

(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2020-52001  
(P2020-52001A)

(43) 公開日 令和2年4月2日(2020.4.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO1C</b> 3/06 (2006.01)	GO1C 3/06 130	2F112
<b>GO1S</b> 17/89 (2020.01)	GO1C 3/06 120Q	5C122
<b>GO1S</b> 7/487 (2006.01)	GO1C 3/06 110V	5J084
<b>GO6T</b> 7/55 (2017.01)	GO1C 3/06 140	5L096
<b>GO6T</b> 7/60 (2017.01)	GO1S 17/89	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 28 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2018-184474 (P2018-184474)  
(22) 出願日 平成30年9月28日 (2018.9.28)

(71) 出願人 314012076  
パナソニックIPマネジメント株式会社  
大阪府大阪市中央区域見2丁目1番61号  
(74) 代理人 100109210  
弁理士 新居 広守  
(74) 代理人 100137235  
弁理士 寺谷 英作  
(74) 代理人 100131417  
弁理士 道坂 伸一  
(72) 発明者 若井 信彦  
大阪府門真市大字門真1006番地 パナ  
ソニック株式会社内  
(72) 発明者 佐藤 智  
大阪府門真市大字門真1006番地 パナ  
ソニック株式会社内

最終頁に続く

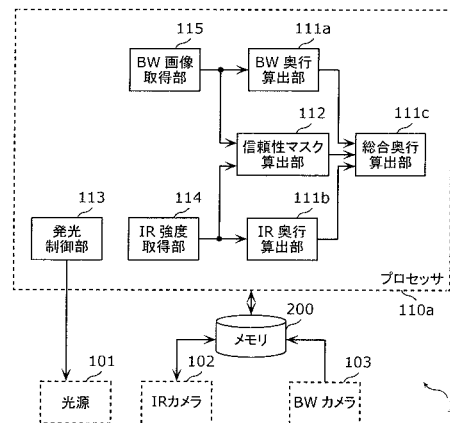
(54) 【発明の名称】 奥行取得装置、奥行取得方法およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】被写体までの奥行きを正確に取得することができる奥行取得装置を提供する。

【解決手段】この奥行取得装置1は、メモリ200と、プロセッサ110aとを備える。プロセッサ110aは、可視光に基づく被写体の撮像によって生成され、メモリ200に保存されている可視光画像を取得し、その被写体によって反射される赤外光を受光することによって計測され、メモリ200に保存されている赤外光の強度を取得し、その可視光画像に基づいて、被写体までの距離である第1奥行きを算出し、その赤外光の強度に基づいて、被写体までの距離である第2奥行きを算出し、その第1奥行きの信頼性を二値で表す第1信頼性マスクを算出し、その第2奥行きの信頼性を二値で表す第2信頼性マスクを算出し、第1信頼性マスクおよび第2信頼性マスクに基づいて、第1奥行きおよび第2奥行きを統合することによって統合奥行きを算出する。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

メモリと、  
 プロセッサとを備え、  
 前記プロセッサは、  
 可視光に基づく被写体の撮像によって生成され、前記メモリに保存されている可視光画像を取得し、

光源から照射されて前記被写体によって反射された赤外光を受光することによって計測され、前記メモリに保存されている前記赤外光の強度を取得し、

前記可視光画像に基づいて、前記被写体までの距離である第 1 奥行きを算出し、

前記赤外光の強度に基づいて、前記被写体までの距離である第 2 奥行きを算出し、

前記第 1 奥行きの信頼性を二値で表す第 1 信頼性マスクを算出し、

前記第 2 奥行きの信頼性を二値で表す第 2 信頼性マスクを算出し、

前記第 1 信頼性マスクおよび前記第 2 信頼性マスクに基づいて、前記第 1 奥行きおよび前記第 2 奥行きを統合することによって統合奥行きを算出する、

奥行取得装置。

## 【請求項 2】

前記赤外光の受光は、赤外光に基づく撮像によって行われ、

前記可視光に基づく撮像と、前記赤外光に基づく撮像とでは、撮像対象のシーンと、撮像の視点および時刻とが実質的に同一である、

請求項 1 に記載の奥行取得装置。

## 【請求項 3】

前記メモリから取得される前記赤外光の強度は、

前記光源から照射されて前記被写体に反射された赤外光が撮像素子によって受光される  
 ときに、互いに異なる少なくとも 3 回のタイミングでの前記撮像素子の露光によって計測  
 された少なくとも 3 つの強度からなり、

前記第 2 奥行きの算出では、

前記少なくとも 3 つの強度に基づいて前記第 2 奥行きを算出する、

請求項 1 または 2 に記載の奥行取得装置。

## 【請求項 4】

前記第 1 信頼性マスクおよび前記第 2 信頼性マスクのうちの何れか一方は 0 であって、  
 他方は 1 であり、

前記統合奥行きの算出では、

前記第 1 信頼性マスクおよび前記第 2 信頼性マスクを、前記第 1 奥行きに対する重み係  
 数および前記第 2 奥行きに対する重み係数としてそれぞれ用いた、前記第 1 奥行きと第 2  
 奥行きとの重み付け加算によって、前記統合奥行きを算出する、

請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載の奥行取得装置。

## 【請求項 5】

前記第 1 信頼性マスクの算出では、

1 から前記第 2 信頼性マスクを減算することによって前記第 1 信頼性マスクを算出する

請求項 4 に記載の奥行取得装置。

## 【請求項 6】

前記統合奥行きの算出では、

前記第 2 奥行きを算出することができない場合には、

前記第 1 奥行きを前記統合奥行きとして算出する、

請求項 1 ~ 5 の何れか 1 項に記載の奥行取得装置。

## 【請求項 7】

前記第 2 信頼性マスクの算出では、

前記少なくとも 3 つの強度のうちの最大の強度と最小の強度との比に基づいて、前記第

2 信頼性マスクを算出する、  
請求項 3 に記載の奥行取得装置。

【請求項 8】

可視光に基づく被写体の撮像を行うことによって可視光画像を取得する可視光カメラと

、  
光源から照射されて前記被写体によって反射された赤外光を受光することによって前記赤外光の強度を取得する赤外光カメラと、

前記可視光画像に基づいて、前記被写体までの距離である第 1 奥行きを算出する第 1 奥行算出部と、

前記赤外光の強度に基づいて、前記被写体までの距離である第 2 奥行きを算出する第 2 奥行算出部と、

前記第 1 奥行きの信頼性を二値で表す第 1 信頼性マスクを算出し、前記第 2 奥行きの信頼性を二値で表す第 2 信頼性マスクを算出する信頼性マスク算出部と、

前記第 1 信頼性マスクおよび前記第 2 信頼性マスクに基づいて、前記第 1 奥行きおよび前記第 2 奥行きを統合することによって統合奥行きを算出する統合奥行算出部と、  
を備える奥行取得装置。

【請求項 9】

被写体までの距離を奥行きとしてコンピュータが取得する奥行取得方法であって、

可視光に基づく被写体の撮像によって生成され、メモリに保存されている可視光画像を取得し、

光源から照射されて前記被写体によって反射された赤外光を受光することによって計測され、メモリに保存されている前記赤外光の強度を取得し、

前記可視光画像に基づいて、前記被写体までの距離である第 1 奥行きを算出し、

前記赤外光の強度に基づいて、前記被写体までの距離である第 2 奥行きを算出し、

前記第 1 奥行きの信頼性を二値で表す第 1 信頼性マスクを算出し、

前記第 2 奥行きの信頼性を二値で表す第 2 信頼性マスクを算出し、

前記第 1 信頼性マスクおよび前記第 2 信頼性マスクに基づいて、前記第 1 奥行きおよび前記第 2 奥行きを統合することによって統合奥行きを算出する、

奥行取得方法。

【請求項 10】

被写体までの距離を奥行きとして取得するためのプログラムであって、

可視光に基づく被写体の撮像によって生成され、メモリに保存されている可視光画像を取得し、

光源から照射されて前記被写体によって反射された赤外光を受光することによって計測され、メモリに保存されている前記赤外光の強度を取得し、

前記可視光画像に基づいて、前記被写体までの距離である第 1 奥行きを算出し、

前記赤外光の強度に基づいて、前記被写体までの距離である第 2 奥行きを算出し、

前記第 1 奥行きの信頼性を二値で表す第 1 信頼性マスクを算出し、

前記第 2 奥行きの信頼性を二値で表す第 2 信頼性マスクを算出し、

前記第 1 信頼性マスクおよび前記第 2 信頼性マスクに基づいて、前記第 1 奥行きおよび前記第 2 奥行きを統合することによって統合奥行きを算出する、

ことをコンピュータに実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、被写体までの距離を奥行きとして取得する奥行取得装置などに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、被写体までの距離を測定する測距装置が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。この測距装置は、光源と撮像部とを備える。光源は被写体に光を照射する。撮像部

10

20

30

40

50

は、その被写体で反射された反射光を撮像する。そして、測距装置は、その撮像によって得られた画像の各画素値を、被写体までの距離に変換することによって、その被写体までの距離を測定する。つまり、測距装置は、撮像部によって得られた画像の奥行きを取得する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2011-64498号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0004】

しかしながら、上記特許文献1の測距装置では、奥行きを正確に取得することができないという課題がある。

【0005】

そこで、本開示は、被写体までの距離である奥行きを正確に取得することができる奥行取得装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の一態様に係る奥行取得装置は、メモリと、プロセッサとを備え、前記プロセッサは、可視光に基づく被写体の撮像によって生成され、前記メモリに保存されている可視光画像を取得し、光源から照射されて前記被写体によって反射された赤外光を受光することによって計測され、前記メモリに保存されている前記赤外光の強度を取得し、前記可視光画像に基づいて、前記被写体までの距離である第1奥行きを算出し、前記赤外光の強度に基づいて、前記被写体までの距離である第2奥行きを算出し、前記第1奥行きの信頼性を二値で表す第1信頼性マスクを算出し、前記第2奥行きの信頼性を二値で表す第2信頼性マスクを算出し、前記第1信頼性マスクおよび前記第2信頼性マスクに基づいて、前記第1奥行きおよび前記第2奥行きを統合することによって統合奥行きを算出する。

20

【0007】

なお、これらの包括的または具体的な態様は、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラムまたはコンピュータ読み取り可能なCD-ROMなどの記録媒体で実現されてもよく、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラムおよび記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。また、記録媒体は、非一時的な記録媒体であってもよい。

30

【発明の効果】

【0008】

本開示の奥行取得装置は、被写体までの距離である奥行きを正確に取得することができる。本開示の一態様における更なる利点および効果は、明細書および図面から明らかにされる。かかる利点および/または効果は、いくつかの実施の形態並びに明細書および図面に記載された特徴によってそれぞれ提供されるが、1つまたはそれ以上の同一の特徴を得るために必ずしも全てが提供される必要はない。

40

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、実施の形態における奥行取得装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、実施の形態における固体撮像素子が有する画素アレイを示す模式図である。

【図3】図3は、実施の形態における、光源の発光素子の発光タイミングと、固体撮像素子の第1画素の露光タイミングとの関係を示すタイミング図である。

【図4】図4は、実施の形態における奥行取得装置の機能構成の一例を示すブロック図である。

50

【図 5】図 5 は、実施の形態における I R 強度取得部によって取得される赤外光の強度の一例を示す図である。

【図 6】図 6 は、実施の形態における I R 強度取得部によって取得される赤外光の強度の他の例を示す図である。

【図 7】図 7 は、実施の形態における I R 強度取得部によって取得される赤外光の強度と、バックグラウンドノイズとの一例を示す図である。

【図 8】図 8 は、信頼性が低い赤外光の強度のパターンを示す図である。

【図 9】図 9 は、信頼性が高い赤外光の強度のパターンを示す図である。

【図 10】図 10 は、実施の形態における I R 信頼性マスクの算出方法の一例を示す図である。

10

【図 11】図 11 は、実施の形態における奥行取得装置の処理動作を示すフローチャートである。

【図 12】図 12 は、実施の形態における奥行取得装置による信頼性マスクの算出の詳細な処理動作を示すフローチャートである。

【図 13】図 13 は、実施の形態の変形例における奥行取得装置の機能構成の一例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

(本開示の基礎となった知見)

本発明者は、「背景技術」の欄において記載した、特許文献 1 の測距装置に関し、以下の問題が生じることを見出した。

20

【0011】

特許文献 1 の測距装置は、上述のように、光源から被写体に光を照射し、光が照射された被写体を撮像することによって画像を取得し、その画像の奥行きを測定する。この奥行きの測定には、T o F (Time of Flight) が用いられる。このような測距装置では、測距精度を向上させるために、互いに異なる撮像条件の撮像が行われる。つまり、測距装置は、所定の撮像条件にしたがって撮像を行い、その撮像結果に応じて、その所定の撮像条件と異なる撮像条件を設定する。そして、測距装置は、その設定された撮像条件にしたがって再び撮像を行う。

【0012】

30

しかしながら、上記特許文献 1 の測距装置は、撮像条件を変更しても、照射光に対する反射率が低い被写体までの距離である奥行きを正しく測定することが難しい。

【0013】

このような問題を解決するために、本開示の一態様に係る奥行取得装置は、メモリと、プロセッサとを備え、前記プロセッサは、可視光に基づく被写体の撮像によって生成され、前記メモリに保存されている可視光画像を取得し、光源から照射されて前記被写体によって反射された赤外光を受光することによって計測され、前記メモリに保存されている前記赤外光の強度を取得し、前記可視光画像に基づいて、前記被写体までの距離である第 1 奥行きを算出し、前記赤外光の強度に基づいて、前記被写体までの距離である第 2 奥行きを算出し、前記第 1 奥行きの信頼性を二値で表す第 1 信頼性マスクを算出し、前記第 2 奥行きの信頼性を二値で表す第 2 信頼性マスクを算出し、前記第 1 信頼性マスクおよび前記第 2 信頼性マスクに基づいて、前記第 1 奥行きおよび前記第 2 奥行きを統合することによって統合奥行きを算出する。例えば、前記第 1 信頼性マスクおよび前記第 2 信頼性マスクのうちの何れか一方は 0 であって、他方は 1 であり、前記統合奥行きの算出では、前記第 1 信頼性マスクおよび前記第 2 信頼性マスクを、前記第 1 奥行きに対する重み係数および前記第 2 奥行きに対する重み係数としてそれぞれ用いた、前記第 1 奥行きと第 2 奥行きとの重み付け加算によって、前記統合奥行きを算出する。

40

【0014】

これにより、被写体に反射された赤外光の強度に基づいて、その被写体までの距離として第 2 奥行きが算出されるだけでなく、可視光画像に基づく第 1 奥行きも、その被写体ま

50

での距離として算出される。そして、これらの第1奥行きと第2奥行きとが、第1信頼性マスクおよび第2信頼性マスクに基づいて統合される。したがって、被写体における赤外光の反射率が低いために、その赤外光の強度に基づいて算出された第2奥行きの信頼性が低くても、第1奥行きを用いて、その第2奥行きを補正し、統合奥行きとして算出することができる。言い換えれば、第2奥行きが欠損していても、第1奥行きでその欠損を補うことができる。その結果、最終的に算出される奥行きの信頼性または精度を向上することができる。

【0015】

また、第1信頼性マスクおよび第2信頼性マスクはそれぞれ二値であるため、第1奥行きと第2奥行きとの統合を簡単に行うことができ、適切な統合奥行きを容易に算出することができる。

10

【0016】

また、前記赤外光の受光は、赤外光に基づく撮像によって行われ、前記可視光に基づく撮像と、前記赤外光に基づく撮像とでは、撮像対象のシーンと、撮像の視点および時刻とが実質的に同一であってもよい。

【0017】

これにより、可視光に基づく撮像によって得られる可視光画像の各画素と、赤外光に基づく撮像によって得られる赤外光画像の各画素とを適切に対応付けることができる。したがって、互いに対応する第1奥行きと第2奥行きとを用いて、統合奥行きを高い精度で算出することができる。

20

【0018】

ここで、実質的に同一の視点および時刻で撮像した実質的に同一のシーンの画像の一例としては、同一撮像素子の異なる画素で撮像された画像である。このような画像は、ベイヤー配列のカラーフィルタで撮像されたカラー画像の赤、緑および青の各チャンネル画像と同様のものであり、各画像の画角、視点および撮像時刻はほぼ等しい。つまり、実質的に同一の視点および時刻で撮像した実質的に同一のシーンの画像は、撮像された各画像において、被写体の画像上での位置が2画素以上、異なる。例えば、シーンに可視光と赤外成分を有する点光源が存在し、可視光画像において1画素のみが高輝度に撮像されている場合、赤外光画像においても可視光画像で撮像されている画素位置に対応する画素の2画素より近傍に点光源が撮像される。また、実質的に同一の時刻の撮像とは、撮像時刻の差が1フレーム以下で等しいことを示している。

30

【0019】

また、前記メモリから取得される前記赤外光の強度は、前記光源から照射されて前記被写体に反射された赤外光が撮像素子によって受光されるときに、互いに異なる少なくとも3回のタイミングでの前記撮像素子の露光によって計測された少なくとも3つの強度からなり、前記第2奥行きの算出では、前記少なくとも3つの強度に基づいて前記第2奥行きを算出してもよい。

【0020】

これにより、ToFを用いて第2奥行きを高い精度で算出することができる。

【0021】

また、前記第1信頼性マスクの算出では、1から前記第2信頼性マスクを減算することによって前記第1信頼性マスクを算出してもよい。

40

【0022】

これにより、第1信頼性マスクを可視光画像から算出する場合と比較してその算出の負荷を低減することができる。

【0023】

また、前記統合奥行きの算出では、前記第2奥行きを算出することができない場合には、前記第1奥行きを前記統合奥行きとして算出してもよい。

【0024】

例えば、空などの無限遠が被写体として扱われる場合などには、第2奥行きを適切に算

50

出ることができない。したがって、このような場合に、第1奥行きを統合奥行きとして算出することによって、第2奥行きの欠損を第1奥行きで簡単に補うことができる。

【0025】

また、前記第2信頼性マスクの算出では、前記少なくとも3つの強度のうちの最大の強度と最小の強度との比に基づいて、前記第2信頼性マスクを算出してもよい。

【0026】

少なくとも3の強度のうちの最大の強度を信号強度として見なすことができ、最小の強度をノイズ強度として見なすことができる。したがって、最大の強度と最小の強度との比、すなわちSN比に基づいて第2信頼性マスクが算出されるため、その第2信頼性マスクを適切に算出することができる。

10

【0027】

なお、これらの包括的または具体的な態様は、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラムまたはコンピュータ読み取り可能なCD-ROMなどの記録媒体で実現されてもよく、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラムまたは記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。また、記録媒体は、非一時的な記録媒体であってもよい。

【0028】

以下、実施の形態について、図面を参照しながら具体的に説明する。

【0029】

なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的または具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

20

【0030】

また、各図は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。また、各図において、同じ構成部材については同じ符号を付している。

【0031】

(実施の形態)

[ハードウェア構成]

図1は、実施の形態に係る奥行取得装置1のハードウェア構成を示すブロック図である。本実施の形態における奥行取得装置1は、赤外光(または近赤外線光)に基づく画像と、可視光に基づく画像とを、実質的に同一のシーンに対する撮像であって、かつ、実質的に同一の視点および時刻での撮像によって取得することができるハードウェア構成を有する。なお、実質的に同一とは、本開示における効果を奏し得る程度に同一であることを意味する。

30

【0032】

図1に示されるように、奥行取得装置1は、光源10と、固体撮像素子20と、処理回路30と、拡散板50と、レンズ60と、バンドパスフィルタ70とを含んで構成される。

40

【0033】

光源10は、照射光を照射する。より具体的には、光源10は、処理回路30で生成された発光信号によって示されるタイミングで、被写体に照射する照射光を発光する。

【0034】

光源10は、例えば、コンデンサ、駆動回路、及び発光素子を含んで構成され、コンデンサに蓄積された電気エネルギーで発光素子を駆動することで発光する。発光素子は、一例として、レーザダイオード、発光ダイオード等により実現される。なお、光源10は、1種類の発光素子を含む構成であっても構わないし、目的に応じた複数種類の発光素子を含む構成であっても構わない。

【0035】

50

以下では、発光素子は、例えば、近赤外線光を発光するレーザダイオード、または、近赤外線光を発光する発光ダイオード等である。しかしながら、光源10が照射する照射光は、近赤外線光に限定される必要はない。光源10が照射する照射光は、例えば、近赤外線光以外の周波数帯の赤外光（赤外線光ともいう）であっても構わない。以下、本実施の形態では、光源10が照射する照射光を赤外光として説明するが、その赤外光は、近赤外線光であってもよく、近赤外線光以外の周波数帯の赤外光であってもよい。

【0036】

固体撮像素子20は、被写体を撮像して露光量を示す撮像信号を出力する。より具体的には、固体撮像素子20は、処理回路30で生成された露光信号によって示されるタイミングで露光を行い、露光量を示す撮像信号を出力する。

10

【0037】

固体撮像素子20は、照射光が被写体により反射した反射光を用いて撮像する第1画素と、被写体を撮像する第2画素とがアレイ状に配置されてなる画素アレイを有する。固体撮像素子20は、例えば、必要に応じて、カバーガラス、ADコンバータ等のロジック機能を有していても構わない。

【0038】

以下では、照射光と同様に、反射光は、赤外光であるとして説明するが、反射光は、照射光が被写体により反射した光であれば、赤外光に限定される必要はない。

【0039】

図2は、固体撮像素子20が有する画素アレイ2を示す模式図である。

20

【0040】

図2に示されるように、画素アレイ2は、照射光が被写体により反射した反射光を用いて撮像する第1画素21（IR画素）と、被写体を撮像する第2画素22（BW画素）とが列単位で交互に並ぶように、アレイ状に配置されて構成される。

【0041】

また、図2では、画素アレイ2において、第2画素22と第1画素21が行方向に隣接するように並べられ、行方向のストライプ状に並ぶように配置されているが、これに限定されず、複数行置き（一例として、2行置き）に配置されていてもよい。つまり、第2画素22が行方向に隣接するように並べられる第1の行と第1画素21が行方向に隣接するように並べられる第2の行は、M行置き（Mは自然数）に交互に配置されてもよい。更に、第2画素22が行方向に隣接するように並べられる第1の行と第1画素21が行方向に隣接するように並べられる第2の行は、異なる行置き（第1の行はN行、第2の行はL行を交互に繰り返す（NとLは、異なる自然数））に配置されていてもよい。

30

【0042】

第1画素21は、例えば、反射光である赤外光に感度を有する赤外光画素で実現される。第2画素22は、例えば、可視光に感度を有する可視光画素で実現される。

【0043】

赤外光画素は、例えば、赤外光のみを透過させる光学フィルタ（IRフィルタともいう）、マイクロレンズ、光電変換部としての受光素子、および、受光素子で生成された電荷を蓄積する蓄積部等を含んで構成される。したがって、画素アレイ2に含まれる複数の赤外光画素（すなわち第1画素21）から出力される撮像信号によって、赤外光の輝度を示す画像が表現される。この赤外光の画像を、以下、IR画像または赤外光画像ともいう。

40

【0044】

また、可視光画素は、例えば、可視光のみを透過させる光学フィルタ（BWフィルタともいう）、マイクロレンズ、光電変換部としての受光素子、および、受光素子で変換された電荷を蓄積する蓄積部等を含んで構成される。したがって、可視光画素、すなわち第2画素22は、輝度および色差を示す撮像信号を出力する。つまり、画素アレイ2に含まれる複数の第2画素22から出力される撮像信号によって、可視光の輝度および色差を示すカラー画像が表現される。なお、可視光画素の光学フィルタは、可視光と赤外光との双方を透過させても構わないし、可視光のうち、赤（R）、緑（G）、または青（B）等の特

50

定の波長帯域の光だけを透過させても構わない。

【0045】

また、可視光画素は、可視光の輝度のみを検出してよい。この場合には、可視光画素、すなわち第2画素22は、輝度を示す撮像信号を出力する。したがって、画素アレイ2に含まれる複数の第2画素22から出力される撮像信号によって、可視光の輝度を示す白黒の画像、言い換えればモノクロの画像が表現される。このモノクロの画像を、以下、BW画像ともいう。なお、上述のカラー画像およびBW画像を総称して、可視光画像ともいう。

【0046】

再び図1に戻って、奥行取得装置1の説明を続ける。

10

【0047】

処理回路30は、固体撮像素子20によって出力された撮像信号を用いて、被写体に係る被写体情報を演算する。

【0048】

処理回路30は、例えば、マイクロコンピュータ等の演算処理装置によって構成される。マイクロコンピュータは、プロセッサ(マイクロプロセッサ)、メモリ等を含み、メモリに格納された駆動プログラムがプロセッサにより実行されることで、発光信号および露光信号を生成する。なお、処理回路30は、FPGAまたはISP等を用いてもよく、1つのハードウェアから構成されても、複数のハードウェアから構成されてもかまわない。

【0049】

処理回路30は、例えば、固体撮像素子20の第1画素21からの撮像信号を用いて行うToF測距方式により、被写体までの距離を算出する。

20

【0050】

以下、図面を参照しながら、処理回路30が行うToF測距方式による被写体までの距離の算出について説明する。

【0051】

図3は、処理回路30が、ToF測距方式を用いて被写体までの距離の算出を行う際における、光源10の発光素子の発光タイミングと、固体撮像素子20の第1画素21の露光タイミングとの関係を示すタイミング図である。

【0052】

図3において、Tpは光源10の発光素子が照射光を発光する発光期間であり、Tdは、光源10の発光素子が照射光を発光してから、その照射光が被写体により反射した反射光が、固体撮像素子20に戻ってくるまでの遅延時間である。そして、第1露光期間は、光源10が発射光を発光する発光期間と同じタイミングとなっており、第2露光期間は、第1露光期間の終了時点から、発光期間Tpが経過するまでのタイミングとなっている。

30

【0053】

図3において、q1は、第1露光期間内における反射光による、固体撮像素子20の第1画素21における露光量の総量を示し、q2は、第2露光期間内における反射光による、固体撮像素子20の第1画素21における露光量の総量を示す。

【0054】

光源10の発光素子による照射光の発光と、固体撮像素子20の第1画素21による露光とを、図3に示されるタイミングで行うことで、被写体までの距離dは、光速をcとして、以下の(式1)で表すことができる。

40

【0055】

$$d = c \times T_p / 2 \times q_2 / (q_1 + q_2) \quad \dots (式1)$$

【0056】

このため、処理回路30は、(式1)を利用することで、固体撮像素子20の第1画素21からの撮像信号を用いて、被写体までの距離を算出することができる。

【0057】

また、固体撮像素子20の複数の第1画素21は、第1露光期間および第2露光期間の

50

終了後に、第3露光期間 $T_p$ だけ露光してもよい。複数の第1画素 $2_1$ は、この第3露光期間 $T_p$ において得られる露光量によって、反射光以外のノイズを検出することができる。つまり、処理回路30は、上記(式1)において、第1露光期間の露光量 $q_1$ および第2露光期間の露光量 $q_2$ のそれぞれからノイズを削除することによって、より正確に、被写体までの距離 $d$ を算出することができる。

【0058】

再び図1に戻って、奥行取得装置1の説明を続ける。

【0059】

処理回路30は、例えば、固体撮像素子20の第2画素 $2_2$ からの撮像信号を用いて、被写体の検知、及び被写体までの距離の算出を行ってもよい。

10

【0060】

すなわち、処理回路30は、固体撮像素子20の複数の第2画素 $2_2$ によって撮像された可視光画像に基づいて、被写体の検知、及び被写体までの距離の算出を行ってもよい。ここで、被写体の検知は、例えば、被写体の特異点のエッジ検出によりパターン認識で形状の判別を行うことで実現してもよいし、事前に学習した学習モデルを利用してDeep Learningなどの処理により実現してもかまわない。また、被写体までの距離の算出は、世界座標変換を用いて行ってもよい。もちろん、可視光画像だけでなく、第1画素 $2_1$ によって撮像された赤外光の輝度や距離情報を利用してマルチモーダルな学習処理により被写体の検知を実現してもよい。

【0061】

20

処理回路30は、発光するタイミングを示す発光信号と、露光するタイミングを示す露光信号とを生成する。そして、処理回路30は、生成した発光信号を光源10へ出力し、生成した露光信号を固体撮像素子20へ出力する。

【0062】

処理回路30は、例えば、所定の周期で光源10を発光させるように発光信号を生成して出力し、所定の周期で固体撮像素子20を露光させるように露光信号を生成して出力することで、奥行取得装置1に、所定のフレームレートによる連続撮像を実現させてもよい。また、処理回路30は、例えばプロセッサ(マイクロプロセッサ)、メモリ等を含み、メモリに格納された駆動プログラムがプロセッサにより実行されることで、発光信号および露光信号を生成する。

30

【0063】

拡散板50は、照射光の強度分布と角度を調整する。また、強度分布の調整では、拡散板50は、光源10からの照射光の強度分布を一様にする。なお、図1に示す例では、奥行取得装置1は、拡散板50を備えるが、この拡散板50を備えていなくてもよい。

【0064】

レンズ60は、奥行取得装置1の外部から入る光を、固体撮像素子20の画素アレイ2の表面に集光する光学レンズである。

【0065】

バンドパスフィルタ70は、反射光である赤外光と、可視光とを透過させる光学フィルタである。

40

【0066】

上記構成の奥行取得装置1は、輸送機器に搭載されて利用される。例えば、奥行取得装置1は、路面を走行する車両に搭載されて利用される。なお、奥行取得装置1が搭載される輸送機器は、必ずしも車両に限定される必要はない。奥行取得装置1は、例えば、オートバイ、ボート、飛行機等といった、車両以外の輸送機器に搭載されて利用されても構わない。

【0067】

[奥行取得装置の機能構成]

本実施の形態における奥行取得装置1は、図1に示すハードウェア構成によって、IR画像とBW画像とを、実質的に同一のシーンに対する撮像であって、かつ、実質的に同一

50

の視点および時刻の撮像によって取得する。そして、奥行取得装置 1 は、その I R 画像から得られる、その I R 画像内の各位置における奥行きと、その B W 画像から得られる、その B W 画像内の各位置における奥行きとを統合することによって、その各位置における統合奥行きを算出する。なお、本実施の形態において、I R 画像は、各画素位置における赤外光の強度を示す。したがって、その I R 画像の取得は、固体撮像素子 2 0 の各第 1 画素 2 1 が赤外光を受光することによって計測された赤外光の強度の取得を意味する。

【 0 0 6 8 】

図 4 は、奥行取得装置 1 の機能構成の一例を示すブロック図である。

【 0 0 6 9 】

奥行取得装置 1 は、光源 1 0 1 と、I R カメラ 1 0 2 と、B W カメラ 1 0 3 と、プロセッサ 1 1 0 a と、メモリ 2 0 0 とを備える。なお、本実施の形態における奥行取得装置 1 は、光源 1 0 1、I R カメラ 1 0 2 および B W カメラ 1 0 3 を備えているが、これらの構成要素を備えず、プロセッサ 1 1 0 a およびメモリ 2 0 0 のみを備えていてもよい。

10

【 0 0 7 0 】

光源 1 0 1 は、図 1 に示す光源 1 0 および拡散板 5 0 から構成されていてもよく、発光することによって赤外光を被写体に照射する。

【 0 0 7 1 】

I R カメラ 1 0 2 は、赤外光カメラともいい、図 1 に示す固体撮像素子 2 0 の複数の第 1 画素 2 1、レンズ 6 0 およびバンドパスフィルタ 7 0 から構成されていてもよい。このような I R カメラ 1 0 2 は、光源 1 0 1 が被写体に赤外光を照射するタイミングに応じて、その被写体を含むシーンの赤外光に基づく撮像を行うことによって、I R 画像を取得する。

20

【 0 0 7 2 】

B W カメラ 1 0 3 は、可視光カメラともいい、図 1 に示す固体撮像素子 2 0 の複数の第 2 画素 2 2、レンズ 6 0 およびバンドパスフィルタ 7 0 から構成されていてもよい。このような B W カメラ 1 0 3 は、I R 画像と実質的に同一のシーンの可視光に基づく撮像であって、その I R 画像と実質的に同一の視点および同一の時刻での撮像を行うことによって、可視光画像（具体的には B W 画像）を取得する。

【 0 0 7 3 】

メモリ 2 0 0 は、I R カメラ 1 0 2 による撮像によって得られた I R 画像と、B W カメラ 1 0 3 による撮像によって得られた B W 画像とを格納するための記録媒体である。なお、このようなメモリ 2 0 0 は、具体的には、R O M (Read Only Memory)、R A M (Random access memory) または S S D (solid state drive) などであってもよく、不揮発性または揮発性であってもよい。また、メモリ 2 0 0 は、ハードディスクであってもよい。

30

【 0 0 7 4 】

プロセッサ 1 1 0 a は、メモリ 2 0 0 から I R 画像および B W 画像を取得し、I R 画像から算出される奥行きと、B W 画像から算出される奥行きとを統合する。このようなプロセッサ 1 1 0 a は、発光制御部 1 1 3 と、I R 強度取得部 1 1 4 と、B W 画像取得部 1 1 5 と、B W 奥行算出部 1 1 1 a と、I R 奥行算出部 1 1 1 b と、統合奥行算出部 1 1 1 c と、信頼性マスク算出部 1 1 2 とを備える。

40

【 0 0 7 5 】

発光制御部 1 1 3 は、光源 1 0 1 を制御する。つまり、発光制御部 1 1 3 は、上述の発光信号を光源 1 0 1 に出力することによって、その光源 1 0 1 を発光させる。これにより、光源 1 0 1 から赤外光が被写体に照射され、その被写体によって反射された光である反射光が I R カメラ 1 0 2 に入射する。

【 0 0 7 6 】

B W 画像取得部 1 1 5 は、B W カメラ 1 0 3 からメモリ 2 0 0 を介して B W 画像を取得する。つまり、B W 画像取得部 1 1 5 は、可視光に基づく被写体の撮像によって生成され、メモリ 2 0 0 に保存されている B W 画像を取得する。

【 0 0 7 7 】

50

IR強度取得部114は、IRカメラ102からメモリ200を介してIR画像を取得する。ここで、IR画像の各画素は、その画素の位置において受光された赤外光の強度を画素値（具体的には輝度）として示す。したがって、IR強度取得部114は、IR画像を取得することによって、赤外光の強度を取得する。つまり、IR強度取得部114は、光源101から照射されて被写体によって反射された赤外光を受光することによって計測され、メモリ200に保存されている赤外光の強度を取得する。

【0078】

BW奥行算出部111aは、BW画像取得部115によって取得されたBW画像に基づいて、被写体までの距離であるBW奥行きを算出する。なお、このBW奥行算出部111aは、第1奥行算出部に相当する。

10

【0079】

IR奥行算出部111bは、IR強度取得部114によって取得された赤外光の強度に基づいて、被写体までの距離であるIR奥行きを算出する。なお、このIR奥行算出部111bは、第2奥行算出部に相当する。

【0080】

信頼性マスク算出部112は、BW奥行きの信頼性を二値で表すBW信頼性マスクを算出し、さらに、IR奥行きの信頼性を二値で表すIR信頼性マスクを算出する。

【0081】

統合奥行算出部111cは、BW信頼性マスクおよびIR信頼性マスクに基づいて、BW奥行きおよびIR奥行きを統合することによって統合奥行きを算出する。

20

【0082】

このような本実施の形態における奥行取得装置1では、被写体に反射された赤外光の強度に基づいて、その被写体までの距離としてIR奥行きが算出されるだけでなく、BW画像に基づくBW奥行きも、その被写体までの距離として算出される。そして、これらのBW奥行きとIR奥行きとが、BW信頼性マスクおよびIR信頼性マスクに基づいて統合される。したがって、被写体における赤外光の反射率が低いために、その赤外光の強度に基づいて算出されたIR奥行きの信頼性が低くても、BW奥行きを用いて、そのIR奥行きを補正し、統合奥行きとして算出することができる。言い換えれば、IR奥行きが欠損していても、BW奥行きでその欠損を補うことができる。その結果、最終的に算出される被写体までの奥行きの信頼性または精度を向上することができる。

30

【0083】

また、BW信頼性マスクおよびIR信頼性マスクはそれぞれ二値であるため、BW奥行きとIR奥行きとの統合を簡単に行うことができ、適切な統合奥行きを容易に算出することができる。

【0084】

また、本実施の形態では、赤外光の受光は、赤外光に基づく撮像によって行われ、可視光に基づく撮像と、赤外光に基づく撮像とでは、撮像対象のシーンと、撮像の視点および時刻とが実質的に同一である。これにより、可視光に基づく撮像によって得られるBW画像の各画素と、赤外光に基づく撮像によって得られるIR画像の各画素とを適切に対応付けることができる。したがって、互いに対応するBW奥行きとIR奥行きとを用いて、統合奥行きを高い精度で算出することができる。

40

【0085】

[赤外光の強度]

図5は、IR強度取得部114によって取得される赤外光の強度の一例を示す。

【0086】

本実施の形態におけるIRカメラ102に用いられる固体撮像素子20は、光源101から照射されて被写体に反射された赤外光を受光する。ここで、光源101から照射される赤外光はパルス光であるが、被写体に反射された赤外光の強度は、その反射または内部散乱などによって、図5の(a)に示すように、時間方向に広がる。

【0087】

50

本実施の形態における I R 強度取得部 1 1 4 は、固体撮像素子 2 0 に反射光を受光させるときには、光源 1 0 1 が赤外光を照射するタイミングに応じて、上述の露光信号を固体撮像素子 2 0 に出力する。その結果、その固体撮像素子 2 0 は、互いに異なる少なくとも 3 回のタイミングで露光される。なお、そのタイミングを露光タイミングともいう。また、本実施の形態では、その露光タイミングは 3 回である。

#### 【 0 0 8 8 】

固体撮像素子 2 0 は、反射光である赤外光を受光する場合、その 3 回の露光タイミングによって、図 5 の ( a ) に示すように、区間 T 1 と、区間 T 1 に後続する区間 T 2 と、区間 T 2 に後続する区間 T 3 とのそれぞれで赤外光を受光する。なお、区間 T 1、T 2 および T 3 はそれぞれ互いに異なる露光タイミングに露光される区間であって、これらの区間の時間間隔は同一である。この時間間隔は、測定対象の距離の範囲に基づいて定められる。例えば、主となる被写体までの距離 L が 1 5 m、光速 c を  $3 \times 10^8$  m / s とすると、反射光が理想的に返ってくる時間  $t_r$  は、 $t_r = 2L / c = 100$  ns となる。したがって、測定対象の反射光が理想的に返ってくる時間 100 ns を、上述の時間間隔に用いることで、反射光を受光することが可能となる。なお、この時間間隔は、一例であり、反射光が受光されれば距離を算出できるため、厳密にその時間間隔を用いる必要はない。

10

#### 【 0 0 8 9 】

被写体が I R カメラ 1 0 2 に近い場合、固体撮像素子 2 0 によって受光される反射光の強度は、区間 T 1 ~ T 3 の中で最も早い区間 T 1 において大きく、時間の経過とともに減少する。被写体との距離と反射光強度の関係については後述する。なお、固体撮像素子 2 0 には、背景光がバックグラウンドノイズとして何れの区間にも受光されている。また、区間 T 3 において受光される赤外光の多くは、光源 1 0 1 に基づく反射光ではなくバックグラウンドノイズである。

20

#### 【 0 0 9 0 】

ここで、被写体と I R カメラ 1 0 2 との距離の遠近について説明する。赤外光を発光した時刻を 0 とし、区間 T 1 の中央の時刻を T 1 M とすると、時刻 0 から時刻 T 1 M までの時間で光が伝播する距離 L M は  $L M = c \times T 1 M$  である。ある画素に着目すると、その画素に対応する被写体までの距離が  $L M / 2$  より小さい場合、被写体と I R カメラ 1 0 2 との距離は近いことを意味する。一方、その画素に対応する被写体までの距離が  $L M / 2$  より大きい場合、被写体と I R カメラ 1 0 2 との距離は遠いことを意味する。言い換えると、区間 T 1 の露光時間に反射光のピークがすでに通過した場合が近く、まだ通過していない場合が遠い。したがって、区間 T 1 において、反射光のピークがすでに通過した場合、区間 T 2 と区間 T 3 で反射光の強度は増加することはない。一方、被写体までの距離が遠い場合、区間 T 1 において、まだピークが到達していないため、区間 T 2 および区間 T 3 にかけて反射光の強度のピークが接近、あるいは、到達するため、区間 T 1 で観測された反射光の強度よりも大きい強度が区間 T 2 で観測され、区間 T 3 で区間 T 2 よりも大きい強度が観測される。但し、反射光の時間方向の広がりがあるため、区間 T 2 で反射光のピークが観測された場合、区間 T 3 で観測される反射光の強度は区間 T 2 より小さくなる。

30

#### 【 0 0 9 1 】

このように、本実施の形態では、I R 強度取得部 1 1 4 によってメモリ 2 0 0 から取得される赤外光の強度は、光源 1 0 1 から照射されて被写体に反射された赤外光が固体撮像素子 2 0 によって受光されるときに、互いに異なる少なくとも 3 回のタイミングでの固体撮像素子 2 0 の露光によって計測された少なくとも 3 つの強度からなる。

40

#### 【 0 0 9 2 】

また、固体撮像素子 2 0 の各第 1 画素 2 1 は、図 5 の ( b ) に示すように、それぞれの区間における反射光 ( すなわち赤外光 ) の強度の累積値を、その区間に対応する時刻での赤外光の強度として出力する。つまり、固体撮像素子 2 0 は、区間 T 1 における赤外光の強度の累積値を、時刻 t 1 における赤外光の強度として出力する。同様に、固体撮像素子 2 0 は、区間 T 2 および T 3 における赤外光の強度の累積値を、時刻 t 2 および時刻 t 3

50

における赤外光の強度としてそれぞれ出力する。IR強度取得部114は、このような3つの区間のそれぞれでの赤外光の強度の累積値を、互いに異なる3回のタイミングでの固体撮像素子20の露光によって計測された3つの強度として取得する。

【0093】

なお、時刻 $t_1$ 、 $t_2$ および $t_3$ は、区間 $T_1$ 、 $T_2$ および $T_3$ のそれぞれにおける中間の時刻であって、互いに異なる露光タイミングとして扱われてもよい。また、これらの時刻は、光源101から赤外光が照射された時点からの経過時間を示す。さらに、以下の説明では、露光タイミングにおいて受光または取得される赤外光の強度は、その露光タイミングに対応する区間での赤外光の強度の累積値を意味する。

【0094】

図6は、IR強度取得部114によって取得される赤外光の強度の他の例を示す。

【0095】

被写体がIRカメラ102に近い場合、図6の(a)に示すように、固体撮像素子20から出力される赤外光の強度は、露光タイミング $t_1$ において最も大きく、その後の露光タイミング $t_2$ では小さく、さらに後の露光タイミング $t_3$ では最も小さい。なお、露光タイミング $t_3$ における赤外光の強度は、バックグラウンドノイズの強度に近い。

【0096】

逆に、被写体がIRカメラ102から遠い場合、図6の(b)に示すように、固体撮像素子20から出力される赤外光の強度は、露光タイミング $t_1$ において最も小さく、その後の露光タイミング $t_2$ では大きく、さらに後の露光タイミング $t_3$ では最も大きい。なお、露光タイミング $t_1$ における赤外光の強度は、バックグラウンドノイズの強度に近い。

【0097】

[ IR奥行き の算出方法 ]

図7は、IR強度取得部114によって取得される赤外光の強度と、バックグラウンドノイズとの一例を示す。

【0098】

上述のように、パルス光を用いた測距方法はToF (Time of Flight: 飛行時間法) と呼ばれる。このToFでは、パルス光が照射されてから、被写体によって反射され、そのパルス光の反射光が観測されるまでの時間に基づいて、その被写体までの距離である奥行きを算出する。奥行きを $L$ とし、光速を $c$ とし、経過時間を $t$ とすると、その奥行きは、理想的には $L = c \cdot t / 2$ によって算出される。なおパルス光は反射されるので、光路は奥行きの2倍である。

【0099】

距離分解能を高めるには、短い時間で多数の露光を行い、どの露光タイミングで反射光が観測されたかを調べればよい。しかし、露光時間が短いと受光の強度が低下する。すなわち、SN比が低下し、算出される奥行きの信頼性が低下する。

【0100】

このため、本実施の形態では、少ない露光回数、すなわち3回の露光で反射光を観測する。また、本実施の形態では、パルス光として赤外光を用いるが、環境光(すなわち背景光)にも赤外成分が含まれる。したがって、図7に示すように、常に背景光の強度 $I_{back}$ がバックグラウンドノイズとして観測される。この背景光は、全ての露光タイミングのそれぞれにおいて取得される赤外光に、同じ強度だけ含まれると考えられる。したがって、互いに異なる露光タイミングにおいて取得される赤外光の強度の差を使うことで、背景光の影響を除去できる。

【0101】

3つの露光タイミングにおいて取得される赤外光の強度から距離を算出する方法は、複数ある。単純な例では、IR奥行算出部111bは、各露光タイミングにおいて取得された赤外光のうち、強度が最小の赤外光を背景光と見なし、その最小の赤外光以外の赤外光の強度から、背景光の強度を除く。これによって、背景光の影響を受けていない赤外光の

10

20

30

40

50

強度を取得することができる。具体的には、図7に示すように、IR 奥行算出部 1 1 1 b は、露光タイミング t 3 で取得された赤外光の強度 I 3 を、背景光の強度 I b a c k と見なす。そして、IR 奥行算出部 1 1 1 b は、露光タイミング t 1 で取得された赤外光の強度 I 1 から背景光の強度 I b a c k として強度 I 3 を除き、露光タイミング t 3 で取得された赤外光の強度 I 2 から背景光の強度 I b a c k として強度 I 3 を除く。これにより、時刻 t 1 および t 2 のそれぞれにおいて、背景光の影響を受けていない赤外光の強度が算出される。

#### 【0102】

ここで、図7に示す例の場合、IR 奥行算出部 1 1 1 b は、最大の強度 I 1 の赤外光が受光された露光タイミング t 1 までの経過時間を、T o F の経過時間 t に用いてもよい。また、IR 奥行算出部 1 1 1 b は、最大の強度 I 1 の赤外光が受光された露光タイミング t 1 と、強度 I 1 の次に大きい強度 I 2 の赤外光が受光された露光タイミング t 2 とを用いて、T o F の経過時間 t を算出してもよい。

10

#### 【0103】

例えば、赤外光の強度 I 1 と強度 I 2 とが等しい場合、IR 奥行算出部 1 1 1 b は、露光タイミング t 1 と t 2 との中間のタイミングまでの経過時間を、T o F の経過時間 t として算出してもよい。つまり、IR 奥行算出部 1 1 1 b は、強度 I 1 と強度 I 2 とを重み係数とする、露光タイミング t 1 と t 2 との加重平均から、経過時間 t を算出してもよい。

#### 【0104】

20

[ 赤外光の強度の信頼性 ]

また、光源 1 0 1 が発光しているときの赤外光のパルスの出力は一定とみなせる。したがって、固体撮像素子 2 0 において観測される反射光の強度は、図6に示すように単調減少したり、または単調増加することが期待される。しかし、実際には、その強度が単調増加も単調減少もしない場合がある。なお、本実施の形態における単調増加または単調減少には、その強度が変化しない状態は含まれない。

#### 【0105】

具体的には、赤外光の強度 I 1、I 2 および I 3 の時間変化のパターンには、上述の単調増加および単調減少以外に、例えば以下の3つのパターン1、パターン2およびパターン3がある。

30

#### 【0106】

パターン1では、観測される強度 I 1、I 2 および I 3 が等しい(すなわち、 $I 1 = I 2 = I 3$ )。このようなパターン1では、これらの強度は全て背景光の強度 I b a c k と見なせ、反射光が観測されなかったと考えられる。例えば、被写体が空などの無限遠、または反射しにくい物体であるときに、そのパターン1の状態が起こり得る。あるいは、被写体が、鏡面または一部の道路標識など、反射率が極めて高い物体であるときに、全ての露光タイミングにおいて、反射光の強度が固体撮像素子 2 0 の入力上限を越える(すなわち飽和する)。その結果、強度 I 1、I 2 および I 3 の全てが同じ値の最大強度 I m a x となる。

#### 【0107】

40

パターン2では、露光タイミング t 2 における強度 I 2 が最小となる。このようなパターン2の状態は、光源 1 0 1 以外の外光の明るさが変化することによって(例えば、赤外成分を含む光を放つライトが点灯したことによって)、背景光が一定でないときに生じる。

#### 【0108】

パターン3では、強度 I 1 が最大であって、強度 I 2 および強度 I 3 が同じである、あるいは、強度 I 3 が最大であって、強度 I 1 および強度 I 2 が同じである。つまり、固体撮像素子 2 0 は、露光タイミング t 1 で反射光を受光し、露光タイミング t 2 および t 3 では背景光のみを受光する。すなわち、 $I 1 > I 2 = I 3 = I b a c k$  が満たされている。あるいは、固体撮像素子 2 0 は、露光タイミング t 3 で反射光を受光し、露光タイミン

50

グ  $t_1$  および  $t_2$  では背景光のみを受光する。すなわち、 $I_3 > I_1 = I_2 = I_{back}$  が満たされている。また、前述したように、反射光の時間方向の広がりが露光時間間隔以下であり、区間  $T_2$  で反射光のピークが観測された場合 ( $I_2$  が最大)、区間  $T_3$  で観測される反射光の強度は区間  $T_2$  より小さくなる。これらの強度は、期待される正常な強度であり、算出される奥行きは信頼できる。

【0109】

以上のように、3つの露光タイミングでの赤外光の強度のパターンが、パターン1かパターン2の場合、その3つの露光タイミングの強度は、想定された受光強度でなく、それらの強度に基づいて算出されるIR奥行きの信頼性も低い。

【0110】

図8は、信頼性が低い赤外光の強度のパターンを示す。

【0111】

例えば、図8の(a)に示すように、露光タイミング  $t_1$  での赤外光の強度  $I_1$  と、露光タイミング  $t_2$  での赤外光の強度  $I_2$  と、露光タイミング  $t_3$  での赤外光の強度  $I_3$  とが同じであるパターンは、上述のパターン1に相当する。この場合には、被写体から反射される赤外光が弱すぎる、または強すぎる。例えば、被写体がIRカメラ102から無限遠にあるために、背景光である赤外光のみがノイズとしてIRカメラ102の固体撮像素子20に受光されている。または、固体撮像素子20に受光される赤外光の強度が飽和している。したがって、これらの赤外光の強度に基づいて算出されるIR奥行きの信頼性は低い。

【0112】

また、図8の(b)に示すように、露光タイミング  $t_2$  での赤外光の強度  $I_2$  が、露光タイミング  $t_1$  での赤外光の強度  $I_1$ 、および露光タイミング  $t_3$  での赤外光の強度  $I_3$  の何れよりも小さいパターンも、上述のパターン2に相当する。この場合には、外光の変化の影響によって、被写体から反射される赤外光を適切に受光することができていないため、これらの赤外光の強度に基づいて算出されるIR奥行きの信頼性は低い。

【0113】

図9は、信頼性が高い赤外光の強度のパターンを示す。

【0114】

例えば、図9の(a)に示すように、時間経過とともに赤外光の強度  $I_1$ 、 $I_2$  および  $I_3$  が単調減少するパターンは、被写体がIRカメラ102に近い場合に想定されるパターンである。したがって、これらの赤外光の強度  $I_1$ 、 $I_2$  および  $I_3$  に基づいて算出される奥行きの信頼性は高い。同様に、図9の(c)に示すように、時間経過とともに赤外光の強度  $I_1$ 、 $I_2$  および  $I_3$  が単調増加するパターンは、被写体がIRカメラ102から遠い場合に想定されるパターンである。したがって、これらの赤外光の強度  $I_1$ 、 $I_2$  および  $I_3$  に基づいて算出される奥行きの信頼性は高い。

【0115】

また、図9の(b)に示すように、露光タイミング  $t_1$  での赤外光の強度  $I_1$  が最大であって、露光タイミング  $t_2$  での赤外光の強度  $I_2$ 、および露光タイミング  $t_3$  での赤外光の強度  $I_3$  が同じであるパターンは、上述のパターン3に相当する。このようなパターンも、被写体がIRカメラ102から近い場合に想定されるパターンである。つまり、露光タイミング  $t_1$  において、被写体に反射された赤外光が受光され、露光タイミング  $t_2$  および  $t_3$  では、その反射光ではなく背景光が受光されていると想定される。したがって、これらの赤外光の強度  $I_1$ 、 $I_2$  および  $I_3$  に基づいて算出される奥行きの信頼性は高い。

【0116】

また、図9の(d)に示すように、露光タイミング  $t_2$  での赤外光の強度  $I_2$  が、露光タイミング  $t_1$  での赤外光の強度  $I_1$ 、および露光タイミング  $t_3$  での赤外光の強度  $I_3$  の何れよりも大きいパターンは、上述のパターン3に含まれる。このような図9の(d)に示すパターンは、反射光の時間方向の広がりが露光時間間隔以下であり、区間  $T_2$  で反

10

20

30

40

50

射光のピークが観測された場合に想定されるパターンである。したがって、これらの赤外光の強度  $I_1$ 、 $I_2$  および  $I_3$  に基づいて算出される奥行き信頼性は高い。

【0117】

このように、赤外光の強度  $I_1$ 、 $I_2$  および  $I_3$  のパターンから、それらの赤外光の強度の信頼性を判断することができる。したがって、本実施の形態における IR 奥行算出部 111b は、赤外光の強度の信頼性が低い場合には、その赤外光の強度に基づいて算出される IR 奥行きも信頼性が低いことが明らかであるため、その IR 奥行きを算出しなくてもよい。

【0118】

[ IR 信頼性マスクの算出方法 ]

図 10 は、IR 信頼性マスクの算出方法の一例を示す。

10

【0119】

信頼性マスク算出部 112 は、IR 信頼性マスクを算出するときには、3つの露光タイミングにおいて得られる赤外光の強度  $I_1$ 、 $I_2$  および  $I_3$  のうちの最大値と最小値とを用いる。つまり、信頼性マスク算出部 112 は、それらの強度のうちの最大値をシグナル強度として用い、それらの強度のうちの最小値をノイズ強度として用いることによって、SN比 (signal-noise ratio) を算出する。そして、信頼性マスク算出部 112 は、その SN比を、0 または 1 を示す二値の IR 信頼性マスクに変換する。

【0120】

例えば、図 10 の (a) および (b) に示すように、3つの露光タイミングにおいて得られる赤外光の強度  $I_1$ 、 $I_2$  および  $I_3$  のうちの最大値は強度  $I_1$  であり、最小値は強度  $I_3$  である。したがって、信頼性マスク算出部 112 は、強度  $I_1$  をシグナル強度として用い、強度  $I_3$  をノイズ強度として用いることによって、SN比を算出する。

20

【0121】

具体的には、図 10 の (a) に示す場合、信頼性マスク算出部 112 は、強度  $I_1$  をシグナル強度  $S_1$  として用い、強度  $I_3$  をノイズ強度  $N_1$  として用いることによって、SN比  $r_1$  を  $r_1 = S_1 / N_1$  によって算出する。同様に、図 10 の (b) に示す場合、信頼性マスク算出部 112 は、強度  $I_1$  をシグナル強度  $S_2$  として用い、強度  $I_3$  をノイズ強度  $N_2$  として用いることによって、SN比  $r_2$  を  $r_2 = S_2 / N_2$  によって算出する。

【0122】

ここで、図 10 の (a) に示す例では、図 10 の (b) に示す例よりも、SN比が大きい。その結果、図 10 の (a) に示す赤外光の強度  $I_1$ 、 $I_2$  および  $I_3$  に基づいて算出される IR 奥行きの方が、図 10 の (b) に示す赤外光の強度  $I_1$ 、 $I_2$  および  $I_3$  に基づいて算出される IR 奥行きよりも信頼性が高い。つまり、SN比は、赤外光の強度から算出される IR 奥行きの信頼性を示していると言える。

30

【0123】

したがって、本実施の形態における信頼性マスク算出部 112 は、上述のように、SN比を、0 または 1 を示す二値の IR 信頼性マスクに変換する。例えば、信頼性マスク算出部 112 は、SN比が閾値より大きい場合には、その SN比を、1 を示す IR 信頼性マスクに変換する。一方、信頼性マスク算出部 112 は、SN比が閾値以下の場合には、その SN比を、0 を示す IR 信頼性マスクに変換する。この SN比と比較される閾値は、予め定められていてもよい。例えば、信頼性マスク算出部 112 は、反射率の高い被写体によって反射される赤外光の強度を用いた SN比、すなわち最大と想定される SN比を予め算出しておき、その SN比の  $1/2$  を閾値として決定してもよい。

40

【0124】

このように、本実施の形態では、信頼性マスク算出部 112 は、少なくとも3つの赤外光の強度のうちの最大の強度と最小の強度との比に基づいて、IR 信頼性マスクを算出する。これにより、IR 信頼性マスクを適切に算出することができる。

【0125】

なお、信頼性マスク算出部 112 は、SN比の代わりに、常用対数  $\log(S/N)$  ま

50

たは自然対数  $\ln(S/N)$  を用い、その  $\log(S/N)$  などを正規化することによって、IR 信頼性マスクを算出してもよい。なお、 $S$  は、上述のように3つの赤外光の強度  $I_1$ 、 $I_2$  および  $I_3$  のうちの最大値であり、 $N$  は、それらのうちの最小値である。また、このような IR 信頼性マスクは、固体撮像素子 20 に含まれる複数の第 1 画素 21 のそれぞれについて、その第 1 画素 21 によって受光される赤外光に対して算出される。

#### 【0126】

##### [ BW 奥行き の算出方法 ]

BW 奥行算出部 111a は、BW 画像に基づいて、被写体までの距離である BW 奥行きを算出する。具体的には、BW 奥行算出部 111a は、SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) によって BW 奥行きを算出する (非特許文献: M. W. M. Gamin Di ssanayake, Steven Clark, Hugh F. Durrant-Whyte, A Solution to the Simultaneous Localization and Map Building (SLAM) Problem, IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol. 17, No. 3, 2001)。つまり、奥行取得装置 1 が車両に搭載され、その車両が移動している場合、BW 奥行算出部 111a は、BW カメラ 103 が移動しながら撮像することによって得られた、互いに異なる時間フレームの 2 枚の BW 画像を用いて BW 奥行きを算出する。このような SLAM によって、単眼カメラである BW カメラ 103 でもステレオ測距することが可能となり、被写体の奥行きを BW 奥行きとして算出することができる。なお、被写体の三次元位置と自己位置とを同時に推定する手法は、一般に SLAM と呼ばれるが、特に、本実施の形態のように、BW 画像のみを用いる手法は、Visual SLAM と呼ばれる。

10

20

#### 【0127】

##### [ BW 信頼性マスク の算出方法 ]

信頼性マスク算出部 112 は、BW 画像取得部 115 によって取得された BW 画像に基づいて BW 信頼性マスクを算出する。この場合、信頼性マスク算出部 112 は、BW 画像の画素ごとに、その画素に対応するテクスチャ量を算出する。例えば、信頼性マスク算出部 112 は、BW 画像の画素ごとに、その画素を含む領域内の輝度勾配の総和を、テクスチャ量として算出する。そして、信頼性マスク算出部 112 は、テクスチャ量を、0 または 1 を示す二値の BW 信頼性マスクに変換する。例えば、信頼性マスク算出部 112 は、テクスチャ量が閾値より大きい場合には、そのテクスチャ量を、1 を示す BW 信頼性マスクに変換する。一方、信頼性マスク算出部 112 は、テクスチャ量が閾値以下の場合には、そのテクスチャ量を、0 を示す BW 信頼性マスクに変換する。このテクスチャ量との比較に用いられる閾値は、予め定められていてもよい。例えば、信頼性マスク算出部 112 は、最大と想定されるテクスチャ量を算出しておき、そのテクスチャ量の  $1/2$  を閾値に決定してもよい。

30

#### 【0128】

または、信頼性マスク算出部 112 は、上述のように算出された IR 信頼性マスクを用いて BW 信頼性マスクを算出してもよい。この場合、信頼性マスク算出部 112 は、1 から IR 信頼性マスクを減算することによって、BW 信頼性マスクを算出する。言い換えれば、信頼性マスク算出部 112 は、IR 信頼性マスクが 1 であれば、BW 信頼性マスクを 0 に決定し、IR 信頼性マスクが 0 であれば、BW 信頼性マスクを 1 に決定してもよい。これにより、BW 信頼性マスクを BW 画像から算出する場合と比較してその算出の負荷を低減することができる。

40

#### 【0129】

##### [ 統合奥行き の算出方法 ]

統合奥行算出部 111c は、上述のように算出された BW 信頼性マスクおよび IR 信頼性マスクに基づいて、BW 奥行きおよび IR 奥行きを統合することによって統合奥行きを算出する。

#### 【0130】

例えば、BW 信頼性マスクが BW 画像から算出される場合、つまり、BW 信頼性マスクと IR 信頼性マスクとが独立に算出される場合、統合奥行算出部 111c は、IR 信頼性

50

マスクと、BW信頼性マスクとの和が1になるように、それらの信頼性マスクを調整してもよい。具体的には、統合奥行算出部111cは、BW信頼性マスクとIR信頼性マスクとが共に同じ値を示す場合には、IR信頼性マスクを優先させ、BW信頼性マスクの値を変更してもよい。つまり、統合奥行算出部111cは、IR信頼性マスクの値を変更することなく、BW信頼性マスクの値を1から0に、または0から1に変更する。

【0131】

つまり、BW信頼性マスクおよびIR信頼性マスクのうちの何れか一方は0であって、他方は1である。そして、統合奥行算出部111cは、BW信頼性マスクおよびIR信頼性マスクを、BW奥行きに対する重み係数およびIR奥行きに対する重み係数としてそれぞれ用いた、BW奥行きとIR奥行きとの重み付け加算によって、統合奥行きを算出する。

10

【0132】

また、BW信頼性マスクがIR信頼性マスクから算出される場合には、統合奥行算出部111cは、統合奥行きDを、 $D = (1 - W_{IE}) \times D_{BW} + W_{IR} \times D_{IR}$ によって算出する。

【0133】

[処理フロー]

図11は、本実施の形態における奥行取得装置1の処理動作を示すフローチャートである。

【0134】

(ステップS110)

まず、奥行取得装置1のBWカメラ103は、可視光に基づく被写体の撮像を行うことによってBW画像を取得する。このBW画像は、メモリ200に保存される。したがって、プロセッサ110aのBW画像取得部115は、BWカメラ103からメモリ200を介してそのBW画像を取得する。

20

【0135】

(ステップS120)

次に、IRカメラ102は、光源101から赤外光が照射された被写体の撮像を行うことによってIR画像を取得する。ここで、そのIR画像の各画素の輝度は、その赤外光の強度を示している。したがって、ステップS120では、IRカメラ102は、光源101から照射されて被写体によって反射された赤外光を受光することによってその赤外光の強度を取得する。また、このIR画像は、メモリ200に保存される。したがって、プロセッサ110aのIR強度取得部114は、IRカメラ102からメモリ200を介してそのIR画像を取得する。つまり、IR強度取得部114は、被写体によって反射された赤外光を受光することによって計測され、メモリ200に保存されている赤外光の強度を取得する。なお、この取得される赤外光の強度は、固体撮像素子20に含まれる各第1画素21によって計測された強度である。

30

【0136】

(ステップS130)

次に、BW奥行算出部111aは、BW画像に基づいて、被写体までの距離であるBW奥行きを算出する。具体的には、BW奥行算出部111aは、SLAMによってBW奥行きを算出する。つまり、奥行取得装置1が車両に搭載され、その車両が移動している場合、BW奥行算出部111aは、BWカメラ103が移動しながら撮像することによって得られた、互いに異なる時間フレームの2枚のBW画像を用いてBW奥行きを算出する。

40

【0137】

(ステップS140)

次に、IR奥行算出部111bは、ステップS120で取得された赤外光の強度に基づいて、被写体までの距離であるIR奥行きを算出する。つまり、IR奥行算出部111bは、3つの露光タイミングt1、t2およびt3において得られた赤外光の強度I1、I2およびI3を用いて経過時間tを算出し、ToFの手法にその経過時間tを適用す

50

ることによって、IR奥行きを算出する。このIR奥行きは、IR画像の画素ごと、すなわち固体撮像素子20の第1画素21ごとに算出される。

【0138】

ここで、3つの露光タイミング $t_1$ 、 $t_2$ および $t_3$ における赤外光の強度 $I_1$ 、 $I_2$ および $I_3$ の信頼性が低い場合には、IR奥行算出部111bは、それらの強度に基づいてIR奥行きを算出しなくてもよい。例えば、赤外光の強度の時間変化のパターンが、図8の(a)および(b)に示すパターンである場合、すなわち、上述のパターン1または2である場合、IR奥行算出部111bは、これらの赤外光の強度の信頼性が低いため、IR奥行きを算出しなくてもよい。

【0139】

(ステップS150)

次に、信頼性マスク算出部112は、ステップS130で算出されたBW奥行きの信頼性を二値で表すBW信頼性マスクを算出し、ステップS140で算出されたIR奥行きの信頼性を二値で表すIR信頼性マスクを算出する。なお、BW信頼性マスクおよびIR信頼性マスクのうちの何れか一方は0であって、他方は1である。

【0140】

(ステップS160)

次に、統合奥行算出部111cは、ステップS150で算出されたBW信頼性マスクおよびIR信頼性マスクに基づいて、ステップS130およびS140で算出されたBW奥行きおよびIR奥行きを統合することによって統合奥行きを算出する。

【0141】

これにより、IR信頼性マスクが閾値以上の場合には、IR奥行きの信頼性が十分に高く、BW奥行きとIR奥行きとを統合させる必要がない。したがって、このような場合には、IR奥行きを統合奥行きとして算出することによって、統合のための処理を省くことができ、処理負荷の低減を図ることができる。

【0142】

また、統合奥行算出部111cは、IR奥行きを算出することができない場合には、統合奥行きとしてBW奥行きを算出してもよい。例えば、上述のように、赤外光の強度の時間変化のパターンが、図8の(a)および(b)に示すパターンである場合、すなわち、上述のパターン1または2である場合、IR奥行きが算出されない。このような場合には、統合奥行算出部111cは、統合奥行きDとしてBW奥行き $D_{BW}$ を算出する。

【0143】

例えば、空などの無限遠が被写体として扱われる場合などには、IR奥行きを適切に算出することができない。したがって、このような場合に、BW奥行きを統合奥行きとして算出することによって、IR奥行きの欠損をBW奥行きで簡単に補うことができる。

【0144】

図12は、奥行取得装置1による信頼性マスクの算出の詳細な処理動作を示すフローチャートである。つまり、図12は、図11に示すステップS150の詳細な処理動作を示す。

【0145】

(ステップS151)

信頼性マスク算出部112は、まず、IR信頼性マスクを算出する。このときには、信頼性マスク算出部112は、固体撮像素子20に含まれる複数の第1画素21のそれぞれについて、その第1画素21によって計測された、3つの露光タイミング $t_1$ 、 $t_2$ および $t_3$ における赤外光の強度 $I_1$ 、 $I_2$ および $I_3$ を取得する。

【0146】

(ステップS152)

次に、信頼性マスク算出部112は、ステップS151で取得された赤外光の強度 $I_1$ 、 $I_2$ および $I_3$ に基づいて、図10に示すようにSN比を算出する。そして、信頼性マスク算出部112は、そのSN比を正規化することによって、それらの赤外光の強度に基

10

20

30

40

50

づいてステップ S 1 4 0 で算出された I R 奥行き信頼性を二値で示す I R 信頼性マスクを算出する。なお、I R 信頼性マスクは、固体撮像素子 2 0 に含まれる複数の第 1 画素 2 1 のそれぞれに対して算出される。

【 0 1 4 7 】

(ステップ S 1 5 3 )

次に、信頼性マスク算出部 1 1 2 は、B W 信頼性マスクを算出する。このときには、信頼性マスク算出部 1 1 2 は、まず、B W 画像に含まれる複数の画素のそれぞれについて、その画素に対応するテクスチャ量を算出する。例えば、信頼性マスク算出部 1 1 2 は、B W 画像の画素ごとに、その画素を含む領域内の輝度勾配の総和を、テクスチャ量として算出する。

10

【 0 1 4 8 】

(ステップ S 1 5 4 )

信頼性マスク算出部 1 1 2 は、B W 画像に含まれる複数の画素のそれぞれについて、例えば、ステップ S 1 5 3 で算出されたその画素に対応するテクスチャ量を正規化する。これによって、信頼性マスク算出部 1 1 2 は、ステップ S 1 3 0 で算出されたその画素に対応する B W 奥行き信頼性を二値で示す B W 信頼性マスクを算出する。

【 0 1 4 9 】

上述の例では、信頼性マスク算出部 1 1 2 は、B W 画像に基づいて B W 信頼性マスクを算出するが、上述のように、1 から I R 信頼性マスクを減算することによって、B W 画像を用いずに B W 信頼性マスクを算出してもよい。

20

【 0 1 5 0 】

(変形例)

上記実施の形態では、統合奥行きの算出に、B W 信頼性マスクおよび I R 信頼性マスクなどの信頼性マスクを用いたが、その信頼性マスクを用いることなく、学習モデルを用いて統合奥行きを算出してもよい。

【 0 1 5 1 】

図 1 3 は、本変形例における奥行取得装置 1 の機能構成の一例を示すブロック図である。なお、図 1 3 に示す構成要素のうち、図 4 に示す構成要素と同一の構成要素については、図 4 に示す構成要素と同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。

【 0 1 5 2 】

本変形例における奥行取得装置 1 は、図 4 に示すプロセッサ 1 1 0 a の代わりにプロセッサ 1 0 0 b を備え、さらに、学習モデル 1 0 4 を備える。

30

【 0 1 5 3 】

学習モデル 1 0 4 は、例えばニューラルネットワークであって、深層学習によって構成されている。例えば、この学習モデル 1 0 4 に入力される入力データには、B W 画像と、その B W 画像から算出された B W 奥行きと、3 つの露光タイミングのそれぞれにおける赤外光の強度と、それらの赤外光の強度に基づく I R 画像と、それらの赤外光の強度から算出された I R 奥行きと、のうちの少なくとも 2 つの任意のデータを用いてもよい。この学習モデル 1 0 4 では、その少なくとも 2 つの任意のデータである入力データの組み合わせに対して、正解の統合奥行きが出力されるように、既に学習が行われている。なお、プロセッサ 1 1 0 b は、後述のとおり、信頼性マスク算出部 1 1 2 を備えていない。しかし、プロセッサ 1 1 0 b がこの信頼性マスク算出部 1 1 2 を備えている場合には、入力データとして、その信頼性マスク算出部 1 1 2 から出力される B W 信頼性マスクおよび I R 信頼性マスクの少なくとも一方が用いられてもよい。なお、B W 信頼性マスクおよび I R 信頼性マスクだけが入力データとして用いられることはない。

40

【 0 1 5 4 】

なお、深層学習を用いた画像補間技術は、非特許文献 ( Satoshi Iizuka, Edgar Simo-Serra and Hiroshi Ishikawa “ Globally and Locally Consistent Image Completion ” , ACM Transactions on Graphics, Vol. 36, No. 4, Article 107. Publication date: July 2017. ) に開示されている。しかし、この非特許文献に用いられる学習モデルには、R

50

G B 画像と、欠損補間位置を示す二値マスクとが入力データとして入力され、その入力データに対して、欠損補間された R G B 画像が出力データとしてその学習モデルから出力される。

【0155】

プロセッサ 100 b は、図 4 に示す信頼性マスク算出部 112 を備えておらず、図 4 に示す統合奥行き算出部 111 c の代わりに、統合奥行き算出部 111 d を備える。

【0156】

統合奥行き算出部 111 d は、上述の学習モデル 104 に対して上述の入力データを入力する。その結果、統合奥行き算出部 111 d は、その入力データに対する出力データとして、統合奥行きを学習モデル 104 から取得する。

10

【0157】

つまり、図 13 に示す奥行き取得装置 1 は、メモリ 200 とプロセッサ 110 b とを備える。プロセッサ 110 b の B W 画像取得部 115 は、B W カメラ 103 による可視光に基づく被写体の撮像によって生成され、メモリ 200 に保存されている B W 画像を取得する。I R 強度取得部 114 は、光源 101 から照射されて被写体によって反射された赤外光を受光することによって計測され、メモリ 200 に保存されている赤外光の強度を取得する。B W 奥行き算出部 111 a は、B W 画像に基づいて、被写体までの距離である B W 奥行きを算出する。I R 奥行き算出部 111 b は、赤外光の強度に基づいて、被写体までの距離である I R 奥行きを算出する。統合奥行き算出部 111 d は、B W 画像、赤外光の強度、B W 奥行きおよび I R 奥行きを、学習モデル 104 に入力することによって、B W 奥行きと I R 奥行きとが統合された統合奥行きを、学習モデル 104 から取得する。

20

【0158】

これにより、B W 画像、赤外光の強度、B W 奥行きおよび I R 奥行きの入力に対して、正解の統合奥行きが出力されるように、学習モデル 104 に予め学習させておけば、B W 信頼性マスクおよび I R 信頼性マスクを算出することなく、適切な統合奥行きを簡単に取得することができる。

【0159】

以上、本実施の形態およびその変形例における奥行き取得装置 1 では、被写体における赤外光の反射率が低いために、その赤外光の強度に基づいて算出された第 2 奥行きの信頼性が低くても、第 1 奥行きを用いて、その第 2 奥行きを補正し、統合奥行きとして算出することができる。その結果、最終的に算出される被写体までの奥行きの信頼性または精度を向上することができる。

30

【0160】

なお、上記各実施の形態において、各構成要素は、専用のハードウェアで構成されるか、各構成要素に適したソフトウェアプログラムを実行することによって実現されてもよい。各構成要素は、C P U またはプロセッサなどのプログラム実行部が、ハードディスクまたは半導体メモリなどの記録媒体に記録されたソフトウェアプログラムを読み出して実行することによって実現されてもよい。ここで、上記実施の形態および変形例の奥行き取得装置などを実現するソフトウェアは、図 11 および図 12 の何れかのフローチャートに含まれる各ステップをコンピュータに実行させる。

40

【0161】

以上、一つまたは複数の態様に係る奥行き取得装置について、実施の形態およびその変形例に基づいて説明したが、本開示は、この実施の形態およびその変形例に限定されるものではない。本開示の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態および変形例に施したのものや、実施の形態および変形例における構成要素を組み合わせで構築される形態も、本開示の範囲内に含まれてもよい。

【0162】

例えば、上記実施の形態およびその変形例では、I R 強度取得部 114 は、I R 画像を取得するが、I R 画像を取得することなく、固体撮像素子 20 に含まれる各第 1 画素 21 が赤外光を受光することによって計測される赤外光の強度を取得してもよい。つまり、奥

50

行取得装置 1 は、I R 画像を生成しなくてもよい。

【 0 1 6 3 】

また、I R 強度取得部 1 1 4 は、互いに異なる 3 つの露光タイミングで計測された 3 つの赤外光の強度を取得し、その 3 つの赤外光の強度に基づいて、I R 奥行きおよび I R 信頼性マスクを算出する。しかし、その露光タイミングおよび赤外光の強度の数は、3 つに限定されることなく、4 つ以上であってもよい。

【 0 1 6 4 】

また、本開示において、ユニット、デバイスの全部又は一部、又は図 1、図 4、および図 1 3 に示されるブロック図の機能ブロックの全部又は一部は、半導体装置、半導体集積回路 ( I C )、又は L S I ( large scale integration ) を含む一つ又は一つ以上の電子回路によって実行されてもよい。L S I 又は I C は、一つのチップに集積されてもよいし、複数のチップを組み合わせて構成されてもよい。例えば、記憶素子以外の機能ブロックは、一つのチップに集積されてもよい。ここでは、L S I や I C と呼んでいるが、集積の度合いによって呼び方が変わり、システム L S I、V L S I ( very large scale integration )、若しくは U L S I ( ultra large scale integration ) と呼ばれるかもしれない。L S I の製造後にプログラムされる、Field Programmable Gate Array ( FPGA )、又は L S I 内部の接合関係の再構成又は L S I 内部の回路区画のセットアップができる reconfigurable logic device も同じ目的で使うことができる。

10

【 0 1 6 5 】

さらに、ユニット、装置、又は装置の一部の、全部又は一部の機能又は操作は、ソフトウェア処理によって実行することが可能である。この場合、ソフトウェアは一つ又は一つ以上の R O M、光学ディスク、ハードディスクドライブ、などの非一時的記録媒体に記録され、ソフトウェアが、処理装置 ( processor ) によって実行された場合に、ソフトウェアは、ソフトウェア内の特定の機能を、処理装置 ( processor ) と周辺のデバイスに実行させる。システム又は装置は、ソフトウェアが記録されている一つ又は一つ以上の非一時的記録媒体、処理装置 ( processor )、及び必要とされるハードウェアデバイス、例えばインターフェース、を備えていても良い。

20

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 6 6 】

本開示は、被写体までの距離である奥行きを取得する奥行取得装置に適用可能であり、例えば車載機器などとして利用可能である。

30

【 符号の説明 】

【 0 1 6 7 】

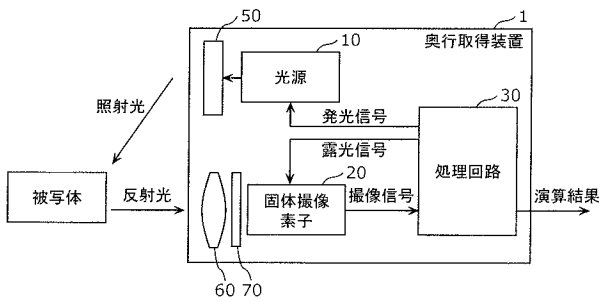
- 1 奥行取得装置
- 1 0、1 0 1 光源
- 2 0 固体撮像素子
- 2 1 第 1 画素 ( I R )
- 2 2 第 2 画素 ( B W )
- 3 0 処理回路
- 5 0 拡散板
- 6 0 レンズ
- 7 0 バンドパスフィルタ
- 1 0 2 I R カメラ
- 1 0 3 B W カメラ
- 1 0 4 学習モデル
- 1 1 0 a、1 1 0 b プロセッサ
- 1 1 1 a B W 奥行算出部
- 1 1 1 b I R 奥行算出部
- 1 1 1 c 統合奥行算出部
- 1 1 2 信頼性マスク算出部

40

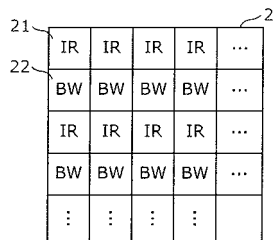
50

- 1 1 3 発光制御部
- 1 1 4 I R 強度取得部
- 1 1 5 B W 画像取得部
- 2 0 0 メモリ

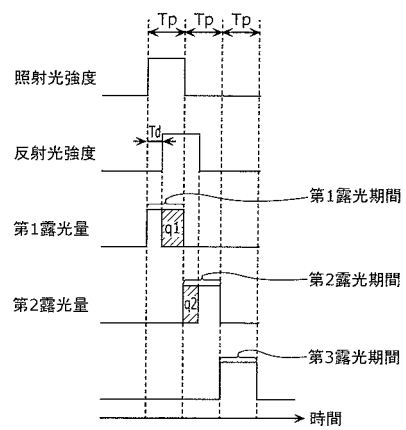
【 図 1 】



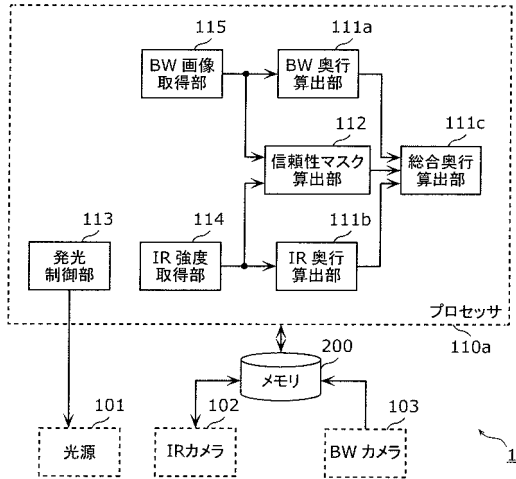
【 図 2 】



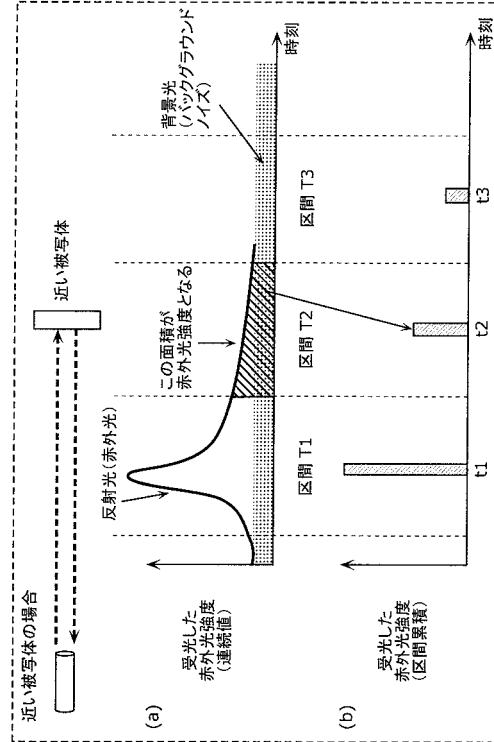
【 図 3 】



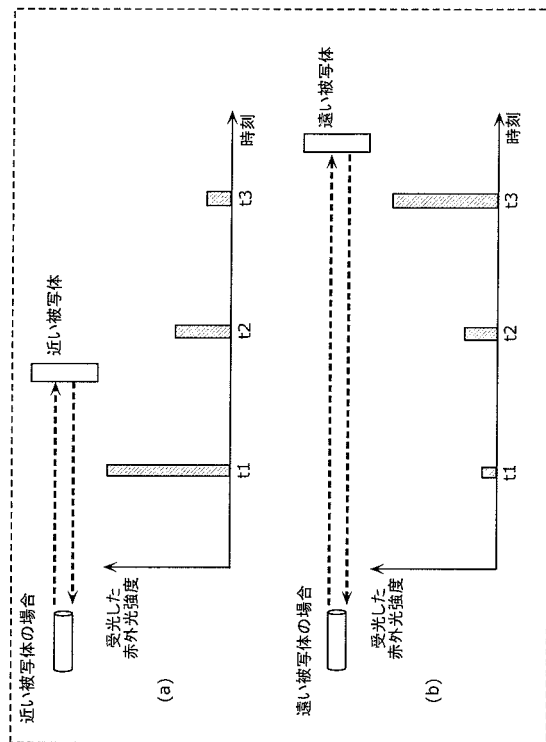
【 図 4 】



【 図 5 】

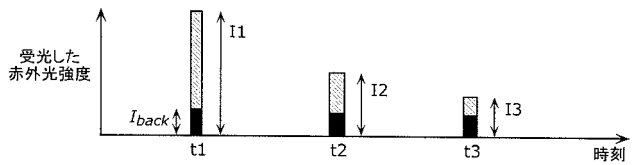


【 図 6 】

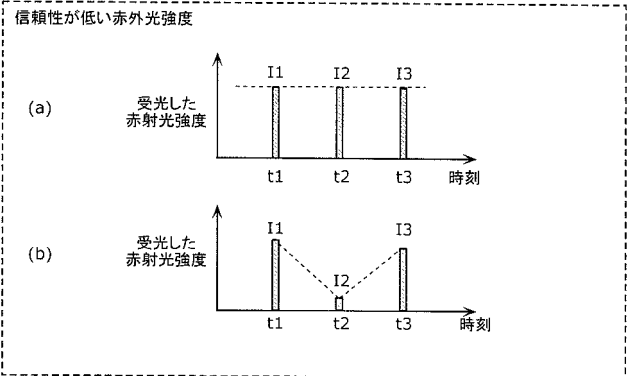


【 図 7 】

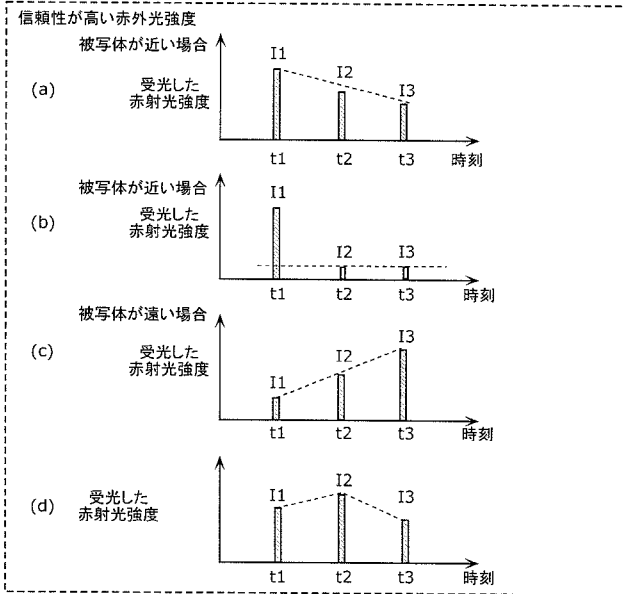
近い被写体の場合



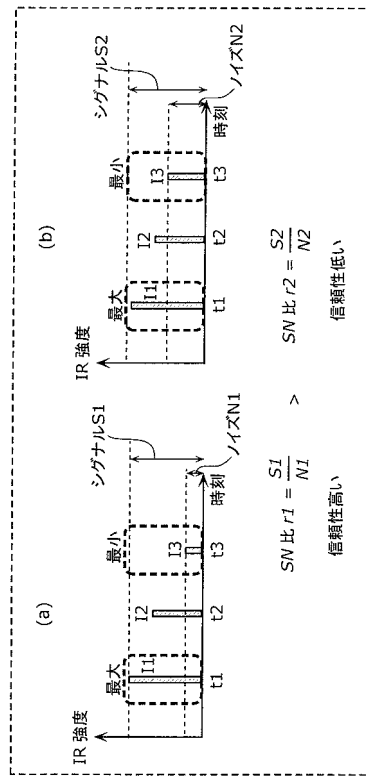
【 図 8 】



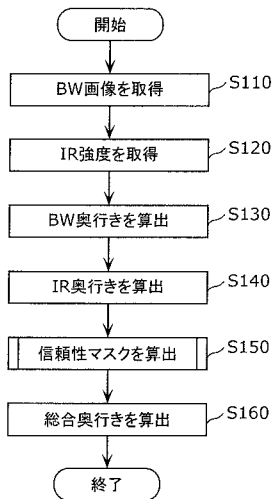
【 図 9 】



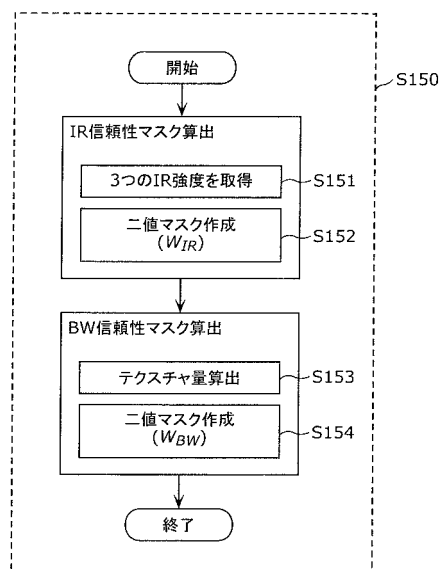
【 図 1 0 】



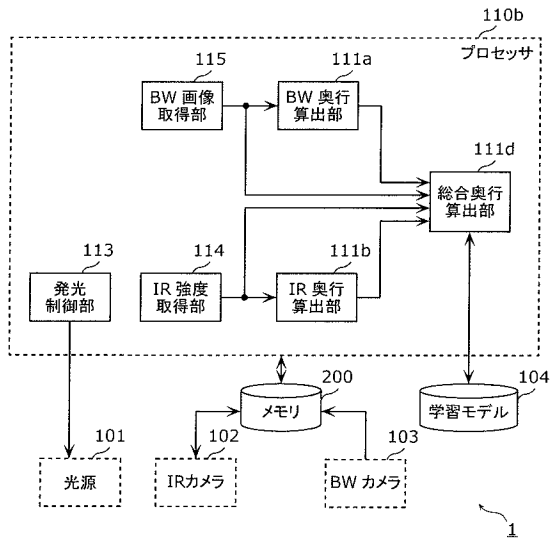
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I		テーマコード (参考)	
H 0 4 N 5/225 (2006.01)	G 0 1 S	7/487		
H 0 4 N 5/232 (2006.01)	G 0 6 T	7/55		
	G 0 6 T	7/60	1 8 0 B	
	H 0 4 N	5/225	6 0 0	
	H 0 4 N	5/232	2 9 0	

- (72) 発明者 吾妻 健夫  
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内
- (72) 発明者 吉岡 康介  
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内
- (72) 発明者 清水 規貴  
京都府長岡京市神足焼町 1 番地 パナソニックセミコンダクターソリューションズ株式会社内
- (72) 発明者 河合 良直  
京都府長岡京市神足焼町 1 番地 パナソニックセミコンダクターソリューションズ株式会社内
- (72) 発明者 天田 高明  
京都府長岡京市神足焼町 1 番地 パナソニックセミコンダクターソリューションズ株式会社内
- (72) 発明者 川合 陽子  
京都府長岡京市神足焼町 1 番地 パナソニックセミコンダクターソリューションズ株式会社内
- (72) 発明者 村井 猛  
京都府長岡京市神足焼町 1 番地 パナソニックセミコンダクターソリューションズ株式会社内

F ターム (参考) 2F112 AC06 AD01 BA06 CA05 CA12 DA19 DA21 DA24 DA28 EA03  
EA11 FA03 FA21 FA35 FA41 FA45 GA01  
5C122 DA04 DA13 DA16 FA18 FB16 FC09 FH11 GG04 GG21 HB01  
HB02  
5J084 AA05 AC02 AD01 AD05 AD07 BA02 BA20 BA21 BA34 BA40  
CA03 CA07 CA12 CA14 CA20 CA31 CA32 CA65 CA67 CA74  
EA04  
5L096 AA09 CA18 DA02 EA39 FA14 FA66 GA10 GA51 JA16