

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7680977号
(P7680977)

(45)発行日 令和7年5月21日(2025.5.21)

(24)登録日 令和7年5月13日(2025.5.13)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 S 17/894 (2020.01)

G 0 1 S 17/894

G 0 1 S 7/497 (2006.01)

G 0 1 S 7/497

請求項の数 19 (全31頁)

(21)出願番号	特願2022-32146(P2022-32146)	(73)特許権者	000003078
(22)出願日	令和4年3月2日(2022.3.2)		株式会社東芝
(65)公開番号	特開2023-128077(P2023-128077 A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43)公開日	令和5年9月14日(2023.9.14)	(74)代理人	100091487
審査請求日	令和6年2月27日(2024.2.27)		弁理士 中村 行孝
		(74)代理人	100120031
			弁理士 宮嶋 学
		(74)代理人	100107582
			弁理士 関根 毅
		(74)代理人	100118876
			弁理士 鈴木 順生
		(74)代理人	100103263
			弁理士 川崎 康
		(72)発明者	杉本 俊貴
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像処理装置、測距装置、及び画像処理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の時間間隔で光信号を出射する光源と、
前記光信号の走査範囲及び走査タイミングの少なくとも一方をフレームごとに変更可能な走査部と、
前記光信号が物体に照射されて反射された反射光信号を受光する受光部と、
前記受光部で受光された反射光信号に基づいて、前記フレームごとに距離画像を生成する距離画像生成部と、
前記反射光信号を受光する前記受光部の画素位置がフレームごとに1画素未満でずれて生成される複数の前記フレームの距離画像同士を合成して、前記複数のフレームの各距離画像よりも高解像度の距離画像を生成する画像合成部と、
前記画像合成部で生成された前記高解像度の距離画像のボケを解消する処理を行うボケ解消処理部と、
前記光源から出射する光信号の光強度分布を測定する測定部と、を備え、
前記ボケ解消処理部は、
前記画像合成部で生成された前記高解像度の距離画像の輝度情報に対して、前記測定部で測定された前記光源から出射される光信号の光強度分布を用いて逆畳み込み処理を行って、前記物体の反射率を生成する逆畳み込み処理部と、
前記逆畳み込み処理部で生成された前記物体の反射率に基づいて、前記画像合成部で生成された前記高解像度の距離画像のエッジを強調するエッジ強調部と、を有する、画像処

10

20

理装置。

【請求項 2】

前記逆畳み込み処理部は、前記光源から出射される光信号の既知の光強度分布を用いて逆畳み込み処理を行って、前記物体の反射率を生成する、

請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記走査部は、連続した 2 以上の所定数の前記フレームのそれぞれにおいて、前記光信号の走査範囲及び走査タイミングの少なくとも一方を相違させ、前記所定数のフレームを単位として、前記光信号の走査範囲及び走査タイミングの少なくとも一方の切替を繰り返して周期的に行い、

10

前記画像合成部は、前記所定数のフレームの距離画像同士を合成して、前記高解像度の距離画像を生成する、請求項 1 又は 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記走査部は、前記光源から出射された光信号の走査範囲を前記フレームごとに変化させる、請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記走査部の光出射方向をフレームごとに切替制御する走査制御部を備える、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記光源が内蔵された筐体部の光出射方向をフレームごとに切替制御する走査制御部を備え、

20

前記走査部は、前記走査制御部にて前記筐体部の光出射方向を切替制御することにより、前記光信号の走査範囲をフレームごとに変える、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記走査部が前記光信号の進行方向を切り替える速度をフレームごとに可変制御する走査制御部を備える、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記光源における前記光信号の出射開始タイミングを制御するタイミング制御部を備え、前記走査部は、前記光源における前記光信号の出射開始タイミングに基づいて、前記光信号の走査タイミングをフレームごとに切り替える、請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

30

【請求項 9】

前記タイミング制御部は、前記光源から出射される前記光信号の出射間隔は変えずに、前記光信号の出射開始タイミングを前記フレームごとに可変制御する、請求項 8 に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

前記光源は、連続した n (n は 2 以上の整数) 個の前記フレームのそれぞれでは、それぞれ異なる出射開始時刻を起点として、同一の出射間隔で複数の前記光信号を出射し、

前記画像合成部は、前記 n 個のフレームのそれぞれで生成された距離画像同士を合成する、請求項 9 に記載の画像処理装置。

40

【請求項 11】

前記エッジ強調部は、前記逆畳み込み処理部で生成された前記物体の反射率に基づいて、前記受光部で受光された前記反射光信号に応じた輝度信号の閾値を設定し、前記閾値に基づいて前記輝度信号を二値化し、二値化された輝度値に基づいて前記画像合成部で生成された前記高解像度の距離画像を補正する、請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 12】

前記エッジ強調部は、前記逆畳み込み処理部で生成された前記物体の反射率に基づいて、前記受光部で受光された前記反射光信号に応じた輝度値を推定し、前記輝度値に基づい

50

て前記画像合成部で生成された前記高解像度の距離画像を補正する、請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 13】

前記距離画像生成部で生成された距離画像に含まれる特徴物を認識する特徴物認識部を備え、

前記画像合成部は、前記特徴物については第 1 フレームレートで生成された前記高解像度の距離画像を出力し、前記特徴物以外については解像度を変えずに前記第 1 フレームレートよりも高い第 2 フレームレートで距離画像を出力する、請求項 1 乃至 12 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 14】

前記特徴物は、所定の条件を満たす静止物である、請求項 13 に記載の画像処理装置。

【請求項 15】

前記特徴物認識部は、前記距離画像生成部で生成された距離画像と、所定の期間より前に生成された距離画像との差分を取ることで、前記所定の期間より前には存在せず、かつ静止している前記特徴物を認識する第 1 認識部を有する、請求項 13 又は 14 に記載の画像処理装置。

【請求項 16】

前記特徴物認識部は、前記距離画像生成部で直前に生成された複数の距離画像同士の差分を取ることで、移動している前記物体を認識する第 2 認識部を有する、請求項 15 に記載の画像処理装置。

【請求項 17】

前記画像合成部は、前記第 1 認識部及び前記第 2 認識部による認識結果に基づいて、前記特徴物を含む部分領域では前記第 1 フレームレートで生成された前記高解像度の距離画像を出力し、前記移動している物体を含む部分領域では前記第 2 フレームレートで生成された距離画像を出力する、請求項 16 に記載の画像処理装置。

【請求項 18】

請求項 1 乃至 17 のいずれか一項に記載の画像処理装置と、

前記受光部で前記反射光信号が受光された時刻と、前記光源から前記光信号が出射された時刻とに基づいて、前記物体までの距離を計測する測距部と、を備える、測距装置。

【請求項 19】

所定の時間間隔で光信号を出射する光源から所定の時間間隔で出射される光信号の走査範囲及び走査タイミングの少なくとも一方をフレームごとに可変させ、

前記光信号が物体に照射されて反射された反射光信号を受光し、

前記受光された反射光信号に基づいて、前記フレームごとに距離画像を生成し、

それぞれの画素位置が 1 画素未満でずれた複数の前記フレームの距離画像同士を合成して、前記複数のフレームの各距離画像よりも高解像度の距離画像を生成し、

前記生成された前記高解像度の距離画像のボケを解消する処理を行い、

前記光源から出射する光信号の光強度分布を測定し、

前記ボケを解消する処理では、

前記生成された前記高解像度の距離画像の輝度情報に対して、前記測定された光強度分布を用いて逆畳み込み処理を行って、前記物体の反射率を生成し、

前記生成された前記物体の反射率に基づいて、前記生成された前記高解像度の距離画像のエッジを強調する、画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の一実施形態は、画像処理装置、測距装置、及び画像処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

自動運転などに用いられる L i D A R (Light Detection and Ranging) 装置の距離

10

20

30

40

50

計測精度を高めるには、光信号のビーム径を絞るのが望ましいが、ビーム径を絞るには、レンズの口径を大きくしたり、レンズ枚数を多くしなければならず、L i D A R の筐体サイズが大きくなり、部品コストも上昇してしまう。

【 0 0 0 3 】

ビーム径よりも小さい画素幅で光信号を受光して測距を行うことで、距離画像の高解像度化を図ることも可能だが、画素ごとの受光光量が低下するため、S / N 比が低下して、距離の測定精度が低下する。

【 0 0 0 4 】

また、ビーム径のサイズに合わせて、複数の画素を単位として測距を行うと、S / N 比は高くなるが、実効的な解像度が低下してしまう。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【文献】国際公開番号 2 0 2 0 / 1 1 0 8 0 1

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

そこで、本発明の一実施形態では、光源から出射される光信号のビーム径によらずに、高解像度で S / N 比に優れた距離画像を生成可能な画像処理装置、測距装置、及び画像処理方法を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記の課題を解決するために、本発明の一実施形態によれば、所定の時間間隔で光信号を出射する光源と、

前記光信号の走査範囲及び走査タイミングの少なくとも一方をフレームごとに変更可能な走査部と、

前記光信号が物体に照射されて反射された反射光信号を受光する受光部と、

前記受光部で受光された反射光信号に基づいて、前記フレームごとに距離画像を生成する距離画像生成部と、

複数の前記フレームの距離画像同士を合成して、高解像度距離画像を生成する画像合成部と、を備える、画像処理装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】第 1 の実施形態に係る画像処理装置の概略構成を示すブロック図。

【図 2 A】反射光信号のビーム幅が受光素子のサイズの 3 倍である例を示す図。

【図 2 B】反射光信号のビーム幅に合わせて 3 つの受光素子を単位として反射光信号を受光する例を示す図。

【図 3 A】反射光信号のビーム幅が受光素子の幅と同一である例を示す図。

【図 3 B】物体の輝度情報を示す図。

【図 3 C】物体の距離情報を示す図。

【図 4 A】反射光信号のビーム幅が 3 画素分のサイズである例を示す図。

【図 4 B】物体の輝度情報を示す図。

【図 4 C】物体の距離情報を示す図。

【図 5】距離情報に誤差情報が含まれる理由を説明する図。

【図 6 A】光源から出射される光信号の光強度分布を示す図。

【図 6 B】物体の反射率を示す図。

【図 6 C】物体の輝度情報を示す図。

【図 6 D】物体の距離情報を示す図。

【図 7】一比較例に係る測距装置の測距シーケンスを示す図。

【図 8 A】図 7 の測距装置で検出された 1 フレーム目の輝度情報を示す図。

10

20

30

40

50

- 【図 8 B】図 7 の測距装置で検出された 2 フレーム目の輝度情報を示す図。
- 【図 9 A】図 7 の測距装置で検出された 1 フレーム目の物体の距離情報を示す図。
- 【図 9 B】図 7 の測距装置で検出された 2 フレーム目の物体の距離情報を示す図。
- 【図 10】本実施形態に係る画像処理装置及び測距装置の測距シーケンスを示す図。
- 【図 11 A】図 1 の測距装置で検出された 1 フレーム目の輝度情報を示す図。
- 【図 11 B】図 1 の測距装置で検出された 2 フレーム目の輝度情報を示す図。
- 【図 11 C】図 11 A と図 11 B の輝度情報を合成した図。
- 【図 12 A】図 10 の画像処理装置及び測距装置で検出された 1 フレーム目の物体の距離情報を示す図。
- 【図 12 B】図 10 の画像処理装置及び測距装置で検出された 2 フレーム目の物体の距離情報を示す図。 10
- 【図 12 C】図 12 A と図 12 B の距離情報を合成した図。
- 【図 13】図 1 の第 1 具体例に係る画像処理装置のブロック図。
- 【図 14】図 1 の第 2 具体例に係る画像処理装置のブロック図。
- 【図 15】走査部が光信号の走査範囲及び走査タイミングの少なくとも一方をフレームごとに変える例を模式的に示す図。
- 【図 16】第 1 の実施形態に係る画像処理装置 1 及び測距装置 2 の処理動作の第 1 例を示すフローチャート。
- 【図 17 A】図 16 のステップ S 1 で生成される距離画像を模式的に示す図。
- 【図 17 B】図 16 のステップ S 2 で生成される距離画像を模式的に示す図。 20
- 【図 17 C】図 16 のステップ S 3 で生成される距離画像を模式的に示す図。
- 【図 18】第 1 の実施形態に係る画像処理装置及び測距装置の処理動作の第 2 例を示すフローチャート。
- 【図 19 A】図 18 のステップ S 1 1 で生成される距離画像を模式的に示す図。
- 【図 19 B】図 18 のステップ S 1 2 で生成される距離画像を模式的に示す図。
- 【図 19 C】図 18 のステップ S 1 3 で生成される距離画像を模式的に示す図。
- 【図 20】第 2 の実施形態に係る画像処理装置の概略構成を示すブロック図。
- 【図 21】図 20 のボケ解消処理部をより具体化した画像処理装置のブロック図。
- 【図 22】ボケ解消処理部の処理動作を説明する図。
- 【図 23】第 3 の実施形態に係る画像処理装置の概略構成を示すブロック図。 30
- 【図 24】図 23 の特徴物認識部をより具体化した画像処理装置のブロック図。
- 【図 25】第 3 の実施形態に係る画像処理装置及び測距装置の処理動作の第 1 例を示すフローチャート。
- 【図 26 A】図 25 のステップ S 2 1 で生成される距離画像を模式的に示す図。
- 【図 26 B】図 25 のステップ S 2 2 で生成される距離画像を模式的に示す図。
- 【図 26 C】図 25 の処理により最終的に生成される奇数フレームの距離画像を模式的に示す図。
- 【図 26 D】偶数フレームの距離画像を模式的に示す図。
- 【図 27】第 3 の実施形態に係る画像処理装置及び測距装置の処理動作の第 2 例を示すフローチャート。 40
- 【図 28 A】図 27 のステップ S 3 1 で生成される距離画像を模式的に示す図。
- 【図 28 B】図 27 のステップ S 3 3 で生成される特徴物画像を模式的に示す図。
- 【図 28 C】図 27 の処理により最終的に生成される奇数フレームの距離画像を模式的に示す図。
- 【図 28 D】偶数フレームの距離画像を模式的に示す図。
- 【図 29】第 3 の実施形態に係る画像処理装置及び測距装置の処理動作の第 3 例を示すフローチャート。
- 【図 30 A】図 29 のステップ S 4 1 で生成される距離画像を模式的に示す図。
- 【図 30 B】図 29 のステップ S 4 2 で生成される距離画像を模式的に示す図。
- 【図 30 C】図 29 のステップ S 4 3 で生成される距離画像を模式的に示す図。 50

【図 3 0 D】図 2 9 のステップ S 4 4 で生成される距離画像を模式的に示す図。

【図 3 0 E】図 2 9 の画像処理装置及び測距装置により最終的に生成される距離画像を模式的に示す図。

【図 3 1】道路上に陥没が発生した例を示す図。

【図 3 2】道路上の陥没を特徴物として認識して、2 フレーム目では 1 フレーム目とは 1 / 2 画素ずらして光信号を走査させる例を示す図。

【図 3 3】道路上の陥没を特徴物として認識して、2 フレーム目では 1 フレーム目とは 1 / 3 画素ずらして光信号を走査させ、3 フレーム目では 1 フレーム目とは 2 / 3 画素ずらして光信号を走査させる例を示す図。

【図 3 4】道路上の陥没を特徴物として認識し、道路上の陥没の領域については 1 / 2 画素ずらして光信号を出射して、陥没からの反射光信号を受光して特徴物画像を生成し、1 フレーム目と 2 フレーム目の特徴物画像を合成して、高解像度の特徴物画像を生成する例を示す図。

10

【図 3 5】第 1 ~ 第 3 の実施形態に係る画像処理装置及び測距装置をハードウェアで構成する場合のブロック図。

【図 3 6】第 1 ~ 第 3 の実施形態に係る画像処理装置及び測距装置のより具体的なハードウェア構成を示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0 0 0 9】

以下、図面を参照して、画像処理装置、測距装置、及び画像処理方法の実施形態について説明する。以下では、画像処理装置及び測距装置の主要な構成部分を中心に説明するが、画像処理装置及び測距装置には、図示又は説明されていない構成部分や機能が存在する。以下の説明は、図示又は説明されていない構成部分や機能を除外するものではない。

20

【0 0 1 0】

(第 1 の実施形態)

図 1 は第 1 の実施形態に係る画像処理装置 1 の概略構成を示すブロック図である。図 1 の画像処理装置 1 は、例えば測距装置 2 に内蔵される。画像処理装置 1 及び測距装置 2 のハードウェア構成は後述する。

【0 0 1 1】

図 1 の画像処理装置 1 は、光源 3 と、走査部 4 と、受光部 5 と、距離画像生成部 6 と、画像合成部 7 とを備えている。図 1 の光源 3 と走査部 4 は投光器 8 を構成し、受光部 5 と、距離画像生成部 6 と、画像合成部 7 は受光器 9 を構成している。

30

【0 0 1 2】

光源 3 は、所定の時間間隔で複数の光信号を出射する。光源 3 が出射する光信号は、より正確には、所定のパルス幅を有する光パルス信号である。光源 3 は、例えば、レーザ光又は LED 光からなる光パルス信号を出射する。光源 3 は、複数の発光素子を有し、各発光素子が同タイミングで複数の光信号を出射してもよい。

【0 0 1 3】

走査部 4 は、光信号の走査範囲及び走査タイミングの少なくとも一方をフレームごとに変えることができる。走査部 4 は、例えばポリゴンミラー又は MEMS (Micro Electro Mechanical System) ミラー等を用いて構成される。走査部 4 は、光源 3 から出射された光信号の進行方向を時間に応じて変化させることで、一次元方向又は二次元方向に光信号を走査させる。フレームとは、測距装置 2 の FoV (Field of View) を走査して取得される 1 コマの静止画である。後述する距離画像生成部 6 は、フレーム単位で距離画像を生成する。

40

【0 0 1 4】

走査部 4 は、各フレームにおける光信号の走査範囲を変化させることができる。すなわち、隣接する 2 以上の所定数のフレームのそれぞれは、光信号の走査範囲の少なくとも一部が異なってもよい。

【0 0 1 5】

50

走査部 4 は、各フレームにおける光信号の走査タイミングを変えることができる。この場合、各フレームにおける光信号の走査範囲は同じでもよいし、異なってもよい。走査部 4 が走査タイミングを変えるには、例えば、光源 3 からの光信号の出射タイミングをフレームごとに変えることにより実現可能である。

【 0 0 1 6 】

受光部 5 は、光信号が物体 1 3 に照射されて反射された反射光信号を受光する。受光部 5 は、一次元方向又は二次元方向に配列された複数の受光素子を有する。各受光素子が受光した受光信号は、例えば輝度信号に変換され、最終的には距離信号が生成される。本明細書では、各受光素子の受光信号に対応する輝度信号又は距離信号を画素と呼ぶことがある。このように、フレーム単位で生成される距離画像には複数の画素が含まれており、各画素はそれぞれ異なる受光素子に対応している。走査部 4 が走査した光信号が物体 1 3 に照射され、物体 1 3 からの反射光信号はいずれか、または複数の受光素子で受光される。走査部 4 は、光信号の走査範囲をフレームごとに画素単位で変化させることができる。

10

【 0 0 1 7 】

距離画像生成部 6 は、受光部 5 で受光された反射光信号に基づいて、フレームごとに距離画像を生成する。距離画像生成部 6 は、光源 3 から光信号を出射した時刻と、受光部 5 で反射光信号が受光された時刻との時間差に基づいて、距離画像を生成する。

【 0 0 1 8 】

画像合成部 7 は、複数のフレームの距離画像同士を合成して、高解像度距離画像を生成する。後述するように、距離画像生成部 6 は、光信号の走査範囲及び走査タイミングの少なくとも一方をフレームごとに相違させて複数の距離画像を生成することができる。よって、画像合成部 7 は、これらの複数の距離画像を合成することで、高解像度距離画像を容易に生成できる。

20

【 0 0 1 9 】

受光部 5 で受光される反射光信号のビーム幅は、受光部 5 内の各受光素子のサイズと必ずしも一致せず、ビーム幅が受光素子の幅よりも広いと、S / N 比が低下したり、計測可能な距離が制限されたり、距離画像の解像度が低下する要因になりうる。

【 0 0 2 0 】

図 1 の画像処理装置 1 のブロック構成に測距部 1 0 を追加することで、測距装置 2 を構成することができる。測距部 1 0 は、受光部 5 で反射光信号が受光された時刻と、光源 3 から光信号が出射された時刻とに基づいて、物体 1 3 までの距離を計測する。

30

【 0 0 2 1 】

図 2 A 及び図 2 B は、受光部 5 で受光される反射光信号のビーム幅と、受光部 5 内の受光素子 5 a のサイズとの関係を示す図である。図 2 A 及び図 2 B の破線枠 1 1 はビーム幅を示し、一点鎖線枠 1 2 は物体 1 3 の検出範囲を示している。図 2 A 及び図 2 B は、ビーム幅が 3 画素分のサイズを有し、物体 1 3 が 4 画素分のサイズを有する例を示している。

【 0 0 2 2 】

図 2 A は、反射光信号のビーム幅が受光素子 5 a のサイズの 3 倍である例を示している。この場合、距離画像の各画素での受光強度 S は、反射光信号の光強度の 1 / 3 になる。各画素に入射される環境光雑音 N を 1 とすると、S / N 比は 1 / 3 になる。よって、受光強度 S と環境光雑音 N を合わせたトータルの信号強度 (S + N) = 1 . 3 3 になる。図 2 A の場合、ビーム幅を 3 ° とすると、画素分解能は 1 ° となる。

40

【 0 0 2 3 】

このように、図 2 A の場合、距離画像の実効解像度は画素幅と同じであるが、トータルの信号強度が低いために、計測可能な距離が限定される。

【 0 0 2 4 】

図 2 B は、反射光信号のビーム幅に合わせて、3 つの受光素子 5 a を単位として反射光信号を受光する例を示している。図 2 B では、3 つの受光素子 5 a で 1 画素を構成するため、各画素での受光強度 S は、反射光信号の光強度と同じ (S = 1) である。1 画素に入射される環境光雑音 N は、1 画素内に 3 つの受光素子 5 a が存在するため、N = 3 である

50

。よって、 S/N 比は $1/3$ になる。受光強度 S と環境光雑音 N を合わせたトータルの信号強度($S+N$)= 4 になる。図2Bの場合、ビーム幅を 3° とすると、実効解像度は 3° になる。

【0025】

このように、図2Bの場合、反射光信号のビーム幅に合わせて3画素を単位として反射光信号を受光するため、計測可能な距離範囲を広げることができるが、実効解像度が画素分解能より劣化する。

【0026】

図2Aと図2Bからわかるように、距離画像の解像度を上げると、 S/N 比が劣化して、計測可能な距離範囲が狭まる。一方、複数の受光素子5aを単位として反射光信号を受光すると、計測可能な距離範囲を広げることができるが、距離画像の解像度が低くなる。

【0027】

また、反射光信号のビーム幅が大きいほど、距離画像のエッジがぼやけて解像度が下がるという問題がある。

【0028】

図3Aは反射光信号のビーム幅が受光素子5aの幅と同一である例を示す図である。図3Aの破線枠11はビーム幅を示し、一点鎖線枠12は物体13の検出範囲を示している。ビーム幅が1画素分のサイズを有し、物体13が4画素分のサイズを有する例を示している。

【0029】

図3Bは物体13の輝度情報を示す図、図3Cは物体13の距離情報を示す図である。図3Bと図3Cの横軸は各受光素子5aに対応する画素番号、図3Bの縦軸は物体13の輝度値、図3Cの縦軸は物体13の距離である。図3Aの場合、反射光信号のビーム幅と受光素子5aの幅が一致するため、輝度情報と距離情報はいずれも急峻に変化し、エッジが鮮明になる。

【0030】

図4Aは反射光信号のビーム幅が3画素分のサイズである例を示す図である。図4Aの破線枠11はビーム幅を示し、一点鎖線枠12は物体13の検出範囲を示している。ビーム幅が3画素分のサイズを有し、物体13が4画素分のサイズを有する例を示している。

【0031】

図4Bは物体13の輝度情報を示す図、図4Cは物体13の距離情報を示す図である。図4Bと図4Cの横軸は各受光素子5aに対応する画素番号、図4Bの縦軸は物体13の輝度値、図4Cの縦軸は物体13の距離である。図4B及び図4Cの2つの破線の範囲内が本来の物体13の位置であるが、これら破線の外側でも物体13の情報が検出される。2つの破線の外側の物体情報は誤差情報である。

【0032】

図4Aの場合、反射光信号のビーム幅が3画素分あるため、画素分解能よりも粗い解像度しか得られず、輝度情報のエッジが不鮮明になる。よって、この輝度情報に基づいて距離情報を求めると、図4B及び図4Cに示すように誤差情報を含んだものになる。

【0033】

図5は測距情報に誤差情報が含まれる理由を説明する図である。図5は図4Aと同様に、反射光信号のビーム幅が3画素分のサイズを有し、物体13が4画素分のサイズを有する例を示している。

【0034】

図6Aは光源3から出射される光信号の光強度分布を示す図であり、横軸は水平(走査)方向の画素番号、縦軸は光強度である。図6Aの光強度分布は既知である。

【0035】

図6Bは物体13の反射率を示す図であり、横軸は水平(走査)方向の画素番号、縦軸は反射率である。物体13の反射率は物体13ごとに異なる。また、物体13のサイズにより、横軸の長さが異なる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

図 6 C は物体 1 3 の輝度情報を示す図、図 6 D は物体 1 3 の距離情報を示す図である。図 6 C と図 6 D の横軸は各受光素子 5 a に対応する画素番号、図 6 C の縦軸は物体 1 3 の輝度値、図 6 D の縦軸は物体 1 3 の距離である。

【 0 0 3 7 】

物体 1 3 の輝度値は、以下の式 (1) に示すように、光信号の光強度 $g[n]$ と物体 1 3 の反射率 $f[n]$ との畳み込み処理を行うことで得られる。

$$f[n] \times g[n] = \sum f[m] \times g[n-m] \quad \dots (1)$$

【 0 0 3 8 】

反射光信号のビーム幅が受光素子 5 a の幅よりも広い場合、式 (1) に示すように物体 1 3 の輝度分布は走査方向に畳み込まれるため、本来の物体 1 3 の検出位置に該当する画素の外側の画素でも、ある程度の輝度値が検出されてしまい、物体 1 3 のエッジが不鮮明になる。

10

【 0 0 3 9 】

図 7 は一比較例に係る測距装置 2 の測距シーケンスを示す図である。図 7 は、各フレームが走査方向に 4 画素を有する例を示している。図 7 の破線枠 1 1 は反射光信号のビーム幅を示し、一点鎖線枠 1 2 は物体 1 3 の検出範囲を示している。

【 0 0 4 0 】

図 8 A は図 7 の測距装置 2 で検出された 1 フレーム目の輝度情報を示す図、図 8 B は図 7 の測距装置 2 で検出された 2 フレーム目の輝度情報を示す図である。図 8 A と図 8 B の横軸は画素番号、縦軸は反射光信号の輝度情報である。図 8 A と図 8 B の各プロットは、実線は反射光信号の受光位置、破線は理想的に物体を検出できた場合をそれぞれ示している。

20

【 0 0 4 1 】

図 7 に示すように、1 画素目では物体 1 3 は検出されず、2 画素目の一部だけで物体 1 3 が検出され、3 画素目の全域で物体 1 3 が検出され、4 画素目では物体 1 3 は検出されない。このため、図 8 A と図 8 B に示すように、2 画素目では輝度情報が中間レベルになり、3 画素目では輝度情報が最大レベルになり、1 画素目と 4 画素目では輝度情報が最低レベルになる。

【 0 0 4 2 】

30

図 9 A は図 7 の測距装置 2 で検出された 1 フレーム目の物体 1 3 の距離情報を示す図、図 9 B は図 7 の測距装置 2 で検出された 2 フレーム目の物体 1 3 の距離情報を示す図である。図 9 A と図 9 B の横軸は画素番号、縦軸は物体 1 3 の距離である。図 9 A と図 9 B の各プロットは、実線は反射光信号の受光位置、破線は理想的に物体を検出できた場合をそれぞれ示している。

【 0 0 4 3 】

図 8 A と図 8 B、図 9 A と図 9 B に示すように、常に同じ FoV で測距を行うため画素番号 2 と 3 では常に同じ距離、同じ輝度情報が検出される。このため解像度は、1° 相当になる。

【 0 0 4 4 】

40

図 1 0 は本実施形態に係る画像処理装置 1 及び測距装置 2 の測距シーケンスを示す図である。図 1 0 は、図 7 と同様に、各フレームが走査方向に 4 画素を有する例を示している。図 1 0 の破線枠 1 1 は反射光信号のビーム幅を示し、一点鎖線枠 1 2 は物体 1 3 の検出範囲を示している。

【 0 0 4 5 】

図 1 1 A は図 1 の測距装置 2 で検出された 1 フレーム目の輝度情報を示す図、図 1 1 B は図 1 の測距装置 2 で検出された 2 フレーム目の輝度情報を示す図、図 1 1 C は図 1 1 A と図 1 1 B の輝度情報を合成した図である。図 1 1 A ~ 図 1 1 C の横軸は画素番号、縦軸は反射光信号の輝度情報である。図 1 1 A ~ 図 1 1 C の各プロットは、実線は反射光信号の受光位置、破線は理想的に物体を検出できた場合をそれぞれ示している。

50

【 0 0 4 6 】

図 1 0 の 1 フレーム目は図 7 の 1 フレーム目と同様であり、図 1 1 A に示す 1 フレーム目の反射光信号の輝度情報は図 8 A の輝度情報と同じになる。

【 0 0 4 7 】

図 1 0 の 2 フレーム目は、1 フレーム目から 1 / 2 画素分遅らせて、光源 3 から光信号を出射する。よって、2 フレーム目の反射光信号の輝度情報は、図 1 1 B に示すように、図 1 1 A から 1 / 2 画素分遅れて検出される。走査部 4 が一定の速度で光信号を走査する場合、分遅らせて光源 3 から光信号を出射すると、物体 1 3 の 1 / 2 画素分ずれた箇所に光信号が放射され、受光部 5 の 1 / 2 画素分ずれた位置に反射光信号が受光される。

【 0 0 4 8 】

反射光信号の 1 フレーム目と 2 フレーム目の輝度情報を合成すると、図 1 1 C に示すような輝度情報が得られる。図 1 1 C の輝度情報は、図 1 1 A と図 1 1 B の輝度情報よりも解像度が 2 倍になっており、輝度情報をより正確に検出できる。

【 0 0 4 9 】

図 1 2 A は図 1 0 の画像処理装置 1 及び測距装置 2 で検出された 1 フレーム目の物体 1 3 の距離情報を示す図、図 1 2 B は図 1 0 の画像処理装置 1 及び測距装置 2 で検出された 2 フレーム目の物体 1 3 の距離情報を示す図、図 1 2 C は図 1 2 A と図 1 2 B の距離情報を合成した図である。図 1 2 A ~ 図 1 2 C の各プロットは距離情報の検出位置を示している。

【 0 0 5 0 】

2 フレーム目では、1 フレーム目から 1 / 2 画素分遅らせて、光源 3 から光信号を出射して物体 1 3 の距離情報を検出するため、物体 1 3 の距離情報は、1 フレーム目から 1 / 2 画素分遅れて検出される。

【 0 0 5 1 】

1 フレーム目と 2 フレーム目の距離情報を合成すると、図 1 2 C に示すように、物体 1 3 のエッジ付近の距離を正確に検出でき、距離解像度を向上させることができる。

【 0 0 5 2 】

図 1 の走査部 4 は、光信号の走査範囲及び走査タイミングの少なくとも一方をフレームごとに変えることができることを特徴とする。走査部 4 が光信号を走査する手法には複数の具体例が考えられる。

【 0 0 5 3 】

図 1 3 は図 1 の第 1 具体例に係る画像処理装置 1 のブロック図である。図 1 3 では、図 1 と共通する構成部分には同一の符号を付しており、以下では、相違点を中心に説明する。図 1 3 の光源 3 と走査部 4 は投光器 8 を構成している。また、図 1 3 の受光部 5 と、測距部 1 0 と、距離画像生成部 6 と、画像合成部 7 は、受光器 9 を構成している。

【 0 0 5 4 】

図 1 3 の画像処理装置 1 は、図 1 の構成に加えて、走査制御部 1 5 を備えている。走査制御部 1 5 は、走査部 4 を制御する。例えば、走査制御部 1 5 は、走査部 4 の光出射方向を切替制御する。後述するように、走査部 4 は、例えばポリゴンミラー又は MEMS ミラーのように、光源 3 から出射された光信号の進行方向を切り替えるミラー部材を有する。走査制御部 1 5 は、ミラー部材のミラー面を回転させる制御を行うだけでなく、ミラー部材自体を所定の角度範囲で回転させるなどして、走査部 4 から出射される光信号の向きをフレームごとに変えてもよい。

【 0 0 5 5 】

あるいは、走査制御部 1 5 は、光源 3 が内蔵された筐体部の光出射方向を切替制御してもよい。これにより、光源 3 から出射される光信号の進行方向を変化させることができ、走査部 4 から出射される光信号の走査範囲をフレームごとに変化させることができる。

【 0 0 5 6 】

あるいは、走査制御部 1 5 は、走査部 4 が光信号の進行方向を切り替える速度を可変制御してもよい。すなわち、走査制御部 1 5 にて、走査部 4 による光信号の走査速度を切替

10

20

30

40

50

制御することで、距離画像の解像度を可変制御できる。

【 0 0 5 7 】

図 1 4 は図 1 の第 2 具体例に係る画像処理装置 1 のブロック図である。図 1 4 の画像処理装置 1 は、図 1 3 の構成に加えて、タイミング制御部 1 6 を備えている。

【 0 0 5 8 】

タイミング制御部 1 6 は、光源 3 が光信号の出射を開始する出射開始タイミングを制御する。走査部 4 は、光源 3 による光信号の出射開始タイミングに基づいて、光信号の走査タイミングをフレームごとに切り替える。タイミング制御部 1 6 は、光源 3 から出射される光信号の出射間隔は変えずに、光信号の出射開始タイミングをフレームごとに可変制御する。

10

【 0 0 5 9 】

より具体的には、光源 3 は、連続した n (n は 2 以上の整数) 個のフレームのそれぞれでは、それぞれ異なる出射開始時刻を起点として、同一の出射間隔で複数の光信号を出射する。画像合成部 7 は、 n 個のフレームのそれぞれで生成された距離画像同士を合成する。

【 0 0 6 0 】

図 1 5 は走査部 4 が光信号の走査範囲及び走査タイミングの少なくとも一方をフレームごとに変える例を模式的に示す図である。図 1 5 のフレーム F 1 では、走査部 4 は水平方向に光信号を走査させ、1 水平ライン分の走査が終了すると、次の水平ラインを左から右に向かって光信号を走査させる動作をすべての水平ラインについて繰り返す。フレーム F 1 内の各マス目は、各受光素子 5 a が受光する画素を示している。

20

【 0 0 6 1 】

フレーム F 1 の距離画像が生成されると、次のフレーム F 2 では、 $1/3$ 画素分遅らせて光源 3 から光信号を出射し、物体 1 3 からの反射光信号を受光部 5 で受光して距離画像を生成する。次のフレーム F 3 では、 $2/3$ 画素分遅らせて光源 3 から光信号を出射し、物体 1 3 からの反射光信号を受光部 5 で受光して距離画像を生成する。次のフレーム F 4 では、フレーム F 1 と同じタイミングで光源 3 から光信号を出射して距離画像を生成する。

【 0 0 6 2 】

画像合成部 7 は、フレーム F 1 ~ F 3 の 3 つの距離画像を合成して、高解像度距離画像を生成する。図 1 5 では、フレーム F 1 ~ F 3 の 3 つの距離画像を合成する例を示したが、合成する距離画像の数は任意である。

30

【 0 0 6 3 】

図 1 6 は第 1 の実施形態に係る画像処理装置 1 及び測距装置 2 の処理動作の第 1 例を示すフローチャートである。まず、1 フレーム目では、走査範囲をずらさずに光信号を走査させて距離画像 G 1 を生成する (ステップ S 1)。図 1 7 A は、図 1 6 のステップ S 1 で生成される距離画像 G 1 を模式的に示す図である。図 1 7 A は、水平方向に 6 画素、垂直方向に 4 画素の距離画像 G 1 の例を示している。

【 0 0 6 4 】

次に、2 フレーム目では、走査範囲を $1/2$ 画素分水平方向にずらして (遅らせて)、距離画像 G 2 を生成する (ステップ S 2)。図 1 7 B は、図 1 6 のステップ S 2 で生成される距離画像 G 2 を模式的に示す図である。

40

【 0 0 6 5 】

次に、1 フレーム目の距離画像 G 1 と 2 フレーム目の距離画像 G 2 とを合成して、高解像度距離画像 G 3 を生成する (ステップ S 3)。図 1 7 C は、図 1 6 のステップ S 3 で生成される距離画像 G 3 を模式的に示す図である。図 1 7 C に示すように、2 フレーム分の距離画像 G 1、G 2 を合成することで、水平方向の解像度を 2 倍に上げた高解像度距離画像 G 3 を生成することができる。

【 0 0 6 6 】

図 1 8 は第 1 の実施形態に係る画像処理装置 1 及び測距装置 2 の処理動作の第 2 例を示すフローチャートである。まず、1 フレーム目では、基準の走査範囲で光信号を走査させて距離画像を生成する (ステップ S 1 1)。図 1 9 A は、図 1 8 のステップ S 1 1 で生成

50

される距離画像 G 1 を模式的に示す図である。

【 0 0 6 7 】

次に、2 フレーム目では、走査範囲を 1 / 2 画素分垂直方向にずらして（遅らせて）、距離画像を生成する（ステップ S 1 2）。図 1 9 B は、図 1 8 のステップ S 1 2 で生成される距離画像 G 2 を模式的に示す図である。

【 0 0 6 8 】

次に、1 フレーム目の距離画像と 2 フレーム目の距離画像とを合成して、高解像度距離画像 G 3 を生成する（ステップ S 1 3）。図 1 9 C は、図 1 8 のステップ S 1 3 で生成される距離画像を模式的に示す図である。図 1 9 C に示すように、2 フレーム分の距離画像を合成することで、垂直方向の解像度を 2 倍に上げることができる。

10

【 0 0 6 9 】

このように、第 1 の実施形態では、光信号の走査範囲及び走査タイミングの少なくとも一方をフレームごとに変えて生成した複数の距離画像同士を合成して、高解像度距離画像を生成する。これにより、光源 3 から出射される光信号のビーム幅を小さくするためのレンズ等を設けることなく、簡易な構成で距離画像の高解像度化が可能になる。

【 0 0 7 0 】

（第 2 の実施形態）

図 2 0 は第 2 の実施形態に係る画像処理装置 1 の概略構成を示すブロック図である。図 2 0 の画像処理装置 1 は、図 1 4 の構成にボケ解消処理部 1 7 を追加したものである。

【 0 0 7 1 】

20

ボケ解消処理部 1 7 は、画像合成部 7 で生成された高解像度距離画像をより鮮明にする処理を行う。具体的には、ボケ解消処理部 1 7 は、距離画像のエッジ部分のボケを解消して、エッジを強調する処理を行う。

【 0 0 7 2 】

図 2 1 は図 2 0 のボケ解消処理部 1 7 をより具体化した画像処理装置 1 のブロック図である。図 2 1 のボケ解消処理部 1 7 は、逆畳み込み処理部 1 8 と、エッジ強調部 1 9 とを有する。

【 0 0 7 3 】

逆畳み込み処理部 1 8 は、画像合成部 7 で生成された高解像度距離画像に対して、光源 3 から出射される光信号の光強度分布を用いて逆畳み込み処理を行って、物体 1 3 の反射率を生成する。

30

【 0 0 7 4 】

エッジ強調部 1 9 は、逆畳み込み処理部 1 8 で生成された物体 1 3 の反射率に基づいて、画像合成部 7 で生成された高解像度距離画像のエッジを強調する。

【 0 0 7 5 】

図 2 2 はボケ解消処理部 1 7 の処理動作を説明する図である。距離画像生成部 6 は、受光部 5 で受光された受光信号に基づいて、輝度情報と距離情報を生成する。距離画像生成部 6 で生成される輝度情報は例えば波形 w 1 で表され、距離情報は例えば波形 w 2 で表される。波形 w 1、w 2 からわかるように、反射光信号のビーム幅が受光素子 5 a の幅よりも広い場合には、輝度情報と距離情報は誤差を含んだ値になる。

40

【 0 0 7 6 】

光源 3 から出射される光信号の光強度 $g[n]$ は既知である。よって、逆畳み込み処理部 1 8 は、輝度情報に対して $g[n]$ の逆畳み込み処理を行うことで、物体 1 3 の反射率を生成することができる。物体 1 3 の反射率は、例えば図 2 2 の波形 w 3 で表される。逆畳み込み処理部 1 8 で生成される物体 1 3 の反射率は、誤差を含まない情報である。なお、光強度 $g[n]$ は、事前に光強度の測定を行うことで得られる。あるいは、投光器内に設けた受光素子を用いて測距のたびにレーザ光の強度分布を取得すること等でも得られる。

【 0 0 7 7 】

エッジ強調部 1 9 は、逆畳み込み処理部 1 8 で生成された物体 1 3 の反射率に基づいて、距離画像生成部 6 で生成された輝度情報を補正するとともに、距離情報も補正する。こ

50

れにより、波形 w 4、w 5 に示すように、エッジの鮮明な輝度情報と距離情報が得られる。

【 0 0 7 8 】

図 2 2 では、距離画像生成部 6 で生成された距離画像に含まれる輝度情報に対して逆畳み込み処理を行っているが、図 2 1 のように、画像合成部 7 で生成された高解像度距離画像に含まれる輝度情報に対して逆畳み込み処理を行うことも可能である。この場合、エッジ強調部 1 9 は、逆畳み込み処理部 1 8 で生成された物体 1 3 の反射率に基づいて、受光部 5 で受光された反射光信号に応じた輝度信号の閾値を設定し、閾値に基づいて輝度信号を二値化し、二値化された輝度値に基づいて画像合成部 7 で生成された高解像度距離画像を補正する。あるいは、エッジ強調部 1 9 は、逆畳み込み処理部 1 8 で生成された物体 1 3 の反射率に基づいて、受光部 5 で受光された反射光信号に応じた輝度値を推定し、輝度値に基づいて画像合成部 7 で生成された高解像度距離画像を補正する等の方法が考えられる。

10

【 0 0 7 9 】

このように、第 2 の実施形態では、受光部 5 で受光された受光信号に基づく輝度情報に対して、光信号の光強度の逆畳み込み処理を行うことで物体 1 3 の反射率を生成し、生成された物体 1 3 の反射率に基づいて輝度情報と距離情報を補正する。これにより、画像合成部 7 で生成された高解像度距離画像のボケを解消して、エッジを強調することができる。

【 0 0 8 0 】

(第 3 の実施形態)

図 2 3 は第 3 の実施形態に係る画像処理装置 1 の概略構成を示すブロック図である。図 2 3 の画像処理装置 1 は、図 2 0 の構成に加えて、特徴物認識部 2 0 を備えている。

20

【 0 0 8 1 】

特徴物認識部 2 0 は、距離画像生成部 6 で生成された距離画像に含まれる特徴物を認識する。特徴物とは、例えば、所定の条件を満たす静止物である。所定の条件とは、例えば、所定の期間より前には存在しなかった静止物である。具体的な一例としては、道路の陥没や、道路上に置かれた障害物などである。

【 0 0 8 2 】

画像合成部 7 は、特徴物については第 1 フレームレートで生成された高解像度距離画像を生成し、特徴物以外については解像度を変えずに第 1 フレームレートよりも高い第 2 フレームレートで距離画像を生成する。なお、後述するように、特徴物認識部 2 0 は、移動体を認識してもよい。画像合成部 7 は、特徴物認識部 2 0 が認識した移動体については解像度を変えずに第 2 フレームレートで距離画像を生成する。

30

【 0 0 8 3 】

図 2 4 は図 2 3 の特徴物認識部 2 0 をより具体化した画像処理装置 1 のブロック図である。図 2 4 の特徴物認識部 2 0 は、フレームメモリ 2 1 と、フレーム間差分検出部 2 2 とを有する。

【 0 0 8 4 】

フレームメモリ 2 1 は、少なくとも 1 フレーム分の距離画像を記憶する。フレーム間差分検出部 2 2 は、複数のフレームの距離画像同士の差分を検出して、特徴物を認識する。

【 0 0 8 5 】

40

より詳細には、フレーム間差分検出部 2 2 は、第 1 認識部と第 2 認識部を有していてもよい。第 1 認識部は、距離画像生成部 6 で生成された距離画像と、所定の期間より前に生成された距離画像との差分を取ることににより、所定の期間より前には存在せず、かつ静止している特徴物を認識する。第 2 認識部は、距離画像生成部 6 で直近に生成された複数の距離画像同士の差分を取ることににより、移動している物体 1 3 を認識する。

【 0 0 8 6 】

画像合成部 7 は、例えば第 1 認識部による認識結果に基づいて、特徴物を含む領域では第 1 フレームレートで高解像度距離画像を生成し、特徴物を含まない領域では第 1 フレームレートよりも低い第 2 フレームレートで距離画像を生成する。あるいは、画像合成部 7 は、第 1 認識部により認識された特徴物を含む領域では第 1 フレームレートで高解像度距

50

離画像を生成し、第2認識部により認識された移動体を含む領域では第2フレームレートで距離画像を生成する。

【0087】

図25は第3の実施形態に係る画像処理装置1及び測距装置2の処理動作の第1例を示すフローチャートである。まず、1フレーム目では、予め定めた基準の走査範囲内で光信号を走査させて距離画像を生成する(ステップS21)。図26Aは、図25のステップS21で生成される距離画像G1を模式的に示す図である。

【0088】

次に、2フレーム目では、走査範囲を半画素分水平方向にずらして(遅らせて)、距離画像G2を生成する(ステップS22)。図26Bは、図25のステップS22で生成される距離画像G2を模式的に示す図である。

10

【0089】

次に、特徴物認識部20にて特徴物を認識し、距離画像に含まれる特徴物の位置を特定する(ステップS23)。特定される特徴物は、例えば静止物である。なお、特徴物は距離画像G1、G2のそれぞれにて認識される。次に、画像合成部7は、特徴物については、1フレーム目及び2フレーム目の特徴物画像PG同士を合成して、高解像度の特徴物画像PGを生成する(ステップS24)。また、画像合成部7は、特徴物以外については、画像合成なしで、通常のフレームレートで距離画像を生成する(ステップS25)。

【0090】

図26Cは図25の処理により最終的に生成される奇数フレームの距離画像G3を模式的に示す図、図26Dは偶数フレームの距離画像G4を模式的に示す図である。図26C及び図26Dに示すように、距離画像に含まれる特徴物の領域のみ高解像で低フレームレートの特徴物画像PGが生成され、特徴物以外の領域は低解像度で高フレームレートの距離画像G3、G4が生成される。

20

【0091】

図27は第3の実施形態に係る画像処理装置1及び測距装置2の処理動作の第2例を示すフローチャートである。まず、1フレーム目では、予め定めた基準の走査範囲内で光信号を走査させて距離画像を生成する(ステップS31)。図28Aは、図27のステップS31で生成される距離画像G1を模式的に示す図である。

【0092】

次に、距離画像に含まれる特徴物の位置を特定する(ステップS32)。特定される特徴物は、例えば静止物である。次に、特徴物については、2フレーム目で1/2画素ずらして(遅らせて)光源3から光信号を出射して、物体13からの反射光信号を受光して特徴物画像PGを生成する(ステップS33)。図28Bは、図27のステップS33で生成される特徴物画像PGを模式的に示す図である。次に、1フレーム目の特徴物画像PGと2フレーム目の特徴物画像PGを合成して、高解像度の特徴物画像PGを生成する(ステップS34)。

30

【0093】

一方、特徴物以外については、2フレーム目では1フレーム目と同じ走査範囲又は走査タイミングで光源3から光信号を出射して、物体13からの反射光信号を受光して、フレームごとに距離画像を生成する(ステップS35)。

40

【0094】

図28Cは図27の処理により最終的に生成される奇数フレームの距離画像G3を模式的に示す図、図28Dは偶数フレームの距離画像G4を模式的に示す図である。これらの図に示すように、特徴物の領域では、高解像度で低フレームレートの特徴物画像PGが生成され、特徴物以外の領域では高フレームレートの距離画像G3、G4が生成される。

【0095】

図29は第3の実施形態に係る画像処理装置1及び測距装置2の処理動作の第3例を示すフローチャートである。まず、1フレーム目では、予め定めた基準の走査範囲内で光信号を走査させて距離画像を生成する(ステップS41)。図30Aは、図29のステップ

50

S 4 1 で生成される距離画像 G 1 を模式的に示す図である。

【 0 0 9 6 】

次に、2 フレーム目では、走査範囲を 1 / 2 画素分水平方向にずらして（遅らせて）、距離画像 G 2 を生成する（ステップ S 4 2）。図 3 0 B は、図 2 9 のステップ S 4 2 で生成される距離画像 G 2 を模式的に示す図である。

【 0 0 9 7 】

次に、3 フレーム目では、走査範囲を 1 / 2 画素分垂直方向にずらして（遅らせて）、距離画像 G 3 を生成する（ステップ S 4 3）。図 3 0 C は、図 2 9 のステップ S 4 3 で生成される距離画像 G 3 を模式的に示す図である。

【 0 0 9 8 】

次に、4 フレーム目では、走査範囲を水平方向及び垂直方向に 1 / 2 画素分ずつずらして（遅らせて）、距離画像 G 4 を生成する（ステップ S 4 4）。図 3 0 D は、図 2 9 のステップ S 4 4 で生成される距離画像 G 4 を模式的に示す図である。

【 0 0 9 9 】

次に、距離画像に含まれる特徴物の位置を特定する（ステップ S 4 5）。特徴物については、1 ~ 4 フレーム目の特徴物画像 P G を合成して、高解像度の特徴物画像 P G を生成する。また、特徴物以外については、フレームごとに距離画像 G 5 を生成する（ステップ S 4 6）。

【 0 1 0 0 】

図 3 0 E は、図 2 9 の画像処理装置 1 及び測距装置 2 により最終的に生成される距離画像 G 5 を模式的に示す図である。特徴物の領域については高解像度で低フレームレートの特徴物画像 P G が生成され、特徴物以外の領域では高フレームレートの距離画像 G 5 が生成される。

【 0 1 0 1 】

図 3 1 ~ 図 3 4 は、第 3 の実施形態に係る画像処理装置 1 及び測距装置 2 を用いて、インフラストラクチャの監視を行う様子を模式的に示す図である。より具体的には、図 3 1 ~ 3 4 は、道路上に陥没 3 4 が発生したか否かを監視する様子を示している。画像処理装置 1 及び測距装置 2 は、光源 3 から出射された光信号を走査部 4 にて走査させて距離画像を生成する。また、図 2 7 の様に先に特徴物を認識し、特徴物のみフレーム毎に 1 / 2 画素ずらしてもよい。

【 0 1 0 2 】

図 3 1 は道路上に陥没 3 4 が発生した例を示している。道路上の陥没 3 4 を特徴物として認識する前は、図 3 1 に示すように、1 フレーム目と 2 フレーム目では、走査部 4 による光信号の走査範囲及び走査タイミングは同じである。

【 0 1 0 3 】

図 3 2 は、道路上の陥没 3 4 を特徴物として認識して、2 フレーム目では 1 フレーム目とは 1 / 2 画素ずらして光信号を走査させる例を示している。画像合成部 7 は、1 フレーム目と 2 フレーム目の距離画像同士を合成することで、高解像度の距離画像を生成する。図 3 2 は、フレームの全域で高解像度の距離画像を生成する例を示している。

【 0 1 0 4 】

図 3 3 は、道路上の陥没 3 4 を特徴物として認識して、2 フレーム目では 1 フレーム目とは 1 / 3 画素ずらして光信号を走査させ、3 フレーム目では 1 フレーム目とは 2 / 3 画素ずらして光信号を走査させる。画像合成部 7 は、1 ~ 3 フレーム目の特徴物画像 P G 同士を合成して、図 3 2 よりも高解像度の特徴物画像 P G を生成する。図 3 3 も、フレームの全域で高解像度の距離画像を生成する例を示している。

【 0 1 0 5 】

図 3 4 は、道路上の陥没 3 4 を特徴物として認識し、道路上の陥没 3 4 の領域については 1 / 2 画素ずらして光信号を出射して、陥没 3 4 からの反射光信号を受光して特徴物画像 P G を生成し、1 フレーム目と 2 フレーム目の特徴物画像 P G を合成して、高解像度の特徴物画像 P G を生成する。一方、特徴物以外の領域では、移動している車両が存在する

10

20

30

40

50

ため、フレームごとに高フレームレートで距離画像を生成する。上述した第 2 認識部 2 4 にて、移動体を認識して、高フレームレートで距離画像を生成してもよい。

【 0 1 0 6 】

このように、第 3 の実施形態に係る特徴物認識部 2 0 は、新たに生成された距離画像と、所定の期間より前に生成された距離画像との差分を取ることで、所定の期間より前には存在せず、かつ静止している特徴物を認識することができる。また、特徴物認識部 2 0 は、直前に生成された複数の距離画像同士の差分を取ることで、移動している物体 1 3 を認識することができる。画像合成部 7 は、所定の期間より前には存在せず、かつ静止している特徴物については、複数のフレームでの特徴物画像 P G を合成して、高解像度の特徴物画像 P G を生成できる。また、移動体については、フレームごとに距離画像を生成するため、移動体を精度よく追尾することができる。

10

【 0 1 0 7 】

(第 4 の実施形態)

上述した第 1 ~ 第 3 の実施形態に係る画像処理装置 1 及び測距装置 2 の少なくとも一部は、ハードウェアで構成してもよいし、ソフトウェアで構成してもよい。

【 0 1 0 8 】

図 3 5 は第 1 ~ 第 3 の実施形態に係る画像処理装置 1 及び測距装置 2 をハードウェアで構成する場合のブロック図である。図 3 5 の画像処理装置 1 及び測距装置 2 は、光源 3 と、スキャンデバイス 3 1 と、受光デバイス 3 2 と、信号処理プロセッサ 3 3 と、を備えている。

20

【 0 1 0 9 】

光源 3 は、レーザ光源でも L E D 光源でもよい。光源 3 は、複数のレーザ光源又は複数の L E D 光源を有していてもよい。

【 0 1 1 0 】

スキャンデバイス 3 1 は、第 1 ~ 第 3 の実施形態に係る走査部 4 に対応する。スキャンデバイス 3 1 は、例えばポリゴンミラーや M E M S ミラーなどのように、光信号を所定の走査範囲で走査する機能を有する。

【 0 1 1 1 】

受光デバイス 3 2 は、第 1 ~ 第 3 の実施形態に係る受光部 5 に対応する。受光デバイス 3 2 は、複数の受光素子 5 a を有していてもよい。

30

【 0 1 1 2 】

信号処理プロセッサ 3 3 は、C P U (Central Processing Unit)、F P G A (Field Programmable Gate Array)、D S P (Digital Signal Processor) などの半導体チップでもよいし、P C (Personal Computer)、ワークステーション、サーバなどのコンピュータ機器でもよい。信号処理プロセッサ 3 3 は、第 1 ~ 第 3 の実施形態に係る走査制御部 1 5 とタイミング制御部 1 6 の機能を兼ねている。また、信号処理プロセッサ 3 3 は、測距部 1 0 の機能を備えていてもよい。

【 0 1 1 3 】

図 3 6 は第 1 ~ 第 3 の実施形態に係る画像処理装置 1 及び測距装置 2 のより具体的なハードウェア構成を示すブロック図である。図 3 6 は、スキャンデバイス 3 1 の一例としてポリゴンミラー 3 1 a を採用している。

40

【 0 1 1 4 】

図 3 6 の画像処理装置 1 及び測距装置 2 は、受光デバイス 3 2 と信号処理プロセッサ 3 3 を同一のパッケージに内蔵する S I P (Silicon in Package) を採用している。図 3 6 において、支持基板 4 1 上には、第 1 ダイ 4 2 と第 2 ダイ 4 3 が設けられている。

【 0 1 1 5 】

第 1 ダイ 4 2 上には、複数の受光デバイス 3 2 が二次元方向に配置されている。個々の受光デバイス 3 2 は、S i P M (Silicon Photomultiplier) 4 4 とアクティブクエンチ回路 (A Q s) 4 5 を有する。各 S i P M 4 4 は、1 個又は複数の A P D (Avalanche P hoto Diode) を有する。なお、アクティブクエンチ回路 4 5 の代わりに、パッシブクエン

50

チ回路を設けてもよい。

【0116】

第2ダイ43上には、各SiPM44で受光された受光信号をデジタルの画素データに変換する複数のA/D変換器(以下、ADC)46と信号処理プロセッサ33が設けられている。第1ダイ42上のパッド47と、第2ダイ43上の対応するパッド48とは、ボンディングワイヤ49で接続されている。

【0117】

図36の画像処理装置1及び測距装置2では、光源3とスキャンデバイス31以外は一つの半導体チップで構成できるため、小型化及び低消費電力化を実現できる。

【0118】

本開示の態様は、上述した個々の実施形態に限定されるものではなく、当業者が想到しうる種々の変形も含むものであり、本開示の効果も上述した内容に限定されない。すなわち、特許請求の範囲に規定された内容およびその均等物から導き出される本開示の概念的な思想と趣旨を逸脱しない範囲で種々の追加、変更および部分的削除が可能である。

【符号の説明】

【0119】

1 画像処理装置、2 測距装置、3 光源、4 走査部、5 受光部、5a 受光素子、6 距離画像生成部、7 画像合成部、8 投光器、9 受光器、10 測距部、11 破線枠、12 一点鎖線枠、13 物体、15 走査制御部、16 タイミング制御部、17 ボケ解消処理部、18 処理部、19 エッジ強調部、20 特徴物認識部、21 フレームメモリ、22 フレーム間差分検出部、24 第2認識部、31 スキャンデバイス、31a ポリゴンミラー、32 受光デバイス、33 信号処理プロセッサ、34 陥没、41 支持基板、42 第1ダイ、43 第2ダイ、45 アクティブクエンチ回路(AQs)、46 変換器(以下、ADC)、47 パッド、48 パッド、49 ボンディングワイヤ

10

20

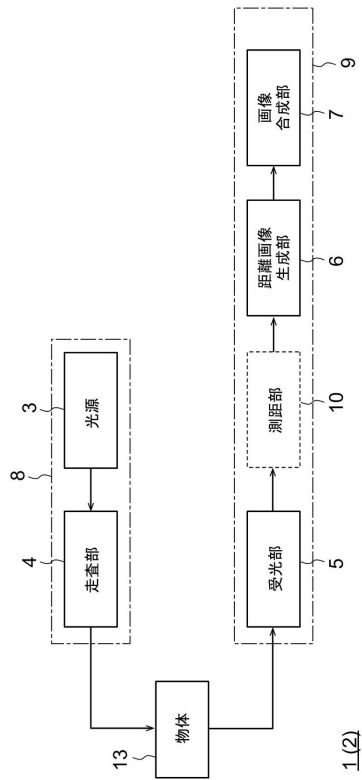
30

40

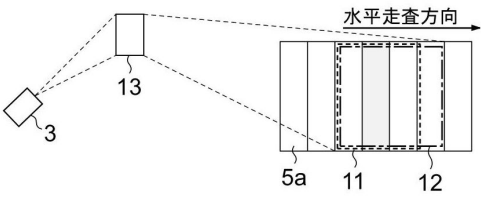
50

【図面】

【図 1】



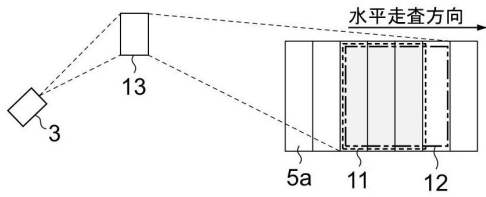
【図 2 A】



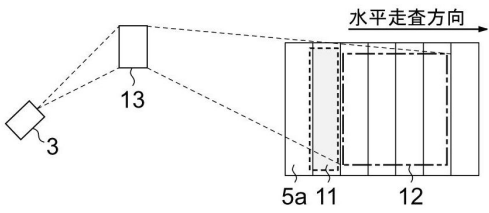
10

20

【図 2 B】



【図 3 A】

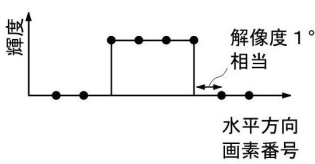


30

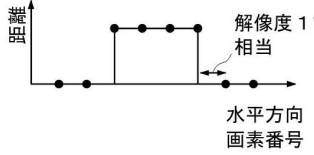
40

50

【図 3 B】

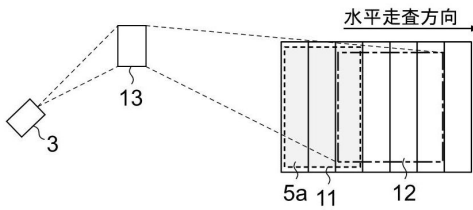


【図 3 C】

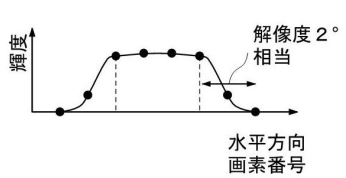


10

【図 4 A】

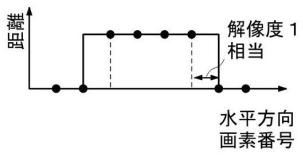


【図 4 B】

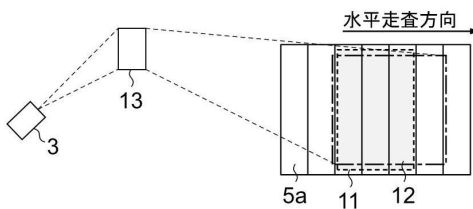


20

【図 4 C】



【図 5】

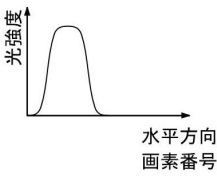


30

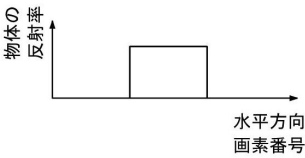
40

50

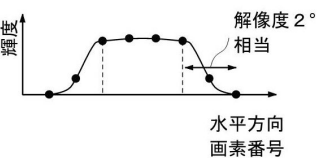
【図 6 A】



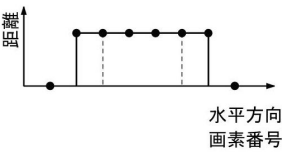
【図 6 B】



【図 6 C】

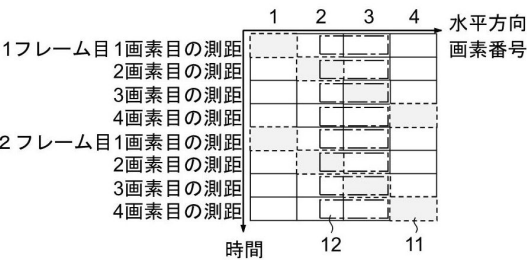


【図 6 D】

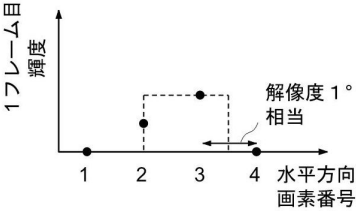


10

【図 7】

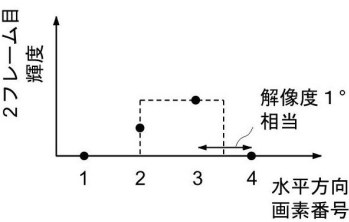


【図 8 A】

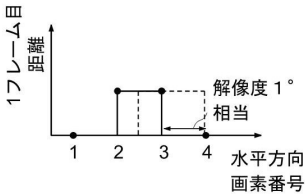


20

【図 8 B】



【図 9 A】

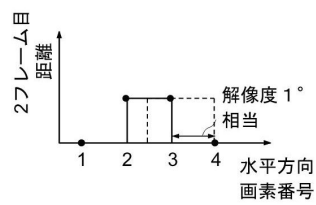


30

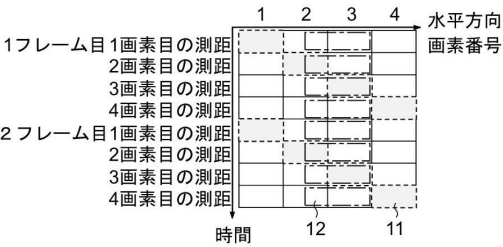
40

50

【図 9 B】

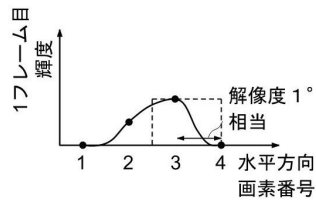


【図 1 0】

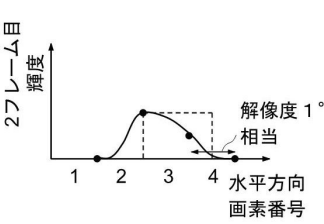


10

【図 1 1 A】

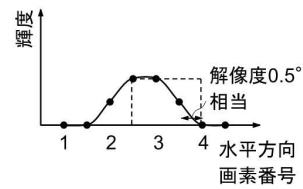


【図 1 1 B】

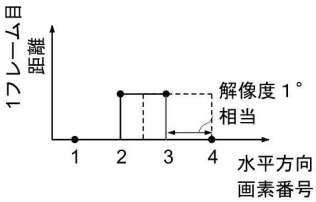


20

【図 1 1 C】



【図 1 2 A】

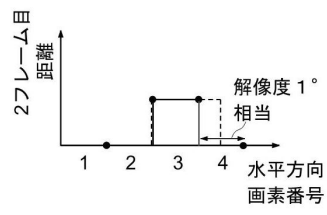


30

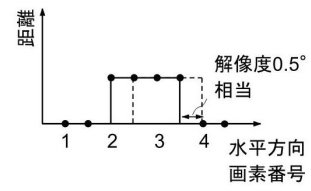
40

50

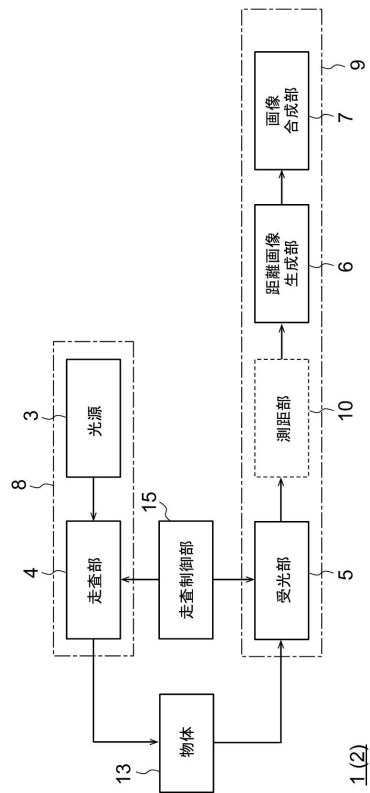
【 図 1 2 B 】



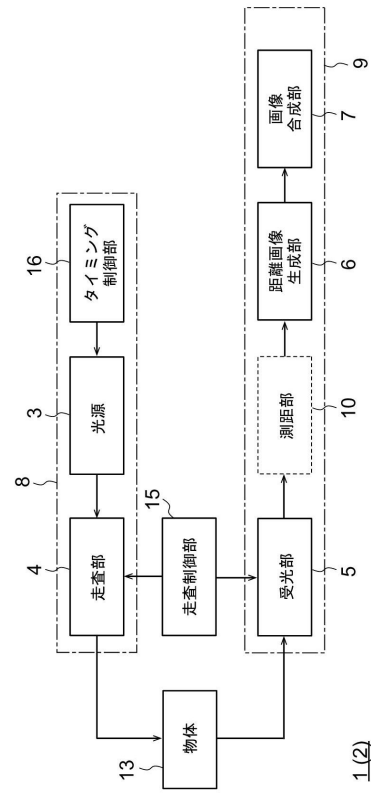
【 図 1 2 C 】



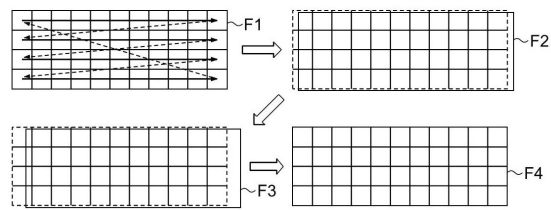
【 図 1 3 】



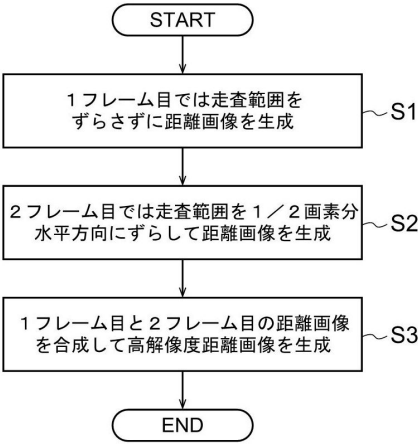
【 図 1 4 】



【図 1 5】

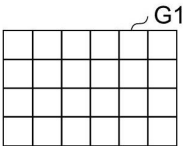


【図 1 6】

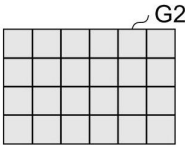


10

【図 1 7 A】



【図 1 7 B】



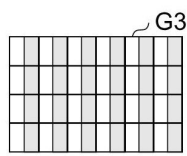
20

30

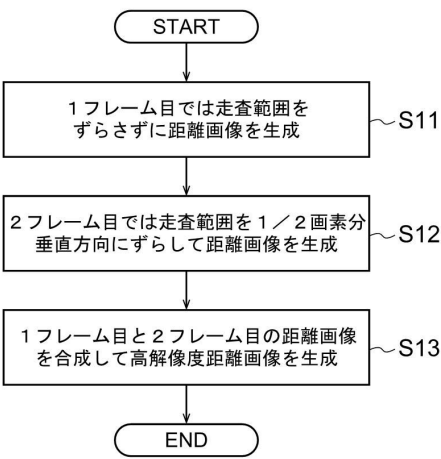
40

50

【図 1 7 C】

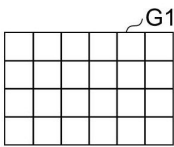


【図 1 8】

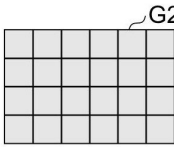


10

【図 1 9 A】



【図 1 9 B】



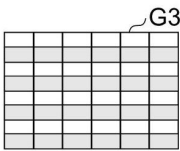
20

30

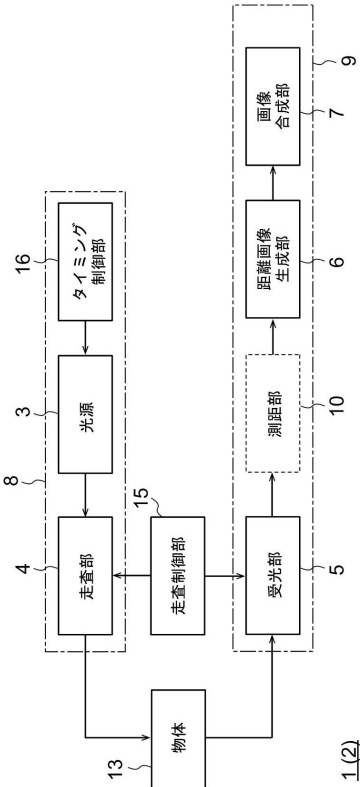
40

50

【図 19C】



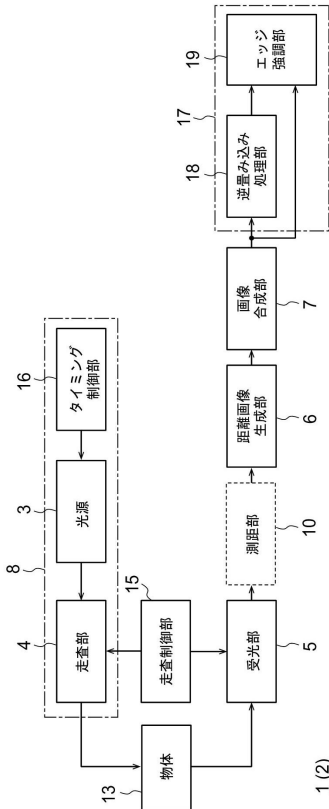
【図 20】



10

20

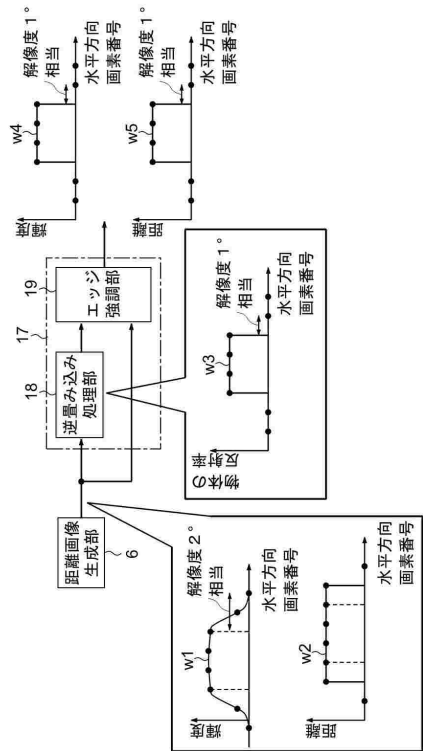
【図 21】



30

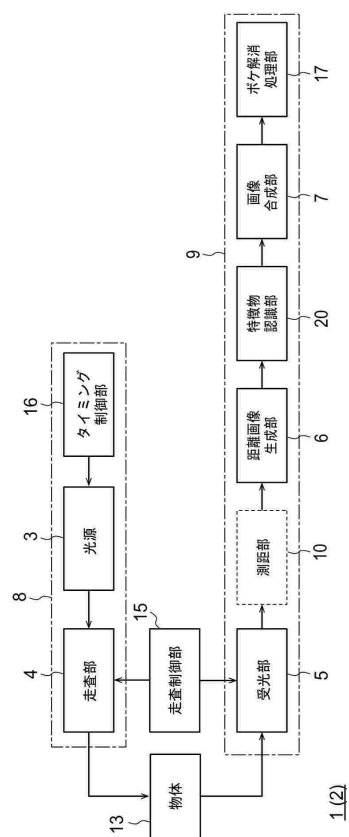
40

【図 22】

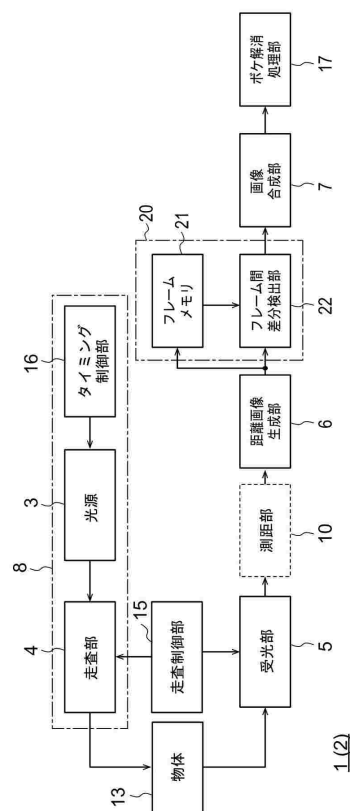


50

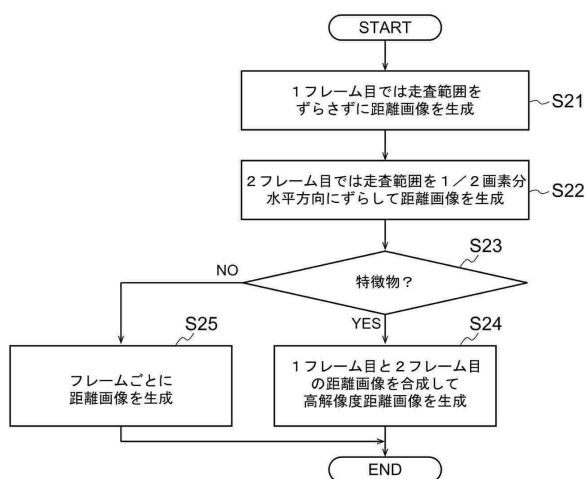
【 図 2 3 】



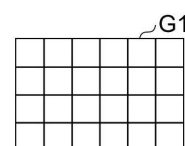
【圖 24】



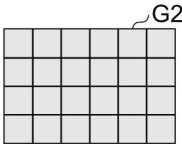
【 図 2 5 】



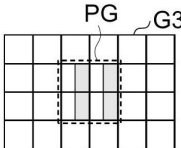
【図 2 6 A】



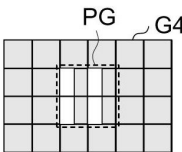
【図 2 6 B】



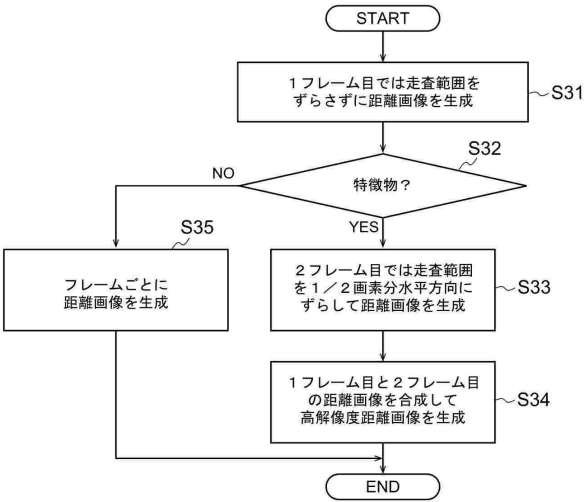
【図 2 6 C】



【図 2 6 D】



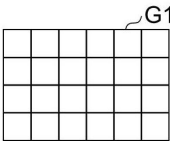
【図 2 7】



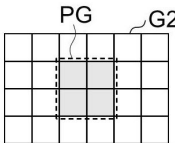
10

20

【図 2 8 A】



【図 2 8 B】

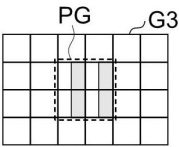


30

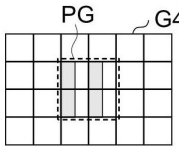
40

50

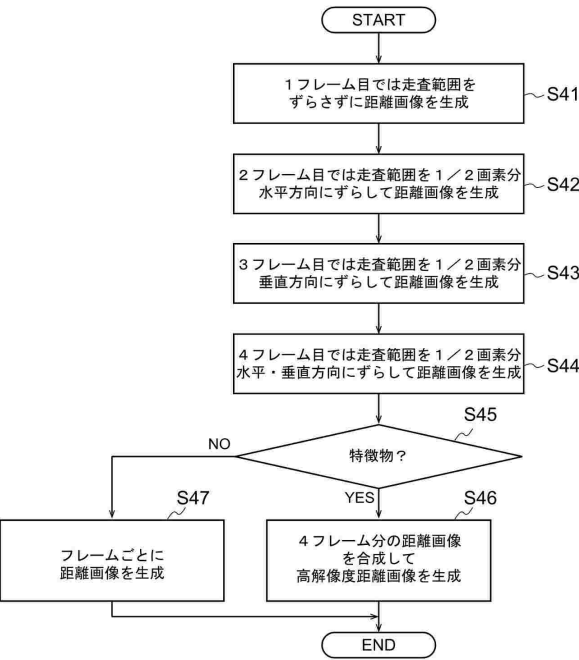
【図 2 8 C】



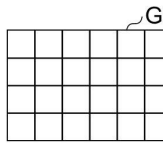
【図 2 8 D】



【図 2 9】



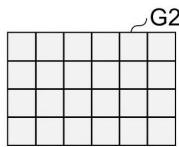
【図 3 0 A】



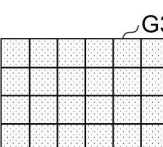
10

20

【図 3 0 B】



【図 3 0 C】

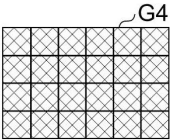


30

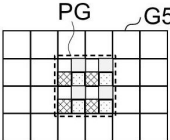
40

50

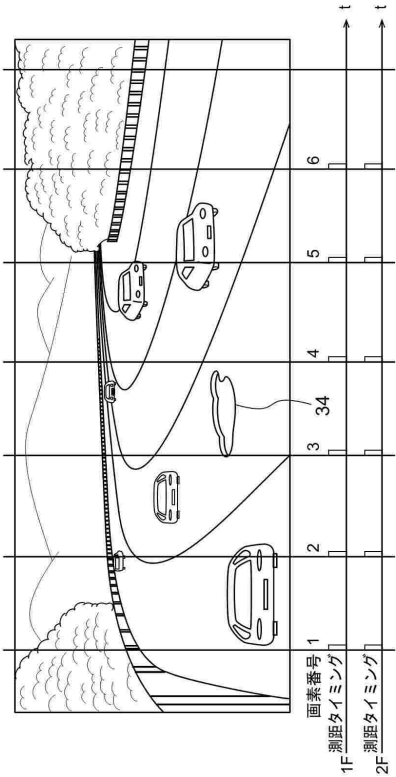
【図 30 D】



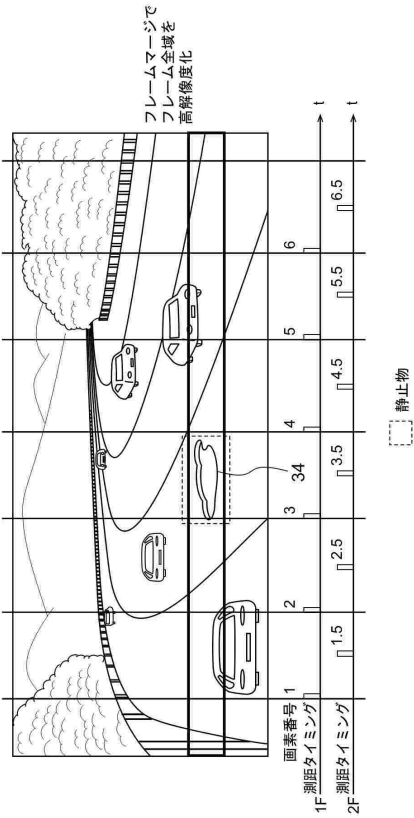
【図 30 E】



【図 31】



【図 32】



10

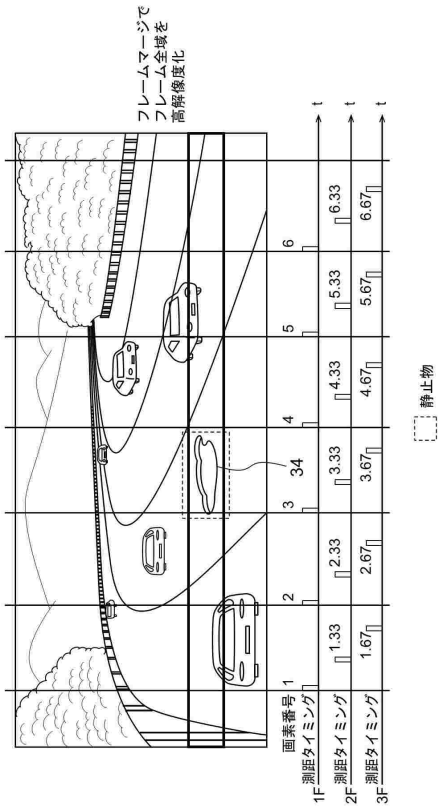
20

30

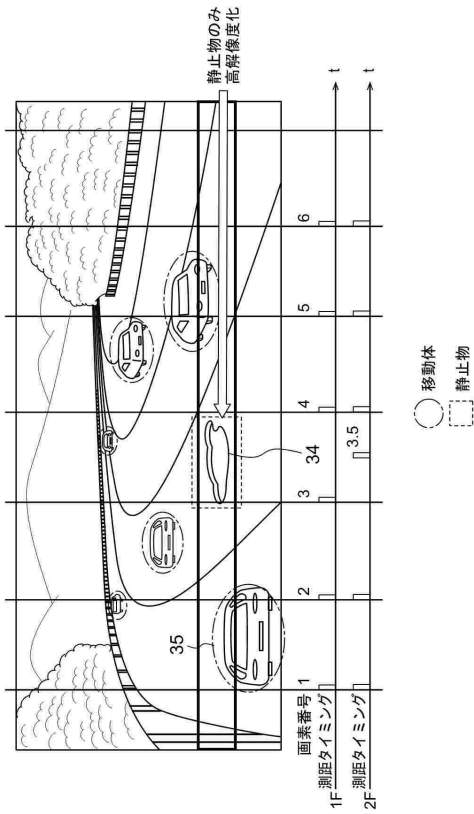
40

50

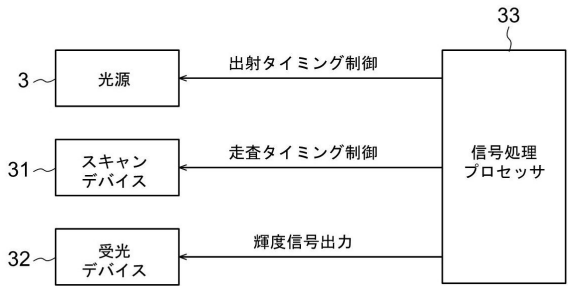
【図 3 3】



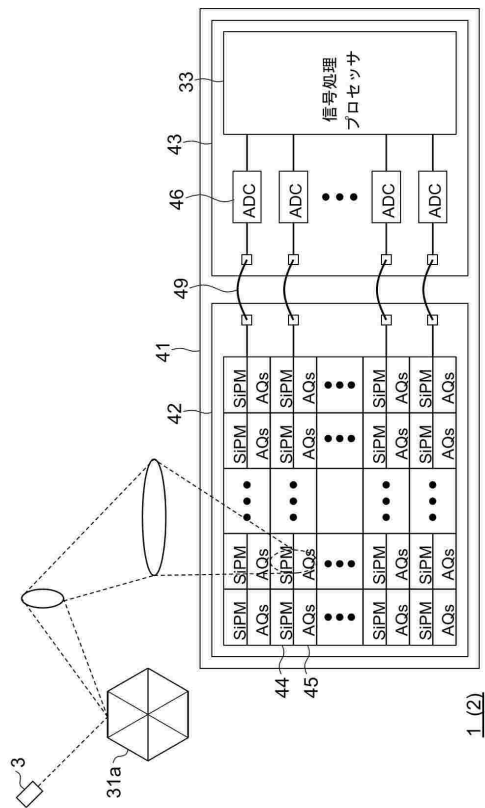
【図 3 4】



【図 3 5】



【図 3 6】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 社東芝内
(72)発明者 タ トァン タン
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内
(72)発明者 崔 明秀
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内
(72)発明者 片桐 久晶
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内
(72)発明者 太田 裕
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内
(72)発明者 近藤 智史
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内
審査官 ▲高▼場 正光
(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 2 1 / 0 3 5 6 6 0 1 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 9 / 0 3 6 1 0 9 9 (U S , A 1)
国際公開第 2 0 1 8 / 1 7 9 6 4 9 (W O , A 1)
国際公開第 2 0 2 1 / 2 3 4 3 3 3 (W O , A 1)
特開 2 0 1 9 - 1 6 8 4 1 7 (J P , A)
特表 2 0 2 0 - 5 0 5 6 7 8 (J P , A)
国際公開第 2 0 2 1 / 1 4 7 5 2 7 (W O , A 1)
WANG, Fang 外 2 名 , “ Dual deblurring leveraged by image matching ” , 2013 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING [online] , 2014年02月13日 , Pages 567-571 , URL: <https://doi.org/10.1109/ICIP.2013.6738117>
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 S 7 / 4 8 - G 0 1 S 7 / 5 1
G 0 1 S 1 7 / 0 0 - G 0 1 S 1 7 / 9 5