

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2024-110363

(P2024-110363A)

(43)公開日 令和6年8月15日(2024.8.15)

(51)国際特許分類		F I		テーマコード(参考)	
H 0 4 N	23/60 (2023.01)	H 0 4 N	23/60	5 0 0	2 H 0 1 1
G 0 3 B	15/00 (2021.01)	G 0 3 B	15/00	G	2 H 1 5 1
G 0 3 B	13/36 (2021.01)	G 0 3 B	13/36		5 B 0 5 7
G 0 2 B	7/28 (2021.01)	G 0 2 B	7/28	N	5 C 1 2 2
G 0 2 B	7/34 (2021.01)	G 0 2 B	7/34		
		審査請求	未請求	請求項の数	16 O L (全16頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2023-14919(P2023-14919)
 (22)出願日 令和5年2月2日(2023.2.2)

(71)出願人 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 100110412
 弁理士 藤元 亮輔
 (74)代理人 100104628
 弁理士 水本 敦也
 (74)代理人 100121614
 弁理士 平山 倫也
 (72)発明者 眞下 泰輝
 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
 Fターム(参考) 2H011 BA23 BA24 BA25 BB04
 2H151 BA06 BA14 BA15 BA17
 BA47 BA52 CB02 CB06
 最終頁に続く

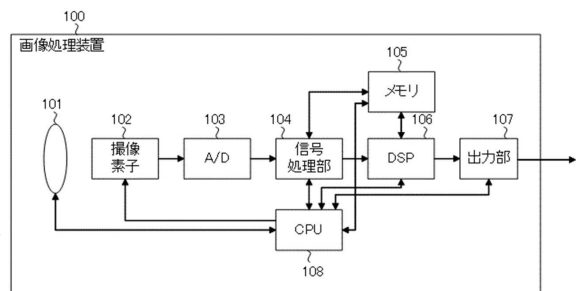
(54)【発明の名称】 画像処理装置、撮像装置、画像処理方法、およびプログラム

(57)【要約】

【課題】高い解像力でぼけ味を適切に表現可能な画像処理装置を提供する。

【解決手段】画像処理装置(100)は、合焦位置に対する距離情報を取得する取得手段(108)と、距離情報と光学系(101)の光学情報とに基づいて決定される収差フィルタを用いて、撮像素子(102)からの画像データに対してフィルタ処理を行うフィルタ処理手段(106)とを有し、収差フィルタは、合焦位置よりも至近側のデフォーカスにより像面上に形成される第1ぼけ像(204)の特性と、合焦位置よりも無限遠側のデフォーカスにより像面上に形成される第2ぼけ像(205)の特性とを互いに近づけるように調整を行うパラメータを有する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

合焦位置に対する距離情報を取得する取得手段と、

前記距離情報と光学系の光学情報とに基づいて決定される収差フィルタを用いて、撮像素子からの画像データに対してフィルタ処理を行うフィルタ処理手段と、を有し、

前記収差フィルタは、前記合焦位置よりも至近側のデフォーカスにより像面上に形成される第 1 ぼけ像の特性と、前記合焦位置よりも無限遠側のデフォーカスにより像面上に形成される第 2 ぼけ像の特性とを互いに近づけるように調整を行うパラメータを有することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記光学情報は、絞り口径、ズーム、またはフォーカスの少なくとも一つに関する情報を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記光学情報は、像面上での収差状態に関する情報を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記パラメータは、前記第 1 ぼけ像の空間周波数特性と前記第 2 ぼけ像の空間周波数特性とが互いに近づくように先鋭化処理またはぼかし処理を行うパラメータであることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記パラメータは、前記第 1 ぼけ像の光学伝達関数と前記第 2 ぼけ像の光学伝達関数の逆関数との合成関数に基づくパラメータであることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記パラメータは、前記デフォーカスの程度が互いに等しい前記第 1 ぼけ像と前記第 2 ぼけ像とのぼけサイズまたはぼけ形状が互いに近づくように処理を行うパラメータであることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記取得手段は、前記距離情報と前記光学情報とに基づいて収差特性を取得し、

前記パラメータは、前記収差特性に基づくパラメータであることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記取得手段は、前記撮像光学系を有するレンズ装置、前記撮像素子を有する撮像装置、または外部装置から、前記収差特性を取得することを特徴とする請求項 7 に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記距離情報は、前記撮像素子を用いた像面位相差検出方式により検出されたデフォーカス量に関する情報であることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

前記距離情報は、位相差検出センサにより検出されたデフォーカス量に関する情報であることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 11】

前記距離情報は、距離センサにより検出された被写体距離に関する情報であることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 12】

前記フィルタ処理手段は、前記画像データにおいて分割された領域ごとに、前記フィルタ処理を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 13】

前記取得手段は、前記フィルタ処理におけるフィルタカーネルのタップ数を取得し、

前記フィルタ処理手段は、前記タップ数が不足すると判定した場合、前記フィルタ処理

10

20

30

40

50

を行わないことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 乃至 1 3 のいずれか一項に記載の画像処理装置と、撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 1 5】

合焦位置に対する距離情報を取得するステップと、

前記距離情報と光学系の光学情報とに基づいて決定される収差フィルタを用いて、撮像素子からの画像データに対してフィルタ処理を行うステップと、を有し、

前記収差フィルタは、前記合焦位置よりも至近側のデフォーカスにより像面上に形成される第 1 ぼけ像の特性と、前記合焦位置よりも無限遠側のデフォーカスにより像面上に形成される第 2 ぼけ像の特性とを互いに近づけるように調整を行うパラメータを有することを特徴とする画像処理方法。

10

【請求項 1 6】

請求項 1 5 に記載の画像処理方法をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理装置、撮像装置、画像処理方法、およびプログラムに関する。

【背景技術】

20

【0002】

特許文献 1 には、被写体距離に応じてフィルタ処理の回数やフィルタの精度を変えることで、回路規模に対して適切なフィルタを用いて背景ぼけを付与する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 6 5 1 6 4 1 0 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0004】

近年、レンズ装置は、解像力を重視して設計されることが多い。しかし、解像力を重視してレンズ装置を設計すると、前ぼけ像の特性と後ぼけの特性を合わせるが困難である。特性文献 1 では、背景ぼかしについて記載されているが、前ぼけ像の特性と後ぼけ像の特性とを合わせて適切なぼけ味を表現することについては記載されていない。

【0005】

そこで本発明は、高い解像力でぼけ味を適切に表現可能な画像処理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】

【0006】

40

本発明の一側面としての画像処理装置は、合焦位置に対する距離情報を取得する取得手段と、前記距離情報と光学系の光学情報とに基づいて決定される収差フィルタを用いて、撮像素子からの画像データに対してフィルタ処理を行うフィルタ処理手段とを有し、前記収差フィルタは、前記合焦位置よりも至近側のデフォーカスにより像面上に形成される第 1 ぼけ像の特性と、前記合焦位置よりも無限遠側のデフォーカスにより像面上に形成される第 2 ぼけ像の特性とを互いに近づけるように調整を行うパラメータを有する。

【0007】

本発明の他の目的及び特徴は、以下の実施形態において説明される。

【発明の効果】

【0008】

50

本発明によれば、高い解像力でぼけ味を適切に表現可能な画像処理装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】第1実施形態における画像処理装置のブロック図である。

【図2】第1実施形態における球面収差とぼけ像との関係の説明図である。

【図3】第1実施形態におけるデフォーカスとぼけとの関係の説明図である。

【図4】第1実施形態における収差付与フィルタを施したときのあるデフォーカス位置でのMTFの変化を示す説明図である。

【図5】第1実施形態における収差付与フィルタを施したときのある周波数でのMTFの変化を示す説明図である。 10

【図6】第1実施形態におけるフィルタ処理のフローチャートである。

【図7】第1実施形態における判定処理のフローチャートである。

【図8】第2実施形態における画像処理装置のブロック図である。

【図9】第3実施形態における画像処理装置のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0011】

<第1実施形態>

まず、図1を参照して、本発明の第1実施形態における画像処理装置100について説明する。図1は、画像処理装置100のブロック図である。画像処理装置100は、撮像レンズ101、撮像素子102、A/D変換器103、信号処理部104、メモリ(記憶部)105、DSP(Digital Signal Processor)106、出力部107、およびCPU(取得手段)108を有する。本実施形態において、DSP106は、後述のように、距離情報と撮像レンズ101の光学情報とに基づいて決定される収差フィルタを用いて、画像データに対してフィルタ処理を行うフィルタ処理手段である。

20

【0012】

撮像レンズ101は、ズームレンズ、フォーカスレンズ、シフトレンズ、または開口絞り等を含むレンズ群で構成された光学系(撮像光学系)である。撮像素子102は、撮像レンズ101により形成された光学像(被写体像)を電気信号(アナログ信号)に変換するCCDセンサまたはCMOSセンサ等の光電変換素子であり、二次元状に配列された複数の画素(画素アレイ)を有する。また撮像素子102は、各画素に2つの光電変換部を有し、各光電変換部から位相差検出用の電気信号を読み出すことができる。A/D変換器103は、撮像素子102から出力されたアナログ信号をデジタル信号に変換する。

30

【0013】

信号処理部104は、A/D変換器103から出力されたデータ(デジタル信号)に対し、所定の画素補間や縮小等を行うリサイズ処理、および色変換処理等の信号処理を行う。A/D変換器103から出力されたデータは、信号処理部104を介してメモリ105 40に直接書き込まれる。DSP106は、信号処理部104から出力されたデータ、または信号処理部104からメモリ105を介して取得したデータに対して、各種の画像処理を行う。またDSP106は、画像処理が行われたデータ(画像データ)をメモリ105に記憶し、または出力部107へ出力する。

【0014】

メモリ105は、DSP106により処理された画像データまたは各種のデータを格納する。メモリ105は、各種のデータを記憶するために十分な記憶容量を有する。またメモリ105は、不揮発性メモリを含む。不揮発性メモリは、電氣的に消去・記録可能なメモリであり、例えばEEPROM等である。不揮発性メモリには、DSP106またはCPU108の動作用の定数およびプログラム等が記憶される。プログラムとしては、例え 50

ば、画像処理装置 100 の各部の動作をコンピュータである CPU 108 に実行させるためのプログラム等が含まれる。出力部 107 は、DSP 106 により処理された画像データを外部装置に出力する。

【0015】

CPU 108 は、画像処理装置 100 の各部を制御する。CPU 108 は、メモリ 105 に記憶されたプログラムに基づいて、後述の各処理を実行する。なおメモリ 105 は、システムメモリを含む。システムメモリとしては RAM が用いられ、CPU 108 の動作の定数、変数、および不揮発性メモリから読み出したプログラム等が RAM に展開される。

【0016】

(球面収差とぼけ像の関係)

次に、図 2 を参照して、球面収差とぼけ像との関係について説明する。図 2 は、球面収差とぼけ像との関係の説明図であり、撮像レンズ 101 の上半分を通過した光線が撮像面上に結像する様子を示す。

【0017】

図 2 において、200 は撮像レンズ 101 の球面収差である。像高が高くなる(光軸に対して垂直方向に離れる)につれて球面収差 200 に応じて光線の焦点がずれていくことで、ぼけが発生する。撮像面がレンズの焦点位置 201 に位置する場合ぼけが最小となり、一般的には許容錯乱円に収まるように撮像レンズ 101 を設計することで合焦する。撮像面が焦点位置 201 に対して前後にずれた位置(位置 202、203 である場合、光線の結像位置がずれ像高方向に広がり、ぼけた像(前ぼけ像(第 1 ぼけ像) 204、後ぼけ像(第 2 ぼけ像) 205)となる。

【0018】

このとき、位置 202 と位置 203 では結像する光線の密度が異なるため、前ぼけ像と後ぼけ像では様子(収差特性等の光学特性)が異なった像となる。より具体的には、後ぼけ 205 では、結像する光線の幅が段々と変化しており、グラデーションをもったぼけ像になることがわかる。一方、前ぼけ 204 では、光線 206 と光線 207 とが重なっており、周辺部の輪郭が際立ったぼけ像(二線ボケ)になることがわかる。

【0019】

ここで、撮像レンズ 101 の合焦位置に対する前ぼけの形状と後ぼけの形状とを光学的に一致させるには、球面収差をゼロにする必要がある。球面収差をゼロとしたとき、球面収差 200 は像高方向に直線状になり、前後のぼけ像の様子が一致する。ただし、一般的には球面収差がゼロのレンズを設計することは技術的に難しく、代わりにレンズが大型化する等の弊害がある。よって、一般的には球面収差 200 は、像高方向に直線とはならず、焦点位置 201 の前側か後側に広がりを持つ特性となる。このとき、前ぼけ像と後ぼけ像とは互いに異なって見える。すなわち、前ぼけ像がソフトになると後ぼけ像はシャープ(二線ぼけ)になり、一方、前ぼけ像がシャープ(二線ぼけ)になると後ぼけ像はソフトになる傾向となる。

【0020】

(デフォーカスとぼけとの関係)

次に、図 3 (a)、(b) を参照して、デフォーカスとぼけとの関係について説明する。図 3 (a)、(b) は、デフォーカスとぼけとの関係の説明図であり、実空間の被写体と撮像面上の像との関係を示す。

【0021】

撮像素子 102 は、撮像面 301 に配置され、被写体から出た光線が撮像レンズ 101 を通り、撮像面 301 に結像する。被写体 302 は、撮像面 301 に合焦している被写体であり、被写体 303 は合焦被写体に対して無限遠側、被写体 304 は至近側に位置する被写体である。被写体の結像位置から撮像面までの距離の大きさを $|$ とするとき、はデフォーカス量として定義される。合焦被写体 302 は、 $= 0$ であり、撮像面上の点 305 に結像する。無限遠側の被写体 303 は、 < 0 (前ピン、後ぼけ)であり、点 3

10

20

30

40

50

05に対して像高方向に c_1 の幅をもって広がり、ぼけて結像する。至近側の被写体304は、 > 0 （後ピン、前ぼけ）であり、点305に対して像高方向に c_2 の幅をもって広がり、ぼけて結像する。

【0022】

無限遠側の被写体303について考えると、レンズの公式（写像公式）より、

$$1/d_s + 1/d_t = 1/f$$

の関係がある。ただし、 f は撮像レンズ101の焦点距離である。また、被写体303からレンズを通過した光線は撮像面側で光軸に交わり、交差して撮像面上に結像する。このとき、レンズより撮像面側の光線がなす2つの三角形は相似の関係にあるため、合焦被写体302に対する被写体距離 d_s 、像距離 d_t 、デフォーカス量 Δ 、撮像レンズ101の絞り口径 D とすると、

$$(d_t - \Delta) : \Delta = D : c_1$$

となる。ここで、像距離 d_t は撮像面301から撮像レンズ101までの距離であり、被写体距離 d_s は被写体302から撮像レンズ101まで距離である。よって、ぼけの広がり c_1 は、撮像レンズ101の撮影距離 L とすると、撮影距離 $L = d_s + d_t$ 、絞り値 $Fno = f/D$ より、

$$c_1 = (\Delta / (d_t - \Delta)) \times (f / Fno), \quad \Delta < 0$$

$$d_t = (L \pm \sqrt{L^2 - 4fL}) / 2$$

と表される。

【0023】

同様に、デフォーカス量 Δ とすると、ぼけの広がり c_2 は、

$$c_2 = (\Delta / (d_t + \Delta)) \times (f / Fno), \quad \Delta > 0$$

と表される。よって、ぼけの広がり幅は、デフォーカス量、焦点距離、撮影距離、絞り値で決まる。収差特性データは、デフォーカス量、焦点距離、撮影距離、絞り値に関する特性を持つことが考えられる。また、合焦位置からの距離（ Δ_1 と Δ_2 ）が近い領域ではぼけを近づけたり、 c_1 と c_2 そのものが近づくようにフィルタを設計したりすることが考えられる。

【0024】

（ぼけとフィルタ処理の関係）

次に、ぼけとフィルタ処理との関係について説明する。実被写体を R 、ぼけによる劣化特性（光学伝達関数）を F 、撮像素子102からの画像データを P とすると、これらの関係は劣化特性 F の畳み込みフィルタで表現され、フーリエ変換を施した周波数領域では積として、

$$P = F(R)$$

で表される。

【0025】

被写体 R は理想的な点光源であるとして、無限遠側の被写体303によるぼけ特性を F_1 、画像データを P_1 、至近側の被写体304によるぼけ特性を F_2 、画像データを P_2 とすると、ぼけによる劣化画像はそれぞれ、

$$P_1 = F_1(R)$$

$$P_2 = F_2(R)$$

となる。前ぼけ像から後ぼけ像へ変換する収差付与フィルタ F_{21} は、

$$\begin{aligned} F_{21} &= P_1(P_2 - 1) = F_1(R)(P_2 - 1) = F_1(F_2 - 1)(P_2)(P_2 - 1) \\ &= F_1(F_2 - 1) \end{aligned}$$

で計算される。同様に、後ぼけ像から前ぼけ像へ変換する収差付与フィルタ F_{12} は、

$$\begin{aligned} F_{12} &= P_2(P_1 - 1) = F_2(R)(P_1 - 1) = F_2(F_1 - 1)(P_1)(P_1 - 1) \\ &= F_2(F_1 - 1) \end{aligned}$$

で計算される。これにより、前ぼけ像と後ぼけ像との相互変換が可能となる。

【 0 0 2 6 】

(M T F とデフォーカスとの関係)

次に、図 4 (a)、(b) および図 5 (a)、(b) を参照して、M T F とデフォーカスとの関係について説明する。図 4 (a)、(b) および図 5 (a)、(b) は、前ぼけ像と後ぼけ像の光学伝達関数 F_1 、 F_2 の M T F 特性を示す。M T F とは、光学伝達関数の振幅特性であり、空間周波数特性を把握するのに使用される表現である。

【 0 0 2 7 】

まず、図 4 (a)、(b) を参照して、収差付与フィルタを施したときの M T F の変化について説明する。図 4 (a)、(b) は、あるデフォーカス量での後ぼけ像の劣化特性 F_1 と前ぼけ像の劣化特性 F_2 の M T F 特性である。図 4 (a)、(b) において、横軸は空間周波数、縦軸は M T F をそれぞれ示す。4 0 1 は後ぼけ像の劣化特性 F_1 の M T F であり、4 0 0 は前ぼけ像の劣化特性 F_2 の M T F である。図 4 (a) の場合、後ぼけ像がシャープで前ぼけ像がソフトである場合の例を示している。よって、M T F 4 0 1 は、M T F 4 0 0 よりも高周波な領域で高い M T F となる。ここで、収差付与フィルタ F_{21} を施すことにより、M T F を図 4 (b) のように一致させ、前後のぼけの様子を合わせることができる。

10

【 0 0 2 8 】

次に、図 5 (a)、(b) を参照して、収差付与フィルタを施した場合の、デフォーカス方向の M T F の変化について説明する。図 5 (a)、(b) は、図 4 (a) 中の周波数 4 0 2 に対応する、後ぼけの劣化特性 F_1 と前ぼけ像の劣化特性 F_2 の M T F 特性である。図 5 (a)、(b) において、横軸はデフォーカス量、縦軸は M T F をそれぞれ示す。

20

【 0 0 2 9 】

点 5 0 0 はデフォーカス量がゼロの合焦位置を表し、デフォーカス量が正の方向は前ぼけ像に対応する M T F であり、負の方向は後ぼけに対応する M T F である。図 5 (a) の場合、図 4 (a) と同様に、後ぼけがシャープで前ぼけ像がソフトである場合の例を示している。よって、負の領域の方が正の領域より高周波な M T F となる。図 4 (a) 中の M T F 4 0 0 に対応するデフォーカス量を 5 0 1、M T F 4 0 1 に対応するデフォーカス量を 5 0 2 とする。

【 0 0 3 0 】

ここで、デフォーカス量に応じて収差付与フィルタ F_{21} を変化させながら施すことにより、M T F を図 5 (b) のように一致させ、前後のぼけの様子を合わせることができる。すなわち、合焦位置に対するずれの程度（例えばデフォーカスの程度）が互いに等しい至近方向の位置におけるぼけ像及び無限遠方向の位置におけるぼけ像とで、ぼけサイズとぼけ形状を一致させることができる。また、このとき前ぼけ像と後ぼけ像とを完全一致させない（ぼけサイズとぼけ形状の少なくとも一方を一致させない）ことも考えられる。一般的な光学補正では、完全一致の補正をしてしまうと画像処理によるアーティファクトが発生したり、ノイズが増幅されてしまったりする弊害がある。したがって、実際には実装後の画質を見て補正を弱めるとということが考えられる。例えば、収差付与フィルタ F_{12} や F_{21} に L P F を施すことにより、エッジ強調によるシュートを抑制したり、図 4 (a) で M T F を完全一致させないように輪郭強調のゲインを弱めたりすることが考えられる。

30

40

【 0 0 3 1 】

また、合焦付近のデフォーカス量がある程度小さく、大きなぼけが発生していない領域では、ぼけ形状が複雑でないため、収差付与フィルタ F_{21} を厳密に計算しなくても、レンズの光学情報やデフォーカス量によって輪郭強調やぼかし処理を変えるだけで、M T F の特性を近づけることができる。

【 0 0 3 2 】

次に、図 6 を参照して、前ぼけ像と後ぼけ像とを近づけるための収差付与を行うフィルタ処理（画像処理方法）を説明する。図 6 は、フィルタ処理のフローチャートである。図 6 のフローチャートに基づくプログラムは、メモリ 1 0 5 の不揮発性メモリに記録されて

50

いる。このプログラムは、RAMに展開されて、CPU108で実行される。

【0033】

まずステップS1000において、CPU108は、撮像素子102から画像データを読み出し、A/D変換器103でデジタル信号に変換した後、信号処理部104にて適切な処理を行い、処理後の画像データをメモリ105に格納する。続いてステップS1001において、CPU108は、撮像素子102から位相差データを読み出し、A/D変換器103でデジタル信号に変換した後、信号処理部104にて適切な処理を行い、処理後の位相差データをメモリ105に格納する。

【0034】

続いてステップS1002において、CPU108は、撮像レンズ101の絞り口径、焦点距離（ズーム）、撮影距離（フォーカス）に関するレンズデータ（光学情報）を取得し、メモリ105に格納する。またCPU108は、撮像レンズ101の収差付与データを取得し、メモリ105に格納する。ここで、収差付与データは、DSP106が実行するフィルタ処理のフィルタカーネルを、絞り口径、焦点距離、撮影距離、および、デフォーカス量のテーブルデータとして構成された収差付与フィルタテーブルである。フィルタカーネルは、例えば、前述の収差付与フィルタF21または収差付与フィルタF12を、絞り口径、焦点距離、撮影距離、およびデフォーカス量に基づいて予め計算した設計データである。

10

【0035】

これは、周波数領域でのデータとして構成してもよいし、収差付与フィルタF21、F21に逆フーリエ変換を施すことにより空間領域のデータとして構成してもよい。DSP106のフィルタ処理が空間フィルタであるか、または周波数フィルタであるかによって適宜選択することが好ましい。空間フィルタとして設計する場合、例えば、収差付与フィルタF21または収差付与フィルタF12を逆フーリエ変換したフィルタカーネルを、 64×64 の2次元データとしてテーブルの各要素に持つ。

20

【0036】

また、収差付与フィルタテーブルは、あるテーブル分割数に基づいて、絞り口径、焦点距離、撮影距離、およびデフォーカス量に対して離散的な間引きデータで構成されてもよい。例えば、絞り口径について、絞り口径は開放から小絞りの範囲を取り得る。この範囲を4分割にして、ある特定の絞り口径に対するフィルタカーネルを分割点として持つ。分割点の間は線形補間等を用いて補間することでフィルタカーネルを演算してもよい。また本実施形態では、収差付与データを撮像レンズ101から取得するが、これに限定されるものではなく、例えば、メモリ105の不揮発性メモリに記憶された収差付与データを取得してもよい。

30

【0037】

続いてステップS1003において、CPU108は、メモリ105からブロックサイズを取得する。ブロックサイズは、DSP106が実行するフィルタ処理をブロック領域毎に変化させるために使用される。続いてステップS1004において、CPU108は、画像データをブロック分割して順次フィルタ処理を行うために、ブロック座標を初期位置に設定する。初期位置は、例えば画像座標系の左上であるが、これに限定されるものではない。

40

【0038】

続いてステップS1005において、CPU108は、ステップS1003にて決定したブロックサイズと現在のブロック座標とに基づいて現在のブロック領域を決定し、メモリ105から現在のブロック領域に対応する位相差データを取得する。またCPU108は、取得した位相差データに対して所定の処理を行うことで、現在のブロック領域における位相差データの代表値を算出する。所定の処理は、例えば、加算平均、加重平均、または中心位置のデータを代表値とする処理であるが、これらに限定されるものではない。またCPU108は、位相差データの代表値にデフォーカス量へと変換するための所定の係数を掛けることで、デフォーカス量を算出する。所定の係数は、ステップS1002にて

50

レンズデータを取得する際に、撮像レンズ 101 から取得してもよく、またはメモリ 105 の不揮発性メモリに記憶しておいてもよい。

【0039】

続いてステップ S1006 において、CPU 108 は、ステップ S1002 にて取得した絞り口径、焦点距離、撮影距離、および、現在のブロック領域に対応するデフォーカス量に基づいて、収差付与フィルタテーブルから付与するフィルタカーネルを決定する。この際、ステップ S1002 にて説明したような、特定の分割点のみのフィルタカーネルを持つことでデータを離散化している収差付与フィルタテーブルである場合、分割点の間を補間することで詳細なフィルタカーネルを算出する。

【0040】

続いてステップ S1007 において、CPU 108 は、DSP 106 を用いて畳み込みフィルタ処理を行う。DSP 106 は、ステップ S1006 にて決定したフィルタカーネルを用いて、現在のブロック領域に対して畳み込みフィルタを掛ける。続いてステップ S1008 において、CPU 108 は、現在のブロック座標と画像データのサイズから計算した終端のブロック座標を比較し、フィルタ処理が全ブロック終了したか否かを判定する。全ブロック終了したと判定された場合、ステップ S1010 へ進む。一方、全ブロック終了していないと判定された場合、ステップ S1009 へ進む。

【0041】

続いてステップ S1009 において、CPU 108 は、現在のブロック座標を 1 ブロック分だけインクリメントする。例えば、画像を左から右、上から下の方向に走査する。画像の水平方向を左から右に走査し、右端に達した場合には一つ下のブロックの左端へ移動し、再度、左から右へ走査する。CPU 108 は、このような走査方法で、ブロック座標をインクリメントし、画像の左上から右下まで順次フィルタ処理を行う。ステップ S1010 において、CPU 108 は、フィルタ処理が終了した画像データを、メモリ 105 の不揮発性メモリに格納する。

【0042】

なお、ステップ S1007 では、フィルタ処理を行うか否かを判定するステップ（判定処理）を含んでもよい。この場合のフローチャートを図 7 に示す。図 7 は、ステップ S1007 を実行するか否かの判定処理を示すフローチャートである。図 7 のフローチャートに基づくプログラムは、メモリ 105 の不揮発性メモリに記録されている。このプログラムは、RAM に展開されて、CPU 108 で実行される。図 7 のフローチャートは、ステップ S1006 の後に実行される。

【0043】

まずステップ S2000 において、CPU 108 は、ステップ S1007 にて実行するフィルタ処理のカーネルサイズを取得する。合焦位置からの距離が離れるにつれて、ぼけ像のサイズが大きくなるため、フィルタ処理を行う際のカーネルサイズも大きくなる。カーネルサイズが大きくなるほど、処理負荷が増大するため、リアルタイムに処理を行うためには一定のサイズで処理を制限する必要がある。ステップ S1006 で決定したフィルタカーネルのサイズを収差付与フィルタテーブルに紐づけておき、これを取得することでフィルタカーネルのサイズを取得する。

【0044】

続いてステップ S2001 において、CPU 108 は、カーネルサイズとフィルタ処理のタップ数とを比較し、カーネルサイズがタップ数を超過しているか否かを判定する。カーネルサイズがタップ数を超過していると判定された場合、ステップ S1007 を実行せずにステップ S1008 へ進む。一方、カーネルサイズがタップ数を超過していないと判定された場合、ステップ S1007 へ進む。これにより、画像処理装置 100 の演算能力を考慮した処理が可能となる。

【0045】

なお、これまで収差付与フィルタは予め計算した設計値で扱うことを考えてきたが、代わりに、デフォーカス量等の合焦位置からの距離に応じた点像分布関数または光学伝達関

10

20

30

40

50

数の収差特性を表現したデータでもよい。この場合、ステップS1002にて説明した収差付与フィルタテーブルが点像分布関数テーブルまたは光学伝達関数テーブルに置き換わる。また、CPU108が直接、点像分布関数または光学伝達関数からフィルタカーネルを計算することにより、収差付与フィルタテーブル(F12またはF21)を決定する。

【0046】

また、ステップS1002にて撮像レンズ101から取得する光学情報として、収差可変機構を持ったレンズ装置の収差状態の情報を含んでもよい。また、収差付与フィルタテーブルに持つフィルタカーネルについても、収差可変機構を持ったレンズ装置の収差状態も含んで設計してもよい。これにより、収差可変機構を持ったレンズ装置において、収差を変更した際に、前ぼけ像と後ぼけ像との差異を低減することができる。すなわち、全域でソフトフォーカス効果を付与し、またはバブルボケの効果を付与することができる。

10

【0047】

以上のように、画像処理装置100は、レンズデータ、収差付与フィルタ、およびデフォーカス量を用いて、画像データに対し、前ぼけ像と後ぼけ像とを近づける(前ぼけ像と後ぼけ像との差異を低減する)ようにフィルタ処理を行う。これにより、解像力を重視して設計する等、他の設計事項により前後のぼけの様子が乖離したレンズに対しても、オールレンズのような前後のぼけの様子が類似した表現を実現することができる。

【0048】

<第2実施形態>

次に、図8を参照して、本発明の第2実施形態における画像処理装置100aについて説明する。なお本実施形態では、第1実施形態との相違点を中心に説明し、共通の説明は省略する。本実施形態は、フォーカス合焦位置に対する距離情報の取得についての構成(方法)が異なること以外は第1実施形態と同様である。第1実施形態では、撮像素子102から検出された撮像面位相差に基づいて、フォーカス合焦位置に対する距離情報を算出する方法を説明したが、距離情報を算出するためのデータは、撮像素子以外のセンサからの入力データであってもよい。

20

【0049】

図8は、画像処理装置100aのブロック図である。図8に示されるように、本実施形態では、第1実施形態の画像処理装置100に距離センサ700が追加されている。距離センサ700は、被写体距離に関する情報または位相差(位相差に基づくデフォーカス量に関する情報)などの距離情報を取得する。

30

【0050】

距離センサ700は、例えば、位相差検出センサ、距離センサ、またはステレオカメラのうち少なくとも一つであるが、これらに限定されるものではない。また距離センサ700は、LRF(Laser Range Finder)、LiDAR(Light Detection And Ranging)等を用いることができるが、これらに限定されるものではない。ステレオカメラには、複数のカメラを有するもの等を用いることができる。距離情報は、ステップS1005にて所定の係数をかけてデフォーカス量に換算することで、第1実施形態と同様の方法で前後のぼけの様子を合わせることができる。このように本実施形態は、フォーカス合焦位置に対する距離情報を撮像素子102以外の距離センサ700から取得することができる。

40

【0051】

<第3実施形態>

次に、図9を参照して、本発明の第3実施形態における画像処理装置100bについて説明する。なお本実施形態では、第1実施形態または第2実施形態との相違点を中心に説明し、共通の説明は省略する。本実施形態は、画像データ、レンズの光学情報、および、フォーカス合焦位置に対する距離情報の取得についての構成(方法)が異なること以外は、第1実施形態と同様である。第1実施形態では、撮像レンズ101からレンズの光学情報を取得し、撮像素子102から画像データを取得した。また第1実施形態では、撮像素子102から検出された位相差データに基づいて、フォーカス合焦位置に対する距離情報

50

を算出する方法を説明したが、これらのデータは、外部からの入力データであってもよい。

【0052】

DSP106またはCPU108による内部処理で完結させる場合、ハードウェア上の制約等から多数の複雑な処理を実行することが困難である場合がある。そこで本実施形態では、撮像レンズ101および撮像素子102を用いる代わりに、画像データ、および必要なレンズの光学情報等を取得して、PCなどのより高精度な画像処理装置のアプリケーション上でフィルタ処理を行う。

【0053】

図9は、画像処理装置100bのブロック図である。図9に示されるように、本実施形態では、画像処理装置100bは、撮像レンズ101、撮像素子102、およびA/D変換器103の代わりに、入力部800を有する。入力部800は、撮像レンズの光学情報を外部装置から取得し、メモリ105へ転送する。また入力部800は、画像データおよびフォーカス合焦位置に対する距離情報を外部装置から取得し、信号処理部104を介して適切な信号処理を行った後、メモリ105へ転送する。レンズの光学情報、画像データ、および距離情報は、例えば、メタデータとして画像データに紐づけてメディアに記録しておき、入力部800がメディアからの入力として取得することができる。なお、前述以外の構成および処理は、第1実施形態と同様の方法で前後のぼけの様子を合わせることができる。このように本実施形態は、撮像レンズの光学情報、画像データ、および距離情報を、入力部800から取得することができる。

【0054】

<その他の実施形態>

本発明は、上述の実施形態の1以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける1つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1以上の機能を実現する回路(例えば、ASIC)によっても実現可能である。

【0055】

各実施形態によれば、高い解像力でぼけ味を適切に表現可能な画像処理装置、撮像装置、画像処理方法、およびプログラムを提供することができる。

【0056】

各実施形態の開示は、以下の構成および方法を含む。

【0057】

(構成1)

合焦位置に対する距離情報を取得する取得手段と、

前記距離情報と光学系の光学情報とに基づいて決定される収差フィルタを用いて、撮像素子からの画像データに対してフィルタ処理を行うフィルタ処理手段と、を有し、

前記収差フィルタは、前記合焦位置よりも至近側のデフォーカスにより像面上に形成される第1ぼけ像の特性と、前記合焦位置よりも無限遠側のデフォーカスにより像面上に形成される第2ぼけ像の特性とを互いに近づけるように調整を行うパラメータを有することを特徴とする画像処理装置。

(構成2)

前記光学情報は、絞り口径、ズーム、またはフォーカスの少なくとも一つに関する情報を含むことを特徴とする構成1に記載の画像処理装置。

(構成3)

前記光学情報は、像面上での収差状態に関する情報を含むことを特徴とする構成1または2に記載の画像処理装置。

(構成4)

前記パラメータは、前記第1ぼけ像の空間周波数特性と前記第2ぼけ像の空間周波数特性とが互いに近づくように先鋭化処理またはぼかし処理を行うパラメータであることを特徴とする構成1乃至3のいずれかに記載の画像処理装置。

10

20

30

40

50

(構成 5)

前記パラメータは、前記第 1 ぼけ像の光学伝達関数と前記第 2 ぼけ像の光学伝達関数の逆関数との合成関数に基づくパラメータであることを特徴とする構成 1 乃至 4 のいずれかに記載の画像処理装置。

(構成 6)

前記パラメータは、前記デフォーカスの程度が互いに等しい前記第 1 ぼけ像と前記第 2 ぼけ像とのぼけサイズまたはぼけ形状が互いに近づくように処理を行うパラメータであることを特徴とする構成 1 乃至 5 のいずれかに記載の画像処理装置。

(構成 7)

前記取得手段は、前記距離情報と前記光学情報とに基づいて収差特性を取得し、

10

前記パラメータは、前記収差特性に基づくパラメータであることを特徴とする構成 1 乃至 6 のいずれかに記載の画像処理装置。

(構成 8)

前記取得手段は、前記撮像光学系を有するレンズ装置、前記撮像素子を有する撮像装置、または外部装置から、前記収差特性を取得することを特徴とする構成 7 に記載の画像処理装置。

(構成 9)

前記距離情報は、前記撮像素子を用いた像面位相差検出方式により検出されたデフォーカス量に関する情報であることを特徴とする構成 1 乃至 8 のいずれかに記載の画像処理装置。

20

(構成 10)

前記距離情報は、位相差検出センサにより検出されたデフォーカス量に関する情報であることを特徴とする構成 1 乃至 8 のいずれかに記載の画像処理装置。

(構成 11)

前記距離情報は、距離センサにより検出された被写体距離に関する情報であることを特徴とする構成 1 乃至 8 のいずれかに記載の画像処理装置。

(構成 12)

前記フィルタ処理手段は、前記画像データにおいて分割された領域ごとに、前記フィルタ処理を行うことを特徴とする構成 1 乃至 11 のいずれかに記載の画像処理装置。

(構成 13)

前記取得手段は、前記フィルタ処理におけるフィルタカーネルのタップ数を取得し、

30

前記フィルタ処理手段は、前記タップ数が不足すると判定した場合、前記フィルタ処理を行わないことを特徴とする構成 1 乃至 12 のいずれかに記載の画像処理装置。

(構成 14)

構成 1 乃至 13 のいずれかに記載の画像処理装置と、撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

(方法 1)

合焦位置に対する距離情報を取得するステップと、

前記距離情報と光学系の光学情報とに基づいて決定される収差フィルタを用いて、撮像素子からの画像データに対してフィルタ処理を行うステップと、を有し、

40

前記収差フィルタは、前記合焦位置よりも至近側のデフォーカスにより像面上に形成される第 1 ぼけ像の特性と、前記合焦位置よりも無限遠側のデフォーカスにより像面上に形成される第 2 ぼけ像の特性とを互いに近づけるように調整を行うパラメータを有することを特徴とする画像処理方法。

(構成 15)

方法 1 に記載の画像処理方法をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

【0058】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

50

【符号の説明】

【0059】

100、100a、100b 画像処理装置

101 撮像レンズ（光学系）

102 撮像素子

106 DSP（フィルタ処理手段）

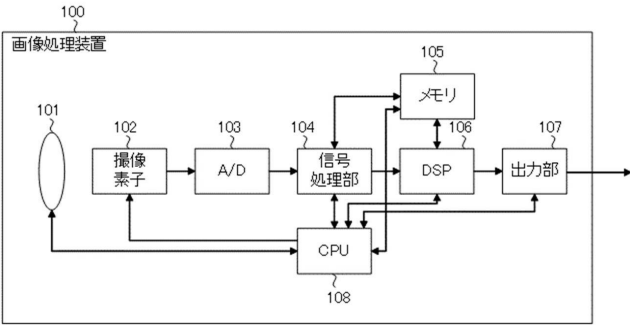
108 CPU（取得手段）

204 前ぼけ像（第1ぼけ像）

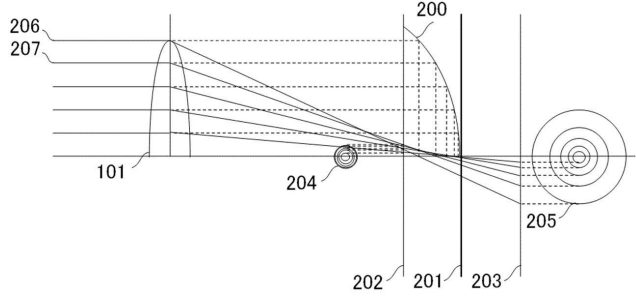
205 後ぼけ像（第2ぼけ像）

【図面】

【図1】



【図2】



10

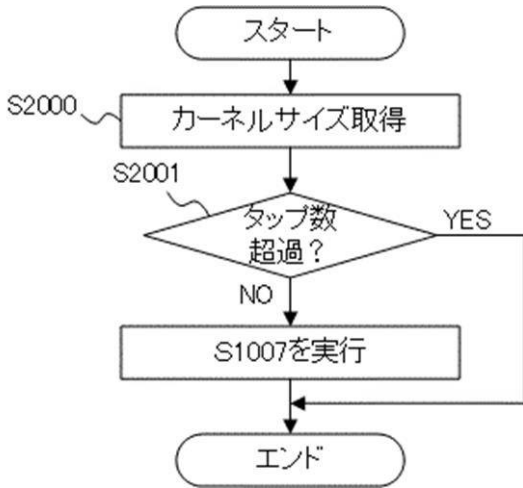
20

30

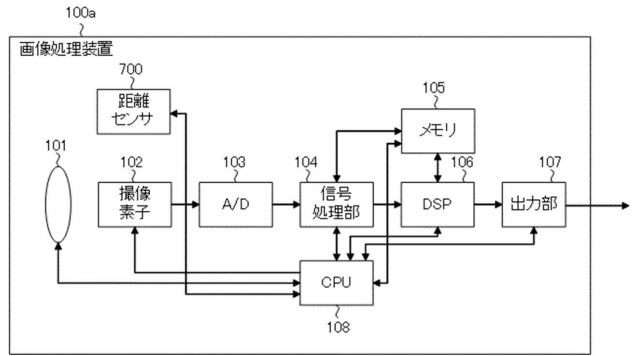
40

50

【 図 7 】

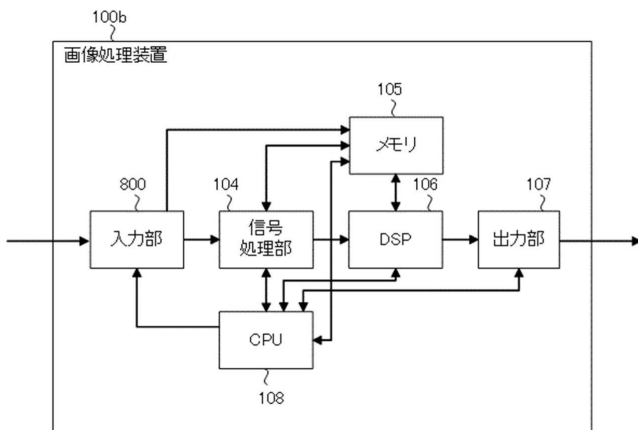


【 図 8 】



10

【 図 9 】



20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

G 0 6 T 5/73 (2024.01)

F I

G 0 6 T

5/00

7 1 0

テーマコード (参考)

Fターム (参考)

CB09 CB21 CB26 CE30 CE33 EB04 EB13 EB17

5B057 CA08 CA12 CA16 CB08 CB12 CB16 CE04 CE06 CH07 DB02
DB09

5C122 DA04 EA12 EA37 EA61 FB03 FB04 FC01 FC02 FD03 FD04
FD07 FE02 FF03 FH22 FH23 HA13 HA35 HA88 HB01 HB06 HB07
HB10