

(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2015-114307
(P2015-114307A)

(43) 公開日 平成27年6月22日 (2015.6.22)

(51) Int.Cl.
GO1C 3/06 (2006.01)

F I
GO1C 3/06 11OV
GO1C 3/06 14O

テーマコード (参考)
2F112

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2013-259075 (P2013-259075)	(71) 出願人	000002185
(22) 出願日	平成25年12月16日 (2013.12.16)		ソニー株式会社
			東京都港区港南1丁目7番1号
		(74) 代理人	100093241
			弁理士 宮田 正昭
		(74) 代理人	100101801
			弁理士 山田 英治
		(74) 代理人	100095496
			弁理士 佐々木 榮二
		(74) 代理人	100086531
			弁理士 澤田 俊夫
		(74) 代理人	110000763
			特許業務法人大同特許事務所

最終頁に続く

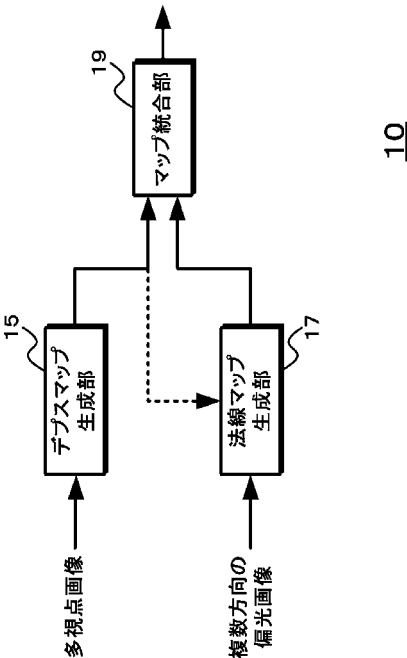
(54) 【発明の名称】 画像処理装置と画像処理方法および撮像装置

(57) 【要約】

【課題】高精度のデプスマップを生成しつつ、画素数の減らない画像を取得できるようにする。

【解決手段】 デプスマップ生成部15は、偏光方向が異なる画素を含む画素構成の第1の撮像部によって生成された第1の画像と、前記第1の撮像部と画素構成が異なる第2の撮像部によって生成された第2の画像とを用いたマッチング処理によって、デプスマップを生成する。法線マップ生成部17は、第1または第2の画像の少なくとも何れかの偏光画像の偏光状態に基づいて法線マップを生成する。マップ統合部19は、生成されたデプスマップと法線マップの統合処理を行い、生成されたデプスマップ以上の精度のデプスマップを生成しつつ、画素数の減らない画像を取得する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

偏光方向が異なる画素を含む画素構成の第 1 の撮像部によって生成された第 1 の画像と、前記第 1 の撮像部と画素構成が異なる第 2 の撮像部によって生成された第 2 の画像とを用いたマッチング処理によって、デプスマップを生成するデプスマップ生成部と、

前記デプスマップ生成部により生成された第 1 の画像または第 2 の画像の少なくとも何れかの偏光画像の偏光状態に基づいて法線マップを生成する法線マップ生成部と、

前記デプスマップ生成部で生成されたデプスマップと前記法線マップ生成部で生成された法線マップの統合処理を行うマップ統合部とを有する画像処理装置。

10

【請求項 2】

前記法線マップ生成部は、前記偏光方向が 3 方向以上の偏光画像の輝度に基づいて前記法線マップを生成する

請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記マップ統合部は、前記デプスマップで示されたデプス値と前記法線マップに基づいて判別した形状から、前記デプスマップで示されていないデプス値を推定する

請求項 2 記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記第 1 の画像は、前記偏光方向が 3 方向以上の画素を含む前記第 1 の撮像部によって生成された画像であり、

前記第 2 の画像は、偏光特性を持たない画素で構成された前記第 2 の撮像部によって生成された画像であり、

前記法線マップ生成部は、前記第 1 の画像に基づき法線マップを生成する

請求項 3 記載の画像処理装置。

20

【請求項 5】

前記デプスマップ生成部は、第 1 の画像から無偏光画像を生成して、前記無偏光画像と前記第 2 の画像を用いて前記マッチング処理を行う

請求項 4 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記デプスマップ生成部は、前記無偏光画像と前記第 2 の画像のそれぞれに対してエッジ抽出を行い、前記無偏光画像のエッジ抽出画像と前記第 2 の画像のエッジ抽出画像を用いて前記マッチング処理を行う

請求項 5 に記載の画像処理装置。

30

【請求項 7】

前記第 2 の画像は、全画素に同色のカラーフィルタが設けられた前記第 2 の撮像部、または前記カラーフィルタが設けられていない前記第 2 の撮像部によって生成された画像であり、

前記デプスマップ生成部は、第 2 の画像から生成した無偏光画像を用いて前記マッチング処理を行う

請求項 4 に記載の画像処理装置。

40

【請求項 8】

前記第 1 の画像は、偏光特性を有した画素からなる第 1 の画素群と、前記第 1 の画素群と異なる偏光方向の画素または偏光特性を持たない画素からなる第 2 の画素群とで構成された画素構成の前記第 1 の撮像部で生成された画像であり、

前記第 2 の画像は、前記第 1 の画素群と対応する位置で偏光方向が前記第 1 の画像とは異なる画素からなる第 3 の画素群と、前記第 2 の画素群と対応する位置で前記第 2 の画素群と等しい構成の画素からなる第 4 の画素群とで構成された画素構成の前記第 2 の撮像部で生成された画像である

請求項 3 記載の画像処理装置。

50

【請求項 9】

前記デプスマップ生成部は、前記第 1 の画像における前記第 2 の画素群の画像と、前記第 2 の画像における前記第 4 画素群の画像とを用いることにより、偏光方向が等しい画像間または偏光特性を持たない画像間で前記マッチング処理を行う
請求項 8 に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

前記第 1 の画像と前記第 2 の画像の視差量に基づき、前記第 1 の画像における前記第 1 の画素群の画像と、前記第 2 の画像における前記第 3 画素群の画像の位相を一致させて、偏光方向が複数方向の偏光画像を生成する画像位相調整部をさらに有し、

前記法線マップ生成部は、前記画像位相調整部で生成された偏光画像の偏光状態に基づいて法線マップを生成する
請求項 8 に記載の画像処理装置。

【請求項 11】

前記第 2 の画素群と前記第 4 の画素群が偏光特性を持たない画像である場合、前記第 1 の画素群と前記第 3 の画素群の偏光方向は合わせて 3 方向以上の画像とする
請求項 8 に記載の画像処理装置。

【請求項 12】

前記画像位相調整部は、前記第 2 の画素群と前記第 4 の画素群が偏光特性を持たない画像である場合、前記第 1 の画素群の画像を用いた補間処理によって前記第 2 の画素群の画像を生成し、前記第 3 の画素群の画像を用いた補間処理によって前記第 4 の画素群の画像を生成して、補間後の画像を用いて前記偏光画像を生成する
請求項 8 に記載の画像処理装置。

【請求項 13】

前記第 1 と第 3 の画素群は所定色の画素であり、前記第 2 と第 4 の画素群は、他の色の画素である
請求項 8 に記載の画像処理装置。

【請求項 14】

前記法線マップ生成部は、前記デプスマップ生成部で生成されたデプスマップを用いて前記法線マップの生成を行う
請求項 3 に記載の画像処理装置。

【請求項 15】

前記第 1 の画像を生成する第 1 の撮像部と前記第 2 の画像を生成する第 2 の撮像部をさらに有する
請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 16】

前記第 1 の撮像部と前記第 2 の撮像部の何れか一方が設けられた外部装置と通信を行い、前記外部装置に設けられた撮像部で生成された画像を取得する通信部と、
前記外部装置に設けられた撮像部とは異なる他方の撮像部をさらに有する
請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 17】

デプスマップ生成部で、偏光方向が異なる画素を含む画素構成の第 1 の撮像部によって生成された第 1 の画像と、前記第 1 の撮像部と画素構成が異なる第 2 の撮像部によって生成された第 2 の画像とを用いたマッチング処理を行いデプスマップを生成する工程と、

法線マップ生成部で、前記生成された第 1 または第 2 の画像の少なくとも何れかの偏光画像の偏光状態に基づいて法線マップを生成する工程と、

マップ統合部で、前記デプスマップと前記法線マップの統合処理を行う工程とを含む画像処理方法。

【請求項 18】

偏光方向が異なる画素を含む画素構成の第 1 の撮像部と、
前記第 1 の撮像部と画素構成が異なる第 2 の撮像部と、

前記第 1 の撮像部により生成された第 1 の画像と前記第 2 の撮像部より生成された第 2 の画像とを用いて、画像処理を行う画像処理部とを備える撮像装置。

【請求項 19】

前記第 1 の撮像部は、偏光特性を有した画素からなる第 1 の画素群と、前記第 1 の画素群と異なる偏光方向の画素または偏光特性を持たない画素からなる第 2 の画素群とで構成された画素構成であり、

前記第 2 の撮像部は、前記第 1 の画素群と対応する位置で偏光方向が前記第 1 の画像とは異なる画素からなる第 3 の画素群と、前記第 2 の画素群と対応する位置で前記第 2 の画素群と等しい構成の画素からなる第 4 の画素群とで構成された画素構成である

10

請求項 18 に記載の撮像装置。

【請求項 20】

偏光方向が異なる画素を含む画素構成の第 1 の撮像部と、前記第 1 の撮像部により生成された第 1 の画像を送信する送信部とを備える画像処理装置から、前記第 1 の画像を受信する受信部と、

前記第 1 の撮像部と画素構成が異なる第 2 の撮像部と、前記受信部により受信成された第 1 の画像と前記第 2 の撮像部より生成された第 2 の画像とを用いて、画像処理を行う画像処理部とを備える画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

この技術は、画像処理装置と画像処理方法および撮像装置に関し、高精度のデプスマップを生成しつつ、画素数の減らない画像を取得できるようにする。

【背景技術】

【0002】

近年、3Dプリンタの低価格化等に伴い、3次元形状を手軽に取得する手段が求められている。

【0003】

被写体の3次元形状を取得する手段としては、アクティブ方式とパッシブ方式が存在する。アクティブ方式は、例えば光を被写体に照射して、被写体からの反射光に基づき3次元形状を取得する方式であり、消費電力や部品コスト等から手軽な方式ではない。このアクティブ方式に対してパッシブ方式は、被写体に光を照射することなく3次元形状を取得する方式であり、アクティブ方式に比べて手軽な方式である。パッシブ方式では、例えばステレオカメラを用いて画像間の対応を求めることでデプスマップを生成する手法や、複数の方向の偏光画像を取得して法線マップを生成する手法が用いられている。

30

【0004】

パッシブ方式において、ステレオカメラを用いる手法では被写体の平坦部のデプスが取得できないという問題が知られている。また、複数の方向の偏光画像を用いる手法では、被写体の相対的な表面形状は取得できるが絶対的な距離を取得できないことが知られている。さらに、複数の方向の偏光画像を用いる手法では、被写体の法線の方位角に180度の不定性があることが知られている。そこで、特許文献1では、ステレオカメラの個々のカメラに搭載されているイメージセンサの各画素に偏光方向の異なる偏光フィルタを配置することで、ステレオカメラによるデプスマップの取得と偏光イメージングによる法線マップの取得を同時に行う。さらに、特許文献1では、デプスマップを参照することで法線マップの持つ180度の不定性の解決および絶対的な距離の取得が可能とされている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開第2009/147814号

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、特許文献1は、4つの画素を画像単位として、この4つの画素に偏光方向が異なる偏光子をそれぞれ設ける構成を用いている。したがって、このような構成では、特定の偏光方向の偏光画像の画素数は元々のイメージセンサの画素数の $(1/4)$ となってしまう、高精度のデプスマップを生成することができない。また、画素数が減ることによって通常の画像としての品質も低下する。

【0007】

そこで、この技術では、高精度のデプスマップを生成しつつ、画素数の減らない画像を取得できる画像処理装置と画像処理方法および撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この技術の第1の側面は、偏光方向が異なる画素を含む画素構成の第1の撮像部によって生成された第1の画像と、前記第1の撮像部と画素構成が異なる第2の撮像部によって生成された第2の画像とを用いたマッチング処理によって、デプスマップを生成するデプスマップ生成部と、前記デプスマップ生成部により生成された第1の画像または第2の画像の少なくとも何れかの偏光画像の偏光状態に基づいて法線マップを生成する法線マップ生成部と、前記デプスマップ生成部で生成されたデプスマップと前記法線マップ生成部で生成された法線マップの統合処理を行うマップ統合部とを有する画像処理装置にある。

【0009】

この技術では、偏光方向が異なる画素を含む画素構成の第1の撮像部によって生成された第1の画像と、第1の撮像部と画素構成が異なる第2の撮像部によって生成された第2の画像とを用いてマッチング処理によってデプスマップが生成される。例えば第1の画像は、偏光方向が3方向以上の画素を含む第1の撮像部によって生成された画像であり、第2の画像は、偏光特性を持たない画素で構成された第2の撮像部によって生成された画像である場合、第1の画像から無偏光画像が生成されて、この無偏光画像と第2の画像のそれぞれのエッジ抽出画像を用いてマッチング処理が行われる。

【0010】

第1の画像は、偏光特性を有した画素からなる第1の画素群と、第1の画素群と異なる偏光方向の画素または偏光特性を持たない画素からなる第2の画素群とで構成された画素構成の第1の撮像部で生成された画像であり、第2の画像は、第1の画素群と対応する位置で偏光方向が第1の画像とは異なる偏光方向の画素からなる第3の画素群と、第2の画素群と対応する位置で第2の画素群と等しい偏光方向の画素または偏光特性を持たない画素からなる第4の画素群とで構成された画素構成の第2の撮像部で生成された画像である場合、第1の画像における第2の画素群の画像と、第2の画像における第4画素群の画像とを用いることにより、偏光方向が等しい画像間または偏光特性を持たない画像間でマッチング処理が行われる。

【0011】

また、第1または第2の画像の少なくとも何れかの偏光方向が3方向以上の偏光画像の偏光状態に基づいて法線マップが生成される。例えば、第1の画像は、偏光方向が3方向以上の画素を含む第1の撮像部によって生成された画像である場合、第1の画像に基づき法線マップが生成される。

【0012】

第1の画像は、偏光特性を有した画素からなる第1の画素群と、第1の画素群と異なる偏光方向の画素または偏光特性を持たない画素からなる第2の画素群とで構成された画素構成の第1の撮像部で生成された画像であり、第2の画像は、第1の画素群と対応する位置で偏光方向が第1の画像とは異なる画素からなる第3の画素群と、第2の画素群と対応する位置で第2の画素群と等しい構成の画素からなる第4の画素群とで構成された画素構成の第2の撮像部で生成された画像である場合、第1の画像と第2の画像の視差量に基づ

10

20

30

40

50

き、第 1 の画像における第 1 の画素群の画像と、第 2 の画像における第 3 画素群の画像の位相を一致させて、偏光方向が複数方向の偏光画像が生成されて、この偏光画像の偏光状態に基づいて法線マップが生成される。

【 0 0 1 3 】

また、第 2 の画素群と第 4 の画素群が偏光特性を持たない画像である場合、第 1 の画素群の画像を用いた補間処理によって第 2 の画素群の画像を生成し、第 3 の画素群の画像を用いた補間処理によって第 4 の画素群の画像を生成して、補間後の画像を用いて偏光画像が生成される。

【 0 0 1 4 】

さらに、生成されたデプスマップと法線マップの統合処理が行われて、デプスマップで示されたデプス値と法線マップに基づいて判別した形状から、デプスマップで示されていないデプス値が算出されて、生成されたデプスマップ以上の精度のデプスマップが生成される。

【 0 0 1 5 】

また、第 1 の画像を生成する第 1 の撮像部と第 2 の画像を生成する第 2 の撮像部は、画像処理装置に設けられてもよく、また、第 1 の撮像部と第 2 の撮像部の何れか一方を外部装置に設けて、外部装置に設けられた撮像部で生成された画像を通信によって画像処理装置が取得するようにしてもよい。

【 0 0 1 6 】

この技術の第 2 の側面は、デプスマップ生成部で、偏光方向が異なる画素を含む画素構成の第 1 の撮像部によって生成された第 1 の画像と、前記第 1 の撮像部と画素構成が異なる第 2 の撮像部によって生成された第 2 の画像とを用いたマッチング処理を行いデプスマップを生成する工程と、法線マップ生成部で、前記生成された第 1 または第 2 の画像の少なくとも何れかの偏光画像の偏光状態に基づいて法線マップを生成する工程と、マップ統合部で、前記デプスマップと前記法線マップの統合処理を行う工程とを含む画像処理方法にある。

【 0 0 1 7 】

この技術の第 3 の側面は、偏光方向が異なる画素を含む画素構成の第 1 の撮像部と、前記第 1 の撮像部と画素構成が異なる第 2 の撮像部と、前記第 1 の撮像部により生成された第 1 の画像と前記第 2 の撮像部より生成された第 2 の画像とを用いて、画像処理を行う画像処理部とを備える撮像装置にある。

【 0 0 1 8 】

この技術の第 4 の側面は、偏光方向が異なる画素を含む画素構成の第 1 の撮像部と、前記第 1 の撮像部により生成された第 1 の画像を送信する送信部とを備える画像処理装置から、前記第 1 の画像を受信する受信部と、前記第 1 の撮像部と画素構成が異なる第 2 の撮像部と、前記受信部により受信成された第 1 の画像と前記第 2 の撮像部より生成された第 2 の画像とを用いて、画像処理を行う画像処理部とを備える画像処理装置にある。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 9 】

この技術によれば、偏光方向が異なる画素を含む画素構成の第 1 の撮像部によって生成された第 1 の画像と、前記第 1 の撮像部と画素構成が異なる第 2 の撮像部によって生成された第 2 の画像とを用いたマッチング処理によって、デプスマップが生成される。また、第 1 または第 2 の画像の少なくとも何れかの偏光画像の偏光状態に基づいて法線マップが生成される。さらに、生成されたデプスマップと法線マップの統合処理が行われる。したがって、高精度のデプスマップを生成しつつ、画素数の減らない画像を取得できるようになる。なお、本明細書に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、また付加的な効果があってもよい。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

【 図 1 】 画像処理装置の機能構成を示すブロック図である。

10

20

30

40

50

- 【図 2】第 1 の実施の形態の構成を例示した図である。
- 【図 3】撮像部を構成するイメージセンサの画素構成を例示した図である。
- 【図 4】被写体までの距離の算出を説明するための図である。
- 【図 5】偏光画像の生成動作を説明するための図である。
- 【図 6】輝度と偏光角の関係を例示した図である。
- 【図 7】偏光度と天頂角と関係を例示した図である。
- 【図 8】第 1 の実施の形態の処理動作を示すフローチャートである。
- 【図 9】デプスマップ生成部の処理動作を示すフローチャートである。
- 【図 10】マップの統合処理を説明するための図である。
- 【図 11】第 1 の変形例における撮像部を構成するイメージセンサの画素構成を例示した図である。 10
- 【図 12】第 1 の変形例におけるデプスマップ生成部の処理動作を示すフローチャートである。
- 【図 13】第 2 の変形例の構成を例示した図である。
- 【図 14】法線マップ生成処理部の動作を説明するための図である。
- 【図 15】第 2 の変形例の処理動作を示すフローチャートである。
- 【図 16】第 2 の実施の形態の構成を例示した図である。
- 【図 17】撮像部を構成するイメージセンサの画素構成を例示した図である。
- 【図 18】撮像部から供給された画像と補間処理後の画像を示した図である。
- 【図 19】位相調整処理を説明するための図である。 20
- 【図 20】第 2 の実施の形態の処理動作を示すフローチャートである。
- 【図 21】デプスマップの生成処理を示すフローチャートである。
- 【図 22】多偏光画像の生成処理を示すフローチャートである。
- 【図 23】第 1 の変形例における撮像部を構成するイメージセンサの画素構成を例示した図である。
- 【図 24】第 2 の変形例における撮像部を構成するイメージセンサの画素構成を例示した図である。
- 【図 25】第 3 の実施の形態の外観を例示した図である。
- 【図 26】第 3 の実施の形態の構成を例示した図である。
- 【発明を実施するための形態】 30
- 【0021】

以下、本技術を実施するための形態について説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

1. 画像処理装置について
2. 第 1 の実施の形態
 - 2 - 1. 第 1 の実施の形態の構成と動作
 - 2 - 2. 第 1 の実施の形態の第 1 の変形例
 - 2 - 3. 第 1 の実施の形態の第 2 の変形例
3. 第 2 の実施の形態
 - 3 - 1. 第 2 の実施の形態の構成と動作 40
 - 3 - 2. 第 2 の実施の形態の第 1 の変形例
 - 3 - 3. 第 2 の実施の形態の第 2 の変形例
4. 第 3 の実施の形態

【0022】

< 1. 画像処理装置について >

図 1 は、本技術の画像処理装置の機能構成を示すブロック図である。画像処理装置 10 は、デプスマップ生成部 15 と法線マップ生成部 17 およびマップ統合部 19 を有している。

【0023】

デプスマップ生成部 15 は、多視点画像からデプスマップを生成する。多視点画像は、 50

偏光特性の異なる画素を含む画素構成の第 1 の撮像部によって生成された第 1 の画像に基づく無偏光画像と、第 1 の撮像部と画素構成が異なる第 2 の撮像部によって生成された第 2 の画像に基づく無偏光画像を用いる。また、デプスマップ生成部 15 は、第 1 の画像に基づく偏光画像と、この偏光画像と偏光方向が等しい第 2 の画像に基づく偏光画像を用いてもよい。デプスマップ生成部 15 は、例えば右視点の無偏光画像と左視点の無偏光画像、または、偏光方向が等しい右視点の偏光画像と左視点の偏光画像を用いてマッチング処理を行い、画素毎にデプス値を格納したデプスマップを生成する。デプスマップ生成部 15 は、生成したデプスマップをマップ統合部 19 へ出力する。

【0024】

法線マップ生成部 17 は、複数方向の偏光画像から法線マップを生成する。複数方向の偏光画像は、後述するように偏光方向が 3 方向以上である偏光画像である。法線マップ生成部 17 は、偏光特性の異なる画素を含む画素構成の第 1 の撮像部によって生成された偏光方向が 3 方向以上である画素で構成された第 1 の画像を用いる。また、法線マップ生成部 17 は、偏光特性の異なる画素を含む画素構成の第 1 の撮像部によって生成された偏光方向が複数の画素を含む第 1 の画像と、第 1 の撮像部と画素構成が異なる第 2 の撮像部によって生成された偏光方向が第 1 の画像とは異なる複数の画素を含む第 2 の画像を用いる。法線マップ生成部 17 は、偏光方向が 3 方向以上である偏光画像を用いて、画素毎に法線情報を格納した法線マップを生成する。なお、法線マップの法線情報は、法線情報を積分することで被写体の表面形状を取得できる情報であり、被写体の表面形状は相対値であって被写体までの距離に関する情報を含んでいない。法線マップ生成部 17 は、生成した法線マップをマップ統合部 19 へ出力する。また、法線マップ生成部 17 は、デプスマップ生成部 15 で生成されたデプスマップを用いることで、後述するように 180 度の不定性が解決されている法線マップを生成してもよい。

【0025】

マップ統合部 19 は、デプスマップ生成部 15 で生成されたデプスマップと法線マップ生成部 17 で生成された法線マップの統合処理を行い、デプスマップ生成部 15 で生成されたデプスマップ以上の精度を有したデプスマップを生成する。マップ統合部 19 は、例えばデプスマップにおいてデプス値が取得できていない場合、法線マップを利用してデプス未取得領域に対応する被写体の表面形状を判別する。マップ統合部 19 は、判別した表面形状と取得済みのデプス値に基づきデプス未取得領域のデプス値を推定することで、デプスマップ生成部 15 で生成されたデプスマップ以上の精度を有したデプスマップを生成する。

【0026】

< 2 . 第 1 の実施の形態 >

次に画像処理装置の第 1 の実施の形態について説明する。第 1 の実施の形態では、第 1 の撮像部が偏光特性の異なる画素を含む画素構成であり、第 1 の撮像部と画素構成が異なる第 2 の撮像部が偏光特性を有していない画素で構成されている場合について説明する。

【0027】

< 2 - 1 . 第 1 の実施の形態の構成と動作 >

図 2 は、第 1 の実施の形態の構成を例示している。画像処理装置 20 は、撮像部 21 , 22、デプスマップ生成部 25、法線マップ生成部 27、マップ統合部 29 を有している。撮像部 21 , 22 は、ステレオカメラに相当しており、画像処理装置 20 と別個に設けられてもよい。

【0028】

撮像部 21 は、偏光特性の異なる画素を含む画素構成である第 1 の撮像部に相当する。また、撮像部 22 は、偏光特性を有していない画素で構成されている第 2 の撮像部に相当する。

【0029】

図 3 は、撮像部を構成するイメージセンサの画素構成を例示している。なお、図 3 はイメージセンサの一部を示している。また、図 3 の (A) は撮像部 21 を構成するイメージ

10

20

30

40

50

センサ 210 の画素構成、図 3 の (B) は撮像部 22 を構成するイメージセンサ 220 の画素構成を示している。

【 0030 】

撮像部 21 のイメージセンサ 210 は、各画素に偏光フィルタが配置された構成とされている。例えば、図 3 の (A) に示すように、イメージセンサ 210 の偏光フィルタは、偏光方向 (偏光方向を矢印で示す) が 4 方向とされており、撮像部 21 では、4 方向の偏光画像が得られる。撮像部 21 は、生成した偏光画像をデプスマップ生成部 25 と法線マップ生成部 27 へ出力する。

【 0031 】

撮像部 22 のイメージセンサ 220 は、偏光フィルタが配置されていない単一色 (例えば白色) の画素で構成されている。例えば、図 3 の (B) に示すように、イメージセンサ 220 は、偏光フィルタが配置されておらず、撮像部 22 では無偏光画像が得られる。撮像部 22 は、生成した無偏光画像をデプスマップ生成部 25 へ出力する。

【 0032 】

デプスマップ生成部 25 は、前処理部 251、デプスマップ生成処理部 255 を有している。

【 0033 】

前処理部 251 は、撮像部 21 から供給された偏光画像と撮像部 22 から供給された無偏光画像のそれぞれからマッチング処理に用いるマッチング画像を生成する。上述のように、撮像部 21 から供給された画像は、偏光フィルタを透過した偏光画像であるため、偏光フィルタが配置されていないイメージセンサを用いて撮像部 22 で生成された無偏光画像に比べて輝度が低下している。したがって、前処理部 251 は、輝度レベルの違いに対応したマッチング処理を行うことができるように、マッチング画像を生成する。前処理部 251 は、撮像部 21 から供給された偏光画像に対してフィルタ処理を行い無偏光画像を生成する。前処理部 251 は、例えば 2 画素 × 2 画素の平均化フィルタ処理を行い、4 方向の偏光方向の画素値の平均値を算出することで無偏光画像の画素値を生成できる。

【 0034 】

次に、前処理部 251 は、撮像部 21 から供給された偏光画像のフィルタ処理を行うことにより得られた無偏光画像と、撮像部 22 から供給された無偏光画像に対して、エッジ抽出処理を行いそれぞれのエッジ抽出画像を生成する。前処理部 251 は、生成したそれぞれのエッジ抽出画像をマッチング画像としてデプスマップ生成処理部 255 へ出力する。このように、前処理部 251 は、エッジ抽出画像をマッチング画像として用いることから、輝度レベルの違いによる影響を受けることなくマッチング処理をデプスマップ生成処理部 255 で行うことができるようになる。

【 0035 】

デプスマップ生成処理部 255 は、マッチング画像を用いてマッチング処理を行いデプスマップを生成する。マッチング手法は、領域ベースマッチングや特徴ベースマッチングテンプレートマッチングなど何れの手法を用いてもよい。デプスマップ生成処理部 255 は、マッチング処理を実行して、対応画素位置のずれ量に基づき各画素位置における被写体までの距離 (以下「デプス値」という) を算出する。図 4 は、被写体までの距離の算出を説明するための図である。なお、図 4 は、撮像部 21 と撮像部 22 を同じ姿勢で左右に配置した場合を例示している。ここで、左側の撮像部を基準撮像部として右側の撮像部を参照撮像部とする。また、撮像部の基準位置の間隔 (ベース長) を「 L_B 」、撮像部の焦点距離を「 f 」とする。この場合、基準撮像部における被写体の位置 X_L に対して、参照撮像部における被写体の位置 X_R が「 L_d 」だけずれると、被写体までの距離「 Z_p 」は、式 (1) に基づいて算出できる。

【 0036 】

10

20

30

40

【数 1】

$$Z_p = \frac{LB \times f}{L_d} \quad \dots (1)$$

【0037】

デプスマップ生成処理部 255 は、算出した距離（デプス値）を撮像画像の画素に対応付けてデプスマップを生成する。デプスマップ生成処理部 255 は、生成したデプスマップをマップ統合部 29 へ出力する。

10

【0038】

法線マップ生成部 27 は、法線マップ生成処理部 275 を有している。法線マップ生成処理部 275 は、撮像部 21 から供給された複数の偏光方向の偏光画像に基づき法線マップを生成する。図 5 は、偏光画像の生成動作を説明するための図である。図 5 に示すように、光源 LT を用いて被写体 OB の照明を行い、偏光板 PL を介して被写体 OB を撮像部 CM で撮像する。この場合、撮像部 CM で生成される偏光画像は、偏光板 PL の回転に応じて被写体 OB の輝度が変化することが知られている。ここで、偏光板 PL を回転させたときの最も高い輝度を I_{\max} 、最も低い輝度を I_{\min} とする。また、2次元座標における x 軸と y 軸を偏光板 PL の平面方向としたとき、偏光板 PL を回転させたときの x 軸に対する xy 平面上の角度を偏光角 とする。偏光板 PL は、180 度回転させると元の偏光状態に戻り 180 度の周期を有している。また、拡散反射のモデルの場合、最大輝度 I_{\max} が観測されたときの偏光角 を方位角 とする。このような定義を行うと、偏光板 PL を回転させたときに観測される輝度 I は式 (2) のように表すことができる。なお、図 6 は、輝度と偏光角の関係を例示している。

20

【0039】

【数 2】

$$I = \frac{I_{\max} + I_{\min}}{2} + \frac{I_{\max} - I_{\min}}{2} \cos(2\nu - 2\phi) \quad \dots (2)$$

30

【0040】

式 (2) では、偏光角 が偏光画像の生成時に明らかであり、最大輝度 I_{\max} と最小輝度 I_{\min} および方位角 が変数となる。したがって、法線マップ生成処理部 275 は、変数が 3 つであることから、偏光方向が 3 方向以上の偏光画像の輝度を用いて式 (2) に示す関数へのフィッティングを行い、輝度と偏光角の関係を示す関数に基づき最大輝度となる方位角 を判別する。

【0041】

また、物体表面法線を極座標系で表現して、法線情報を方位角 と天頂角 とする。なお、天頂角 は z 軸から法線に向かう角度、方位角 は、上述のように x 軸に対する y 軸方向の角度とする。ここで、偏光板 PL を回転して得られた最小輝度 I_{\min} と最大輝度 I_{\max} を用いても式 (3) の演算を行うことで偏光度 を算出できる。

40

【0042】

【数 3】

$$\rho = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad \dots (3)$$

【0043】

50

偏光度と天頂角と関係は、フレネルの式から例えば図 7 に示す特性を有することが知られており、図 7 に示す特性から偏光度に基づいて天頂角を判別できる。なお、図 7 に示す特性は例示であって、被写体の屈折率に依存して特性は変化する。

【0044】

したがって、法線マップ生成処理部 275 は、偏光方向が 3 方向以上の偏光画像に基づき、偏光方向と偏光画像の輝度から輝度と偏光角の関係を求めて、最大輝度となる方位角を判別する。また、法線マップ生成処理部 275 は、輝度と偏光角の関係から得た最大輝度と最小輝度を用いて偏光度を算出して、偏光度と天頂角の関係を示す特性曲線に基づき、算出した偏光度に対応する天頂角を判別する。このように、法線マップ生成処理部 275 は、偏光方向が 3 方向以上の偏光画像に基づき、被写体の法線情報（方位角と天頂角）を画素位置毎に求めて法線マップを生成する。法線マップ生成処理部 275 は、生成した法線マップをマップ統合部 29 へ出力する。

10

【0045】

マップ統合部 29 は、デプスマップと法線マップの統合処理を行う。マップ統合部 29 は、法線マップで示された被写体表面形状とデプスマップで示されたデプス値に基づき、デプス値が得られている画素を起点として被写体表面形状を辿ることにより、デプス値が得られていない画素に対応するデプス値を推定する。また、マップ統合部 29 は、推定したデプス値をデプスマップ生成部 25 から供給されたデプスマップに含めることで、デプスマップ生成部 25 から供給されたデプスマップ以上の精度を有するデプスマップを生成する。

20

【0046】

図 8 は、第 1 の実施の形態の処理動作を示すフローチャートである。ステップ S T 1 で撮像部 21 は、第 1 の画像を生成する。撮像部 21 は、複数の偏光方向の偏光画像を第 1 の画像として生成する。また、ステップ S T 2 で撮像部 22 は、第 2 の画像の生成を行う。撮像部 22 は、無偏光画像を第 2 の画像として生成する。

【0047】

ステップ S T 3 でデプスマップ生成部 25 は、デプスマップを生成する。図 9 は、デプスマップ生成部の処理動作を示すフローチャートである。

【0048】

ステップ S T 11 でデプスマップ生成部 25 は、無偏光画像を生成する。デプスマップ生成部 25 の前処理部 251 は、第 1 の画像すなわち複数の偏光方向の偏光画像に対して平均化フィルタ処理等を行い、無偏光画像を生成する。

30

【0049】

ステップ S T 13 でデプスマップ生成部 25 は、エッジ抽出処理を行う。デプスマップ生成部 25 の前処理部 251 は、第 2 の画像である撮像部 22 で生成された無偏光画像と、ステップ S T 11 で生成した無偏光画像に対してエッジ抽出処理を行い、マッチング画像を生成する。デプスマップ生成部 25 は、このようにエッジ抽出処理を行うことで、第 1 の画像と第 2 の画像の輝度レベルの違いによる影響のないマッチング画像を生成できる。

【0050】

ステップ S T 14 でデプスマップ生成部 25 は、マッチング処理を行う。デプスマップ生成部 25 のデプスマップ生成処理部 255 は、第 1 の画像から生成したマッチング画像と第 2 の画像から生成したマッチング画像を用いて、マッチング処理を行う。さらに、デプスマップ生成部 25 は、マッチング処理結果に基づき、画素毎にデプス値を示すデプスマップを生成する。

40

【0051】

図 8 のステップ S T 4 で法線マップ生成部 27 は、法線マップを生成する。法線マップ生成部 27 は第 1 の画像を用いて、画素毎に方位角と天頂角を判別して法線マップを生成する。

【0052】

50

ステップ S T 5 でマップ統合部 2 9 は、マップの統合処理を行う。マップ統合部 2 9 は、デプスマップで示されたデプス値と法線マップで示された被写体表面形状に基づき、デプス値が得られている画素を起点として被写体表面形状を辿ることにより、デプス値が得られていない画素に対応するデプス値を推定する。また、マップ統合部 2 9 は、推定したデプス値をデプスマップに含める。

【 0 0 5 3 】

図 1 0 は、マップの統合処理を説明するための図である。なお、説明を簡単とするため、例えば 1 ラインについての統合処理について説明する。図 1 0 の (A) に示すように、撮像部 2 1 , 2 2 によって被写体 O B の撮像を行い、デプスマップ生成部 2 5 で図 1 0 の (B) に示すデプスマップ、法線マップ生成部 2 7 で図 1 0 の (C) に示す法線マップが得られたとする。また、デプスマップでは、例えば左端の画素に対するデプス値が「 2 (メートル)」であり、「 x 」で示す他の画素ではデプス値が格納されていないとする。マップ統合部 2 9 は、法線マップに基づき、被写体 O B の表面形状を推定する。ここで、左端から 2 番目の画素は、この画素の法線方向に基づき、左端の画素に対応する被写体面から撮像部 2 1 , 2 2 の方向に近づく傾斜面に相当していることが判別できる。したがって、マップ統合部 2 9 は、左端の画素を起点として被写体 O B の表面形状を辿ることにより左端から 2 番目の画素のデプス値を推定して、例えば「 1 . 5 (メートル)」とする。また、マップ統合部 2 9 は、推定したデプス値をデプスマップに格納する。左端から 3 番目の画素は、この画素の法線方向に基づき撮像部 2 1 , 2 2 と対向する面に相当していることが判別できる。したがって、マップ統合部 2 9 は、左端の画素を起点として被写体 O B の表面形状を辿ることにより左端から 3 番目の画素のデプス値を推定して、例えば「 1 (メートル)」とする。また、マップ統合部 2 9 は、推定したデプス値をデプスマップに格納する。左端から 4 番目の画素は、左端から 3 番目の画素に対応する被写体面から撮像部 2 1 , 2 2 と離れる方向の傾斜面に相当していることが判別できる。したがって、マップ統合部 2 9 は、左端の画素を起点として被写体 O B の表面形状を辿ることにより左端から 4 番目の画素のデプス値を推定して、例えば「 1 . 5 (メートル)」とする。また、マップ統合部 2 9 は、推定したデプス値をデプスマップに格納する。同様に左端から 5 番目の画素のデプス値を推定して、例えば「 2 (メートル)」としてデプスマップに格納する。

【 0 0 5 4 】

このように、マップ統合部 2 9 は、デプスマップと法線マップの統合処理を行い、デプスマップの持つデプス値を起点として法線マップに基づき表面形状を辿ることで、デプス値を推定する。したがって、マップ統合部 2 9 は、デプスマップ生成部 2 5 で生成された図 1 0 の (B) に示すデプスマップで一部のデプス値が欠損していても、欠損しているデプス値を補うことが可能となる。したがって、図 1 0 の (B) に示すデプスマップ以上の精度である図 1 0 の (D) に示すデプスマップを生成できる。

【 0 0 5 5 】

以上のように、第 1 の実施の形態によれば、マッチング処理ではデプス値の取得が困難な被写体領域についても、複数の偏光方向の偏光画像に基づいて生成された法線マップを用いてデプス値の推定が可能となる。したがって、デプスマップ生成部 2 5 で生成されたデプスマップ以上の精度を有した高精度のデプスマップ、すなわち被写体領域の画素毎にデプス値が格納されたデプスマップを生成できる。また、4 つの画素を画像単位とした処理を行うことなく高精度のデプスマップを生成できることから、高精度のデプスマップを生成しつつ、画素数の減らない画像を取得できる。

【 0 0 5 6 】

< 2 - 2 . 第 1 の実施の形態の第 1 の変形例 >

上述の実施の形態では、撮像部 2 2 において単一色の画素で構成されたイメージセンサを用いる構成を例示したが、複数色の画素で構成されたイメージセンサを用いる構成としてもよい。次に、第 1 の実施の形態の第 1 変形例として、赤色と青色と緑色の画素がベイヤー配列とされているイメージセンサを撮像部 2 2 で用いる場合について説明する。なお、画像処理装置の構成は、図 2 と同様な構成とする。

【 0 0 5 7 】

図 1 1 は、第 1 の変形例における撮像部を構成するイメージセンサの画素構成を例示している。なお、図 1 1 はイメージセンサの一部を示している。また、図 1 1 の (A) は撮像部 2 1 を構成するイメージセンサ 2 1 0 の画素構成、図 1 1 の (B) は撮像部 2 2 を構成するイメージセンサ 2 2 1 の画素構成を示している。なお、「 R 」は赤色画素、「 G 」は緑色画素、「 B 」は青色画素であることを示している。

【 0 0 5 8 】

撮像部 2 1 のイメージセンサ 2 1 0 は、各画素に偏光フィルタが配置された構成とされている。例えば、図 3 の (A) に示すように、イメージセンサ 2 1 0 の偏光フィルタは、偏光方向 (偏光方向を矢印で示す) が 4 方向とされており、撮像部 2 1 では、4 方向の偏光画像が得られる。撮像部 2 1 は、生成した偏光画像をデプスマップ生成部 2 5 と法線マ

10

【 0 0 5 9 】

撮像部 2 2 のイメージセンサ 2 2 1 は、例えば、図 1 1 の (B) に示すように、偏光フィルタが配置されておらず、三原色の画素 (R , G , B) がベイヤー配列とされた構成とされており、撮像部 2 2 では無偏光画像が得られる。撮像部 2 2 は、生成した無偏光画像をデプスマップ生成部 2 5 へ出力する。

【 0 0 6 0 】

デプスマップ生成部 2 5 は、前処理部 2 5 1、デプスマップ生成処理部 2 5 5 を有している。

20

【 0 0 6 1 】

前処理部 2 5 1 は、撮像部 2 1 から供給された偏光画像と撮像部 2 2 から供給された無偏光画像のそれぞれからマッチング処理に用いるマッチング画像を生成する。上述のように、撮像部 2 1 から供給された画像は、偏光フィルタを透過した偏光画像であるため、偏光フィルタが配置されていないイメージセンサを用いて撮像部 2 2 で生成された無偏光画像に比べて輝度が低下している。したがって、前処理部 2 5 1 は、輝度レベルの違いに対応したマッチング処理を行うことができるように、マッチング画像を生成する。前処理部 2 5 1 は、撮像部 2 1 から供給された偏光画像に対してフィルタ処理を行い無偏光画像を生成する。前処理部 2 5 1 は、例えば 2 画素 × 2 画素の平均化フィルタ処理を行い、4 方向の偏光方向の画素値の平均値を算出することで無偏光画像の画素値を生成できる。

30

【 0 0 6 2 】

次に、前処理部 2 5 1 は、撮像部 2 2 で用いられているイメージセンサ 2 2 1 が三原色の画素をベイヤー配列とした構成であることから、デモザイク処理を行い輝度画像を生成する。前処理部 2 5 1 は、撮像部 2 1 から供給された偏光画像のフィルタ処理後の無偏光画像と、撮像部 2 2 から供給された無偏光画像に対してデモザイク処理を行うことにより得た輝度画像に対してエッジ抽出処理を行い、それぞれのエッジ抽出画像を生成する。前処理部 2 5 1 は、生成したそれぞれのエッジ抽出画像をマッチング画像としてデプスマップ生成処理部 2 5 5 へ出力する。このように、前処理部 2 5 1 は、エッジ抽出画像をマッチング画像として用いることから、輝度レベルの違いによる影響を受けることなくマッチング処理をデプスマップ生成処理部 2 5 5 で行うことができるようになる。

40

【 0 0 6 3 】

デプスマップ生成処理部 2 5 5 は、上述のようにマッチング画像を用いてマッチング処理を行いデプスマップを生成する。また、法線マップ生成部 2 7 は、上述のように撮像部 2 1 から供給された複数の偏光方向の偏光画像に基づき法線マップを生成する。

【 0 0 6 4 】

マップ統合部 2 9 は、デプスマップと法線マップの統合処理を行う。マップ統合部 2 9 は、法線マップで示された被写体表面形状とデプスマップで示されたデプス値に基づき、デプス値が得られている画素を起点として被写体表面形状を辿ることにより、デプス値が得られていない画素に対応するデプス値を推定する。また、マップ統合部 2 9 は、推定したデプス値をデプスマップ生成部 2 5 から供給されたデプスマップに含めることで、デプ

50

スマップ生成部 25 から供給されたデプスマップ以上の精度を有するデプスマップを生成する。

【0065】

図 12 は、第 1 の変形例におけるデプスマップ生成部の処理動作を示すフローチャートである。ステップ S T 21 でデプスマップ生成部 25 は、無偏光画像を生成する。デプスマップ生成部 25 の前処理部 251 は、第 1 の画像すなわち複数の偏光方向の偏光画像に対して平均化フィルタ処理等を行い、無偏光画像を生成する。

【0066】

ステップ S T 22 でデプスマップ生成部 25 は、輝度画像を生成する。デプスマップ生成部 25 の前処理部 251 は、第 2 の画像である撮像部 22 で生成された無偏光の三原色画像に対してデモザイク処理を行い輝度画像を生成する。

10

【0067】

ステップ S T 23 でデプスマップ生成部 25 は、エッジ抽出処理を行う。デプスマップ生成部 25 の前処理部 251 は、ステップ S T 21 で生成した無偏光画像とステップ S T 22 で生成した輝度画像に対してエッジ抽出処理を行い、マッチング画像を生成する。デプスマップ生成部 25 は、このようにエッジ抽出処理を行うことで、第 1 の画像と第 2 の画像の輝度差の影響のないマッチング画像を生成できる。

【0068】

ステップ S T 24 でデプスマップ生成部 25 は、マッチング処理を行う。デプスマップ生成部 25 のデプスマップ生成処理部 255 は、第 1 の画像から生成したマッチング画像と第 2 の画像から生成したマッチング画像を用いて、マッチング処理を行う。さらに、デプスマップ生成部 25 は、マッチング処理結果に基づき、デプス値を示すデプスマップを生成する。

20

【0069】

このような処理を行えば、撮像部 22 において、三原色の画素 (R, G, B) をベイヤー配列とした構成のイメージセンサを用いる場合でも、高精度のデプスマップを生成することができる。

【0070】

< 2 - 3 . 第 1 の実施の形態の第 2 の変形例 >

上述の実施の形態における法線マップ生成部 27 は、複数の偏光方向の偏光画像を用いて法線マップを生成している。上述のように、偏光板 P L は 180 度回転させると元の偏光状態に戻り、輝度変化は 180 度の周期を有しており、いわゆる 180 度の不定性を有することが知られている。そこで、第 2 の変形例では、デプスマップを用いて 180 度の不定性を除去する場合について説明する。

30

【0071】

図 13 は、第 2 の変形例の構成を例示している。画像処理装置 20 は、撮像部 21, 22、デプスマップ生成部 25、法線マップ生成部 27、マップ統合部 29 を有している。撮像部 21, 22 は、ステレオカメラに相当しており、画像処理装置 20 と別個に設けられてもよい。

【0072】

撮像部 21 は、偏光特性の異なる画素を含む画素構成である第 1 の撮像部に相当する。また、撮像部 22 は、偏光特性を有していない画素で構成されている第 2 の撮像部に相当する。撮像部 21 は、例えば図 3 の (A) または図 11 の (A) に示す構成のイメージセンサを用いる。撮像部 22 は、例えば図 3 の (B) または図 11 の (B) に示す構成のイメージセンサを用いる。

40

【0073】

デプスマップ生成部 25 は、前処理部 251、デプスマップ生成処理部 255 を有している。前処理部 251 は、撮像部 21 から供給された偏光画像と撮像部 22 から供給された無偏光画像のそれぞれから上述のようにマッチング処理に用いるマッチング画像を生成する。デプスマップ生成処理部 255 は、マッチング画像を用いてマッチング処理を行い

50

デプスマップを生成する。デプスマップ生成処理部 255 は、生成したデプスマップを法線マップ生成部 27 とマップ統合部 29 へ出力する。

【0074】

法線マップ生成部 27 は、法線マップ生成処理部 276 を有している。法線マップ生成処理部 276 は、法線マップ生成処理部 275 と同様な処理を行い、撮像部 21 から供給された複数の偏光方向の偏光画像に基づき法線マップを生成する。また、法線マップ生成処理部 276 は、デプスマップに基づき被写体の勾配方向を判別して法線マップの生成を行い、180度の不定性を除去する。

【0075】

図14は、法線マップ生成処理部の動作を説明するための図である。図14の(A)に示す被写体OBを撮像部21で撮像して法線マップを生成する場合、偏光方向の回転に応じた輝度変化は180度の周期を有している。したがって、例えば図14の(B)に示すように被写体OBの上半分の領域GAでは法線方向(矢印で示す)が正しい方向となり、下半分の領域GBでは法線方向が逆方向となるおそれがある。ここで、デプスマップに基づき被写体OBの勾配方向の判別を法線マップ生成処理部276で行うと、法線マップ生成処理部276は、被写体OBが撮像部21の方向に突出した形状であることを判別できる。また、法線マップ生成処理部276は、被写体OBが撮像部21の方向に突出した形状であることから、図14の(B)に示す下半分の領域GBの法線方向は逆方向であることを判別できる。したがって、法線マップ生成処理部276は、下半分の領域GBの法線方向を逆方向とすることで、図14の(C)に示すように、180度の不定性を除去した正しい法線マップを生成できる。

【0076】

マップ統合部29は、デプスマップと法線マップの統合処理を行う。マップ統合部29は、法線マップで示された被写体表面形状とデプスマップで示されたデプス値に基づき、デプス値が得られている画素を起点として被写体表面形状を辿ることにより、デプス値が得られていない画素に対応するデプス値を推定する。また、マップ統合部29は、推定したデプス値をデプスマップ生成部25から供給されたデプスマップに含めることで、デプスマップ生成部25から供給されたデプスマップ以上の精度を有するデプスマップを生成する。

【0077】

図15は、第2の変形例の処理動作を示すフローチャートである。ステップST31で撮像部21は、第1の画像を生成する。撮像部21は、複数の偏光方向の偏光画像を第1の画像として生成する。また、ステップST32で撮像部22は、第2の画像を生成する。撮像部22は、無偏光画像を第2の画像として生成する。

【0078】

ステップST33でデプスマップ生成部25は、デプスマップを生成する。デプスマップ生成部25は、無偏光画像の生成および無偏光画像に基づきマッチング画像の生成を行う。また、デプスマップ生成部25は、マッチング画像を用いてマッチング処理を行い、マッチング処理結果に基づき、デプス値を示すデプスマップを生成する。

【0079】

ステップST34で法線マップ生成部27は、法線マップを生成する。法線マップ生成部27は第1の画像とデプスマップに基づき、180度の不定性を除去した法線マップを生成する。

【0080】

ステップST35でマップ統合部29は、マップの統合処理を行う。マップ統合部29は、デプスマップで示されたデプス値と法線マップで示された被写体表面形状に基づき、デプス値が得られている画素を起点として被写体表面形状を辿ることにより、デプス値が得られていない画素に対応するデプス値を推定する。また、マップ統合部29は、推定したデプス値をデプスマップに含める。

【0081】

このように、第2の変形例によれば、180度の不定性を除去して、正しい法線マップを生成することが可能となり、高精度のデプスマップを正しく生成できる。なお、第2の変形例では、法線マップ生成処理部276で正しい法線マップを生成してマップ統合部29へ出力したが、マップ統合部29で180度の不定性の除去を行うようにしてもよい。例えばマップ統合部29は、デプスマップに基づき被写体の勾配方向を判別して、判別結果に基づき上述の法線マップ生成処理部275で生成された法線マップの法線方向を正しい方向に修正してからマップの統合処理を行うようにしてもよい。

【0082】

< 3. 第2の実施の形態について >

次に画像処理装置の第2の実施の形態について説明する。第2の実施の形態において、第1の画像は、偏光特性を有した画素からなる第1の画素群と、第1の画素群と異なる偏光方向の画素または偏光特性を持たない画素からなる第2の画素群とで構成された画素構成の第1の撮像部で生成された画像とする。第2の画像は、第1の画素群と対応する位置で偏光方向が第1の画像と異なる画素からなる第3の画素群と、第2の画素群と対応する位置で第2の画素群と等しい構成の画素からなる第4の画素群とで構成された画素構成の第2の撮像部で生成された画像とする。また、第2の実施の形態では、第1の画像における第2の画素群の画像と、第2の画像における第4画素群の画像とを用いることにより、偏光方向が等しい画像間または偏光特性を持たない画像間でマッチング処理を行いデプスマップを生成する。さらに、第2の画素群と第4の画素群が偏光特性を持たない画像である場合、第1の画素群と第3の画素群の偏光方向は合わせて3方向以上の偏光画像として、法線マップを生成する。

【0083】

< 3-1. 第2の実施の形態の構成と動作 >

図16は、第2の実施の形態の構成を例示している。画像処理装置30は、撮像部31、32、デプスマップ生成部35、法線マップ生成部37、マップ統合部39を有している。撮像部31、32は、ステレオカメラに相当しており、画像処理装置30と別個に設けられてもよい。

【0084】

撮像部31は、偏光特性を有した画素からなる第1の画素群と、第1の画素群と異なる偏光方向の画素または偏光特性を持たない画素からなる第2の画素群とで構成された画素構成である第1の撮像部に相当する。また、撮像部32は、第1の画素群と対応する位置で偏光方向が第1の画像とは異なる画素からなる第3の画素群と、第2の画素群と対応する位置で第2の画素群と等しい構成の画素からなる第4の画素群とで構成された画素構成である第2の撮像部に相当する。

【0085】

図17は、撮像部を構成するイメージセンサの画素構成を例示している。なお、図17はイメージセンサの一部を示している。また、図17の(A)は撮像部31を構成するイメージセンサ310の画素構成、図17の(B)は撮像部32を構成するイメージセンサ320の画素構成を示している。

【0086】

撮像部31のイメージセンサ310は、無偏光の画素と複数の偏光方向の偏光フィルタを設けた画素が混在した構成とされている。例えば、図17の(A)に示すように、イメージセンサ310には、1ラインおきに無偏光の画素ラインが設けられている。また、偏光フィルタを設けたラインでは、異なる2種類の偏光方向(偏光方向を矢印で示す)の画素が交互に設けられている。したがって、撮像部31では、第1の画素群である2方向の偏光方向の画素と第2の画素群である無偏光の画素からなる画像が得られる。撮像部31は、生成した画像をデプスマップ生成部35と法線マップ生成部37へ出力する。

【0087】

撮像部32のイメージセンサ320は、無偏光の画素と複数の偏光方向の偏光フィルタを設けた画素が混在した構成とされている。例えば、図17の(B)に示すように、イメ

ージセンサ 320 には、イメージセンサ 310 と同様に無偏光の画素ラインが設けられている。また、偏光フィルタを設けたラインでは、撮像部 31 のイメージセンサ 310 とは異なる 2 種類の偏光方向（偏光方向を矢印で示す）の画素が交互に設けられている。したがって、撮像部 32 では、撮像部 31 と異なる 2 方向の偏光方向である第 3 の画素群の画素と第 4 の画素群である無偏光の画素からなる画像が得られる。撮像部 32 は、生成した画像をデプスマップ生成部 35 と法線マップ生成部 37 へ出力する。すなわち、図 17 の場合、偏光方向が 4 方向の偏光画像が法線マップ生成部 37 へ出力されることになる。

【0088】

デプスマップ生成部 35 は、前処理部 351、デプスマップ生成処理部 355 を有している。

【0089】

前処理部 351 は、撮像部 31、32 から供給された画像から無偏光部分の画像を抽出して、マッチング処理に用いるマッチング画像としてデプスマップ生成処理部 355 へ出力する。

【0090】

デプスマップ生成処理部 355 は、マッチング画像を用いてマッチング処理を行いデプスマップを生成する。デプスマップ生成処理部 355 は、上述のデプスマップ生成処理部 255 と同様にマッチング処理を実行して、対応画素位置のずれ量に基づき各画素位置における被写体までの距離（デプス値）を算出する。また、デプスマップ生成処理部 355 は、無偏光部分の画素について算出したデプス値を用いてデプス補間処理を行い、偏光フ

ィルタが設けられている画素のデプス値を算出する。デプスマップ生成処理部 355 は、デプス値を撮像画像の画素に対応付けてデプスマップを生成する。デプスマップ生成処理部 355 は、算出したデプス値を撮像画像の画素に対応付けてデプスマップを生成する。デプスマップ生成処理部 355 は、生成したデプスマップを法線マップ生成部 37 とマップ統合部 39 へ出力する。

【0091】

法線マップ生成部 37 は、画像位相調整部 371 と法線マップ生成処理部 375 を有している。

【0092】

画像位相調整部 371 は、デプスマップ生成部 35 から出力されたデプスマップをディスプレイマッピングに変換する。画像位相調整部 371 は、デプスマップで示された画素毎のデプス値に基づき視差量を判別してディスプレイマッピングを生成する。なお、デプスマップ生成部 35 ではマッチング処理によって画素位置にずれ量を画素毎に算出していることから、画像位相調整部 371 は、デプスマップ生成部 35 から画素毎のずれ量を取得してディスプレイマッピングを生成してもよい。

【0093】

また、画像位相調整部 371 は、撮像部 31 と撮像部 32 から供給された画像のそれぞれに対して、偏光画像が得られていない無偏光画像のラインの画像補間処理を行い、偏光方向が異なる複数の方向の画素からなる偏光画像をそれぞれ生成する。図 18 は、撮像部から供給された画像と補間処理後の画像を示している。なお、図 18 の（A）は、撮像部 31 から供給された画像の偏光方向を示しており、図 18 の（B）は補間処理後の画像の偏光方向を示している。画像位相調整部 371 は、上側や下側に隣接する偏光画像の画素を用いて補間を行い、例えば上側に隣接する画素の画素値と下側に隣接する画素の画素値の平均値を無偏光画像の画素位置の画素値として、偏光方向が 2 方向の画素からなる偏光画像を生成する。画像位相調整部 371 は、撮像部 32 から供給された画像に対しても同様に画像補間処理を行い、撮像部 31 から供給された画像とは偏光方向が異なる 2 方向の画素からなる偏光画像を生成する。

【0094】

さらに、画像位相調整部 371 は、ディスプレイマッピングに基づき、撮像部 31 からの画像に対する補間処理後の偏光画像と撮像部 32 からの画像に対する補間処理後の偏光画

10

20

30

40

50

像の位相を一致させる。図 19 は位相調整処理を説明するための図である。図 19 の (A) は撮像部 31 から供給された画像の補間処理後における偏光画像の一部を示している。図 19 の (B) は撮像部 32 から供給された画像の補間処理後における偏光画像の一部を示している。図 19 の (C) はディスパリティマップの一部を例示している。なお、ディスパリティマップのディスパリティ値 (視差量) は、デプスマップのデプス値と一対一に対応しており、上述のように 2 つの撮像部の基準位置の間隔「LB」と撮像部の焦点距離「f」から容易に双方向で変換可能である。視差量は、被写体の同じ部分に対応する撮像部 31 から供給された画像上の画素と撮像部 32 から供給された画像上の画素の関係を示している。撮像部 32 から供給された画像上における例えば画素 Pg2 (図示せず) に対応する撮像部 31 から供給された画像上の画素 Pg1 (図示せず) は、ディスパリティマップの視差量を参照することで判別できる。ここで、視差量の値が「2 (画素)」であるとする、画素 Pg2 よりも 2 画素右側に位置する画素 Pg1 が被写体の同じ部分に対応する。したがって、画像位相調整部 371 は、ディスパリティマップを参照して、撮像部 32 から供給された補間処理後の画像の位相を調整して、撮像部 31 から供給された補間処理後の画像と画像の位相が一致している図 19 の (D) に示す位相一致画像を生成する。ここで、ディスパリティマップが図 19 の (C) に示す値である場合、上半分が「1 (画素)」であり下半分が「2 (画素)」である。したがって、画像位相調整部 371 は、撮像部 32 から供給された補間処理後の画像の上半分を「1 (画素)」だけ右にずらす処理と、下半分を「2 (画素)」だけ右にずらす処理を行い、位相を一致させた画像を生成する。

10

20

【0095】

画像位相調整部 371 は、以上のような処理を行い偏光方向が異なる 2 方向の偏光画像と、この画像と位相が一致しており偏光方向が異なる 2 方向の偏光画像を生成して法線マップ生成処理部 375 へ出力する。すなわち、画像位相調整部 371 は、被写体の視差の影響が除かれた多偏光画像を法線マップ生成処理部 375 へ出力する。

【0096】

法線マップ生成処理部 375 は、画像位相調整部 371 から供給された複数の偏光方向の偏光画像に基づき法線マップを生成して、マップ統合部 39 へ出力する。

【0097】

マップ統合部 39 は、デプスマップと法線マップの統合処理を行う。マップ統合部 39 は、法線マップで示された被写体表面形状とデプスマップで示されたデプス値に基づき、デプス値が得られている画素を起点として被写体表面形状を辿ることにより、デプス値が得られていない画素に対応するデプス値を推定する。また、マップ統合部 39 は、推定したデプス値をデプスマップ生成部 35 から供給されたデプスマップに含めることで、デプスマップ生成部 35 から供給されたデプスマップ以上の精度を有するデプスマップを生成する。

30

【0098】

図 20 は、第 2 の実施の形態の処理動作を示すフローチャートである。ステップ ST41 で撮像部 31 は、第 1 の画像を生成する。撮像部 31 は、偏光特性を有した画素からなる第 1 の画素群と、第 1 の画素群と異なる偏光方向の画素または偏光特性を持たない画素からなる第 2 の画素群からなる第 1 の画像を生成する。また、ステップ ST42 で撮像部 32 は、第 1 の画素群と対応する位置で偏光方向が第 1 の画像と異なる画素からなる第 3 の画素群と、第 2 の画素群と対応する位置で第 2 の画素群と等しい構成の画素からなる第 4 の画素群からなる第 2 の画像を生成する。

40

【0099】

ステップ ST43 でデプスマップ生成部 35 はデプスマップを生成する。図 21 はデプスマップの生成処理を示すフローチャートである。ステップ ST51 でデプスマップ生成部 35 は、第 2 と第 4 の画素群を用いてデプスマップを生成する。デプスマップ生成部 35 は、第 2 と第 4 の画素群の画像を用いてマッチング処理を行い、画素毎に被写体までの距離 (デプス値) を算出してデプスマップを生成する。

【0100】

50

ステップ S T 5 2 でデプスマップ生成部 3 5 は、デプス補間処理を行う。デプスマップ生成部 3 5 は、第 2 (第 4) の画素群の画素について算出したデプス値を用いた補間処理によって、第 1 (第 3) の画素群の画素についてのデプス値を算出する。このように、デプスマップ生成部 3 5 は、デプス補間処理を行うことで第 1 (第 3) の画素群および第 2 (第 4) の画素群の画素毎にデプス値を示すデプスマップを生成する。

【0101】

図 20 のステップ S T 4 4 で法線マップ生成部 3 7 は多偏光画像を生成する。図 2 2 は多偏光画像の生成処理を示すフローチャートである。ステップ S T 6 1 で法線マップ生成部 3 7 はディスパリティマップを生成する。法線マップ生成部 3 7 は、図 20 のステップ S T 4 3 で生成したデプスマップをディスパリティマップに変換する。なお、法線マップ生成部 3 7 は、ディスパリティマップ生成時に行われたマッチング処理によって得られた画素位置毎のずれ量を用いてもよい。

10

【0102】

ステップ S T 6 2 で法線マップ生成部 3 7 は画像補間処理を行う。法線マップ生成部 3 7 は、撮像部 3 1 から供給された第 1 の画像と撮像部 3 2 から供給された第 2 の画像のそれぞれに対して、偏光画像が得られていない無偏光画像の画素位置に対して画像補間処理を行い偏光画像を生成する。

【0103】

ステップ S T 6 3 で法線マップ生成部 3 7 は画像位相調整を行う。法線マップ生成部 3 7 は、ディスパリティマップに基づき画像の移動を行い、第 1 の画像に対する補間処理後の偏光画像と第 2 の画像に対する補間処理後の偏光画像における画像の位相を一致させて、視差の影響を除いた多偏光画像を生成する。

20

【0104】

図 20 のステップ S T 4 5 で法線マップ生成部 3 7 は法線マップを生成する。法線マップ生成部 3 7 は、ステップ S T 4 4 で生成された多偏光画像に基づき法線マップを生成する。

【0105】

ステップ S T 4 6 でマップ統合部 3 9 は、マップの統合処理を行う。マップ統合部 3 9 は、デプスマップで示されたデプス値と法線マップで示された被写体表面形状に基づき、デプス値が得られている画素を起点として被写体表面形状を辿ることにより、デプス値が得られていない画素に対応するデプス値を推定する。また、マップ統合部 3 9 は、推定したデプス値をデプスマップに含める。

30

【0106】

以上のように、第 2 の実施の形態によれば、例えば第 1 の撮像部と第 2 の撮像部のそれぞれで偏光画像を生成する場合でも、デプスマップ生成部 3 5 でデプスマップを生成することが可能となる。また、法線マップ生成部 3 7 では、画像の位相合わせを行い視差の影響を除いた多偏光画像に基づき法線マップを生成することが可能となる。したがって、生成されたデプスマップと法線マップと統合することで、デプスマップ生成部 3 5 で生成されたデプスマップ以上の精度を有した高精度のデプスマップ、すなわち被写体領域の画素毎にデプス値が格納されたデプスマップを生成できる。また、高精度のデプスマップを生成しつつ、画素数の減らない画像を取得できる

40

【0107】

さらに、撮像部 3 1 のイメージセンサおよび撮像部 3 2 のイメージセンサの画素には、最大で偏光方向が 2 方向の平均化フィルタのみが行われるため、平均化フィルタの影響を抑えて高精度のデプスマップを生成できる。

【0108】

< 3 - 2 . 第 2 の実施の形態の第 1 の変形例 >

上述の実施の形態では、撮像部 3 1 , 3 2 において単一色の画素で構成されたイメージセンサを用いる構成を例示したが、複数色の画素で構成されたイメージセンサを用いる構成としてもよい。次に、第 2 の実施の形態の第 2 変形例として、赤色と青色と緑色の画素

50

がベイヤー配列とされているイメージセンサを撮像部 3 1, 3 2 で用いる場合について説明する。なお、画像処理装置の構成は、図 1 6 と同様な構成する。

【0109】

図 2 3 は、第 1 の変形例における撮像部を構成するイメージセンサの画素構成を例示している。なお、図 2 3 はイメージセンサの一部を示している。また、図 2 3 の (A) は撮像部 3 1 を構成するイメージセンサ 3 1 1 の画素構成、図 2 3 の (B) は撮像部 3 2 を構成するイメージセンサ 3 2 1 の画素構成を示している。なお、「R」は赤色画素、「G」は緑色画素、「B」は青色画素であることを示している。

【0110】

撮像部 3 1 のイメージセンサ 3 1 1 は、赤色と青色と緑色の画素がベイヤー配列とされており、所定色の画素例えば緑画素に偏光フィルタが配置された構成とされている。図 2 3 の (A) に示すように、イメージセンサ 3 1 1 の偏光フィルタは、異なる 2 種類の偏光方向（偏光方向を矢印で示す）とされている。撮像部 3 1 は、第 1 の画素群である 2 方向の偏光方向の画素（緑色）および第 2 の画素群の無偏光の画素（赤色と青色）の画像からなる第 1 の画像を生成して、デプスマップ生成部 3 5 と法線マップ生成部 3 7 へ出力する。

10

【0111】

撮像部 3 2 のイメージセンサ 3 2 1 は、赤色と青色と緑色の画素がベイヤー配列とされており、緑画素に偏光フィルタが配置された構成とされている。例えば、図 2 3 の (B) に示すように、イメージセンサ 3 2 1 の偏光フィルタは、イメージセンサ 3 1 1 と異なる 2 種類の偏光方向（偏光方向を矢印で示す）とされている。撮像部 3 2 は、撮像部 3 1 と異なる 2 方向の偏光方向の第 3 の画素群である画素（緑色）および第 4 の画素群の無偏光の画素（赤色と青色）の画像からなる第 2 の画像を生成して、デプスマップ生成部 3 5 と法線マップ生成部 3 7 へ出力する。

20

【0112】

デプスマップ生成部 3 5 は、前処理部 3 5 1、デプスマップ生成処理部 3 5 5 を有している。前処理部 3 5 1 は、撮像部 3 1 と撮像部 3 2 から供給された画像の無偏光画像を用いてマッチング処理に用いるマッチング画像を生成する。例えば赤色画素または青色画素のみを用いて画像補間処理を行い、赤色または青色のマッチング画像を生成する。デプスマップ生成処理部 3 5 5 は、マッチング画像を用いてマッチング処理を行いデプスマップを生成する。

30

【0113】

法線マップ生成部 3 7 は、画像位相調整部 3 7 1 と法線マップ生成処理部 3 7 5 を有している。

【0114】

画像位相調整部 3 7 1 は、デプスマップ生成部 3 5 から出力されたデプスマップをディスパリティマップに変換する。画像位相調整部 3 7 1 は、デプスマップで示された画素毎のデプス値に基づき視差量を判別してディスパリティマップを生成する。なお、デプスマップ生成部 3 5 ではマッチング処理によって画素毎にずれ量を算出していることから、画像位相調整部 3 7 1 は、デプスマップ生成部 3 5 から画素毎のずれ量を取得してディスパリティマップを生成してもよい。

40

【0115】

画像位相調整部 3 7 1 は、撮像部 3 1 と撮像部 3 2 から供給された画像のそれぞれに対して、偏光画像を用いて無偏光画像の画像補間処理を行い、偏光方向が異なる複数の方向の画素からなる偏光画像をそれぞれ生成する。さらに画像位相調整部 3 7 1 は、ディスパリティマップに基づき、撮像部 3 1 からの画像に対する補間処理後の偏光画像と撮像部 3 1 からの画像に対する補間処理後の偏光画像の位相を一致させて、被写体の視差の影響が除かれた多偏光画像を生成する。画像位相調整部 3 7 1 は、生成した多偏光画像を法線マップ生成処理部 3 7 5 へ出力する。

【0116】

50

法線マップ生成処理部 375 は、画像位相調整部 371 から供給された複数の偏光方向の偏光画像に基づき法線マップを生成して、マップ統合部 39 へ出力する。

【0117】

マップ統合部 39 は、デプスマップと法線マップの統合処理を行う。マップ統合部 39 は、法線マップで示された被写体表面形状とデプスマップで示されたデプス値に基づき、デプス値が得られている画素を起点として被写体表面形状を辿ることにより、デプス値が得られていない画素に対応するデプス値を推定する。また、マップ統合部 39 は、推定したデプス値をデプスマップ生成部 35 から供給されたデプスマップに含めることで、デプスマップ生成部 35 から供給されたデプスマップ以上の精度を有するデプスマップを生成する。

10

【0118】

このように、第 1 の変形例によれば、複数色の画素で構成されたイメージセンサを用いる場合でも、デプスマップ生成部 35 でデプスマップを生成することが可能となる。また、法線マップ生成部 37 では、画像の位相合わせを行い視差の影響を除いた多偏光画像に基づき法線マップを生成することが可能となる。したがって、生成されたデプスマップと法線マップと統合することで、デプスマップ生成部 35 で生成されたデプスマップ以上の精度を有したデプスマップを生成できる。

【0119】

< 3 - 3 . 第 2 の実施の形態の第 2 の変形例 >

次に、第 2 の実施の形態の第 2 の変形例として、撮像部 31 から供給された第 1 の画像の第 1 の画素群と撮像部 32 から供給された第 2 の画像の第 3 の画素群との偏光方向が異なり、第 1 の画像の第 2 の画素群と第 2 の画像の第 4 の画素群の偏光方向が、第 1 および第 2 の画素群とは異なる偏光方向で互いに等しい場合について説明する。なお、画像処理装置の構成は、図 16 と同様な構成する。

20

【0120】

図 24 は、第 2 の変形例における撮像部を構成するイメージセンサの画素構成を例示している。なお、図 24 はイメージセンサの一部を示している。また、図 24 の (A) は撮像部 31 を構成するイメージセンサ 312 の画素構成、図 24 の (B) は撮像部 32 を構成するイメージセンサ 322 の画素構成を示している。

【0121】

30

撮像部 31 のイメージセンサ 312 は、各画素に偏光フィルタが配置された構成とされている。例えば、図 24 の (A) に示すように、イメージセンサ 312 の偏光フィルタは、異なる 2 種類の偏光方向 (偏光方向を矢印で示す) とされている。また、同じラインの画素は偏光方向が等しく構成されている。撮像部 31 は、1 つの偏光方向の第 1 の画素群のラインと他の偏光方向の第 2 の画素群のラインからなる第 1 の画像を生成して、デプスマップ生成部 35 と法線マップ生成部 37 へ出力する。

【0122】

撮像部 32 のイメージセンサ 322 は、各画素に偏光フィルタが配置された構成とされている。例えば、図 24 の (B) に示すように、イメージセンサ 322 の偏光フィルタは、イメージセンサ 312 と等しい偏光方向 (偏光方向を矢印で示す) と異なる偏光方向とされている。また、同じラインの画素は偏光方向が等しく構成されている。撮像部 32 は、撮像部 31 と異なる偏光方向の第 3 の画素群のラインと撮像部 31 の第 2 の画素群と等しい偏光方向の第 4 の画素群のラインからなる第 2 の画像を生成して、デプスマップ生成部 35 と法線マップ生成部 37 へ出力する。したがって、図 24 の場合には、偏光方向が 3 方向の偏光画像が法線マップ生成部 37 へ供給される。なお、図 24 では、イメージセンサ 312, 322 において、等しい偏光方向が右上方向である場合を例示している。

40

【0123】

デプスマップ生成部 35 は、前処理部 351、デプスマップ生成処理部 355 を有している。前処理部 351 は、撮像部 31 と撮像部 32 から供給された画像を用いてマッチング処理に用いるマッチング画像を生成する。前処理部 351 は、撮像部 31 と撮像部 32

50

で偏光方向が等しい画素の画像のみを用いて画像補間処理を行いマッチング画像を生成する。デプスマップ生成処理部 355 は、マッチング画像を用いてマッチング処理を行いデプスマップを生成する。

【0124】

法線マップ生成部 37 は、画像位相調整部 371 と法線マップ生成処理部 375 を有している。

【0125】

画像位相調整部 371 は、撮像部 31 と撮像部 32 の位置の違いによって視差を生じることから、視差の影響が除かれた偏光画像を生成する。画像位相調整部 371 は、デプスマップ生成部 35 から出力されたデプスマップをディスパリティマップに変換する。画像位相調整部 371 は、デプスマップで示された画素毎のデプス値に基づき視差量を判別してディスパリティマップを生成する。なお、デプスマップ生成部 35 ではマッチング処理によって画素毎にずれ量を算出していることから、画像位相調整部 371 は、デプスマップ生成部 35 から画素毎のずれ量を取得してディスパリティマップを生成してもよい。

【0126】

また、画像位相調整部 371 は、ディスパリティマップに基づき、撮像部 31 からの偏光画像と撮像部 32 からの偏光画像の位相を一致させて、被写体の視差の影響が除かれた多偏光画像を法線マップ生成処理部 375 へ出力する。

【0127】

法線マップ生成処理部 375 は、画像位相調整部 371 から供給された複数の偏光方向の偏光画像に基づき法線マップを生成して、マップ統合部 39 へ出力する。

【0128】

マップ統合部 39 は、デプスマップと法線マップの統合処理を行う。マップ統合部 39 は、法線マップで示された被写体表面形状とデプスマップで示されたデプス値に基づき、デプス値が得られている画素を起点として被写体表面形状を辿ることにより、デプス値が得られていない画素に対応するデプス値を推定する。また、マップ統合部 39 は、推定したデプス値をデプスマップ生成部 35 から供給されたデプスマップに含めることで、デプスマップ生成部 35 から供給されたデプスマップ以上の精度を有するデプスマップを生成する。

【0129】

このように、第 2 の変形例によれば、撮像部 31 から供給された画像が複数の偏光方向の画像であり、撮像部 32 から供給された画像が撮像部 31 と等しい偏光方向と異なる偏光方向の画像である場合でも、デプスマップを生成することが可能となる。また、法線マップ生成部 37 では、画像の位相合わせを行い視差の影響を除いた多偏光画像に基づき法線マップを生成することが可能となる。したがって、生成されたデプスマップと法線マップと統合することで、デプスマップ生成部 35 で生成されたデプスマップ以上の精度を有したデプスマップを生成できる。

【0130】

さらに、第 2 の実施の形態においても第 1 の実施の形態と同様に、デプスマップを用いて 180 度の不定性を除去して法線マップの生成してもよい。180 度の不定性を除去することで、第 2 の実施の形態においても、精度よくデプスマップを生成できるようになる。

【0131】

< 4 . 第 3 の実施の形態 >

上述の第 1 および第 2 の実施の形態では、画像処理装置に複数の撮像部が設けられている構成について例示したが、撮像部は分離可能な構成であってもよい。

【0132】

図 25 は、第 3 の実施の形態の外観を例示している。なお、図 25 では、画像処理装置として例えばスマートフォンを用いている。

【0133】

画像処理装置 40 は、略長方形のケース状に形成され外筐 401 の内部に、図示せずも信号処理部、通信部、制御部等を有している。また、外筐 401 の一方の面（表面）に表示パネル 402 が設けられている。表示パネル 402 はタッチパネルを用いて構成されており表示パネル 402 の所定の各位置を操作することにより各種機能が実行される。外筐 401 の他方の面（裏面）に撮像部 42 が設けられている。

【0134】

撮像装置 50 は、円筒状に形成された外筒部 501 の内部に、図示せずも撮像光学系、撮像部、信号処理部、通信部、制御部等を有している。外筒部 501 の前端部には円環状のコントロールリング 502 が設けられている。撮像装置 50 は、コントロールリング 502 の回転に応じてフォーカス位置やズーム位置を変更する。また、外筒部 501 の側面

10

【0135】

撮像装置 50 には、画像処理装置 40 と撮像装置 50 を一体的に取り付けるための取付機構部 60 が設けられている。取付機構部 60 には、取付部材 61 が設けられており、矢印 F A 方向に移動可能に構成されている。ユーザは、取付部材 61 を矢印 F A 方向に移動させて画像処理装置 40 の外筐 401 に係止させて、撮像装置 50 を画像処理装置 40 の例えば裏面側に一体的に固定する。このように撮像装置 50 を画像処理装置 40 に一体的に固定することで、撮像部 42 と撮像装置 50 でステレオ画像を生成することが可能となる。また、ユーザは、画像処理装置 40 の外筐 401 に係止されている取付部材 61 を、係止方向に対して逆方向に移動させて、画像処理装置 40 と撮像装置 50 を分離する。

20

【0136】

図 26 は、第 3 の実施の形態の構成を例示している。画像処理装置 40 は、撮像部 42 と通信部 43、デプスマップ生成部 45、法線マップ生成部 47、マップ統合部 49 を有している。また、撮像装置 50 は、撮像部 51 と通信部 53 を有している。

【0137】

画像処理装置 40 の撮像部 42 は、例えば第 1 の実施の形態の撮像部 22 や第 2 の実施の形態の撮像部 32 に相当する。撮像部 42 が撮像部 22 に相当する場合、撮像部 42 は生成した画像をデプスマップ生成部 45 へ出力する。また、撮像部 42 が撮像部 32 に相当する場合、撮像部 42 は生成した画像をデプスマップ生成部 45 と法線マップ生成部 47 へ出力する。

30

【0138】

撮像装置 50 の撮像部 51 は、例えば第 1 の実施の形態の撮像部 21 や第 2 の実施の形態の撮像部 31 に相当する。撮像部 51 は生成した画像を通信部 53 へ出力する。通信部 53 は、NFC (Near Field Communication) 通信や Wi-Fi 通信等の無線通信を行うことができるように構成されている。通信部 53 は、撮像部 51 で生成された画像を画像処理装置 40 へ送信する。

【0139】

画像処理装置 40 の通信部 43 は、撮像装置 50 の通信部 53 と同様に構成されている。通信部 43 は、撮像装置 50 の通信部 53 から送信された無線信号を受信して、撮像装置 50 から送信された画像をデプスマップ生成部 45 と法線マップ生成部 47 へ出力する。

40

【0140】

デプスマップ生成部 45 は、第 1 の実施の形態のデプスマップ生成部 25 や第 2 の実施の形態のデプスマップ生成部 35 と同様な処理を行い、デプスマップを生成してマップ統合部 49 へ出力する。

【0141】

法線マップ生成部 47 は、第 1 の実施の形態の法線マップ生成部 27 や第 2 の実施の形態の法線マップ生成部 37 と同様な処理を行い、法線マップを生成してマップ統合部 49 へ出力する。

【0142】

50

マップ統合部 49 は、第 1 の実施の形態のマップ統合部 29 や第 2 の実施の形態のマップ統合部 39 と同様な処理を行い、デプスマップと法線マップに基づき、デプスマップ生成部 45 で生成されたデプスマップ以上の精度を有するデプスマップを生成して出力する。

【0143】

このような第 3 の実施の形態によれば、撮像部が分離可能な構成でも、高精度のデプスマップを生成しつつ、画素数の減らない画像を取得できる。したがって、例えばスマートフォン等の情報処理装置に偏光方向が 3 方向以上の偏光画像を生成する撮像装置を取り付けて、高精度のデプスマップを生成可能とすることで、既存の情報処理装置の機能を拡張できる。

【0144】

また、上述の実施の形態の一部構成を用いて撮像装置を構成してもよい。例えば、撮像装置は、偏光特性の異なる画素を含む画素構成の第 1 の撮像部と、第 1 の撮像部と画素構成が異なる第 2 の撮像部、および第 1 の撮像部によって生成された第 1 の画像と第 2 の撮像部によって生成された第 2 の画像を用いて画像処理を行う画像処理部を備える構成とする。また、撮像装置は、例えば第 1 の撮像部の画素構成を、偏光特性を有した画素からなる第 1 の画素群と、第 1 の画素群と異なる偏光方向の画素または偏光特性を持たない画素からなる第 2 の画素群とで構成された画素構成とする。また、第 2 の撮像部の画素構成は、第 1 の画素群と対応する位置で偏光方向が第 1 の画像とは異なる画素からなる第 3 の画素群と、第 2 の画素群と対応する位置で第 2 の画素群と等しい構成の画素からなる第 4 の画素群とで構成された画素構成とする。このように撮像装置を構成すれば、高精度のデプスマップを生成しつつ画素数の減らない画像を取得するために用いる処理対象の画像を容易に生成できる。なお、撮像装置の画像処理部で上述のようにデプスマップや法線マップの生成およびデプスマップと法線マップの統合処理を行うようにすれば、撮像装置から高精度のデプスマップおよび画素数の減らない画像を出力することが可能となる。また、この撮像装置と同様に画像処理装置を構成してもよい。

【0145】

また、明細書中において説明した一連の処理はハードウェア、またはソフトウェア、あるいは両者の複合構成によって実行することが可能である。ソフトウェアによる処理を実行する場合は、処理シーケンスを記録したプログラムを、専用のハードウェアに組み込まれたコンピュータ内のメモリにインストールして実行させる。または、各種処理が実行可能な汎用コンピュータにプログラムをインストールして実行させることが可能である。

【0146】

例えば、プログラムは記録媒体としてのハードディスクや S S D (Solid State Drive)、R O M (Read Only Memory) に予め記録しておくことができる。あるいは、プログラムはフレキシブルディスク、C D - R O M (Compact Disc Read Only Memory)、M O (Magneto optical) ディスク、D V D (Digital Versatile Disc)、B D (Blu-Ray Disc (登録商標))、磁気ディスク、半導体メモリカード等のリムーバブル記録媒体に、一時的または永続的に格納 (記録) しておくことができる。このようなリムーバブル記録媒体は、いわゆるパッケージソフトウェアとして提供することができる。また、プログラムは、リムーバブル記録媒体からコンピュータにインストールする他、ダウンロードサイトから L A N (Local Area Network) やインターネット等のネットワークを介して、コンピュータに無線または有線で転送してもよい。コンピュータでは、そのようにして転送されてくるプログラムを受信し、内蔵するハードディスク等の記録媒体にインストールすることができる。

【0147】

また、本技術は、上述した技術の実施の形態に限定して解釈されるべきではない。この技術の実施の形態は、例示という形態で本技術を開示しており、本技術の要旨を逸脱しない範囲で当業者が実施の形態の修正や代用をなし得ることは自明である。すなわち、本技術の要旨を判断するためには、特許請求の範囲を参酌すべきである。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 8 】

なお、本技術の画像処理装置は以下のような構成も取ることができる。

(1) 偏光方向が異なる画素を含む画素構成の第 1 の撮像部によって生成された第 1 の画像と、前記第 1 の撮像部と画素構成が異なる第 2 の撮像部によって生成された第 2 の画像とを用いたマッチング処理によって、デプスマップを生成するデプスマップ生成部と、

前記デプスマップ生成部により生成された第 1 の画像または第 2 の画像の少なくとも何れかの偏光画像の偏光状態に基づいて法線マップを生成する法線マップ生成部と、

前記デプスマップ生成部で生成されたデプスマップと前記法線マップ生成部で生成された法線マップの統合処理を行うマップ統合部とを有する画像処理装置。

(2) 前記法線マップ生成部は、前記偏光方向が 3 方向以上の偏光画像の輝度に基づいて前記法線マップを生成する (1) に記載の画像処理装置。

(3) 前記マップ統合部は、前記デプスマップで示されたデプス値と前記法線マップに基づいて判別した形状から、前記デプスマップで示されていないデプス値を推定する (1) または (2) の何れかに記載の画像処理装置。

(4) 前記第 1 の画像は、前記偏光方向が 3 方向以上の画素を含む前記第 1 の撮像部によって生成された画像であり、

前記第 2 の画像は、偏光特性を持たない画素で構成された前記第 2 の撮像部によって生成された画像であり、

前記法線マップ生成部は、前記第 1 の画像に基づき法線マップを生成する (1) 乃至 (3) の何れかに記載の画像処理装置。

(5) 前記デプスマップ生成部は、第 1 の画像から無偏光画像を生成して、前記無偏光画像と前記第 2 の画像を用いて前記マッチング処理を行う (4) に記載の画像処理装置。

(6) 前記デプスマップ生成部は、前記無偏光画像と前記第 2 の画像のそれぞれに対してエッジ抽出を行い、前記無偏光画像のエッジ抽出画像と前記第 2 の画像のエッジ抽出画像を用いて前記マッチング処理を行う (5) に記載の画像処理装置。

(7) 前記第 2 の画像は、全画素に同色のカラーフィルタが設けられた前記第 2 の撮像部、または前記カラーフィルタが設けられていない前記第 2 の撮像部によって生成された画像であり、

前記デプスマップ生成部は、第 2 の画像から生成した無偏光画像を用いて前記マッチング処理を行う (4) 乃至 (6) の何れかに記載の画像処理装置。

(8) 前記第 1 の画像は、偏光特性を有した画素からなる第 1 の画素群と、前記第 1 の画素群と異なる偏光方向の画素または偏光特性を持たない画素からなる第 2 の画素群とで構成された画素構成の前記第 1 の撮像部で生成された画像であり、

前記第 2 の画像は、前記第 1 の画素群と対応する位置で偏光方向が前記第 1 の画像とは異なる偏光方向の画素からなる第 3 の画素群と、前記第 2 の画素群と対応する位置で前記第 2 の画素群と等しい偏光方向の画素または偏光特性を持たない画素からなる第 4 の画素群とで構成された画素構成の前記第 2 の撮像部で生成された画像である (3) に記載の画像処理装置。

(9) 前記デプスマップ生成部は、前記第 1 の画像における前記第 2 の画素群の画像と、前記第 2 の画像における前記第 4 画素群の画像とを用いることにより、偏光方向が等しい画像間または偏光特性を持たない画像間で前記マッチング処理を行う (8) に記載の画像処理装置。

(10) 前記第 1 の画像と前記第 2 の画像の視差量に基づき、前記第 1 の画像における前記第 1 の画素群の画像と、前記第 2 の画像における前記第 3 画素群の画像の位相を一致させて、偏光方向が複数方向の偏光画像を生成する画像位相調整部をさらに有し、

前記法線マップ生成部は、前記画像位相調整部で生成された偏光画像の偏光状態に基づいて法線マップを生成する (8) または (9) の何れかに記載の画像処理装置。

(11) 前記第 2 の画素群と前記第 4 の画素群が偏光特性を持たない画像である場合

10

20

30

40

50

、前記第 1 の画素群と前記第 3 の画素群の偏光方向は合わせて 3 方向以上の画像とする (8) 乃至 (1 0) の何れかに記載の画像処理装置。

(1 2) 前記画像位相調整部は、前記第 2 の画素群と前記第 4 の画素群が偏光特性を持たない画像である場合、前記第 1 の画素群の画像を用いた補間処理によって前記第 2 の画素群の画像を生成し、前記第 3 の画素群の画像を用いた補間処理によって前記第 4 の画素群の画像を生成して、補間後の画像を用いて前記偏光画像を生成する (8) 乃至 (1 1) の何れかに記載の画像処理装置。

(1 3) 前記第 1 と第 3 の画素群は所定色の画素であり、前記第 2 と第 4 の画素群は、他の色の画素である (8) 乃至 (1 2) の何れかに記載の画像処理装置。

(1 4) 前記法線マップ生成部は、前記デプスマップ生成部で生成されたデプスマップを用いて前記法線マップの生成を行う (3) 乃至 (1 3) の何れかに記載の画像処理装置。

(1 5) 前記第 1 の画像を生成する第 1 の撮像部と前記第 2 の画像を生成する第 2 の撮像部をさらに有する (1) 乃至 (1 4) の何れかに記載の画像処理装置。

(1 6) 前記第 1 の撮像部と前記第 2 の撮像部の何れか一方が設けられた外部装置と通信を行い、前記外部装置に設けられた撮像部で生成された画像を取得する通信部と、

前記外部装置に設けられた撮像部とは異なる他方の撮像部をさらに有する (1) 乃至 (1 5) の何れかに記載の画像処理装置。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 4 9 】

この技術の画像処理装置と画像処理方法および撮像装置では、偏光方向が異なる画素を含む画素構成の第 1 の撮像部によって生成された第 1 の画像と、前記第 1 の撮像部と画素構成が異なる第 2 の撮像部によって生成された第 2 の画像とを用いたマッチング処理によって、デプスマップが生成される。また、第 1 または第 2 の画像の少なくとも何れかの偏光画像の偏光状態に基づいて法線マップが生成される。さらに、生成されたデプスマップと法線マップの統合処理が行われる。このため、高精度のデプスマップを生成しつつ、画素数の減らない画像を取得できるようになる。したがって、被写体の 3 次元形状を取得する機器等に適している。

【符号の説明】

【 0 1 5 0 】

1 0 , 2 0 , 3 0 , 4 0 . . . 画像処理装置、 1 5 , 2 5 , 3 5 , 4 5 . . . デプスマップ生成部、 1 7 , 2 7 , 3 7 , 4 7 . . . 法線マップ生成部、 1 9 , 2 9 , 3 9 , 4 9 . . . マップ統合部、 2 1 , 2 2 , 3 1 , 3 2 , 4 2 , 5 1 . . . 撮像部、 4 3 , 5 3 . . . 通信部、 5 0 . . . 撮像装置、 5 3 . . . 通信部、 6 0 . . . 取付機構部、 6 1 . . . 取付部材、 2 1 0 , 2 2 0 , 2 2 1 , 3 1 0 , 3 1 1 , 3 1 2 , 3 2 0 , 3 2 1 , 3 2 2 . . . イメージセンサ、 2 5 1 , 3 5 1 . . . 前処理部、 2 5 5 , 3 5 5 . . . デプスマップ生成処理部、 2 7 5 , 2 7 6 , 3 7 5 . . . 法線マップ生成処理部、 3 7 1 . . . 画像位相調整部、 3 7 5 . . . 法線マップ生成処理部、 4 0 1 . . . 外筐、 4 0 2 . . . 表示パネル、 5 0 1 . . . 外筒部、 5 0 2 . . . コントロールリング、 5 0 3 . . . ズームボタン、 5 0 4 . . . シャッターボタン

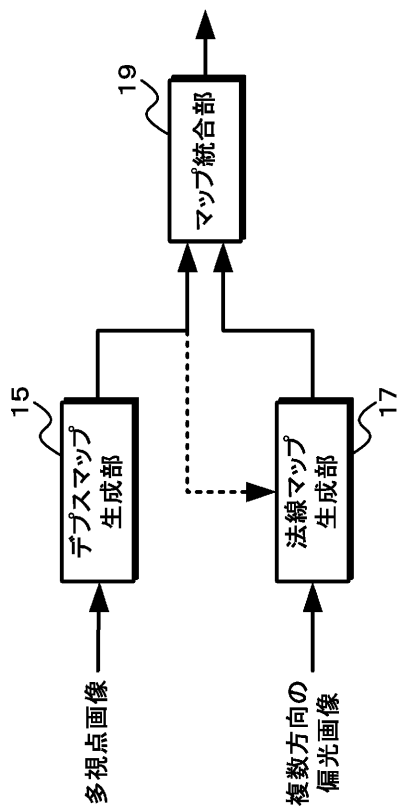
10

20

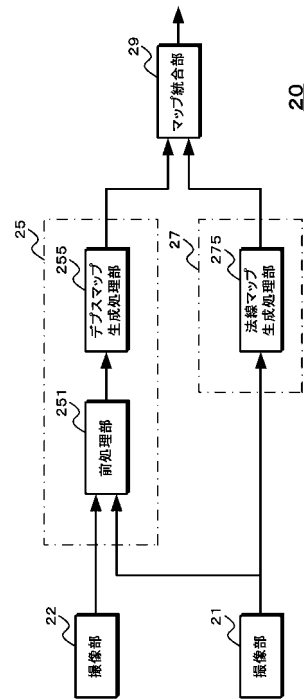
30

40

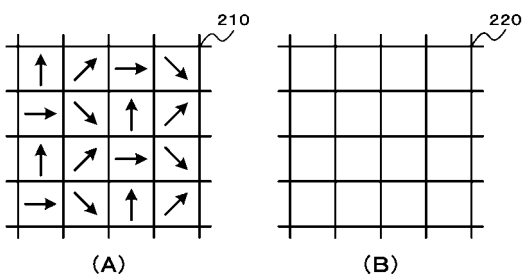
【 図 1 】



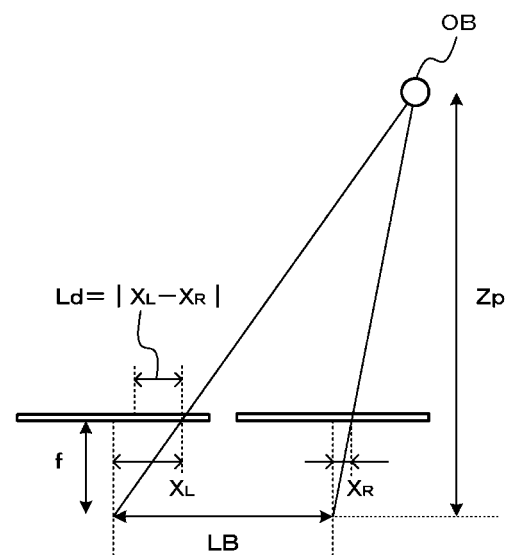
【 図 2 】



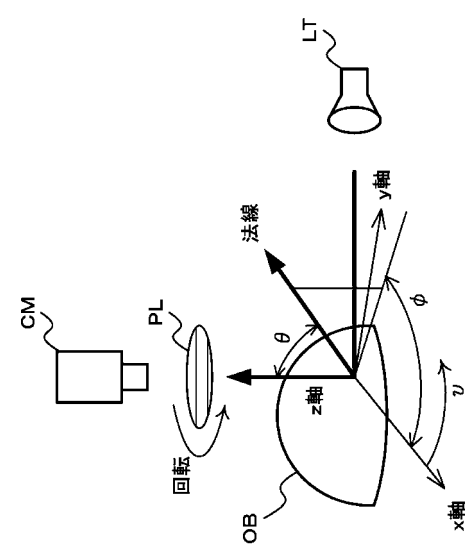
【 図 3 】



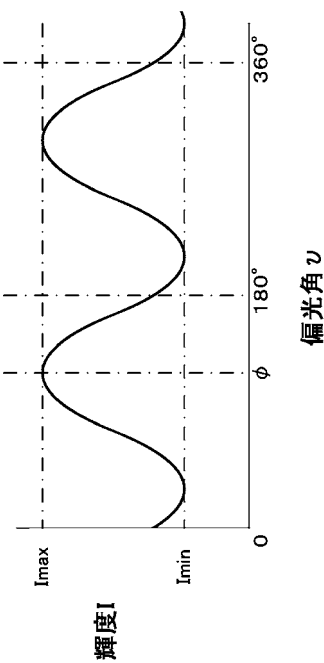
【 図 4 】



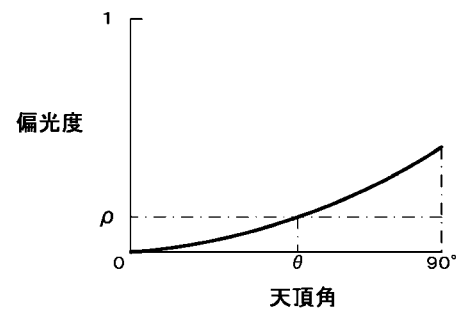
【 図 5 】



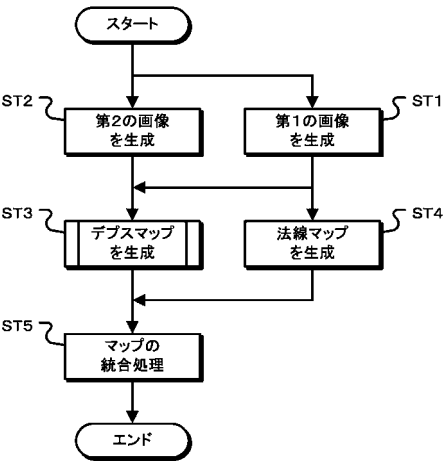
【 図 6 】



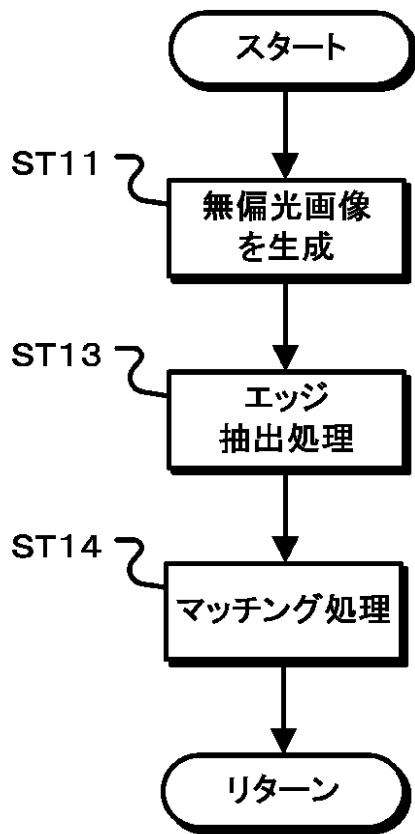
【 図 7 】



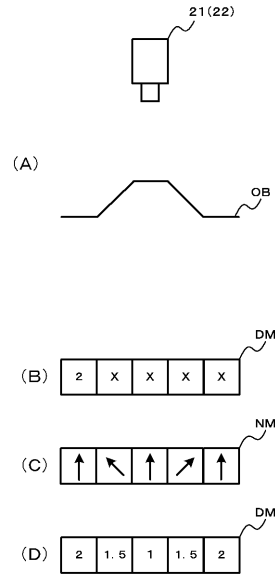
【 図 8 】



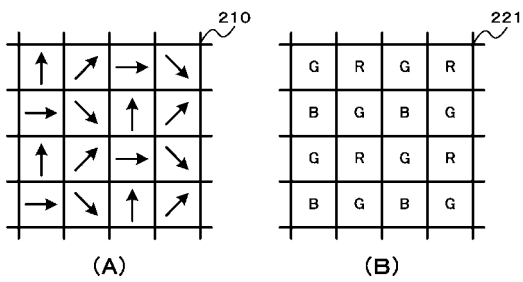
【図 9】



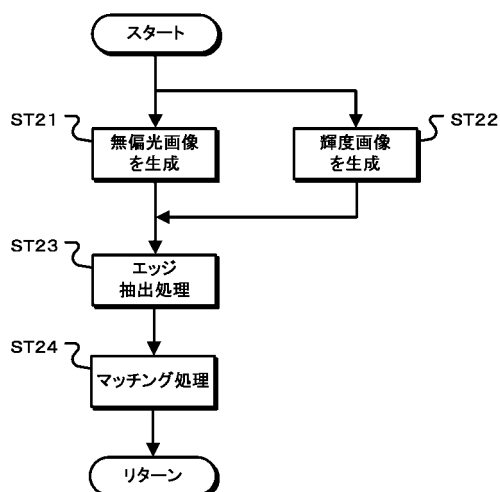
【図 10】



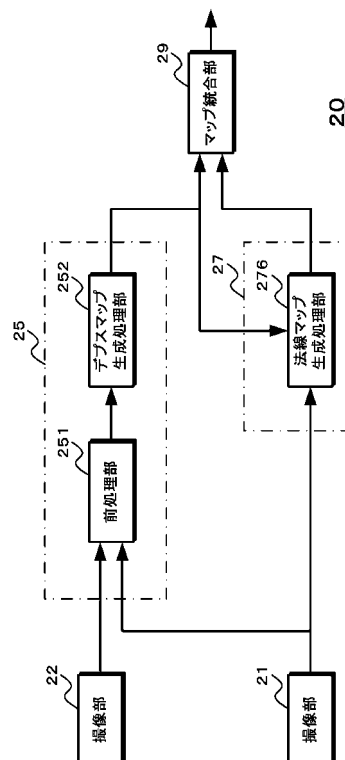
【図 11】



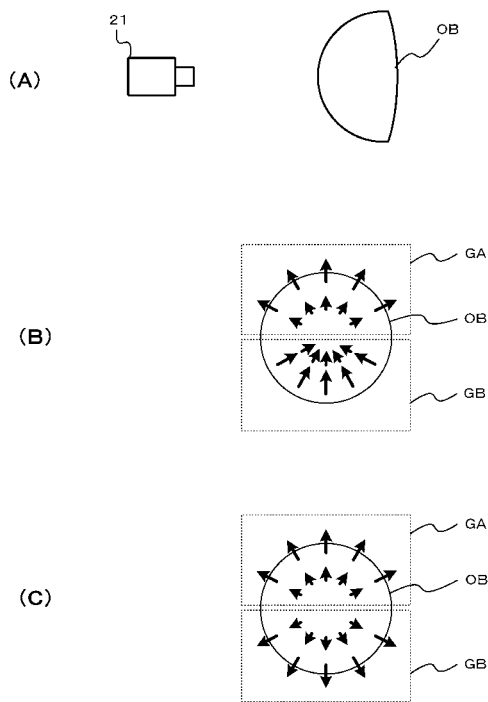
【図 12】



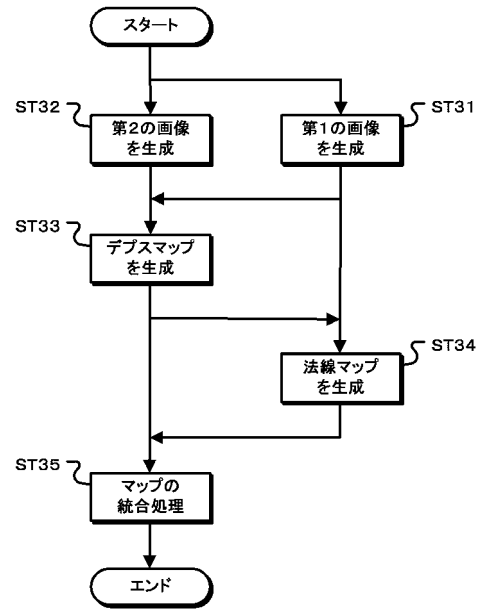
【図 13】



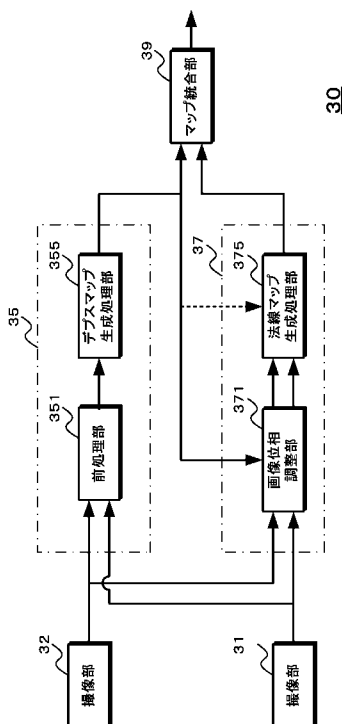
【図 14】



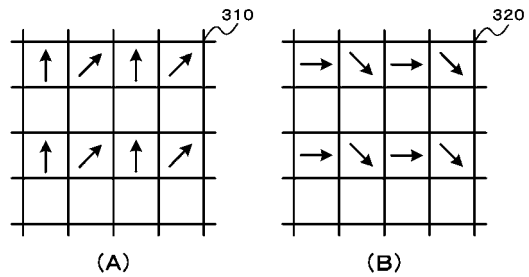
【図 15】



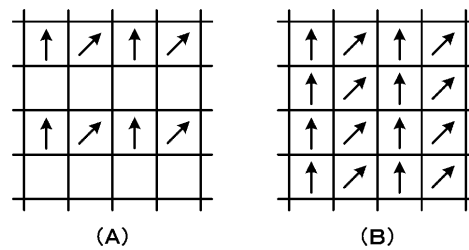
【図 16】



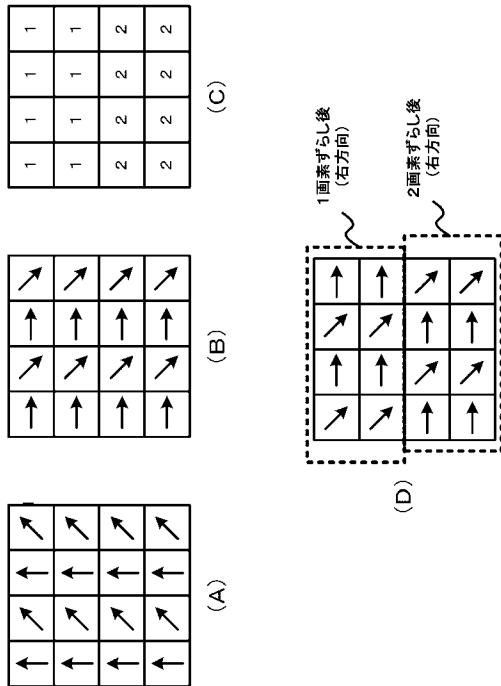
【図 17】



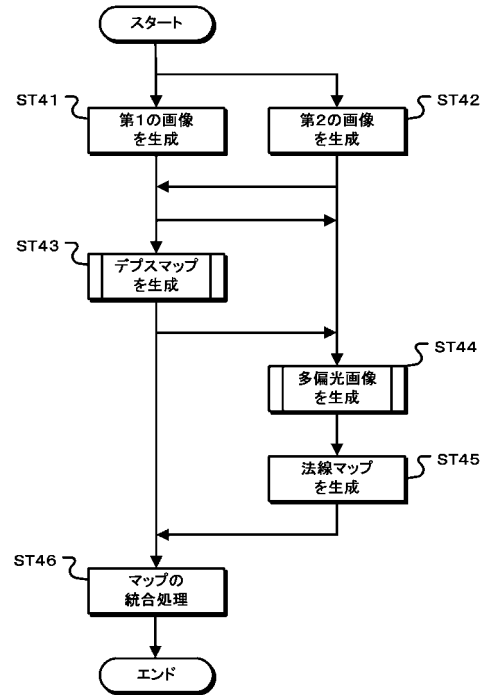
【図 18】



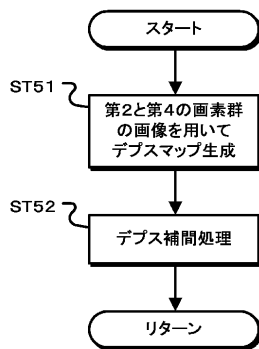
【図 19】



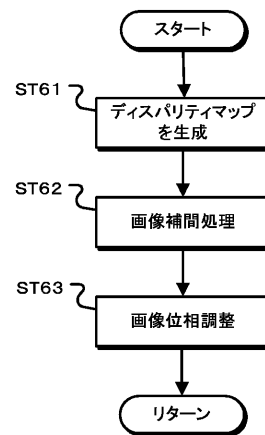
【図 20】



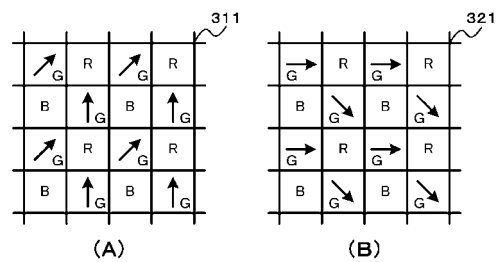
【図 21】



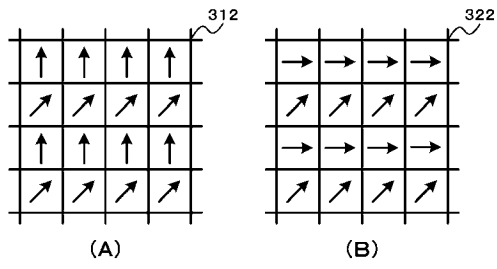
【図 22】



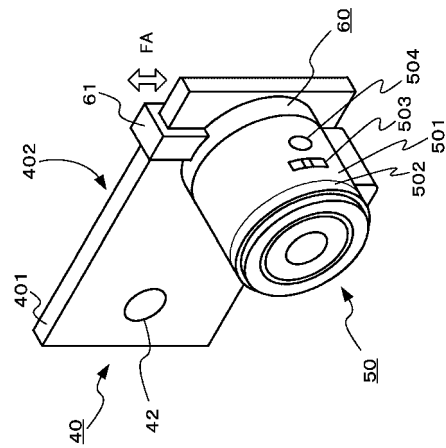
【図 23】



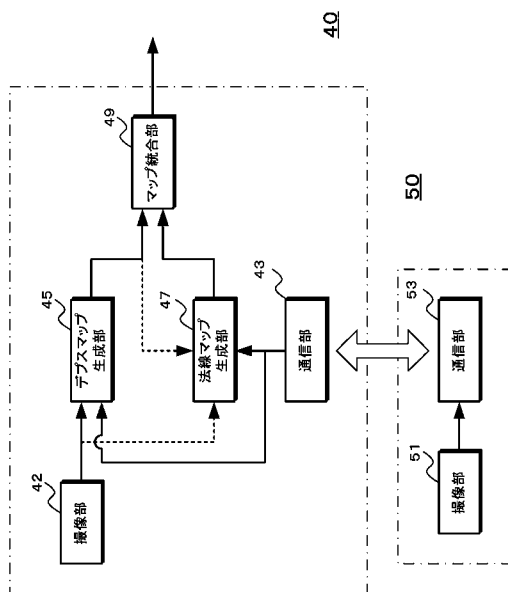
【図 2 4】



【図 2 5】



【図 2 6】



フロントページの続き

(72)発明者 平澤 康孝

東京都港区港南 1 丁目 7 番 1 号 ソニー株式会社内

F ターム(参考) 2F112 AC06 BA06 DA17 DA19 DA28 FA31 FA35 FA38 FA45 FA50
GA01