

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6075835号
(P6075835)

(45) 発行日 平成29年2月8日 (2017.2.8)

(24) 登録日 平成29年1月20日 (2017.1.20)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 C 3/06 (2006.01)

H O 4 N 5/232 (2006.01)

G O 3 B 15/00 (2006.01)

G O 6 T 1/00 (2006.01)

G O 1 B 11/00 (2006.01)

G O 1 C 3/06 1 2 O P

H O 4 N 5/232 H

H O 4 N 5/232 Z

G O 3 B 15/00 H

G O 6 T 1/00 3 1 5

請求項の数 14 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-186678 (P2012-186678)
 (22) 出願日 平成24年8月27日 (2012.8.27)
 (65) 公開番号 特開2014-44117 (P2014-44117A)
 (43) 公開日 平成26年3月13日 (2014.3.13)
 審査請求日 平成27年8月5日 (2015.8.5)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100085006
 弁理士 世良 和信
 (74) 代理人 100100549
 弁理士 川口 嘉之
 (74) 代理人 100106622
 弁理士 和久田 純一
 (74) 代理人 100131532
 弁理士 坂井 浩一郎
 (74) 代理人 100125357
 弁理士 中村 剛
 (74) 代理人 100131392
 弁理士 丹羽 武司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 距離情報取得装置、撮像装置、距離情報取得方法、及び、プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

異なる撮影パラメータで被写体を撮影して得られるばけの異なる2枚の実空間画像を用いて、前記被写体までの距離を表す距離情報を取得する距離情報取得装置であって、

実空間を周波数空間に変換する処理により、前記2枚の実空間画像を、2枚の周波数空間画像に変換する変換手段と、

前記2枚の周波数空間画像のそれぞれから、その周波数空間画像の振幅を揃えることにより、周波数空間位相画像を生成する生成手段と、

前記2枚の周波数空間画像から生成された2枚の周波数空間位相画像を用いて、前記2枚の周波数空間位相画像間の周波数毎の相関値を表す周波数空間相関値情報を算出する算出手段と、

周波数空間を実空間に変換する処理により、前記周波数空間相関値情報を実空間相関値情報に変換する逆変換手段と、

前記実空間相関値情報のピークの特徴に基づいて、前記被写体までの距離を表す距離情報を取得する取得手段と、

を有することを特徴とする距離情報取得装置。

【請求項 2】

前記取得手段は、前記ピークの最大値に基づいて距離情報を取得することを特徴とする請求項1に記載の距離情報取得装置。

【請求項 3】

前記取得手段は、前記ピークの幅に基づいて距離情報を取得することを特徴とする請求項 1 に記載の距離情報取得装置。

【請求項 4】

前記幅は、前記ピークにおいて前記実空間相関値情報の値が閾値と等しくなる 2 点間の幅である

ことを特徴とする請求項 3 に記載の距離情報取得装置。

【請求項 5】

前記取得手段は、前記実空間相関値情報の値を最大値で正規化し、正規化後の実空間相関値情報のピークの幅に基づいて距離情報を取得する

ことを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の距離情報取得装置。

10

【請求項 6】

実空間相関値情報のピークの特徴と、距離情報との対応関係を表す対応情報が予め用意されており、

前記取得手段は、前記逆変換手段により得られた前記実空間相関値情報の前記ピークの特徴と、前記対応情報とに基づいて、距離情報を取得する

ことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の距離情報取得装置。

【請求項 7】

前記取得手段は、

前記逆変換手段により得られた実空間相関値情報から、距離情報の取得に用いる前記 2 枚の実空間画像の間の被写体位置のずれ量を算出し、

20

前記逆変換手段により得られた前記実空間相関値情報の前記ピークの特徴と、算出した前記ずれ量とに基づいて、距離情報を取得する

ことを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の距離情報取得装置。

【請求項 8】

前記周波数空間相関値情報は、高周波数領域の周波数毎の相関値を表すことを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の距離情報取得装置。

【請求項 9】

実空間を周波数空間に変換する前記処理は、二次元フーリエ変換であることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の距離情報取得装置。

【請求項 10】

30

周波数空間を実空間に逆変換する前記処理は、二次元逆フーリエ変換であることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の距離情報取得装置。

【請求項 11】

前記生成手段は、前記周波数空間画像の振幅を当該振幅で除算することにより、前記周波数空間画像の振幅を揃える

ことを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の距離情報取得装置。

【請求項 12】

請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の距離情報取得装置を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 13】

40

異なる撮影パラメータで被写体を撮影して得られるばけの異なる 2 枚の実空間画像を用いて、前記被写体までの距離を表す距離情報を取得する距離情報取得方法であって、

コンピュータが、実空間を周波数空間に変換する処理により、前記 2 枚の実空間画像を、2 枚の周波数空間画像に変換するステップと、

コンピュータが、前記 2 枚の周波数空間画像のそれぞれから、その周波数空間画像の振幅を揃えることにより、周波数空間位相画像を生成するステップと、

コンピュータが、前記 2 枚の周波数空間画像から生成された 2 枚の周波数空間位相画像を用いて、前記 2 枚の周波数空間位相画像間の周波数毎の相関値を表す周波数空間相関値情報を算出するステップと、

コンピュータが、周波数空間を実空間に逆変換する処理により、前記周波数空間相関値

50

情報を実空間相関値情報に変換するステップと、

コンピュータが、前記実空間相関値情報のピークの特徴に基づいて、前記被写体までの距離を表す距離情報を取得するステップと、
を有することを特徴とする距離情報取得方法。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の距離情報取得方法の各ステップをコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、距離情報取得装置、撮像装置、距離情報取得方法、及び、プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、画像中の被写体までの距離を表す距離情報を取得する方法として、特許文献 1 に開示されているような Depth from Defocus (DFD) 方式の取得方法が提案されている。DFD 方式では、撮像光学系の撮影パラメータを制御することでぼけの異なる複数の画像が撮影され、撮影された複数の画像中の処理対象画素およびその周辺画素を用いて、撮影された複数の画像間のぼけの相関値が算出される。このぼけの相関値は、画像中の被写体までの距離に応じて変化する。DFD 方式では、ぼけの相関値と距離との関係に基づいて、ぼけの相関値から距離情報が取得される。DFD 方式では、1 つの撮像系によって距離情報を取得することができる。そのため、DFD 方式の距離情報取得方法には、市販されている撮像装置に組み込むことが可能といった利点がある。

20

また、特許文献 2 には、異なる撮影パラメータで撮影したぼけの異なる複数の画像から処理対象領域内の画素毎に画素単位のぼけの相関値を算出して、被写体までの距離情報を取得する装置が開示されている。

【0003】

しかしながら、画像がぼけると、画像の輝度や色度が変化する。そして、特許文献 1 に開示の方法では、複数の画像間のぼけの相関値が、画像の輝度や色度に依存し、取得される距離情報の精度が画像に依って低下してしまう。

30

このような問題を鑑み、特許文献 2 に開示の方法では、ぼけの相関値に画素単位の重み係数を設定し、重み係数に基づいてぼけの相関値の加重平均をとることで、取得される距離情報の精度を高めている。しかしながら、ぼけによって画像の輝度や色度が変化するため、画素単位の重み係数を最適に設定することは難しく、被写体の空間周波数に依存した相関値の変動を良好に抑制することは困難であった。そのため、高精度の距離情報を取得することが困難であった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 1 - 167610 号公報

40

【特許文献 2】特開 2010 - 016743 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、被写体までの距離を表す距離情報に対する画像の輝度や色度の影響を低減し、より確実に高精度な距離情報を取得することのできる技術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】

【0006】

本発明の距離情報取得装置は、

50

異なる撮影パラメータで被写体を撮影して得られるばけの異なる２枚の実空間画像を用いて、前記被写体までの距離を表す距離情報を取得する距離情報取得装置であって、

実空間を周波数空間に変換する処理により、前記２枚の実空間画像を、２枚の周波数空間画像に変換する変換手段と、

前記２枚の周波数空間画像のそれぞれから、その周波数空間画像の振幅を揃えることにより、周波数空間位相画像を生成する生成手段と、

前記２枚の周波数空間画像から生成された２枚の周波数空間位相画像を用いて、前記２枚の周波数空間位相画像間の周波数毎の相関値を表す周波数空間相関値情報を算出する算出手段と、

周波数空間を実空間に逆変換する処理により、前記周波数空間相関値情報を実空間相関値情報に変換する逆変換手段と、

前記実空間相関値情報のピークの特徴に基づいて、前記被写体までの距離を表す距離情報を取得する取得手段と、
を有することを特徴とする。

【０００７】

本発明の撮像装置は、上記距離情報取得装置を有することを特徴とする。

【０００８】

本発明の距離情報取得方法は、

異なる撮影パラメータで被写体を撮影して得られるばけの異なる２枚の実空間画像を用いて、前記被写体までの距離を表す距離情報を取得する距離情報取得方法であって、

コンピュータが、実空間を周波数空間に変換する処理により、前記２枚の実空間画像を、２枚の周波数空間画像に変換するステップと、

コンピュータが、前記２枚の周波数空間画像のそれぞれから、その周波数空間画像の振幅を揃えることにより、周波数空間位相画像を生成するステップと、

コンピュータが、前記２枚の周波数空間画像から生成された２枚の周波数空間位相画像を用いて、前記２枚の周波数空間位相画像間の周波数毎の相関値を表す周波数空間相関値情報を算出するステップと、

コンピュータが、周波数空間を実空間に逆変換する処理により、前記周波数空間相関値情報を実空間相関値情報に変換するステップと、

コンピュータが、前記実空間相関値情報のピークの特徴に基づいて、前記被写体までの距離を表す距離情報を取得するステップと、
を有することを特徴とする。

【０００９】

本発明のプログラムは、上記距離情報取得方法の各ステップをコンピュータに実行させるためのプログラムである。

【発明の効果】

【００１０】

本発明によれば、被写体までの距離を表す距離情報に対する画像の輝度や色度の影響を低減し、より確実に高精度な距離情報を取得することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】本発明の実施例１に係る撮像装置の構成を示すブロック図

【図２】本発明の実施例１に係る距離情報取得部のフローチャート

【図３】本発明の実施例１に係る距離情報取得処理部のフローチャート

【図４】結像関係の説明図

【図５Ａ】位相画像相関値情報の一例を示す図

【図５Ｂ】位相画像相関値情報の一例を示す図

【図５Ｃ】位相画像相関値情報の一例を示す図

【図５Ｄ】位相画像相関値情報の一例を示す図

【図５Ｅ】位相画像相関値情報の一例を示す図

【図 5 F】位相画像相関値情報の一例を示す図

【図 6】本発明の実施例 2 に係る距離情報取得処理部のフローチャート

【図 7】本発明の実施例 2 に係る距離情報取得処理部のフローチャート

【図 8】本発明の実施例 3 に係る距離情報取得処理部のフローチャート

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

< 実施例 1 >

以下、本発明の実施例 1 に係る距離情報取得装置、撮像装置、距離情報取得方法、及び、プログラムについて図面を参照しながら説明する。

図 1 に、本実施例に係る撮像装置 1 0 0 の構成の一例を示す。撮像装置 1 0 0 は、撮像光学系 1 0 1、撮像素子 1 0 2、信号処理部 1 0 3、バッファ 1 0 4、撮影制御部 1 0 5、距離情報取得部 1 1 0などを有する。距離情報取得部 1 1 0は、処理領域選択部 1 1 1、周波数空間変換部 1 1 2、周波数空間位相画像生成部 1 1 3、相関値算出部 1 1 4、距離情報取得処理部 1 1 5、メモリ 1 1 6などを有する。

なお、距離情報取得部 1 1 0（距離情報取得装置）は、撮像装置 1 0 0とは別体の装置であってもよい。距離情報取得部 1 1 0の各機能部（例えば、処理領域選択部 1 1 1、周波数空間変換部 1 1 2、周波数空間位相画像生成部 1 1 3、相関値算出部 1 1 4、距離情報取得処理部 1 1 5）は、例えば、コンピュータ（C P U）がメモリに記憶されたプログラムを実行することにより実現される。

【 0 0 1 3 】

撮像光学系 1 0 1は、被写体の像を撮像素子 1 0 2上に結像させるものであり、例えば、コンパクトカメラのズームレンズや、一眼レフカメラの単焦点レンズ、ズームレンズ、携帯電話用カメラのレンズである。

撮像素子 1 0 2は、単板式の撮像素子や三板式の撮像素子である。撮像素子 1 0 2が単板式の撮像素子である場合、カラーフィルタはベイヤー配列の R G B カラーフィルタや補色フィルタである。

【 0 0 1 4 】

信号処理部 1 0 3は、撮像素子 1 0 2上に結像した画像を取り込み、取り込んだ画像を、A D変換、ノイズ除去、デモザイク、輝度信号変換、収差補正、像倍率補正、位置合わせなどの信号処理を施してバッファ 1 0 4に蓄積する。

なお、上述した全ての信号処理を行う必要はない。被写体までの距離を表す距離情報の取得に必要な処理のみが行われてもよい。よって、バッファ 1 0 4に蓄積する画像は、デモザイク前の画像でもよいし、デモザイク後の R G B 画像でもよい。バッファ 1 0 4に蓄積する画像は、Y U V 画像でもよい。バッファ 1 0 4に蓄積する画像は、輝度のみの画像でもよい。ただし、信号処理部 1 0 3が行う信号処理は、撮像光学系 1 0 1によるぼけ方が変化しないような信号処理であるのがよく、特に距離情報に影響を及ぼすノイズを補正する信号処理であるのがよい。

また、距離情報取得用の画像とは別に、通常の撮像装置で得られるような画像（例えば、か観賞用の画像）を、通常の画像処理により生成し、不図示のメモリ等に保存してもよい。

【 0 0 1 5 】

撮影制御部 1 0 5は、距離情報の取得に必要な 2 枚の画像を撮影するための制御を行う。本実施例では、撮影制御部 1 0 5は、1 枚目の画像を撮影した後、撮影パラメータを変更して 2 枚目の画像を撮影する制御を行う。それにより、2 枚の画像（異なる撮影パラメータで撮影したぼけの異なる 2 枚の画像）が、同じ信号処理が施されて、バッファ 1 0 4に蓄積される。ここで、バッファ 1 0 4に蓄積される上記 2 枚の画像は、実空間での画像（実空間画像）である。変更する撮影パラメータは、撮像光学系 1 0 1の焦点位置、撮像光学系 1 0 1内にある絞りの開口サイズ、焦点距離等である。本実施例では撮像光学系 1 0 1内にある絞りの開口サイズを変更して 2 枚の画像が撮影される。具体的には、F 値 = $F / 4$ と F 値 = $F / 8$ で 2 枚の画像が撮影される。バッファ 1 0 4に蓄積された上記 2 枚

10

20

30

40

50

の画像は距離情報取得部 110 が距離情報を取得する際に利用される。

なお、本実施例では、2 枚の画像を用いて距離情報を取得する例を説明するが、距離情報の取得に用いる画像の数は 2 枚に限らない。例えば、異なる撮影パラメータで撮影したばけの異なる 3 枚以上の画像を用いて、距離情報が取得されてもよい。

【0016】

距離情報取得部 110 は、異なる撮影パラメータで撮影したばけの異なる 2 枚の実空間画像を用いて、被写体までの距離を表す距離情報を取得する。本実施例では、距離情報として、ピント位置からの距離に応じて変化する距離スコアを取得する。距離スコアは、被写体がピント位置近傍にある場合に高い値となり、被写体がピント位置から遠く離れた位置にある場合に低い値となる。

10

また、距離情報取得部 110 は、距離情報として、実際の距離を算出してもよい。実際の距離は、例えば、撮像光学系のパラメータを基に、距離スコアから算出することができる。実際の距離を算出するための撮像光学系のパラメータは、焦点距離、F 値、フォーカシングレンズの位置などである。

【0017】

本実施例では DFD 法を用いて距離情報を取得する。距離情報取得部 110 の詳しい動作について図 2 のフローチャートを用いて説明する。

撮影パラメータを変えて撮影が行われ、バッファ 104 に 2 枚の実空間画像が蓄積されると、その 2 枚の実空間画像が距離情報取得部 110 に送られ、距離情報取得処理が開始される。上記 2 枚の実空間画像を、実空間画像 I1, I2 と記載する。

20

【0018】

距離情報取得処理が開始されると、距離情報取得部 110 の画像取得部（不図示）が実空間画像 I1, I2 をバッファ 104 から取得する（S100）。距離情報取得部 110 は、これら 2 枚の実空間画像を使って画素ごとに距離情報を取得する。画素ごとに距離情報の取得が可能のため全画素での測距（距離情報の取得）が可能となる。ただし全画素について距離情報を取得する必要は無く、数画素おきに距離情報を取得してもよいし、予め定められた画素についてのみ距離情報を取得してもよい。本実施例では、一画素単位で全画素について距離情報を取得するので、処理対象画素決定部（不図示）が、画像中の X、Y 座標を走査して処理対象画素（距離情報の取得対象の画素）を決定する（S101, 102）。

30

【0019】

DFD 法による距離情報取得処理では処理対象画素に対してその周辺画素が必要となる。そこで、処理対象画素が決定された後に、処理領域選択部 111 が、2 枚の実空間画像（実空間画像 I1, I2）のそれぞれから、処理対象画素を含む画像領域を選択領域画像として選択する（S103）。この際、撮影された 2 枚の実空間画像 I1, I2 において一般には同じ領域を選択する（切り出す）必要がある。実空間画像 I1 から切り出された選択領域画像（処理対象画素とその周辺画素を含む画像領域）を選択領域画像 C1 と記載し、実空間画像 I2 から切り出された選択領域画像を選択領域画像 C2 と記載する。切り出す領域のサイズ（切り出し領域サイズ）は、処理時間を短縮するためには小さい方が良く、ノイズの影響を抑えて安定した解を導くにはある程度大きい方が良い。また、切り出し領域サイズは、撮影される画像におけるばけの大きさに応じて決定してもよい。コンパクトデジタルカメラの場合は撮像素子サイズが小さくばけも小さいため、切り出し領域サイズは小さくても良い。具体的には、コンパクトデジタルカメラの場合の切り出し領域サイズは、高速に処理するには 1 辺が 10 画素程度の矩形領域が良く、ノイズの影響を抑えるには 1 辺が 60 画素程度の矩形領域が良い。両者のバランスをとると、切り出し領域サイズは、1 辺が 15 から 30 画素程度の矩形領域が好適である。選択領域画像 C1, C2 は、実空間画像である。

40

【0020】

周波数空間変換部 112 は、処理領域選択部 111 で切り出された 2 枚の選択領域画像を、処理領域選択部 111 から受け取る。そして、周波数空間変換部 112 は、実空間を

50

周波数空間に変換する処理により、上記 2 枚の選択領域画像を 2 枚の周波数空間画像に変換する (S 1 0 4)。本実施例では、二次元フーリエ変換により、選択領域画像 C 1 が周波数空間画像 F 1 に変換され、選択領域画像 C 2 が周波数空間画像 F 2 に変換される。

【 0 0 2 1 】

周波数空間位相画像生成部 1 1 3 は、2 枚の周波数空間画像 F 1、F 2 のそれぞれから、その周波数空間画像の振幅を揃えることにより、周波数空間位相画像を生成する (S 1 0 5)。本実施例では、周波数空間画像の振幅が当該振幅で除算される。それにより、周波数空間画像の振幅が「1」に揃えられる。本実施例では、周波数空間画像 F 1 から周波数空間位相画像 F P 1 が生成され、周波数空間画像 F 2 から周波数空間位相画像 F P 2 が生成される。

10

本処理により振幅が「1」に揃えられると輝度情報が削除され、位相情報のみが残る。この位相画像を実空間上で表したものが実空間位相画像であり、それは輪郭を良く表す。実空間位相画像を周波数空間上で表したものが周波数空間位相画像である。

【 0 0 2 2 】

相関値算出部 1 1 4 は、2 枚の周波数空間位相画像 F P 1、F P 2 を用いて、2 枚の周波数空間位相画像間の周波数毎の相関値を表す周波数空間相関値情報を算出する。そして、相関値算出部 1 1 4 は、周波数空間を実空間に変換する処理により、周波数空間相関値情報を実空間相関値情報に変換する (S 1 0 6)。本実施例では、二次元逆フーリエ変換により、周波数空間相関値情報が実空間相関値情報に変換 (逆変換) される。周波数空間相関値情報から得られた実空間相関値情報を、位相画像相関値情報 P C C と記載する。位相画像 (位相情報のみで表される画像) の変化は、撮影パラメータを変えて撮像したことによって生じたぼけの変化をよく表現するので、位相画像相関値情報 P C C は画像のぼけの情報をよく表現する。この位相画像相関値情報 P C C の特徴のうち少なくとも 1 つの特徴を用いて距離情報を取得することができる。

20

なお、周波数相関値情報の算出と、周波数相関値情報から実空間相関値情報への変換とは、互いに異なる機能部により実現されてもよい。

【 0 0 2 3 】

距離情報取得処理部 1 1 5 は、相関値算出部 1 1 4 が算出した位相画像相関値情報 P C C のピークの特徴に基づいて、被写体までの距離を表す距離情報を取得する (S 1 0 7)。本実施例では、位相画像相関値情報 P C C のピークの最大値に基づいて、距離情報が取得される。ここで、“位相画像相関値情報 P C C のピーク”は、位相画像相関値情報 P C C の最大値を有するピークを意味する。なお、同じ被写体を撮影して得られる 2 枚の実空間画像を用いる場合には、ピークは 1 つしか現れない。

30

そして、距離情報取得処理部 1 1 5 は、取得した距離情報をメモリ 1 1 6 に格納する (S 1 0 8)。

【 0 0 2 4 】

図 3 に距離情報取得処理部 1 1 5 のフローチャートを示す。

最大値算出ステップ S 1 1 5 1 にて位相画像相関値情報 P C C の最大値が算出 (検出) される。この位相画像相関値情報 P C C の最大値は、被写体までの距離 (例えば、ピント位置から被写体までの距離; デフォーカス量) と関係があり、この関係に基づいて距離情報が取得される。被写体がピント位置にあるときに位相画像相関値情報 P C C の最大値は「1」となり、被写体がピント位置から離れるほど最大値は「0」に近づく。最大値が「1」のときにのみ被写体がピント位置 (ピント面) にあると判断してもよいし、最大値が「1」近傍の値であるときに被写体がピント位置にあると判断してもよい。最大値が「0」のときにのみ被写体がピント位置から無限遠の位置にあると判断してもよいし、閾値を設定し、最大値が閾値以下のときに被写体がピント位置から無限遠の位置にあると判断してもよいし、「無限遠の位置」ではなく「遠方の位置」と判断してもよい。

40

位相画像相関値情報 P C C のピークの特徴 (具体的には位相画像相関値情報 P C C の最大値) と、距離情報との対応関係を予め計算し、当該対応関係を表す対応情報 (距離補正テーブル) を予め用意しておいてもよい。そのような距離補正テーブルを予めメモリ等に

50

格納しておき、距離情報を取得する際に距離補正テーブルを用いることで、より正確な距離情報を取得することができる。

距離情報取得ステップ S 1 1 5 2 では、位相画像相関値情報 P C C の最大値（ピークの特徴）と、予め用意された距離補正テーブルとに基づいて、被写体までの正確な距離が取得される。

【 0 0 2 5 】

図 4 に撮像光学系における結像関係を示す。

図 4 を用いて本実施例の D F D 法による距離情報取得処理の原理を説明する。

【 0 0 2 6 】

物体 O B J の物体距離 D_o は、像距離 D_i と撮像光学系の焦点距離 F_L が分かれば、式 1 によって求めることができる。

$$(1/D_o) + (1/D_i) = (1/F_L) \quad \cdots (式 1)$$

しかし、式 1 によって距離を求めることができるのは、通常、撮像面上に結像した物体に限定される。

【 0 0 2 7 】

本実施例の D F D 法では、撮像面に結像しない物体 O B J 1 についての物体距離 D_{o1} を算出するために、ぼけ量 B K 1 と関連する位相画像相関値情報 P C C から、物体 O B J 1 の像距離 D_{i1} を求め、これを式 1 に代入する。それにより、物体距離 D_{o1} を算出する。

具体的には、位相画像相関値情報 P C C からデフォーカス量 D_{ef1} を求め、デフォーカス量 D_{ef1} から算出対象物体 O B J 1 の像距離 D_{i1} を求めることで、撮像面に結像しない物体についての物体距離 D_{o1} を算出することができる。

【 0 0 2 8 】

ぼけ量 B K 1 と位相画像相関値情報 P C C の関係を説明する。

図 5 (A) ~ 図 5 (F) にぼけ量 B K 1 と位相画像相関値情報 P C C の関係の例を示す。

本実施例では、暗い F 値 ($F/8$) と明るい F 値 ($F/4$) とで 2 枚の実空間画像を撮影し、それらの実空間画像から得られた位相画像相関値情報 P C C を用いて距離情報を求める。

暗い F 値 ($F/8$) で撮影した場合は、ピント位置から背景（もしくは前景）の全域に渡ってピントが合っているパンフォーカス画像が得られる。

一方、明るい F 値 ($F/4$) で撮影した場合は、背景（もしくは前景）がぼけた画像が得られる。

今回、距離情報取得処理に用いる 2 枚の実空間画像（選択領域画像）として、101 画素 × 101 画素のランダムパターン画像（元画像）と、元画像に対してガウシアンフィルタを掛けてぼかした画像（比較画像）とを用意した。

元画像は、画像全域に渡りランダムパターンがシャープに表示された画像であり、暗い F 値 ($F/8$) で撮影して得られるパンフォーカス画像を想定したものである。

比較画像は、ガウシアンフィルタを掛けてランダムパターンをぼかした画像であり、明るい F 値 ($F/4$) で撮影して得られる画像（背景（もしくは前景）がぼけた画像）を想定したものである。

【 0 0 2 9 】

図 5 (A) ~ 図 5 (F) は、ガウシアンフィルタの標準偏差 σ を変化させたときの位相画像相関値情報 P C C の変化を示す。ガウシアンフィルタの標準偏差 σ を変化させることは、被写体がピント位置から離れるに従ってぼけが大きくなることを想定したものである。

【 0 0 3 0 】

まず、被写体がピント位置にある場合について説明する。

被写体がピント位置にある場合、被写体がぼけることなく撮影される。そのため、F 値が異なっても、2 枚の実空間画像はほぼ同一となり、位相画像相関値情報の最大値は「1」もしくは「1 近傍の値」となる。

図 5 (A) は元画像と比較画像とが同じ場合 ($\sigma = 0.1$ の場合) の位相画像相関値情報のグラフを示す。

位相画像相関値情報 PCC のグラフは画像の中央部 ($Y = 51$) で最大となる。図 5 (A) では、位相画像相関値情報 PCC の最大値は「1」である。このように、元画像と比較画像とが同じ画像の場合、位相画像相関値情報 PCC の最大値は「1」となる。これは画像中の各周波数成分の相関値が「1」で揃っており、高周波成分の細かな点まで一致していることを示す。

10

【0031】

次に、被写体がピント位置から離れた位置にある場合 ($\sigma = 0.7$ の場合) について説明する。

この場合、明るい F 値で撮影した画像 (比較画像) では被写体がぼけるが、暗い F 値で撮影したパンフォーカス画像 (元画像) では被写体はぼけない。

画像がぼけるとエッジ部の傾斜が緩やかになり高周波成分 (コントラスト) が低下する。

実空間位相画像は、画像中のエッジ部 (輪郭部) を表現したものであり、周波数空間位相画像を用いてエッジ部の僅かな変化を敏感に検出することができる。具体的には、エッジ部の変化は周波数空間における高周波成分の位相の変化として現れる。2 枚の実空間画像のぼけが全く同じ場合には、高周波成分は位相が少しでもずれると相関を有さなくなるが、本実施例では、ぼけの異なる 2 枚の実空間画像を用いるため、高周波成分は位相が少しずれた場合でも相関を有するようになる。これが、元画像と比較画像との周波数空間位相画像から得られる位相画像相関値情報 PCC の最大値の低下となって現れる。

20

図 5 (B) は、元画像と、標準偏差 $\sigma = 0.7$ のガウシアンフィルタを掛けた比較画像とから得られる位相画像相関値情報のグラフを示す。

図 5 (B) では、位相画像相関値情報 PCC の最大値は「0.8287」であり、比較画像がぼけることによって位相画像相関値情報 PCC の最大値が低下したことが分かる。

【0032】

そして、被写体がピント位置からさらに離れた位置にある場合 ($\sigma = 1.0, 1.5, 2.0, 3.0$ の場合) について説明する。

30

図 5 (C) は、元画像と、標準偏差 $\sigma = 1.0$ のガウシアンフィルタを掛けた比較画像とから得られる位相画像相関値情報のグラフを示す。このときの位相画像相関値情報 PCC の最大値は「0.5627」である。このように、比較画像が図 5 (B) よりも大きくぼけている場合には、位相画像相関値情報 PCC の最大値がさらに低下する。

図 5 (D) は、元画像と、標準偏差 $\sigma = 1.5$ のガウシアンフィルタを掛けた比較画像とから得られる位相画像相関値情報のグラフを示す。このときの位相画像相関値情報 PCC の最大値は「0.3514」である。

図 5 (E) は、元画像と、標準偏差 $\sigma = 2.0$ のガウシアンフィルタを掛けた比較画像とから得られる位相画像相関値情報のグラフを示す。このときの位相画像相関値情報 PCC の最大値は「0.2513」である。

40

図 5 (F) は、元画像と、標準偏差 $\sigma = 3.0$ のガウシアンフィルタを掛けた比較画像とから得られる位相画像相関値情報のグラフを示す。このときの位相画像相関値情報 PCC の最大値は「0.1536」である。

【0033】

標準偏差 σ と、位相画像相関値情報の最大値 (ピークの最大値) との関係を表 1 に示す。

【表 1】

表 1	
ガウシアンフィルタの標準偏差	ピークの最大値
元画像と比較画像が同一 ($\sigma = 0.1$)	1.0000
$\sigma = 0.7$	0.8287
$\sigma = 1.0$	0.5627
$\sigma = 1.5$	0.3514
$\sigma = 2.0$	0.2513
$\sigma = 3.0$	0.1563

10

このように、ぼけの大きさに関連して位相画像相関値情報 P C C の最大値が変化しており、これらの関係から、被写体のデフォーカス量、像距離を求め、物体距離を算出することができる。

【0034】

このように、本実施例は、ぼけ量が異なる 2 枚の周波数空間位相画像 F P 1 , F P 2 から得られる位相画像相関値情報 P C C の最大値がピント位置からの距離に応じて変化することを利用して、距離情報を取得するものである。

また、実空間画像がぼけると周囲の輝度が平均化されるので、明るい点の輝度が低下したり暗い点の輝度が明るくなったりと輝度の変化を引き起こす。色度に関しても同様で、実空間画像がぼけると周囲の色が混ざり合い色度の変化が生じる。

20

これに対して、本実施例では輝度や色度の情報を排除した位相画像を用いているので、被写体依存性を低減させ、特に輝度や色度に対してロバストな距離情報を取得することが可能となる。

D F D 法を用いた距離情報の取得ではぼけの異なる 2 枚の画像が必要だが、2 枚の画像を撮影するためには撮影を 2 回行う必要がある。2 回の撮影には時間差があり、その間に被写体が移動したり撮影者や撮像装置が移動したりすることによって、2 枚の画像間に位置ずれが生じてしまうことがある。

そして、D F D 法では 2 枚の画像の実質的に同じ位置の領域を処理領域として選択する必要があるが、画像の位置ずれが生じた場合は実質的に異なる位置の領域を処理領域として選択することとなり、正しい距離情報を取得できないことが問題となっていた。

30

本実施例のように周波数空間位相画像間の相関（周波数空間相関値情報）を取り、周波数空間相関値情報を実空間相関値情報に変換した場合、画像の位置ずれは実空間相関値情報の位置ずれに表れるが、実空間相関値情報の最大値にはあまり大きな影響を与えない。よって、本実施例では、2 枚の画像に位置ずれが生じた場合でも高精度な距離情報を取得することができるメリットもある。つまり、本実施例によれば、画像間の位置ずれに対してもロバストで、常に高精度な距離情報を取得することができる。

【0035】

D F D 法は原理的には高精度な距離情報を求めることができる。しかし、今までの D F D 法では、画像間の被写体の輝度や色度の違いならびに位置ずれ等によって必ずしも高精度な距離情報を得られていなかった。

40

しかし、本実施例によれば、被写体までの距離を表す距離情報に対する、画像の輝度や色度、及び、画像間の位置のずれの影響を低減することができるため、より確実に（常に安定して）高精度な距離情報を取得することができる。

【0036】

なお、被写体までの距離は、実空間画像のエッジ部分（空間周波数が高い部分）におけるぼけの違いとしてよく表される。そのため、周波数空間相関値情報として、高周波数領域の周波数毎に相関値（周波数空間位相画像間の相関値）が算出されてもよい。

なお、本実施例では、距離情報の取得のために 2 枚の実空間画像を撮影する例を示した

50

が、3枚以上の実空間画像を撮影し、撮影した3枚以上の実空間画像のうちの2枚の実空間画像を用いて、距離情報が取得されてもよい。

【0037】

<実施例2>

実施例2に係る距離情報取得装置の構成は実施例1と同様であるが、実施例2と実施例1とでは距離情報取得部での距離情報の取得方法が異なる。具体的には、本実施例では、距離情報取得処理部は、位相画像相関値情報PCCのピークの幅に基づいて距離情報を取得する。

【0038】

図6に本実施例の距離情報取得処理部のフローチャートを示す。

最大値算出ステップS2151にて位相画像相関値情報PCCの最大値が算出される。

そして、閾値算出ステップS2152にて幅算出用の閾値が算出される。本実施例では、位相画像相関値情報PCCの最大値に所定の比率（割合）を乗算することにより閾値が算出される。本実施例では、上記所定の比率を30%とするが、比率は、50%、35%（ $1/e$ ）、20%、13.5%（ $1/e^2$ ）などでも良い。閾値を低く設定すると位相画像相関値情報PCCの変化を精度良く検出することができるので、ピント位置近傍の距離情報として正確な距離情報を取得したい場合に有効である。一方、閾値を高く設定すると物体がピント位置から遠く離れて大きくぼけた画像となった場合でもノイズの影響を受け難くすることができるので、広範囲な距離情報を取得したい場合に有効である。

次に、交点算出ステップS2153にて位相画像相関値情報PCCが閾値と交差する点が算出される。その交点は少なくとも2つあり、場合によっては3つ以上存在する。ここでは、位相画像相関値情報PCCのピークにおける2つの交点が算出される。

そして、ピーク幅算出ステップS2154にて上記2つの交点の間隔が、上記幅として算出される。即ち、本実施例では、位相画像相関値情報PCCのピークの幅として、当該ピークにおいて実空間相関値情報の値が閾値と等しくなる2点間の幅が算出される。位相画像相関値情報PCCのピークの幅は、画像のぼけの大きさに関係があり距離情報の元データとして利用できる。

距離情報取得ステップS2155では、位相画像相関値情報PCCのピークの幅と、距離補正テーブル（位相画像相関値PCCのピークの幅と、距離情報との対応関係を表すテーブル）とを用いて、距離情報（被写体までの距離）が取得される。

【0039】

上記所定の比率を30%とした場合の、図5（A）～図5（F）に示した位相画像相関値情報PCCのグラフから得られる幅（ピークの幅）を表2に示す。

【表2】

表2	
ガウシアンフィルタの標準偏差	ピークの幅
元画像と比較画像が同一（ $\sigma = 0.1$ ）	1.4000（画素）
$\sigma = 0.7$	1.5409（画素）
$\sigma = 1.0$	1.8684（画素）
$\sigma = 1.5$	2.2489（画素）
$\sigma = 2.0$	2.6238（画素）
$\sigma = 3.0$	3.0498（画素）

このように、位相画像相関値情報PCCのピークの幅は画像のぼけの大きさと関係がある。したがって、位相画像相関値情報PCCのピークの幅から、被写体の物体距離を算出することができる。

【0040】

本実施例によれば、実施例1と同様に、被写体の輝度や色度に対してロバストな距離情

報を得ることができる。

そして、本実施例のように周波数空間位相画像間の相関（周波数空間相関値情報）を取り、実空間相関値情報に変換した場合、画像の位置ずれは実空間相関値情報の座標のずれに表れるが、位相画像相関値情報のピークの幅にはあまり大きな影響を与えない。よって、本実施例では、2枚の画像に位置ずれが生じた場合でも高精度な距離情報を取得することができるメリットがある。つまり、本実施例によれば、画像間の位置ずれに対してもロバストで、常に正確な距離情報を取得することができる。

【0041】

なお、距離情報取得処理部のフローチャートを図7のようにしてもよい。

図7では最大値算出ステップS2151の後に正規化ステップS2156を加えている

10

。正規化ステップS2156では位相画像相関値情報の値が最大値で正規化される。換言すれば、位相画像相関値情報の各値が最大値で除算される。それにより、位相画像相関値情報が、最大値が「1」となるように、正規化される。位相画像相関値情報を正規化することにより、閾値が常に一定となる。そのため、閾値を予め用意することができ、閾値を算出する必要がなくなる。

交点算出ステップ2153では、予め用意された閾値を用いて、図6と同様に、2つの交点が算出される。具体的には、正規化後の位相画像相関値情報と、閾値との交点が算出される。その後、図6と同様に、ピーク幅算出ステップS2154と距離情報取得ステップS2155が行われる。即ち、正規化後の実空間相関値情報のピークの幅に基づいて、

20

距離情報が取得される。

【0042】

なお、ピークの幅は、実空間相関値情報の値が閾値と等しくなる2点間の幅に限らない。例えば、ピークの幅は、ピークの半値全幅や最大幅であってもよい。

【0043】

<実施例3>

実施例3に係る距離情報取得装置の構成は実施例1と同様であるが、実施例3と実施例1とでは距離情報取得部での距離情報の取得方法が異なる。本実施例では、距離情報の取得に用いる2枚の実空間画像間に位置ずれが生じた場合においても高精度な距離算出を実現する構成について説明する。具体的には、本実施例では、位相画像相関値情報から、距離情報の取得に用いる2枚の実空間画像の間の被写体位置のずれ量が算出され、位相画像相関値情報のピークの特徴と、算出したずれ量とに基づいて、距離情報が取得される。それにより、2枚の実空間画像間に位置ずれが生じた場合においても高精度な距離情報の取得を実現することができる。

30

【0044】

図8に本実施例の距離情報取得処理部のフローチャートを示す。

実施例1と同様に最大値算出ステップS3151にて位相画像相関値情報PCCの最大値が算出される。

次に、画像位置ずれ量検出ステップS3152にて2枚の実空間画像間の位置のずれ量が算出（検出）される。本実施例のように周波数空間位相画像間の相関値（周波数空間相関値情報）を取り、周波数空間相関値情報を実空間相関値情報に変換した場合、画像の位置ずれは実空間相関値情報の位置ずれに表れる。そこで、実空間相関値情報を用いることにより、撮影した2枚の実空間画像間の位置のずれ量を検出することができる。

40

本実施例では、位相画像相関値情報が最大となる位置の、中心位置からのずれ量を検出しており、撮影した2枚の実空間画像の位置のずれ量をサブピクセルの精度で正確に検出することができる。

そして、距離情報取得ステップS3153にて、上記算出（検出）したずれ量と、距離補正テーブル（ピークの最大値と距離情報の対応関係を表すテーブル）を用いて、距離情報が取得される。例えば、ずれ量毎に距離補正テーブルが予め用意されていてもよい。その場合には、算出したずれ量に対応する距離補正テーブルを用いて、実施例1と同様の方

50

法により、距離情報を取得することができる。また、ずれ量に応じて、距離補正テーブル、または、距離補正テーブルを用いて得られた距離情報が補正されてもよい。

【 0 0 4 5 】

このように、本実施例では画像の位置のずれ量が検出され、ずれ量を考慮して距離情報が取得されるため、実施例 1 , 2 よりも高精度な距離情報を取得することが可能となる。

なお、本実施例では、位相画像相関値情報のピークの最大値を用いて距離情報を取得したが、これに限らない。実施例 2 のように、位相画像相関値情報のピークの幅を用いて距離情報が取得されてもよい。

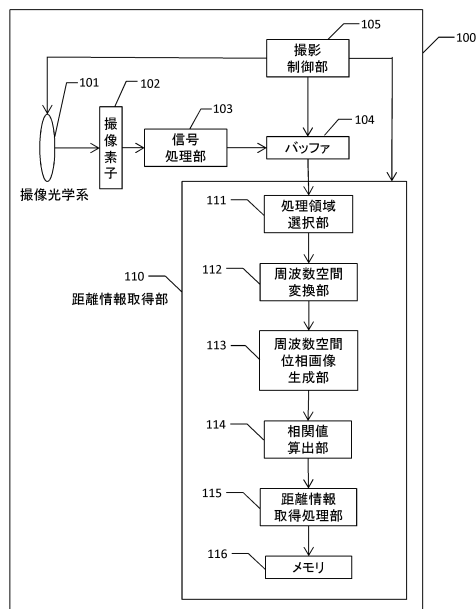
【 符号の説明 】

【 0 0 4 6 】

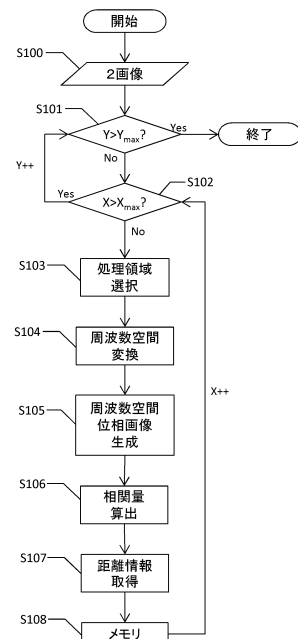
- 1 1 0 距離情報取得部
- 1 1 1 処理領域選択部
- 1 1 2 周波数空間変換部
- 1 1 3 周波数空間位相画像生成部
- 1 1 4 相関値算出部
- 1 1 5 距離情報取得処理部

10

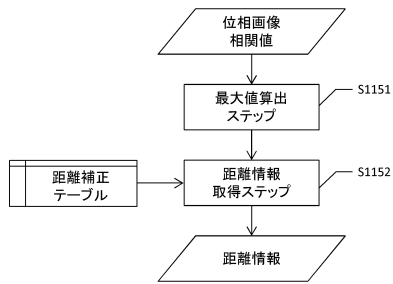
【 図 1 】



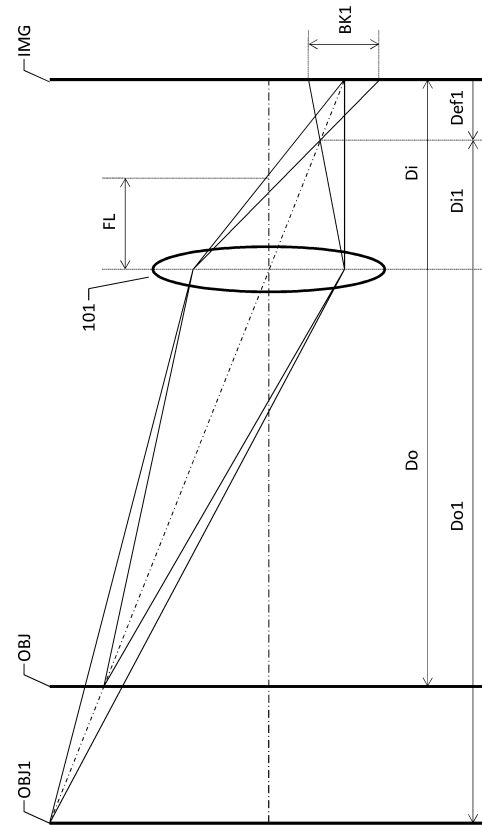
【 図 2 】



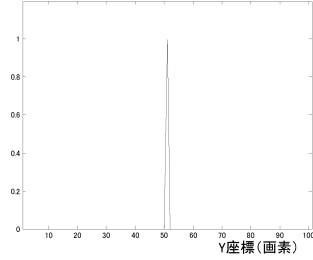
【図 3】



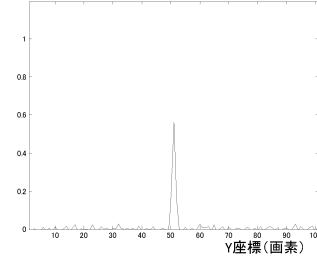
【図 4】



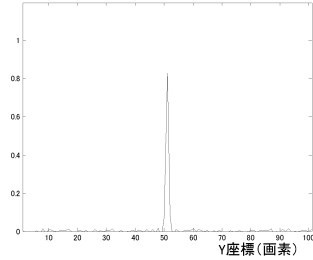
【図 5 A】

位相画像相関値情報 ($\sigma=0.1$)

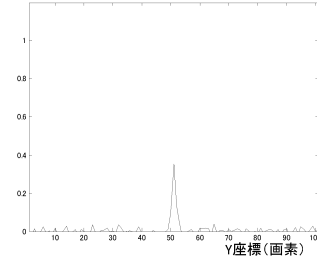
【図 5 C】

位相画像相関値情報 ($\sigma=1.0$)

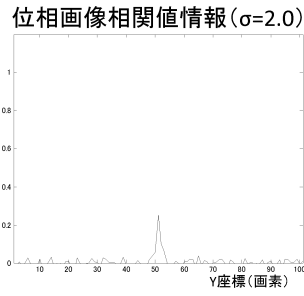
【図 5 B】

位相画像相関値情報 ($\sigma=0.7$)

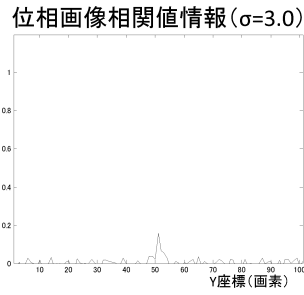
【図 5 D】

位相画像相関値情報 ($\sigma=1.5$)

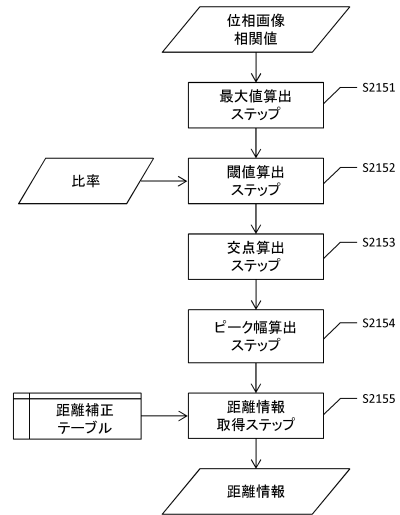
【図 5 E】



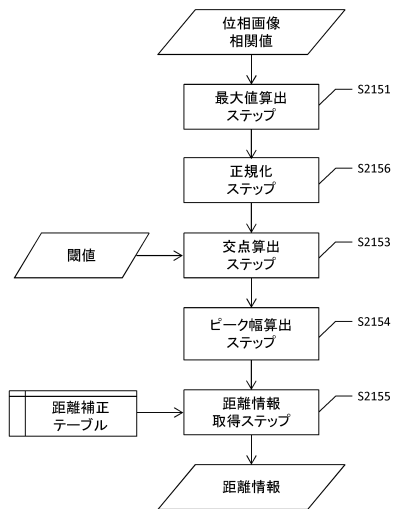
【図 5 F】



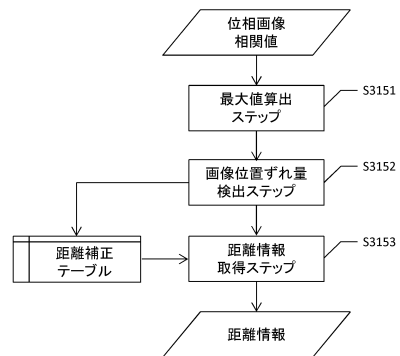
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 1 C 3/06 1 4 0
G 0 1 B 11/00 H
G 0 3 B 15/00 T

(72)発明者 石原 圭一郎
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社 内

審査官 梶田 真也

(56)参考文献 特開2001-208524(JP,A)
国際公開第2012/066774(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 0 1 C 3 / 0 0 - 3 / 3 2
G 0 1 B 1 1 / 0 0 - 1 1 / 3 0