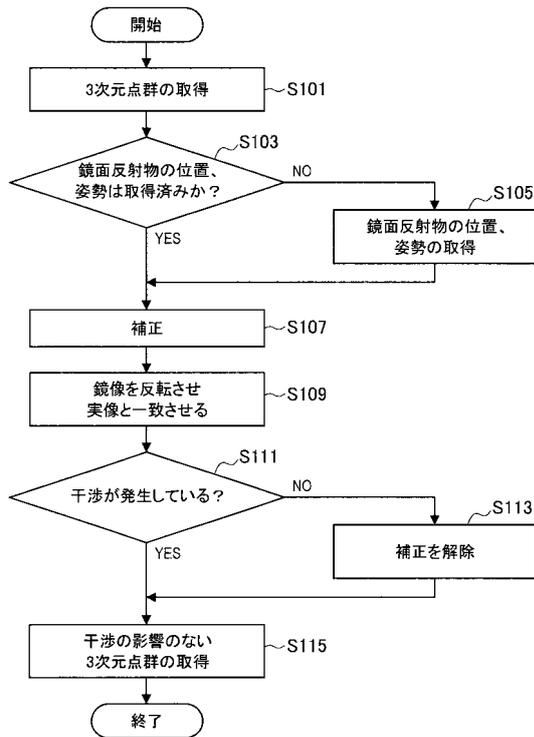
【図6】



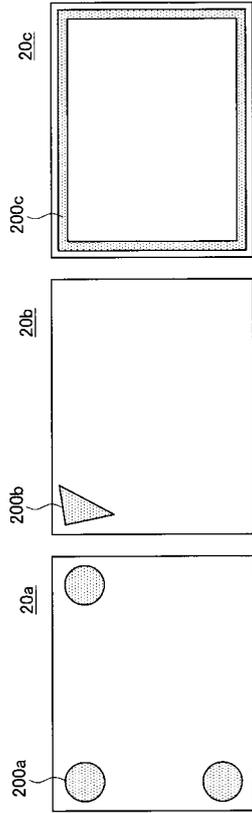
【図7】



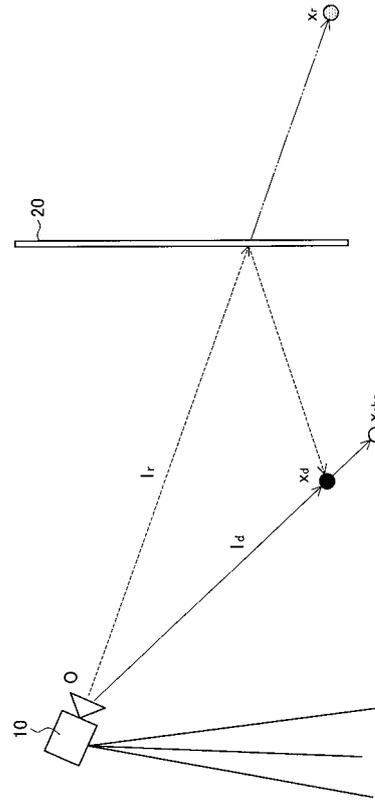
【図8】



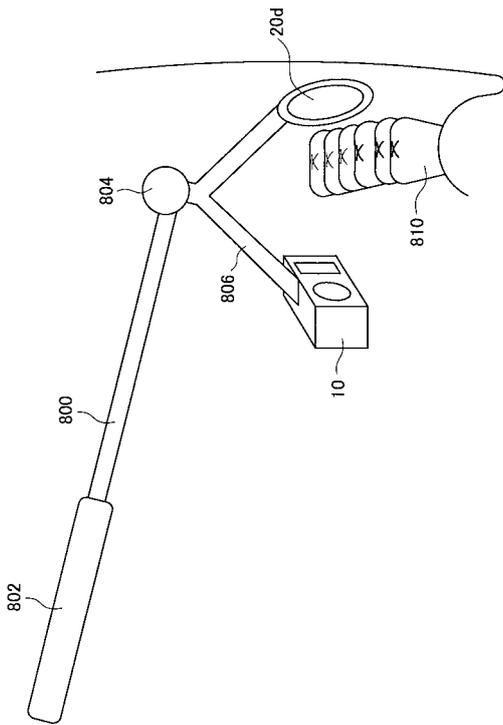
【 図 9 】



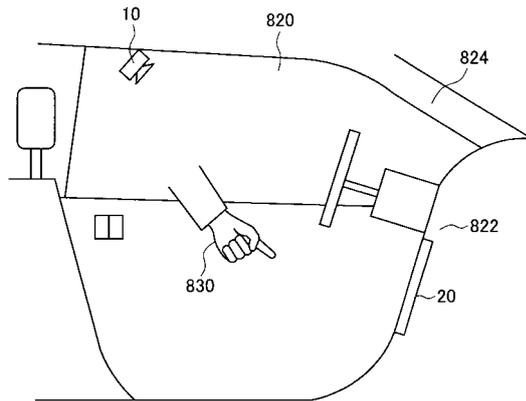
【 図 1 0 】



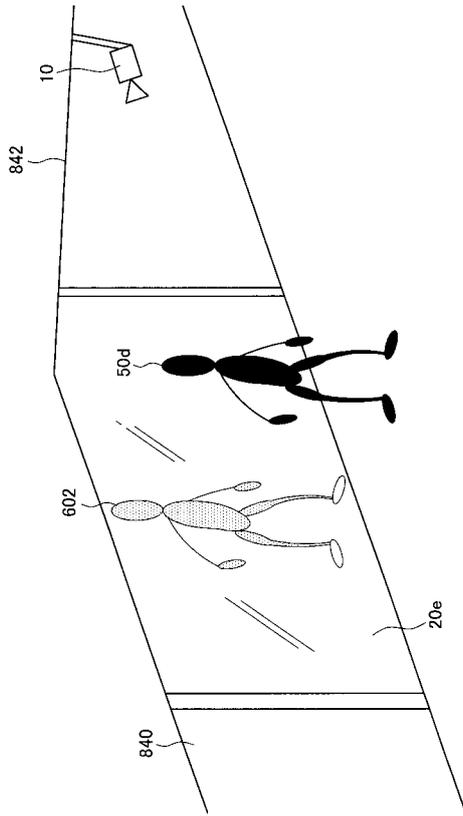
【 図 1 1 】



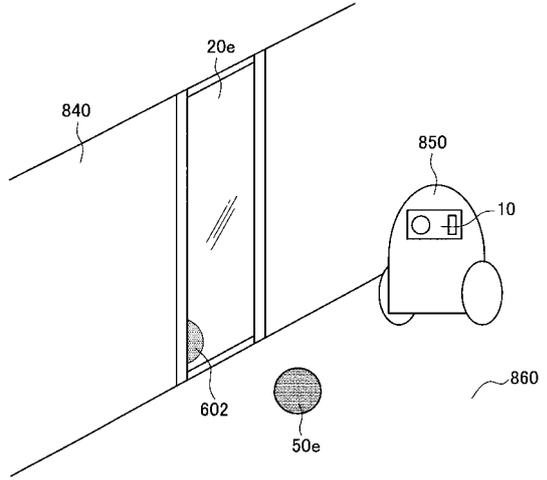
【 図 1 2 】



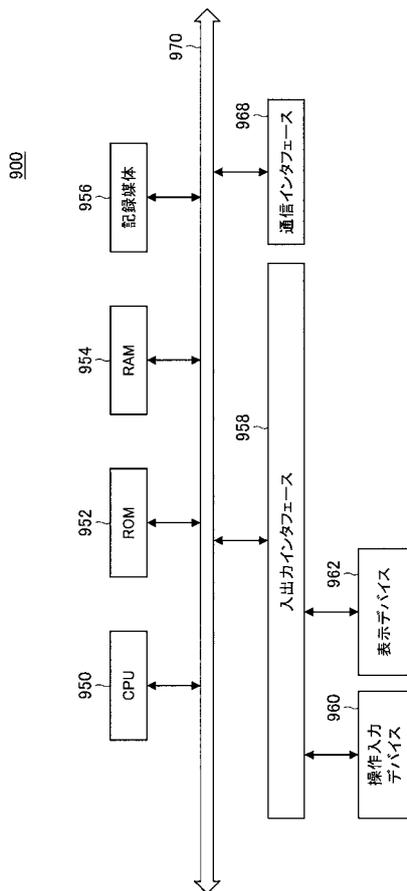
【図 13】



【図 14】



【図 15】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
	G 0 1 C 3/06 1 4 0	
	G 0 1 C 3/06 1 1 0 A	

(72)発明者 小倉 洋平

神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内

(72)発明者 城 堅誠

神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA06 AA53 BB05 BB28 CC16 DD03 FF04 FF07 FF12  
 FF13 GG06 HH03 HH06 JJ03 JJ26 LL04 LL12 PP25 QQ13  
 QQ29 QQ31 QQ38  
 2F112 AD01 BA03 CA04 CA12 DA04 DA09 DA25 DA28 EA03 EA05  
 FA35 GA01  
 5J084 AA04 AA05 AB07 AC07 AD01 AD02 AD05 AD07 BA04 BA20  
 BA34 BA40 BB02 BB27 CA04 CA07 CA65 CA67