

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6971934号
(P6971934)

(45) 発行日 令和3年11月24日(2021.11.24)

(24) 登録日 令和3年11月5日(2021.11.5)

(51) Int. Cl.		F I			
GO1C	3/06	(2006.01)	GO1C	3/06	12OP
GO6T	7/00	(2017.01)	GO1C	3/06	14O
GO6T	7/571	(2017.01)	GO6T	7/00	35OB
			GO6T	7/571	

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2018-151247 (P2018-151247)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成30年8月10日(2018.8.10)	(74) 代理人	110001737 特許業務法人スズエ国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2020-26990 (P2020-26990A)	(72) 発明者	三島 直 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
(43) 公開日	令和2年2月20日(2020.2.20)	(72) 発明者	佐々木 貴之 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
審査請求日	令和2年3月16日(2020.3.16)	審査官	櫻井 仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

単一の結像光学系による一度の撮像によって得られる、非対称の第1形状のぼけを含む被写体の第1画像と、非対称の第2形状のぼけを含む前記被写体の第2画像とを取得する画像取得部と、

前記第1画像および前記第2画像を入力し、事前に学習された統計モデルによって、前記被写体までの距離情報を取得する距離取得部と、

を具備する画像処理装置。

【請求項2】

前記結像光学系は、第1波長帯域の光を透過し、第2波長帯域の光を遮蔽する第1フィルタ領域と、前記第1波長帯域の光を遮蔽し、前記第2波長帯域の光を透過する第2フィルタ領域とを有するフィルタを被写体光の光路上に備え、

前記第1画像は、前記第1波長帯域の光を受光して被写体像を結像する第1イメージセンサによって撮像され、

前記第2画像は、前記第1フィルタ領域および前記第2フィルタ領域を透過する第3波長帯域の光を受光して被写体像を結像する第2イメージセンサまたは前記第2波長帯域の光を受光して被写体像を結像する第3イメージセンサによって撮像される、

請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】

前記統計モデルは、ニューラルネットワークまたはランダムフォレストである請求項1

10

20

または 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記距離取得部は、前記第 1 画像および前記第 2 画像から局所領域を抽出し、前記局所領域の前記第 1 画像および前記第 2 画像の情報を前記統計モデルに入力して、前記局所領域内の距離情報を取得する請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記統計モデルに入力される前記第 1 画像および前記第 2 画像の情報は、各画素の隣接する画素との画素値の差分を示す情報である請求項 4 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記距離取得部は、前記第 1 画像および前記第 2 画像の情報とともに、前記局所領域の位置情報を前記統計モデルに入力する請求項 4 または 5 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 7】

前記位置情報は、前記第 1 画像上および前記第 2 画像上における前記局所領域の中心点の座標を示す情報である請求項 6 に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記統計モデルは、前記第 1 画像および前記第 2 画像の少なくとも 1 画素以上について前記被写体までの距離を推定して前記距離情報を出力し、かつ、前記推定した距離の不確実性情報を出力する請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記距離取得部は、閾値以上の不確実性を示す前記不確実性情報とともに前記統計モデルから出力された距離情報を破棄する請求項 8 に記載の画像処理装置。

20

【請求項 10】

前記距離取得部は、閾値以上の不確実性を示す前記不確実性情報とともに前記統計モデルから出力された距離情報を、前記閾値未満の不確実性を示す前記不確実性情報とともに前記統計モデルから出力された前記第 1 画像上および前記第 2 画像上における周辺の距離情報を用いて補正する請求項 8 に記載の画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、画像処理装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

二つのカメラやステレオカメラ（複眼のカメラ）で撮像された画像から、被写体までの距離を取得する技術が知られている。また、近時、一つのカメラ（単眼のカメラ）で一度に撮像された画像から、被写体までの距離を取得する技術が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 8 - 43055 号公報

【特許文献 2】特開 2016 - 102733 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

一つのカメラで一度に撮像された画像から、被写体までの距離を取得する場合、マルチショットが不要であることから、動物体へも適用することができる。当該一つのカメラで一度に撮像された画像から、被写体までの距離を取得する方法の一つとして、ぼけ情報を用いて距離を取得する方法が存在する。例えば、ぼけ情報をモデル化することによって距離を算出することができる。しかしながら、画像に含まれるぼけ情報がモデルから外れる場合、算出される距離の誤差が大きくなる可能性がある。

【0005】

50

本発明が解決しようとする課題は、一つのカメラで一度に撮像された画像からのロバストな距離検出が可能な画像処理装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

実施形態によれば、画像処理装置は、画像取得部と、距離取得部とを具備する。画像取得部は、単一の結像光学系による一度の撮像によって得られる、非対称の第1形状のぼけを含む被写体の第1画像と、非対称の第2形状のぼけを含む前記被写体の第2画像とを取得する。距離取得部は、前記第1画像および前記第2画像を入力し、事前に学習された統計モデルによって、前記被写体までの距離情報を取得する。

【図面の簡単な説明】

10

【0007】

【図1】実施形態に係る画像処理装置（画像処理部）を適用する測距装置の構成を示すブロック図。

【図2】同実施形態の画像処理装置を適用する測距装置内の撮像装置（撮像部）に設けられるフィルタの構成の例を示す図。

【図3】図2のフィルタの透過率特性の例を示す図。

【図4】図2のフィルタが配置されたカラー開口の光線変化と、ぼけの形状とを説明するための図。

【図5】同実施形態の画像処理装置のシステム構成の例を示すブロック図。

【図6】同実施形態の画像処理装置の画像からの距離検出に関する基本構造を示す図。

20

【図7】同実施形態の画像処理装置を適用する測距装置によって撮像される画像が距離に関して物理的な手がかり（ぼけ情報）を与えることを示す図。

【図8】同実施形態の画像処理装置が距離に関する物理的な手がかりであるぼけ情報を統計モデルで分析して被写体までの距離を推定することを示す図。

【図9】同実施形態の画像処理装置で適用し得る、統計モデルによって撮影画像から距離情報を推定する方式の第1例（パッチ方式）を示す図。

【図10】同実施形態の画像処理装置における統計モデルに対する撮影画像の情報の第1入力例を示す図。

【図11】同実施形態の画像処理装置で適用し得る、統計モデルによって撮影画像から距離情報を推定する方式の第2例を示す図。

30

【図12】同実施形態の画像処理装置における統計モデルに対する撮影画像の情報の第2入力例を示す図。

【図13】同実施形態の画像処理装置で適用し得る、統計モデルによって撮影画像から距離情報を推定する方式の第3例（画面一括方式）を示す図。

【図14】同実施形態の画像処理装置が備える統計モデルの学習方法の一例を示す図。

【図15】ぼけと距離との関係の一例を示す図。

【図16】同実施形態の画像処理装置が備える統計モデルの学習の流れを示すフローチャート。

【図17】同実施形態の画像処理装置における統計モデルによる画像からの距離検出の流れを示すフローチャート。

40

【図18】同実施形態の画像処理装置の一変形例の概要を説明するための図。

【図19】同実施形態の画像処理装置の一変形例における統計モデルの学習方法の一例を示す図。

【図20】同実施形態の画像処理装置の一変形例における統計モデルによる画像からの距離検出の流れを示すフローチャート。

【図21】同実施形態の画像処理装置を適用する測距装置を備える移動体の構成を示すブロック図。

【図22】同実施形態の画像処理装置を適用する測距装置を備える自動車の外観の例を示す斜視図。

【図23】同実施形態の画像処理装置を適用する測距装置を備えるドローンの外観の例を

50

示す斜視図。

【図24】同実施形態の画像処理装置を適用する測距装置を備えるロボットの外觀の例を示す斜視図。

【図25】同実施形態の画像処理装置を適用する測距装置を備えるロボットアームの外觀の例を示す斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、実施の形態について図面を参照して説明する。

まず、図1を参照して、一実施形態に係る画像処理装置を適用する測距装置の構成を説明する。この測距装置1は、画像を撮像し、撮像された画像を用いて撮像地点から被写体までの距離（奥行きとも称する）を推定する。

10

【0009】

この測距装置1は、画像を撮像する撮像部11と、撮像された画像を処理する画像処理部12とを備える。測距装置1は、撮像部11と画像処理部12とを備える一つの装置として実現されてもよいし、撮像部11に相当する撮像装置と、画像処理部12に相当する画像処理装置とのような複数の装置で構成されるシステムであってもよい。

【0010】

図1に示すように、撮像部11は、フィルタ21とレンズ22とイメージセンサ23とを備える単眼カメラにより構成される。フィルタ21は、互いに異なる波長帯域（色成分）の光を透過する複数のフィルタ領域を含む。フィルタ21は、例えば、二色のカラーフィルタ領域である第1フィルタ領域211と第2フィルタ領域212とで構成される。

20

【0011】

イメージセンサ23は、フィルタ21とレンズ22とを透過した光を受光し、受光した光を電気信号に変換（光電変換）する。イメージセンサ23には、例えばCCD（Charge Coupled Device）やCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）が用いられる。イメージセンサ23は、少なくとも二種類の撮像素子を含み、例えば、赤色（R）の光を受光する撮像素子を含む第1センサ231と、緑色（G）の光を受光する撮像素子を含む第2センサ232と、青色（B）の光を受光する撮像素子を含む第3センサ233とを備える。各撮像素子は、対応する波長帯域の光を受光し、受光した光を電気信号に変換する。この電気信号をA/D変換することによりカラー画像を生成することができる。以下では、画像のR成分、G成分、B成分である色成分画像（波長成分画像とも称する）を、それぞれR画像、G画像、B画像とも称する。なお、赤色、緑色、青色の撮像素子毎の電気信号を用いて、R画像、G画像、B画像をそれぞれ生成することもできる。つまり、撮像部11は、一度の撮像（ワンショット）で、カラー画像、R画像、G画像、およびB画像の少なくとも一つを生成することができる。

30

【0012】

次いで、図2は、フィルタ21の構成の例を示す。フィルタ21は、互いに異なる光の波長帯域（色成分）を透過する複数のフィルタ領域を有し、2以上のフィルタ領域は、撮像部11の光学中心213に対して非対称な形状である。フィルタ21は、例えば、二色のカラーフィルタ領域である第1フィルタ領域211と第2フィルタ領域212とで構成される。フィルタ21の中心は、撮像部11（レンズ22）の光学中心213と一致している。第1フィルタ領域211および第2フィルタ領域212はそれぞれ、光学中心213に対して非対称である形状を有している。また、例えば、二つのフィルタ領域211、212は重複せず、且つ二つのフィルタ領域211、212によってフィルタ21の全領域を構成している。図2に示す例では、第1フィルタ領域211および第2フィルタ領域212はそれぞれ、円形のフィルタ21が光学中心213を通る線分で分割された半円の形状を有している。第1フィルタ領域211は、例えばイエロー（Y）のフィルタ領域であり、第2フィルタ領域212は、例えばシアン（C）のフィルタ領域である。なお、第1フィルタ領域211がマゼンタ（M）のフィルタ領域であって、第2フィルタ領域212がイエロー（Y）のフィルタ領域であってもよい。さらに、第1フィルタ領域21

40

50

1 がシアン (C) のフィルタ領域であって、第 2 フィルタ領域 2 1 2 がマゼンタ (M) のフィルタ領域であってもよい。

【 0 0 1 3 】

各カラーフィルタが透過する波長帯域は異なる。一つのフィルタ領域が透過する光の波長帯域の一部と、別の一つのカラーフィルタ領域が透過する光の波長帯域の一部は、例えば重複する。一つのカラーフィルタ領域が透過する光の波長帯域は、例えば別の一つのカラーフィルタ領域が透過する光の波長帯域を含んでもよい。

【 0 0 1 4 】

なお、第 1 フィルタ領域 2 1 1 と第 2 フィルタ領域 2 1 2 とは、任意の波長帯域の透過率を変更するフィルタ、任意方向の偏光光を通過させる偏光フィルタ、または任意の波長帯域の集光パワーを変更するマイクロレンズであってもよい。例えば、任意の波長帯域の透過率を変更するフィルタは、原色フィルタ (R G B)、補色フィルタ (C M Y)、色補正フィルタ (C C - R G B / C M Y)、赤外線・紫外線カットフィルタ、ND フィルタ、または遮蔽板であってもよい。第 1 フィルタ領域 2 1 1 や第 2 フィルタ領域 2 1 2 がマイクロレンズである場合は、レンズ 2 2 により光線の集光の分布に偏りが生じることでだけ

10

の形状が変化する。

【 0 0 1 5 】

以下では、説明を分かりやすくするために、図 2 に示すフィルタ 2 1 において、第 1 フィルタ領域 2 1 1 がイエロー (Y) のフィルタ領域であり、第 2 フィルタ領域 2 1 2 がシアン (C) のフィルタ領域である場合を主に例示する。

20

たとえば図 2 に示したフィルタ 2 1 がカメラの開口部に配置されることにより、開口部が二色で二分割された構造開口であるカラー開口が構成される。このカラー開口を透過する光線に基づいて、イメージセンサ 2 3 は画像を生成する。イメージセンサ 2 3 に入射する光の光路上において、フィルタ 2 1 とイメージセンサ 2 3 との間にレンズ 2 2 が配置されてもよい。イメージセンサ 2 3 に入射する光の光路上において、レンズ 2 2 とイメージセンサ 2 3 との間にフィルタ 2 1 が配置されてもよい。レンズ 2 2 が複数設けられる場合、フィルタ 2 1 は、2 つのレンズ 2 2 の間に配置されてもよい。

【 0 0 1 6 】

第 2 センサ 2 3 2 に対応する波長帯域の光は、イエローの第 1 フィルタ領域 2 1 1 とシアンの第 2 フィルタ領域 2 1 2 の両方を透過する。第 1 センサ 2 3 1 に対応する波長帯域の光は、イエローの第 1 フィルタ領域 2 1 1 を透過し、シアンの第 2 フィルタ領域 2 1 2 を透過しない。第 3 センサ 2 3 3 に対応する波長帯域の光は、シアンの第 2 フィルタ領域 2 1 2 を透過し、イエローの第 1 フィルタ領域 2 1 1 を透過しない。

30

【 0 0 1 7 】

なお、ある波長帯域の光がフィルタまたはフィルタ領域を透過するとは、フィルタまたはフィルタ領域が高い透過率でその波長帯域の光を透過し、そのフィルタまたはフィルタ領域による当該波長帯域の光の減衰 (すなわち、光量の低下) が極めて小さいことを意味する。また、ある波長帯域の光がフィルタまたはフィルタ領域を透過しないとは、光がフィルタまたはフィルタ領域に遮蔽されることであり、たとえば、フィルタまたはフィルタ領域が低い透過率でその波長帯域の光を透過し、そのフィルタまたはフィルタ領域による当該波長帯域の光の減衰が極めて大きいことを意味する。たとえばフィルタまたはフィルタ領域は、ある波長帯の光を吸収することにより光を減衰させる。

40

【 0 0 1 8 】

図 3 は、第 1 フィルタ領域 2 1 1 および第 2 フィルタ領域 2 1 2 の透過率特性の例を示す。なお、可視光の波長帯域のうち 7 0 0 n m より長い波長の光に対する透過率は図示を省略してあるが、その透過率は 7 0 0 n m の場合に近いものである。図 3 に示すイエローの第 1 フィルタ領域 2 1 1 の透過率特性 2 1 5 では、波長帯域が 6 2 0 n m から 7 5 0 n m 程度の R 画像に対応する光と、波長帯域が 4 9 5 n m から 5 7 0 n m 程度の G 画像に対応する光とが高い透過率で透過され、波長帯域が 4 5 0 n m から 4 9 5 n m 程度の B 画像に対応する光がほとんど透過されていない。また、シアンの第 2 フィルタ領域 2 1 2 の透

50

過率特性 2 1 6 では、B 画像および G 画像に対応する波長帯域の光が高い透過率で透過され、R 画像に対応する波長帯域の光がほとんど透過されていない。

【 0 0 1 9 】

したがって、R 画像（第 1 センサ 2 3 1）に対応する波長帯域の光はイエローの第 1 フィルタ領域 2 1 1 のみを透過し、B 画像（第 3 センサ 2 3 3）に対応する波長帯域の光はシアン第 2 フィルタ領域 2 1 2 のみを透過する。G 画像（第 2 センサ 2 3 2）に対応する波長帯域の光は、第 1 フィルタ領域 2 1 1 と第 2 フィルタ領域 2 1 2 を透過する。

【 0 0 2 0 】

このような R 画像、B 画像および画像上のぼけの形状は被写体までの距離 d に応じて、より詳細には、距離 d と合焦距離 d_f との差分に応じて変化する。合焦距離 d_f は、撮像位置から、画像上にぼけが発生しない（すなわち、ピントが合う）合焦位置までの距離である。また、各フィルタ領域 2 1 1, 2 1 2 が光学中心 2 1 3 に対して非対称な形状であるので、R 画像上および B 画像上のぼけの形状は、被写体が合焦距離 d_f よりも手前にあるか、それとも奥にあるかによって異なり、また偏っている。R 画像上および B 画像上のぼけの偏りの方向は、撮像位置から見て、被写体が合焦距離 d_f よりも手前にあるか、それとも奥にあるかによってそれぞれ反転する。

【 0 0 2 1 】

図 4 を参照して、フィルタ 2 1 が配置されたカラー開口による光線変化と、ぼけの形状とについて説明する。

被写体 2 1 0 が合焦距離 d_f よりも奥にある場合 ($d > d_f$)、イメージセンサ 2 3 によって撮像された画像にはぼけが発生する。この画像のぼけの形状は、R 画像、G 画像および B 画像でそれぞれ異なっている。例えば、R 画像のぼけの形状 (2 0 1 R) は左側に偏り、G 画像のぼけの形状 (2 0 1 G) は偏りがなく、B 画像のぼけの形状 (2 0 1 B) は右側に偏っている。また、被写体 2 1 0 が合焦距離 d_f から奥に離れる程、ぼけのサイズは大きくなる。ぼけは、隣接する画素との画素値の差分（勾配）を用いて検出することができる。

【 0 0 2 2 】

また、被写体 2 1 0 が合焦距離 d_f にある場合 ($d = d_f$)、イメージセンサ 2 3 によって撮像された画像にはほとんどぼけが発生しない。この画像のぼけの形状は、R 画像、G 画像および B 画像でほぼ同じである。R 画像のぼけの形状 (2 0 1 R)、G 画像のぼけの形状 (2 0 1 G) および B 画像のぼけの形状 (2 0 1 B) のいずれも偏りが無い。

【 0 0 2 3 】

また、被写体 2 1 0 が合焦距離 d_f よりも手前にある場合 ($d < d_f$)、イメージセンサ 2 3 によって撮像された画像にはぼけが発生する。この画像のぼけの形状は、R 画像、G 画像および B 画像でそれぞれ異なっている。例えば、R 画像のぼけの形状 (2 0 1 R) は右側に偏り、G 画像のぼけの形状 (2 0 1 G) は偏りがなく、B 画像のぼけの形状 (2 0 1 B) は左側に偏っている。また、被写体 2 1 0 が合焦距離 d_f から手前に離れる程、ぼけのサイズは大きくなる。

【 0 0 2 4 】

このように、被写体 2 1 0 が合焦距離 d_f よりも手前または奥にある場合、イエローの第 1 フィルタ領域 2 1 1 を透過した光線に基づく R 画像のぼけの形状 (2 0 1 R, 2 0 3 R) は非対称であり、またシアンの第 2 フィルタ領域 2 1 2 を透過した光線に基づく B 画像のぼけの形状 (2 0 1 B, 2 0 3 B) も非対称である。そして、その R 画像のぼけの形状 (2 0 1 R, 2 0 3 R) は、B 画像のぼけの形状 (2 0 1 B, 2 0 3 B) とは異なっている。また、被写体 2 1 0 が合焦距離 d_f から離れる程、ぼけのサイズは大きくなる。

【 0 0 2 5 】

一方、画像処理部 1 2 は、図 1 に示すように、画像取得部 1 2 1、距離取得部 1 2 2 および出力部 1 2 3 を備える。画像処理部 1 2 は、例えば、コンピュータまたは各種電子機器に内蔵される組み込みシステムとして実現され得る。画像処理部 1 2 は、その一部またはすべてがソフトウェア（プログラム）によって実現されても良いし、ハードウェア（電

10

20

30

40

50

子回路)によって実現されても良い。

【0026】

画像取得部121は、撮像部11によって生成され得るカラー画像、R画像、G画像およびB画像のうち、ぼけの形状が左側または右側に偏るR画像およびB画像を少なくとも取得する(撮影画像a1)。ここでは、撮像部11によってR画像、G画像およびB画像が生成され、画像取得部121は、これら3つの画像を取得するものと想定する。

【0027】

距離取得部122は、画像取得部121によって取得される、ぼけの形状が左側または右側に偏るR画像およびB画像を少なくとも用いて、被写体までの距離を取得する。より詳しくは、距離取得部122は、事前に学習された統計モデル122Aによって、少なくともR画像およびB画像の2つの画像から被写体までの距離を取得する。統計モデル122Aは、ニューラルネットワークやランダムフォレストなどといった既知の様々な機械学習のアルゴリズムを適用することができる。ここでは、距離取得部122は、R画像、G画像およびB画像の3つの画像を用いて、被写体までの距離を取得するものと想定する。R画像、G画像およびB画像の3つの画像を用いた統計モデル122Aによる距離の取得の詳細については後述する。

10

【0028】

出力部123は、距離取得部122によって取得された距離(距離情報a2)を、例えば、画像と位置的に対応づけて配置したマップ形式で出力する。例えば、画素値が距離を示す画像データとして、出力部123は、画素単位に取得される距離を出力する。画像データとして距離が出力される場合、この画像データを使って、色で距離を示す距離画像を表示することができる。出力部123から出力される距離を用いれば、例えば、被写体のサイズを算出することなども可能である。

20

【0029】

図5は、画像処理部(画像処理装置)12のシステム構成を例示する。画像処理部12は、CPU31、RAM32、不揮発性メモリ33、および通信部34を備える。また、画像処理部12は、CPU31、RAM32、不揮発性メモリ33、および通信部34を相互に接続するバス35を有している。

【0030】

CPU31は、画像処理部12内の様々なコンポーネントの動作を制御する。CPU31は、単一のプロセッサであってもよいし、複数のプロセッサで構成されていてもよい。CPU31は、不揮発性メモリ33からRAM32にロードされる様々なプログラムを実行する。これらプログラムは、オペレーティングシステム(OS)や様々なアプリケーションプログラムを含む。アプリケーションプログラムは、画像処理プログラム32Aを含む。この画像処理プログラム32Aは、被写体を撮像した画像を用いて、被写体までの距離を推定するための命令群を含む。また、RAM32は、主記憶装置として用いられる記憶媒体である。不揮発性メモリ33は、補助記憶装置として用いられる記憶媒体である。

30

【0031】

通信部34は、有線通信または無線通信を実行するように構成されたデバイスである。通信部34は、信号を送信する送信部と信号を受信する受信部とを含む。通信部34は、ネットワークを介した外部機器との通信、周辺に存在する外部機器との通信等を実行する。この外部機器には撮像部11も含まれ得る。したがって、通信部34は、撮像部11から画像を受信してもよい。

40

【0032】

図6は、本実施形態の画像処理装置(画像処理部12)を適用する測距装置1の画像からの距離検出に関する基本構造を示す図である。

測距装置1は、互いに異なる波長帯域の光を透過する複数のフィルタ領域を含むフィルタ21を備える撮像部11によって、ぼけが互いに異なる形状で発生する複数の画像を生成する(撮影画像a1)。画像処理部12は、この複数の画像の情報を、事前に学習された統計モデル122Aに入力し、統計モデル122Aによって、被写体までの距離を取得

50

する（距離情報 a 2）。

【 0 0 3 3 】

図 7 は、互いに異なる波長帯域の光を透過する複数のフィルタ領域を含むフィルタ 2 1 を備える撮像部 1 1 によって生成される、ぼけが互いに異なる形状で発生する複数の画像（撮影画像 a 1）は、距離に関して物理的な手がかり（ぼけ情報 b 1）を与えるものであることを示す図である。

【 0 0 3 4 】

図 4 を参照して説明した通り、被写体 2 1 0 がピント位置よりも奥にある場合、フィルタ 2 1 およびレンズ 2 2 を透過した光がイメージセンサ 2 3 に受光されて生成される複数の画像（撮影画像 a 1）のうち、R 画像のぼけの形状（ぼけ情報 b 1）は左側に偏り、B 画像のぼけの形状（ぼけ情報 b 1）は右側に偏る。一方、被写体 2 1 0 がピント位置よりも手前にある場合、フィルタ 2 1 およびレンズ 2 2 を透過した光がイメージセンサ 2 3 に受光されて生成される複数の画像（撮影画像 a 1）のうち、R 画像のぼけの形状（ぼけ情報 b 1）は右側に偏り、B 画像のぼけの形状（ぼけ情報 b 1）は左側に偏る。

【 0 0 3 5 】

つまり、本実施形態の画像処理装置 1 の撮像部 1 1 によって生成される複数の画像においては、R 画像上および B 画像上のぼけの偏りの方向が、被写体 2 1 0 がピント位置よりも奥か手前かで反転するので、第 1 に、ぼけの色（形状）によって、被写体 2 1 0 がピント位置よりも奥か手前かを区別することができる。

【 0 0 3 6 】

また、被写体 2 1 0 がピント位置から離れる程、ぼけのサイズは大きくなるので、第 2 に、ぼけのサイズによって、ピント位置から被写体 2 1 0 までの距離を取得することができる。被写体 2 1 0 がピント位置よりも奥か手前かを区別することができ、かつ、ピント位置から被写体 2 1 0 までの距離を取得することができれば、撮影地点から被写体 2 1 0 までの距離を取得することができる。

【 0 0 3 7 】

このように、互いに異なる波長帯域の光を透過する複数のフィルタ領域を含むフィルタ 2 1 を備える撮像部 1 1 によって生成される、ぼけが互いに異なる形状で発生する複数の画像（撮影画像 a 1）は、距離に関して物理的な手がかり（ぼけ情報 b 1）を与えるものである。

【 0 0 3 8 】

図 8 は、本実施形態の画像処理装置 1 が、距離に関する物理的な手がかりである撮影画像 a 1 中のぼけ情報 b 1 を統計モデル 1 2 2 A で分析し、被写体 2 1 0 までの距離（距離情報 a 2）を推定することを示す図である。

図 7 を参照して説明した通り、この画像処理装置 1 の撮像部 1 1 によって生成される複数の画像（撮影画像 a 1）上のぼけ（ぼけ情報 b 1）は、被写体 2 1 0 までの距離に関する物理的な手がかりとなる。具体的には、ぼけの色（形状）やサイズが、被写体 2 1 0 までの距離に関する手がかりとなる。画像処理装置 1 の画像処理部 1 2、より詳しくは、距離取得部 1 2 2 は、当該物理的な手がかりである撮影画像 a 1 中のぼけ情報 b 1 を統計モデル 1 2 2 A で分析し、被写体 2 1 0 までの距離（距離情報 a 2）を推定する。

【 0 0 3 9 】

図 9 は、本実施形態の画像処理装置 1 で適用し得る、統計モデル 1 2 2 A によって撮影画像 a 1 から距離情報 a 2 を推定する方式の第 1 例（パッチ方式）を示す図である。

第 1 例においては、距離取得部 1 2 2 は、撮影画像 a 1 から局所領域（画像パッチ a 1 1）を抽出し、当該局所領域ごとに、撮影画像 a 1 の情報を統計モデル 1 2 2 A へ入力して距離情報 a 2 を推定する。局所領域の抽出は、例えば、撮影画像 a 1 の全領域をマトリックス状に分割し、分割後の部分領域を順次抽出することであってもよいし、撮影画像 a 1 を認識して、被写体像が検出された領域を網羅するように、複数の局所領域を抽出することであってもよい。また、局所領域は、他の局所領域との間で一部がオーバーラップしていてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

一方、撮影画像 a 1 の情報が局所領域ごとに入力される統計モデル 1 2 2 A は、その局所領域について画素ごとに距離を推定する。局所領域がオーバーラップして抽出される場合、オーバーラップ領域については、例えば、平均値を算出してよいし、（ 3 以上の局所領域がオーバーラップする場合）多数決で値を決定してもよい。

【 0 0 4 1 】

図 1 0 は、第 1 例における統計モデル 1 2 2 A に対する撮影画像 a 1 の情報の一入力例を示す図である。

撮影画像 a 1 から局所領域（画像パッチ a 1 1）を抽出する距離取得部 1 2 2 は、R 画像、G 画像および B 画像のそれぞれについて、当該局所領域の勾配データ a 1（a 1 - R, a 1 - G, a 1 - B）を生成して、この勾配データ a 1 を統計モデル 1 2 2 A に入力する。勾配データ a 1 は、各画素の隣接する画素との画素値の差分を示す。例えば、局所領域が、n 画素（X 軸方向）× m 画素（Y 軸方向）の矩形領域として抽出される場合、局所領域内の各画素について算出した例えば右隣の画素との差分値を n 行 × m 列のマトリックス状に配置した勾配データ a 1 が生成されて、統計モデル 1 2 2 A に入力される。統計モデル 1 2 2 A は、R 画像の勾配データ a 1 - R と、G 画像の勾配データ a 1 - G と、B 画像の勾配データ a 1 - B とを使って、ぼけから距離情報を抽出する。なお、原理的には、R 画像の勾配データ a 1 - R と G 画像の勾配データ a 1 - G とのペア、G 画像の勾配データ a 1 - G と B 画像の勾配データ a 1 - B とのペア、または、B 画像の勾配データ a 1 - B と R 画像の勾配データ a 1 - R とのペア、のいずれかが入力されれば、ペアの偏り具合から距離を判断できるので、ぼけから距離情報を抽出する条件は成立する。

【 0 0 4 2 】

図 1 1 は、本実施形態の画像処理装置 1 で適用し得る、統計モデル 1 2 2 A によって撮影画像 a 1 から距離情報 a 2 を推定する方式の第 2 例を示す図である。

第 2 例においては、撮影画像 a 1 の情報として、第 1 例における局所領域（画像パッチ a 1 1）ごとの勾配データ a 1 の入力に加え、当該局所領域の撮影画像 a 1 上における位置情報 a 1 2 をさらに統計モデル 1 2 2 A へ入力する。位置情報 a 1 2 は、例えば、局所領域の中心点に対応するものであってもよいし、例えば左上辺などの予め定められた一辺に対応するものであってもよいし、画像パッチ a 1 1 に含まれる画素それぞれの撮影画像 a 1 上での位置情報を用いてもよい。

【 0 0 4 3 】

位置情報 a 1 2 をさらに統計モデル 1 2 2 A へ入力することで、例えば、レンズ 2 2 の中心部を透過する光によって結像された被写体像のぼけと、レンズ 2 2 の端部を透過する光によって結像された被写体像のぼけとの間で違いが生じる場合に、その違いが距離の推定に影響を及ぼすことを除去することができる。つまり、この第 2 例は、ぼけ、距離および画像上の位置の相関が学習された統計モデル 1 2 2 A によって、撮影画像 a 1 から距離情報 a 2 を、より確実に推定することができる。

【 0 0 4 4 】

図 1 2 は、第 2 例における統計モデル 1 2 2 A に対する撮影画像 a 1 の情報の一入力例を示す図である。

例えば、n 画素（X 軸方向）× m 画素（Y 軸方向）の矩形領域を局所領域として抽出する場合、距離取得部 1 2 2 は、当該局所領域の例えば中心点に対応する撮影画像 a 1 上の X 座標値を、n × m 個、n 行 × m 列のマトリックス状に配置した X 座標データ a 1 2 - 1 と、当該局所領域の例えば中心点に対応する撮影画像 a 1 上の Y 座標値を、n × m 個、n 行 × m 列のマトリックス状に配置した Y 座標データ a 1 2 - 2 とを生成して、勾配データ a 1（a 1 - R, a 1 - G, a 1 - B）とともに、統計モデル 1 2 2 A に入力する。

【 0 0 4 5 】

図 1 3 は、本実施形態の画像処理装置 1 で適用し得る、統計モデル 1 2 2 A によって撮

10

20

30

40

50

影画像 a 1 から距離情報 a 2 を推定する方式の第 3 例（画面一括方式）を示す図である。

第 3 例においては、距離取得部 1 2 2 は、第 1 例や第 2 例のような、撮影画像 a 1 からの局所領域（画像パッチ a 1 1）の抽出は行わず、撮影画像 a 1 の全領域について、撮影画像 a 1 の情報（勾配データ a 1（a 1 - R, a 1 - G, a 1 - B））を統計モデル 1 2 2 A に入力する。

【 0 0 4 6 】

局所領域ごとに距離（距離情報 a 2）が推定される第 1 例や第 2 例と比較して、統計モデル 1 2 2 A による推定の不確実性が高まる可能性はあるが、撮影画像 a 1 からの局所領域の抽出を行わない当該第 3 例においては、距離取得部 1 2 2 の負荷を軽減することができる。

10

【 0 0 4 7 】

図 1 4 は、本実施形態の画像処理装置 1 が備える統計モデル 1 2 2 A の学習方法の一例を示す図である。

図 9 を参照して説明した第 1 例、図 1 1 を参照して説明した第 2 例、図 1 3 を参照して説明した第 3 例のいずれの方式が適用される場合においても、統計モデル 1 2 2 A の学習方法は、基本的に、撮影画像 a 1 の情報を統計モデル 1 2 2 A に入力し、統計モデル 1 2 2 A によって推定された距離情報 a 2 と正解値 c 1 との誤差を統計モデル 1 2 2 A にフィードバックするというものである。フィードバックとは、誤差が減少するように統計モデル 1 2 2 A のパラメータを更新することである。

【 0 0 4 8 】

20

図 9 を参照して説明した第 1 例の方式が適用される場合、統計モデル 1 2 2 A の学習時においても、局所領域（画像パッチ a 1 1）ごとに、撮影画像 a 1 の情報（勾配データ a 1）が統計モデル 1 2 2 A に入力され、統計モデル 1 2 2 A によって推定された各局所領域内の各画素の距離情報 a 2 と正解値 c 1 とが比較される。また、図 1 1 を参照して説明した第 2 例の方式が適用される場合には、撮影画像 a 1 の情報として、さらに、各局所領域の撮影画像 a 1 上における位置情報 a 1 2 が統計モデル 1 2 2 A に入力される。図 1 3 を参照して説明した第 3 例の方式が適用される場合は、撮影画像 a 1 の情報（勾配データ a 1）が全領域分一括して統計モデル 1 2 2 A に入力され、統計モデル 1 2 2 A によって推定された各画素の距離情報 a 2 と正解値 c 1 とが比較される。

【 0 0 4 9 】

30

図 1 5 は、ぼけと距離との関係を示す。図 1 5 では、被写体がピント位置よりも手前にある場合に発生するぼけのサイズを X 軸上においてマイナスの値で示し、被写体がピント位置よりも奥にある場合に発生するぼけのサイズを X 軸上においてプラスの値で示している。つまり、ぼけの色（形状）を正負で示している。被写体がピント位置よりも手前にある場合または被写体がピント位置よりも奥にある場合のいずれの場合においても、被写体がピント位置から離れる程、ぼけのサイズ（ピクセル）の絶対値は大きくなる。図 1 5 の例では、ピント位置が約 1 5 0 0 mm であることを想定している。例えば、約 - 4 . 8 ピクセルのぼけは、約 1 0 0 0 mm の距離に対応し、0 ピクセルのぼけは、1 5 0 0 mm の距離に対応し、約 4 . 8 ピクセルのぼけは、約 2 7 5 0 mm の距離に対応する。

【 0 0 5 0 】

40

統計モデル 1 2 2 A の学習時に、撮影画像 a 1 の情報を統計モデル 1 2 2 A に入力する場合、その撮影画像 a 1 を撮影した際の被写体までの距離に対応する、色（形状）を正負で示すぼけのサイズが正解値 c 1 として用いられる。換言すると、統計モデル 1 2 2 A は、距離情報 a 2 として、ぼけのサイズを出力する。図 1 5 の線分 d 1 で示されるように距離とぼけのサイズとは相関があるので、距離を推定することと、ぼけのサイズを推定することとは同義である。しかしながら、撮影画像 a 1 と、この撮影画像 a 1 に含まれるぼけとは線形の関係にあるので、統計モデル 1 2 2 A に直接的に距離を推定させる場合と比較して、統計モデル 1 2 2 A にぼけのサイズを推定させる場合の方が、統計モデル 1 2 2 A による推定の精度を高めることができる。統計モデル 1 2 2 A は、例えば、n 画素（X 軸方向）× m 画素（Y 軸方向）の局所領域ごとに撮影画像 a 1 の情報が入力される場合、そ

50

の局所領域の各画素について推定したぼけのサイズを n 行 \times m 列に配列した距離情報 a_2 を出力する。

【0051】

正解値 c_1 は、入力した撮影画像 a_1 の情報から統計モデル 122A によって推定された距離情報 a_2 と比較される。例えば、本実施形態の画像処理装置 1 において取得可能な距離の下限値（手前）から上限値（奥）まで極力細かい粒度で被写体を各距離で撮影した撮影画像 a_1 を用意し、これらの情報を統計モデル 122A に入力するとともに、それらを撮影した時の被写体までの距離に対応するぼけのサイズを正解値 c_1 として用いる。統計モデル 122A の学習のための撮影画像 a_1 は、被写体が異なる様々な撮影画像 a_1 が用意されることが好ましい。

10

【0052】

図 16 は、本実施形態の画像処理装置 1 が備える統計モデル 122A の学習の流れを示すフローチャートである。

まず、撮影画像 a_1 の情報、より詳しくは、ぼけの形状が左側または右側に偏る R 画像および B 画像の勾配データ（ $a_1 - R$, $a_1 - B$ ）を少なくとも含む 2 種類以上の勾配データ a_1 を統計モデル 122A へ入力する（ステップ A1）。撮影画像 a_1 の情報を、撮影画像 a_1 から抽出した局所領域（画像パッチ a_{11} ）ごとに入力する場合、当該局所領域の撮影画像 a_1 上における位置情報 a_{12} をさらに統計モデル 122A へ入力してもよい。

【0053】

統計モデル 122A に対して撮影画像 a_1 の情報を入力すると、統計モデル 122A によって、被写体までの距離（距離情報 a_2 ）が推定される（ステップ A2）。統計モデル 122A によって推定された距離（距離情報 a_2 ）は、正解値 c_1 と比較され（ステップ A3）、その誤差が、統計モデル 122A へフィードバックされる（ステップ A4）。より詳しくは、誤差が減少するように統計モデル 122A のパラメータが更新される。

20

【0054】

図 17 は、本実施形態の画像処理装置 1 における統計モデル 122A による撮影画像 a_1 からの距離情報 a_2 の取得の流れを示すフローチャートである。

画像処理装置 1 は、互いに異なる波長帯域の光を透過する 2 以上のフィルタ領域（第 1 フィルタ領域 211、第 2 フィルタ領域 212）を含むフィルタ 21 を開口部に備えたカメラ（撮像部 11）で画像（撮影画像 a_1 ）を撮影する（ステップ B1）。

30

【0055】

画像処理装置 1 は、撮影画像 a_1 の情報、より詳しくは、ぼけの形状が左側または右側に偏る R 画像および B 画像の勾配データ（ $a_1 - R$, $a_1 - B$ ）を少なくとも含む 2 種類以上の勾配データ a_1 を統計モデル 122A へ入力する（ステップ B2）。

【0056】

統計モデル 122A に対して撮影画像 a_1 の情報を入力すると、統計モデル 122A によって、被写体までの距離（距離情報 a_2 ）が推定される（ステップ B3）。画像処理装置 1 は、統計モデル 122A によって推定された距離（距離情報 a_2 ）を、例えば、撮影画像 a_1 と位置的に対応づけて配置したマップ形式で出力する（ステップ B4）。

40

【0057】

このように、本実施形態の画像処理装置 1 は、撮像部 11 が、距離に関する物理的な手がかりであるぼけ情報 b_1 を含む撮影画像 a_1 を生成し、画像処理部 12 が、この撮影画像 a_1 の情報を基に、統計モデル 122A によって距離（距離情報 a_2 ）を推定する。撮像部 11 によって生成される撮影画像 a_1 中のぼけ情報 b_1 は、被写体までの物理的な距離（距離情報 a_2 ）と相関があるため、例えば錯視に騙されるようなことのない、ロバストな距離検出が可能となる。また、統計情報に基づき、距離（距離情報 a_2 ）を推定することで、ぼけ情報をモデル化して距離を算出する場合のような、画像に含まれるぼけ情報がモデルから外れると、算出される距離の誤差が大きくなる可能性があるといった懸念材料を生じさせることがない。

50

【 0 0 5 8 】

次に、本実施形態の画像処理装置 1 の一変形例について説明する。図 1 8 は、当該一変形例の概要を説明するための図である。

図 1 8 に示すように、この変形例では、統計モデル 1 2 2 A が、撮影画像 a 1 の情報から距離情報 a 2 を推定する際、その推定の不確実性の度合いを画素ごとに算出して、その値を不確実性情報 a 3 として距離情報 a 2 とともに出力する。統計モデル 1 2 2 A による推定の不確実性の度合いの算出方法は、特定の方法に限定されず、既知の様々な方法を適用することができる。

【 0 0 5 9 】

距離取得部 1 2 2 は、統計モデル 1 2 2 A から出力される不確実性情報 a 3 を調べ、その値が閾値以上であった場合、例えば、距離情報 a 2 を破棄したり、不確実性情報 a 3 の値が閾値未満であった、撮影画像 a 1 上での周辺の距離情報 a 2 を使って、その値が閾値以上の当該距離情報 a 2 を補正したり、といった処置を施し、これらの処置が施された距離情報 a 2 を出力部 1 2 3 へ転送する。補正は、例えば、周辺の距離情報 a 2 の平均値を補正值としてもよいし、多数決で補正值を決定してもよい。破棄する場合は、例えば、その画素に対応する位置に無効を示す値を配置する。

【 0 0 6 0 】

このように、この変形例では、さらに、推定の不確実性の度合いの高い距離情報 a 2 がそのまま使われてしまうことなどを防止することができる。

図 1 9 は、この変形例における統計モデル 1 2 2 A の学習方法の一例を示す図である。

図 1 9 に示すように、統計モデル 1 2 2 A が不確実性情報 a 3 を出力する本変形例においても、基本的には、撮影画像 a 1 の情報を統計モデル 1 2 2 A に入力し、統計モデル 1 2 2 A によって推定された距離情報 a 2 と正解値 c 1 との誤差を統計モデル 1 2 2 A にフィードバックする。不確実性を学習する際には、距離情報と正解値との誤差を不確実性の二乗で割り算した誤差を用いることで学習時の偏りを減少させることができる。ただしそのままでは不確実性を無限大とすることで誤差をゼロにできてしまうため、不確実性の二乗をペナルティとして誤差に加算する。つまり、推定された距離情報 a 2 と正解値 c 1 との誤差を不確実性で補正した値が減少するように統計モデル 1 2 2 A のパラメータを更新する。さらに、この変形例では、不確実性情報 a 3 を用いて、学習の偏りをなくすることができる。例えば、推定された距離情報 a 2 と正解値 c 1 との誤差が無い一方で、不確実性情報 a 3 で示される推定の不確実性の度合いが高い場合、その距離情報 a 2 は偶然に推定された可能性があり、その距離の学習が不足していることを認識することができる。

【 0 0 6 1 】

図 2 0 は、この変形例における統計モデル 1 2 2 A による撮影画像 a 1 からの距離情報 a 2 の取得の流れを示すフローチャートである。

先に説明した図 1 6 のフローチャートとの違いを説明すると、まず、ステップ B 3 において、統計モデル 1 2 2 A によって、推定された距離（距離情報 a 2）の不確実性情報 a 3 が出力される。

【 0 0 6 2 】

また、このステップ B 3 とステップ B 4 との間において、ステップ B 1 1 とステップ B 1 2 とが実行される。即ち、画像処理装置 1 は、推定された距離の中に不確実性が閾値以上のものが存在するか否かを調べる（ステップ B 1 1）。存在する場合（ステップ B 1 1：YES）、画像処理装置 1 は、例えば、撮影画像 a 1 上の周辺の不確実性が閾値未満の距離を使って、当該不確実性が閾値以上の距離を補正する（ステップ B 1 2）。なお、画像処理装置 1 は、当該不確実性が閾値以上の距離を破棄してもよい。

【 0 0 6 3 】

このように、統計モデル 1 2 2 A が不確実性情報 a 3 を出力することで、学習時には、学習の偏りをなくすることができ、実働時には、誤って推定された距離がそのまま使用されることなどを防止することができる。

（応用例）

10

20

30

40

50

以下、前述のような構成を有する測距装置 1 が適用される応用例についていくつか説明する。

【 0 0 6 4 】

図 2 1 は、測距装置 1 を含む移動体 9 の機能構成例を示す。移動体 9 は、例えば、自動運転機能を有する自動車、無人航空機、自律型の移動ロボット等として実現され得る。無人航空機は、人が乗ることができない飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船であって、遠隔操作または自動操縦により飛行させることができるものであり、例えば、ドローン（マルチコプター）、ラジコン機、農薬散布用ヘリコプター等を含む。自律型の移動ロボットは、無人搬送車（Automated Guided Vehicle：AGV）のような移動ロボット、床を掃除するための掃除ロボット、来場者に各種案内を行うコミュニケーションロボット等を含む。移動体 9 にはさらに、ロボット本体が移動するものだけでなく、ロボットアームのような、ロボットの一部分の移動・回転用の駆動機構を有する産業用ロボットも含まれ得る。

10

【 0 0 6 5 】

図 2 1 に示すように、移動体 9 は、例えば、測距装置 1 と制御信号生成部 1 4 と駆動機構 1 5 とを有する。測距装置 1 の内、少なくとも撮像部 1 1 は、例えば、移動体 9 またはその一部分の進行方向の被写体を撮像するように設置される。

図 2 2 に示すように、移動体 9 が自動車 9 A である場合、撮像部 1 1 は、前方を撮像するいわゆるフロントカメラとして設置され得るほか、バック時に後方を撮像するいわゆるリアカメラとしても設置され得る。もちろん、これら両方が設置されてもよい。また、撮像部 1 1 は、いわゆるドライブレコーダーとしての機能を兼ねて設置されるものであってもよい。すなわち、撮像部 1 1 は録画機器であってもよい。

20

【 0 0 6 6 】

次いで、図 2 3 は、移動体 9 がドローン 9 B である場合の例を示す。ドローン 9 B は、駆動機構 1 5 に相当するドローン本体 9 1 と四つのプロペラ部 9 2 1, 9 2 2, 9 2 3, 9 2 4 とを備える。各プロペラ部 9 2 1, 9 2 2, 9 2 3, 9 2 4 はプロペラとモータとを有する。モータの駆動がプロペラに伝達されることによって、プロペラが回転し、その回転による揚力によってドローン 9 B が浮上する。ドローン本体 9 1 の、例えば下部には、撮像部 1 1（あるいは、撮像部 1 1 を含む測距装置 1）が搭載されている。

【 0 0 6 7 】

また、図 2 4 は、移動体 9 が自律型の移動ロボット 9 C である場合の例を示す。移動ロボット 9 C の下部には、駆動機構 1 5 に相当する、モータや車輪等を含む動力部 9 5 が設けられている。動力部 9 5 は、モータの回転数や車輪の向きを制御する。移動ロボット 9 C は、モータの駆動が伝達されることによって、路面または床面に接地する車輪が回転し、当該車輪の向きが制御されることにより任意の方向に移動することができる。撮像部 1 1 は、例えば、人型の移動ロボット 9 C の頭部に、前方を撮像するように設置され得る。なお、撮像部 1 1 は、後方や左右を撮像するように設置されてもよいし、複数の方位を撮像するように複数設置されてもよい。また、センサ等を搭載するためのスペースが少ない小型ロボットに少なくとも撮像部 1 1 を設けて、自己位置、姿勢および被写体の位置を推定することにより、デッドレコニングを行うこともできる。

30

40

【 0 0 6 8 】

なお、移動体 9 の一部分の移動および回転を制御する場合、図 2 5 に示すように、撮像部 1 1 は、例えば、ロボットアーム 9 D で把持される物体を撮像するように、ロボットアームの先端等に設置されてもよい。画像処理部 1 2 は、把持しようとする物体までの距離を推定する。これにより、物体の正確な把持動作を行うことができる。

【 0 0 6 9 】

制御信号生成部 1 4 は、測距装置 1 から出力される被写体までの距離に基づいて、駆動機構 1 5 を制御するための制御信号を出力する。駆動機構 1 5 は、制御信号により、移動体 9 または移動体の一部分を駆動する。駆動機構 1 5 は、例えば、移動体 9 またはその一部分の移動、回転、加速、減速、推力（揚力）の加減、進行方向の転換、通常運転モード

50

と自動運転モード（衝突回避モード）の切り替え、およびエアバック等の安全装置の作動の内の少なくとも一つを行う。駆動機構 15 は、例えば、被写体までの距離がしきい値未満である場合、移動、回転、加速、推力（揚力）の加減、物体に近寄る方向への方向転換、および自動運転モード（衝突回避モード）から通常運転モードへの切り替えの内の少なくとも一つを行ってもよい。

【0070】

自動車 9 A の駆動機構 15 は、例えばタイヤである。ドローン 9 B の駆動機構 15 は、例えばプロペラである。移動ロボット 9 C の駆動機構 15 は、例えば脚部である。ロボットアーム 9 D の駆動機構 15 は、例えば撮像部 11 が設けられた先端を支持する支持部である。

10

【0071】

移動体 9 は、さらに画像処理部 12 からの被写体までの距離に関する情報が入力されるスピーカやディスプレイを備えていてもよい。スピーカやディスプレイは、被写体までの距離に関する音声または画像を出力する。スピーカやディスプレイは、測距装置 1 と有線または無線で接続されている。さらに、移動体 9 は、画像処理部 12 からの被写体までの距離に関する情報が入力される発光部を有していてもよい。発光部は、例えば、画像処理部 12 からの被写体までの距離に応じて点灯したり消灯したりする。

【0072】

また、例えば、移動体 9 がドローンである場合、上空から、地図（物体の三次元形状）の作成、ビルや地形の構造調査、ひび割れや電線破断等の点検等が行われる際に、撮像部 11 は対象を撮影した画像を取得し、被写体までの距離が閾値以上であるか否かを判定する。制御信号生成部 14 は、この判定結果に基づいて、点検対象との距離が一定になるようにドローンの推力を制御するための制御信号を生成する。ここで、推力には揚力も含まれる。駆動機構 15 が、この制御信号に基づいてドローンを動作させることにより、ドローンを点検対象に並行して飛行させることができる。移動体 9 が監視用のドローンである場合、監視対象の物体との距離を一定に保つようにドローンの推力を制御するための制御信号を生成してもよい。

20

【0073】

また、ドローンの飛行時に、撮像部 11 は地面方向を撮影した画像を取得し、地面との距離が閾値以上であるか否かを判定する。制御信号生成部 14 は、この判定結果に基づいて、地面からの高さが指定された高さになるようにドローンの推力を制御するための制御信号を生成する。駆動機構 15 が、この制御信号に基づいてドローンを動作させることにより、ドローンを指定された高さで飛行させることができる。農薬散布用ドローンであれば、ドローンの地面からの高さを一定に保つことで、農薬を均等に散布しやすくなる。

30

【0074】

また、移動体 9 がドローンまたは自動車である場合、ドローンの連携飛行や自動車の連隊走行時に、撮像部 11 は、周囲のドローンや前方の自動車を撮影した画像を取得し、そのドローンや自動車までの距離が閾値以上であるか否かを判定する。制御信号生成部 14 は、この判定結果に基づいて、その周囲のドローンや前方の自動車との距離が一定になるように、ドローンの推力や自動車の速度を制御するための制御信号を生成する。駆動機構 15 が、この制御信号に基づいてドローンや自動車を動作させることにより、ドローンの連携飛行や自動車の連隊走行を容易に行うことができる。移動体 9 が自動車である場合、ドライバーが閾値を設定できるように、ユーザインタフェースを介してドライバーの指示を受理することで、閾値を変化させてもよい。これにより、ドライバーが好む車間距離で自動車を走行させられる。あるいは、前方の自動車との安全な車間距離を保つために、自動車の速度に応じて閾値を変化させてもよい。安全な車間距離は、自動車の速度によって異なる。そこで、自動車の速度が速いほど閾値を長く設定することができる。また、移動体 9 が自動車である場合に、進行方向の所定の距離を閾値に設定しておき、その閾値の手前に物体が現れた場合にブレーキが自動で作動したり、エアバック等の安全装置が自動で作動したりする制御信号生成部 14 を構成するとよい。この場合、自動ブレーキやエアバ

40

50

ック等の安全装置が駆動機構 15 に設けられる。

【0075】

以上説明したように、本実施形態によれば、一つのカメラで一度に撮像された画像からのロバストな距離検出が可能であるため、例えば、自動車、ドローン、ロボット等の各種の移動体 9 の動作を容易に制御することができる。

また、本実施形態に記載された様々な機能の各々は、回路（処理回路）によって実現されてもよい。処理回路の例には、中央処理装置（CPU）のような、プログラムされたプロセッサが含まれる。このプロセッサは、メモリに格納されたコンピュータプログラム（命令群）を実行することによって、記載された機能それぞれを実行する。このプロセッサは、電気回路を含むマイクロプロセッサであってもよい。処理回路の例には、デジタル信号プロセッサ（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）、マイクロコントローラ、コントローラ、他の電気回路部品も含まれる。本実施形態に記載されたCPU以外の他のコンポーネントの各々もまた処理回路によって実現されてもよい。

10

【0076】

また、本実施形態の各種処理はコンピュータプログラムによって実現することができるので、このコンピュータプログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体を通じてこのコンピュータプログラムをコンピュータにインストールして実行するだけで、本実施形態と同様の効果を容易に実現することができる。

【0077】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

20

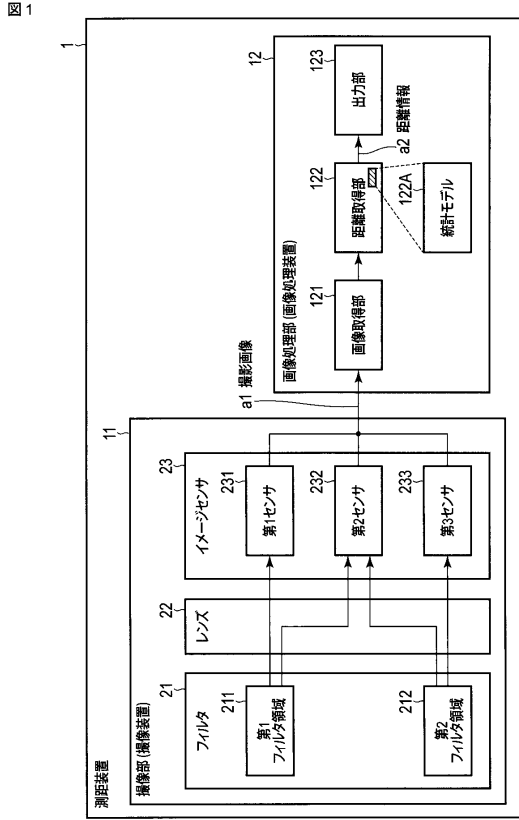
【符号の説明】

【0078】

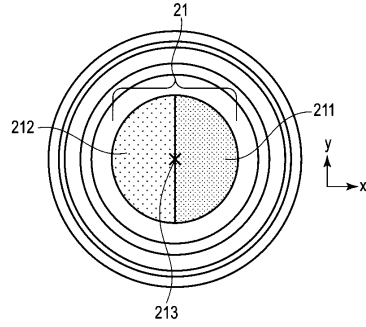
1 ... 画像処理装置、11 ... 撮像部、12 ... 画像処理部、21 ... フィルタ、22 ... レンズ、23 ... イメージセンサ、121 ... 画像取得部、122 ... 距離取得部、122A ... 統計モデル、123 ... 出力部、211 ... 第1フィルタ領域、212 ... 第1フィルタ領域、231 ... 第1センサ、232 ... 第2センサ、233 ... 第3センサ。

30

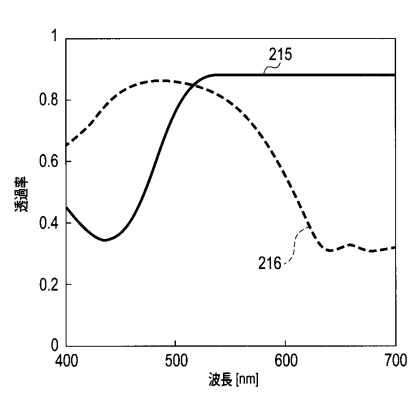
【図1】



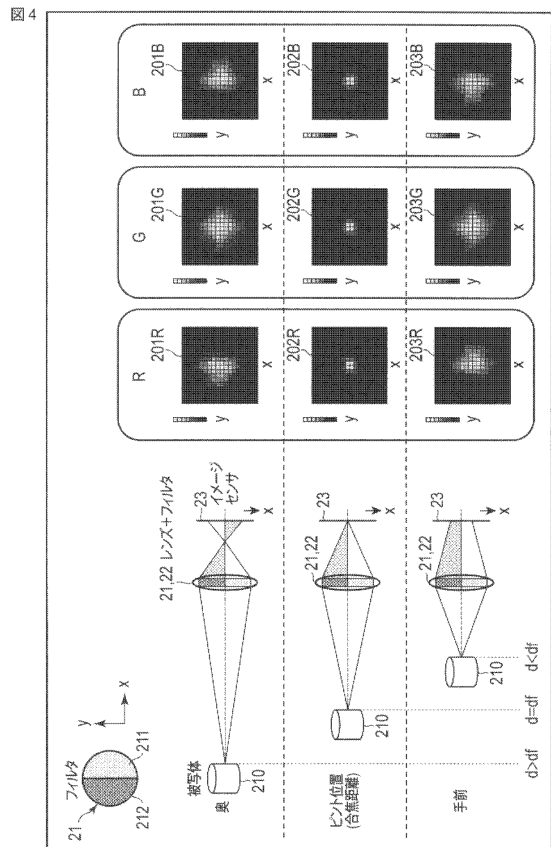
【図2】



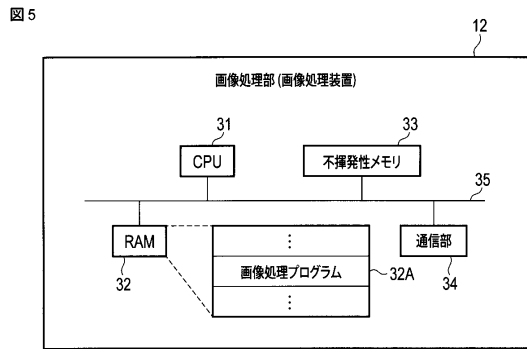
【図3】



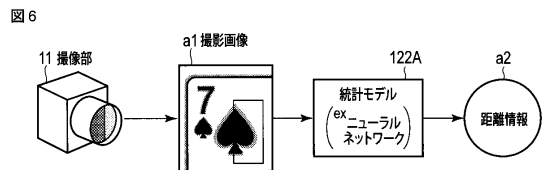
【図4】



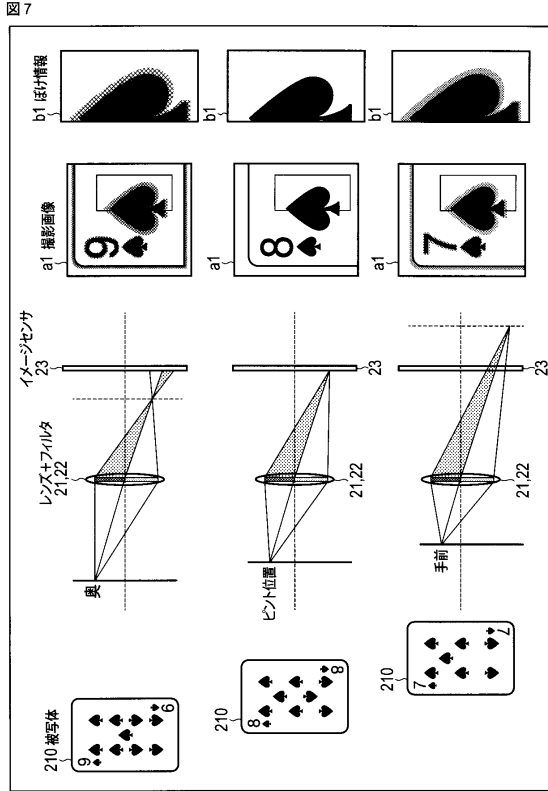
【図5】



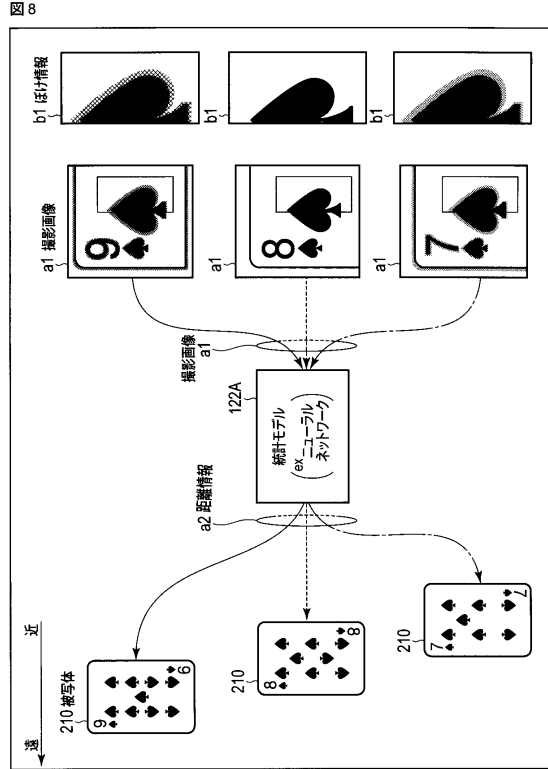
【図6】



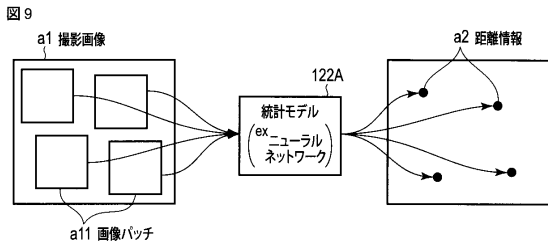
【 図 7 】



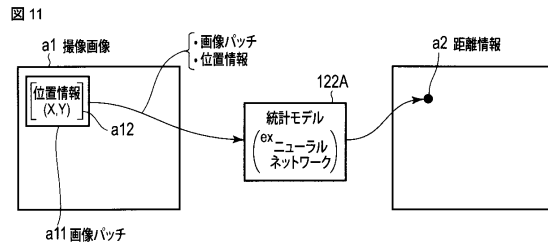
【 図 8 】



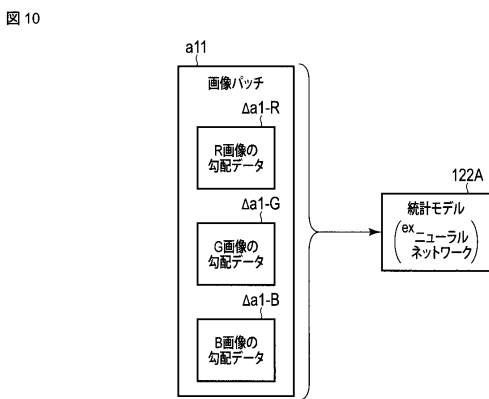
【 図 9 】



【 図 11 】

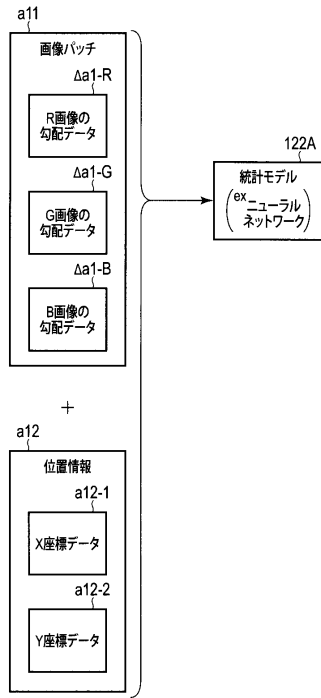


【 図 10 】



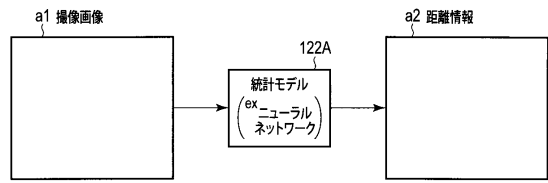
【 図 1 2 】

図 12



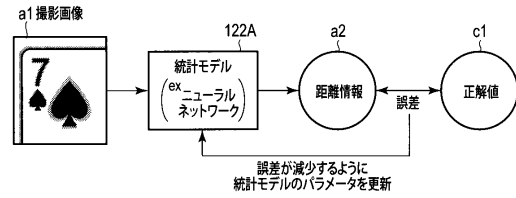
【 図 1 3 】

図 13



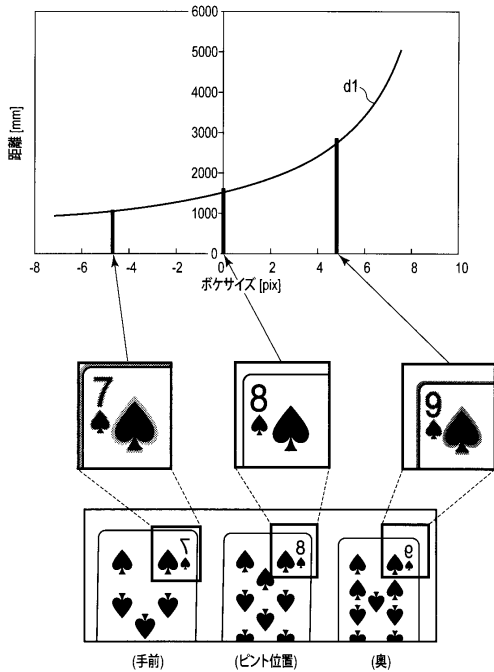
【 図 1 4 】

図 14



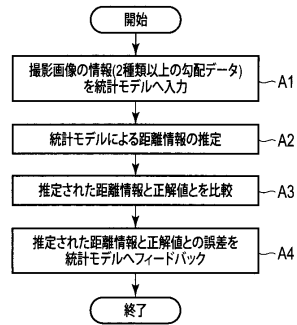
【 図 1 5 】

図 15



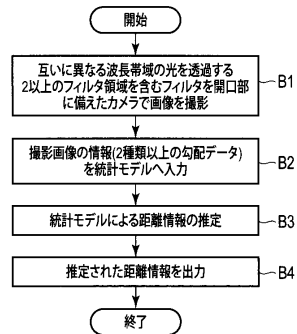
【 図 1 6 】

図 16



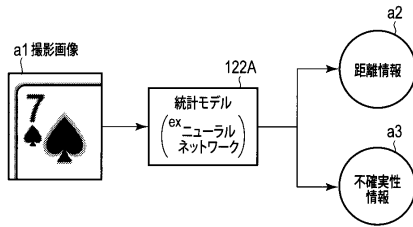
【 図 1 7 】

図 17



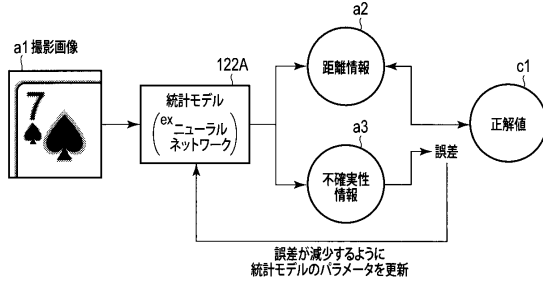
【図18】

図18



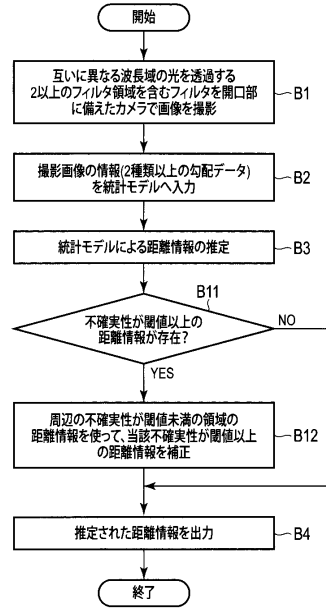
【図19】

図19



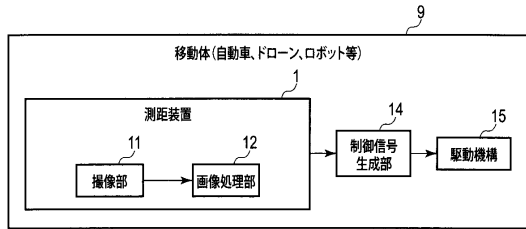
【図20】

図20



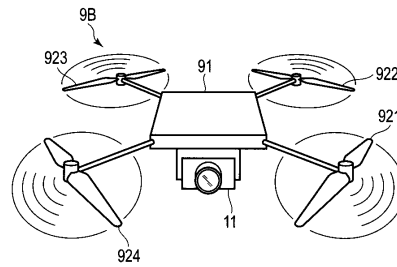
【図21】

図21



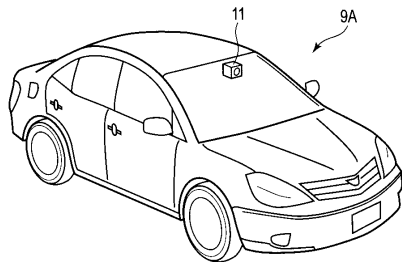
【図23】

図23



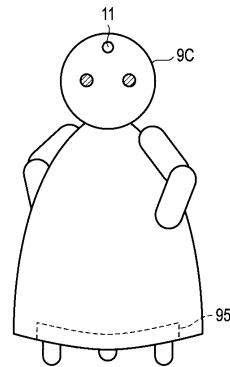
【図22】

図22



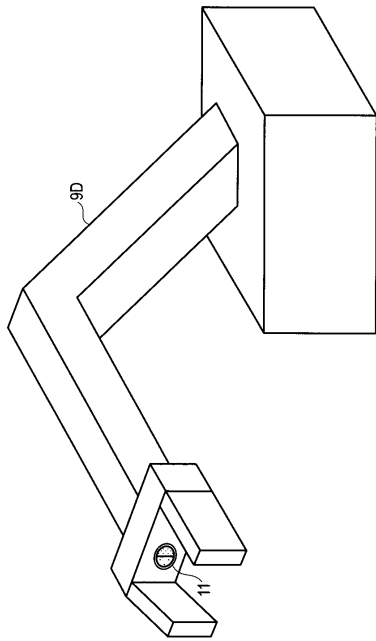
【図24】

図24



【 25 】

25



フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2019/073814(WO, A1)
特開2016-102733(JP, A)
米国特許出願公開第2017/0094153(US, A1)
特開2011-081365(JP, A)
特開2009-069831(JP, A)
米国特許出願公開第2011/0205423(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C	3/06
G06T	7/00
G06T	7/571