

(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2005-49591

(P2005-49591A)

(43) 公開日 平成17年2月24日(2005.2.24)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G03B 5/00	G03B 5/00	5C022
H04N 5/232	H04N 5/232	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2003-281118 (P2003-281118)	(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン
(22) 出願日	平成15年7月28日 (2003.7.28)	(74) 代理人	100072718 弁理士 古谷 史旺
		(72) 発明者	松本 豪 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
		Fターム(参考)	5C022 AA11 AA13 AB21 AB55 AC69

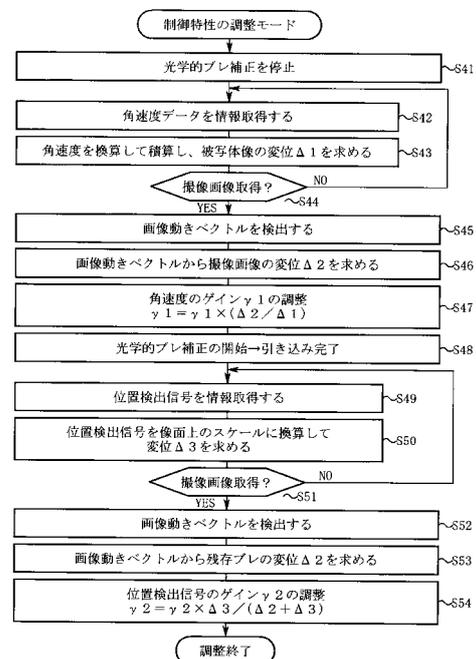
(54) 【発明の名称】 撮影レンズ、およびカメラシステム

(57) 【要約】

【課題】 本発明の目的は、新しい調整指標を導入して、光学的ブレ補正の調整精度を高めることである。

【解決手段】 本発明は、カメラの撮像面に被写体像を形成する撮影レンズであって、ブレ補正光学系、振動検出部、ブレ補正制御部、情報取得部、および特性調整部を備える。このブレ補正光学系は、撮像面における被写体像の像面ブレを光学的に補正するための光学系である。振動検出部は、振動を検出して振動検出信号を出力する。ブレ補正制御部は、振動検出信号に基づいてブレ補正光学系の位置を制御して、光学的ブレ補正を実施する。情報取得部は、カメラの撮像画像のコマ間変位を検出して得られる画像動き信号を情報取得する。特性調整部は、光学的ブレ補正時に画像動き信号が低減する方向に、ブレ補正制御部の制御特性を調整する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

カメラの撮像面に被写体像を形成する撮影レンズであって、
前記撮像面における前記被写体像の像面ブレを光学的に補正するためのブレ補正光学系と、

振動を検出して振動検出信号を出力する振動検出部と、

前記振動検出信号に基づいて前記ブレ補正光学系の位置を制御して、光学的ブレ補正を実施するブレ補正制御部と、

前記カメラの撮像画像のコマ間変位を検出して得られる画像動き信号を情報取得する情報取得部と、

前記光学的ブレ補正の実施時に前記画像動き信号が低減する方向に、前記ブレ補正制御部の制御特性を調整する特性調整部と

を備えたことを特徴とする撮影レンズ。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の撮影レンズにおいて、

前記特性調整部は、前記画像動き信号を低減する方向に、前記振動検出信号のゲインを調整する

ことを特徴とする撮影レンズ。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の撮影レンズにおいて、

前記ブレ補正制御部は、

前記振動検出信号に基づいて前記ブレ補正光学系の目標駆動位置を算出する目標駆動位置演算部と、

前記ブレ補正光学系の位置を検出して、位置検出信号として出力する位置検出部と、

前記位置検出信号と前記目標駆動位置との偏差に応じて、前記ブレ補正光学系を変位させる駆動部とを備え、

前記特性調整部は、

前記画像動き信号を低減する方向に、前記位置検出信号のゲインを調整する

ことを特徴とする撮影レンズ。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の撮影レンズにおいて、

前記ブレ補正制御部は、

前記振動検出信号に基づいて前記ブレ補正光学系の目標駆動位置を算出する目標駆動位置演算部と、

前記ブレ補正光学系の位置を検出して、位置検出信号として出力する位置検出部と、

前記位置検出信号と前記目標駆動位置との偏差に応じて、前記ブレ補正光学系を変位させる駆動部とを備え、

前記特性調整部は、

前記ブレ補正光学系の停止した状態で、同スケールに換算した前記画像動き信号および前記振動検出信号が一致するように、前記振動検出信号のゲインを調整し、

前記ブレ補正光学系を動かした状態で、前記画像動き信号に応じて、前記位置検出信号のゲインを調整する

ことを特徴とする撮影レンズ。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の撮影レンズにおいて、

前記特性調整部は、

前記ブレ補正光学系の停止した状態で、前記画像動き信号と前記振動検出信号とが一致するように、前記振動検出信号のゲインを調整し、

その後、前記光学的ブレ補正を実施した状態で、同スケールに換算した前記位置検出信号および前記画像動き信号について、

10

20

30

40

50

$A = \text{前記位置検出信号} / (\text{前記画像動き信号} + \text{前記位置検出信号})$

を求め、前記位置検出信号のゲインを A 倍に調整する

ことを特徴とする撮影レンズ。

【請求項 6】

請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の撮影レンズと、

前記撮影レンズにより撮像面に形成される被写体像を撮像する撮像部と、

前記撮像部から撮像画像を取得して前記撮像画像のコマ間変位を検出して、前記画像動き信号として出力する動き検出部と

を備えたことを特徴とするカメラシステム。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像面に対する被写体像の像面ブレを光学的に補正する撮影レンズ、およびカメラシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、手振れなどによる被写体像の像面ブレを、撮影レンズ内のブレ補正光学系を使用して光学的に補正する技術が知られている。

この種の従来技術では、まず、撮影レンズやカメラの振動を角速度センサによって検出する。撮影レンズは、この角速度に基づいて、被写体像の像面ブレを打ち消すのに必要なブレ補正光学系の位置（以下『目標駆動位置』という）を決定し、ブレ補正光学系をこの目標駆動位置に追従制御する。

20

【0003】

また、下記の特許文献 1 には、像面ブレによって静止画像に現れる画像の流れ具合（以下『像流れ』という）を調整指標にして、光学的ブレ補正を調整する技術が開示されている。すなわち、像流れによって生じる静止画像のボケ幅やコントラスト低下を検出し、これらが最小となるように、光学的ブレ補正を調整している。

【特許文献 1】特開平 8 - 6094 号公報（段落 0027 ~ 0032）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0004】

上述したように、特許文献 1 では、静止画像の像流れの具合を調整指標にして、光学的ブレ補正を調整する。

通常、像流れを起こした画像信号は、連続的かつなだらかな波形変化となる。そのため、このなだらかな波形変化から画像のボケ幅を精密に測定することは難しい。そのため、上述した調整作業を、機械で自動化することが技術的に困難であった。

【0005】

また、像流れは、静止画像の露光時間と、像面ブレの移動速度に依存して変化する。例えば、ゆっくりした動きの像面ブレの場合、露光時間中の像の移動量が僅かになり、像流れが微小になる。そのため、特許文献 1 の調整作業では、この低速度の像面ブレを検出し、これを調整によって改善することが不可能であった。

40

【0006】

なお、このような低速度の像面ブレを検出する目的で、静止画像の露光時間を長く設定する方策も考えられる。しかし、露光時間を長くした場合、逆に通常速度の像面ブレに対して像流れが盛大に発生してしまう。その結果、画像信号の波形変化が極端に小さくなり、上述した調整指標としては適さなくなる。

【0007】

また、調整作業を機械により自動化する場合、計算によって調整指標から最終的な調整値を直に求めることが好ましい。特許文献 1 のような場合、ボケ幅から最終的な調整値を直に求めることが理論的には可能である。しかしながら、像流れによって画像エッジは波

50

形変化が鈍っており、ボケ幅を正確に測定できない。また、無理に測定したボケ幅は誤差が多く、計算によって最終的な調整値を直に求める用途には適さない。

【0008】

さらに、像流れを起こした静止画像から、被写体像の移動の向き（画面の左から右か、右から左か）を情報として得ることはできない。そのため、調整対象のゲインを増加させるべきか、減少させるべきかといった基本的なことも直に決定することができなかった。

【0009】

上述した問題は、光学的ブレ補正の調整箇所が複数存在する場合に、更に複雑かつ困難になる。すなわち、特許文献1には、複数の調整箇所を個別に順序立てて調整する方策が存在しない。そのため、複数の調整箇所をしらみつぶしに何度も往復しながら調整しなければならない。そのため、全ての調整箇所を適切に調整するには時間と手間が必要であった。

10

【0010】

そこで、本発明の目的は、新しい調整指標を導入して、光学的ブレ補正の調整精度を高めることである。

本発明の別の目的は、この調整指標を使用して適正なゲイン値を直に決定する技術を提供することである。

本発明の別の目的は、この調整指標を使用して、複数の調整箇所を個別かつ独立に調整することである。

【課題を解決するための手段】

20

【0011】

以下、本発明について説明する。

【0012】

《請求項1》

請求項1に記載の発明は、カメラの撮像面に被写体像を形成する撮影レンズであって、ブレ補正光学系、振動検出部、ブレ補正制御部、情報取得部、および特性調整部を備える。

このブレ補正光学系は、撮像面における被写体像の像面ブレを光学的に補正するための光学系である。

振動検出部は、振動を検出して振動検出信号を出力する。

30

ブレ補正制御部は、振動検出信号に基づいてブレ補正光学系の位置を制御して、光学的ブレ補正を実施する。

情報取得部は、カメラの撮像画像のコマ間変位を検出して得られる画像動き信号を情報取得する。

特性調整部は、光学的ブレ補正時に画像動き信号が低減する方向に、ブレ補正制御部の制御特性を調整する。

【0013】

《請求項2》

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の撮影レンズにおいて、特性調整部が、画像動き信号を低減する方向に、振動検出信号のゲインを調整する。

40

【0014】

《請求項3》

請求項3に記載の発明は、請求項1または請求項2に記載の撮影レンズにおいて、ブレ補正制御部が、目標駆動位置演算部、位置検出部、および駆動部を備える。

目標駆動位置演算部は、振動検出信号に基づいてブレ補正光学系の目標駆動位置を算出する。

位置検出部は、ブレ補正光学系の位置を検出して、位置検出信号として出力する。

駆動部は、位置検出信号と目標駆動位置との偏差に応じて、ブレ補正光学系を変位させる。

この場合、特性調整部は、画像動き信号を低減する方向に、位置検出信号のゲインを調

50

整する。

【0015】

《請求項4》

請求項4に記載の発明は、請求項1に記載の撮影レンズにおいて、ブレ補正制御部が、目標駆動位置演算部、位置検出部、および駆動部を備える。

目標駆動位置演算部は、振動検出信号に基づいてブレ補正光学系の目標駆動位置を算出する。

位置検出部は、ブレ補正光学系の位置を検出して、位置検出信号として出力する。

駆動部は、位置検出信号と目標駆動位置との偏差に応じて、ブレ補正光学系を変位させる。

10

この場合、特性調整部は、次のゲイン調整を個別に行う。

(1)ブレ補正光学系の停止した状態で、同スケールに換算した画像動き信号および振動検出信号が一致するように、振動検出信号のゲインを調整する。

(2)次に、ブレ補正光学系を動かした状態で、画像動き信号に応じて、位置検出信号のゲインを調整する。

【0016】

《請求項5》

請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の撮影レンズにおいて、特性調整部が、次の順番にゲイン調整を行う。

(1)まず、ブレ補正光学系の停止した状態で、画像動き信号と振動検出信号とが一致するように、振動検出信号のゲインを調整する。

(2)その後、光学的ブレ補正を実施した状態で、同スケールに換算した位置検出信号および画像動き信号について、

$A = \text{位置検出信号} / (\text{画像動き信号} + \text{位置検出信号})$

を求め、位置検出信号のゲインをA倍に調整する。

20

【0017】

《請求項6》

請求項6に記載の発明は、撮影レンズ、撮像部、および動き検出部を備えたカメラシステムである。

この撮影レンズは、請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載の撮影レンズである。

30

撮像部は、撮影レンズにより撮像面に形成される被写体像を撮像する。

動き検出部は、撮像部から撮像画像を取得して、撮像画像のコマ間変位を検出して、画像動き信号として出力する。

【発明の効果】

【0018】

《請求項1》

請求項1の発明では、画像動き信号を調整指標に使用して、光学的ブレ補正を調整する。

この画像動き信号は、複数コマの撮像画像を比較し、画像パターンの移動量を検出することによって求められる。

40

【0019】

この場合、個々の撮像画像の露光時間を適度に設定することによって、一つ一つの撮像画像の信号の波形変化を急峻に保つことができる。したがって、画像動き信号では、従来の像流れとは異なり、像面ブレの変位量を正確に検出することができる。

【0020】

さらに、画像動き信号では、撮像画像の時間的な前後関係から、画像パターンの移動の向きを検出することもできる。その結果、画像動き信号から、像面ブレの軌跡(移動ベクトル)や振動状態の位相変化などを判定することもできる。

【0021】

50

また、画像動き信号では、コマ間を間引くなどしてコマ間の時間間隔を長くとることによって、従来の像流れでは検出困難であった、極めて低速度の像面ブレを高精度に検出することもできる。

【0022】

さらに、複数種類のコマ間間隔について画像動き信号を検出することにより、像面ブレを非常に広い周波数帯域にわたって検出することができる。この場合、画像動き信号は、広帯域の像面ブレを抑制する制御特性を得る上で、従来無かった最適な調整指標となる。

【0023】

さらに、本発明では、光学的ブレ補正においてこの画像動き信号が低減することを、最終的な調整目標とする。光学的ブレ補正時における画像動き信号は、ブレ補正動作で取りきれなかった残存ブレを示す。したがって、光学的ブレ補正時の画像動き信号が低減する方向に、制御特性を調整することによって、残存ブレを十分抑制する優れた制御特性が容易に実現する。

10

【0024】

さらに、画像動き信号は、上述したように正確かつ詳細な情報を持つため、光学的ブレ補正の状況を細かく検出判定することができる。したがって、これらの検出判定を反映して、光学的ブレ補正の防振性能を正しく高める方向に制御特性を調整することが可能になる。

【0025】

《請求項2》

請求項2の発明では、画像動き信号を低減する方向に、振動検出信号のゲインを調整する。光学的ブレ補正では、振動検出信号を入力として、ブレ補正光学系のフィードバック制御が行われる。そのため、振動検出信号のゲインが不適切であると、ブレ補正光学系の駆動に過不足が発生し、撮像画像の残存ブレとなって直に現れる。この残存ブレは、画像動き信号として検出される。そこで、この画像動き信号を低減する方向に、振動検出信号のゲインを調整することによって、振動検出信号の不適切なゲインを正確に調整することができる。

20

【0026】

《請求項3》

請求項3の発明では、画像動き信号を低減する方向に、位置検出信号のゲインを調整する。光学的ブレ補正では、目標駆動位置に位置検出信号を追従させる。そのため、位置検出信号のゲインが不適切であると、ブレ補正光学系の位置が目標駆動位置に一致せず、撮像画像の残存ブレとなって直に現れる。この残存ブレは、画像動き信号として検出される。そこで、この画像動き信号を低減する方向に、位置検出信号のゲインを調整することによって、位置検出信号の不適切なゲインを正確に調整することができる。

30

【0027】

《請求項4》

請求項4の発明では、ブレ補正光学系の停止した状態で、振動検出信号のゲインを調整する。この状態では、ブレ補正光学系が停止状態のため、振動検出信号に対応する像面ブレのみが生じる。したがって、この状態における画像動き信号は、振動検出信号と一対一に対応する。そこで、同一スケールに換算した画像動き信号および振動検出信号が一致するように、振動検出信号のゲインを調整することで、振動検出信号のゲインを的確に調整することができる。

40

この調整は、位置検出信号のゲイン調整と独立して行われるため、調整工程を単純かつ迅速に実施できる。

さらに、請求項4の発明では、ブレ補正光学系を動かした状態で、位置検出信号のゲインを調整する。この状態では、ブレ補正光学系の動きに起因して被写体像がシフトし、画像動き信号が発生する。そこで、この画像動き信号に応じて、位置検出信号のゲインを独立に調整することができる。

【0028】

50

なお、このとき、被写体に対して撮影レンズを静止させることが好ましい。この場合、ブレ補正光学の動きのみに起因して、画像動き信号が発生する。したがって、この状態において、画像動き信号は、位置検出信号と一対一に対応する。そこで、同一スケールに換算した画像動き信号および位置検出信号が一致するように、位置検出信号のゲインを調整すればよい。このような調整により、位置検出信号のゲインを的確に調整することが可能になる。

この調整においても、位置検出信号のゲイン調整が、振動検出信号などのゲイン調整と独立して行われるため、調整工程を単純かつ迅速に実施できる。

【0029】

《請求項5》

請求項5の発明では、まず、ブレ補正光学系の停止した状態で、振動検出信号のゲインを独立に調整する。

次に、光学的ブレ補正を実施した状態で、位置検出信号のゲインを調整する。このとき、画像動きベクトルは、光学的ブレ補正の残存ブレに該当する。この残存ブレを打ち消すためには、ブレ補正光学系を（画像動き信号＋位置検出信号）の該当位置まで変位させる必要がある。そのためには、同一スケールに換算した位置検出信号および画像動き信号について、 $A = \text{前記位置検出信号} / (\text{前記画像動き信号} + \text{前記位置検出信号})$ を求め、位置検出信号のゲインをA倍に調整すればよい。

このような動作により、位置検出信号の調整値を計算で直に求めることが可能になる。

特に、この調整手順は、手振れの補正を実施しながら、計算により短時間に調整完了する。したがって、この調整手順は、実際の撮影中に実施する調整動作として非常に優れている。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

以下、図面に基づいて本発明にかかる実施形態を説明する。

【0031】

[実施形態の構成説明]

図1は、光学的ブレ補正の機構を有するカメラシステム190（撮影レンズ190aを含む）を示す図である。なお、実際のカメラシステム190は、水平および垂直の2軸方向について像面ブレを補正する。しかしながら、図1では、説明を簡明にするため、光学的ブレ補正の機構を1軸分のみ記載している。

【0032】

以下、図1に示す各部の構成について説明する。

角速度センサ10は、カメラシステム190の振動を、コリオリ力などにより角速度として検出する。角速度センサ10の出力は、A/D変換部30および可変利得アンプ35を介してデジタルの角速度データに変換される。

基準値演算部40は、A/D変換部30から出力される角速度データから低域成分を抽出して、角速度の基準値（振動のない静止状態における角速度データ）を推定する。さらに、基準値演算部40は、後述する画像動きベクトルを用いて、この基準値を修正する。

【0033】

目標駆動位置演算部50は、角速度データから基準値を減算することにより、像面ブレの原因となる真の角速度を求める。目標駆動位置演算部50は、この真の角速度を積分することによって、撮影レンズ190aの光軸角度を求める。目標駆動位置演算部50は、この光軸角度に基づいて、目標駆動位置を決定する。この目標駆動位置は、この光軸角度における被写体像の変位を打ち消すブレ補正光学系100の位置である。

【0034】

なお、目標駆動位置演算部50は、この目標駆動位置の計算に使用するため、MPU200を介して、焦点距離情報120、撮影倍率情報130、およびブレ補正光学系100の光学情報140を取得する。

この焦点距離情報120は、撮影レンズ190aのズーム環のエンコーダ出力などから

10

20

30

40

50

随時に得られる情報である。

撮影倍率情報 130 は、撮影レンズ 190 a のレンズ位置や A F 駆動機構から随時に得られる情報である。

また、ブレ補正光学系 100 の光学情報 140 は、ブレ補正係数 (ブレ補正係数 = レンズ移動量に対する像移動量 / レンズ移動量) であり、予め撮影レンズ 190 a 内に格納されるデータである。

【0035】

さらに、撮影レンズ 190 a には位置検出部 90 が設けられ、ブレ補正光学系 100 の位置検出を行う。この位置検出部 90 は、赤外線 LED 92、PSD (位置検出素子) 98、およびスリット板 94 を備える。赤外線 LED 92 の光は、ブレ補正光学系 100 の鏡筒 102 に設けられたスリット板 94 のスリット穴 96 を通過してスポット光となる。このスポット光は、PSD 98 に到達する。PSD 98 は、このスポット光の受光位置を信号出力する。この信号出力を A/D 変換部 110 および可変利得アンプ 115 を介してデジタル変換することにより、ブレ補正光学系 100 の位置検出信号が得られる。

10

【0036】

駆動信号演算部 60 は、この位置検出信号と目標駆動位置との偏差を求め、この偏差に応じて駆動信号を算出する。例えば、この駆動信号の演算は、偏差の比例項、積分項、および微分項を所定比率で足し合わせる PID 制御が実施される。

ドライバ 70 は、求めた駆動信号 (デジタル信号) に応じて、駆動電流を駆動機構 80 に流す。

20

【0037】

駆動機構 80 は、ヨーク 82、マグネット 84、コイル 86 から構成される。コイル 86 は、ブレ補正光学系 100 の鏡筒 102 に固定された状態で、ヨーク 82 とマグネット 84 からなる形成される磁気回路内に配置される。ドライバ 70 の駆動電流をこのコイル 86 に流すことにより、ブレ補正光学系 100 を光軸と直交する向きに動かすことができる。

【0038】

ブレ補正光学系 100 は、撮影レンズ 190 a の結像光学系の一部である。このブレ補正光学系 100 を目標駆動位置まで動かして、被写体像の結像位置をシフトさせることにより、被写体像の像面ブレを抑制できる。

30

撮像素子 150 は、撮像面に形成される被写体像を撮像する。撮像画像は、不図示のモニタ画面に表示される他、動きベクトル検出部 160 へ出力される。

【0039】

動きベクトル検出部 160 は、撮像画像のコマ間変位を検出することにより、画像動きベクトルを検出する。MPU 200 は、焦点距離情報 120 および撮影倍率情報 130 を用いて、この画像動きベクトルを基準値と同一スケールに換算する。このように換算された画像動きベクトルは、前述した基準値演算部 40 において基準値の修正やゲイン調整などに使用される。

【0040】

[発明との対応関係]

40

以下、発明と本実施形態との対応関係について説明する。なお、ここでの対応関係は、参考のために一解釈を例示するものであり、本発明を徒らに限定するものではない。

請求項記載の撮影レンズは、撮影レンズ 190 a に対応する。

請求項記載のブレ補正光学系は、ブレ補正光学系 100 に対応する。

請求項記載の振動検出部は、角速度センサ 10 に対応する。

請求項記載のブレ補正制御部は、可変利得アンプ 35、基準値演算部 40、目標駆動位置演算部 50、駆動信号演算部 60、ドライバ 70、駆動機構 80、位置検出部 90、および可変利得アンプ 115 に対応する。

請求項記載の情報取得部は、MPU 200 の『動きベクトル検出部 160 から画像動きベクトルを取得する機能』に対応する。

50

請求項記載の特性調整部は、MPU200の『可変利得アンプ35, 115のゲインを調整する機能』に対応する。

請求項記載の目標駆動位置演算部は、目標駆動位置演算部50に対応する。

請求項記載の位置検出部は、位置検出部90に対応する。

請求項記載の駆動部は、駆動信号演算部60、ドライバ70、可変利得アンプ115および駆動機構80に対応する。

請求項記載のカメラシステムは、カメラシステム190に対応する。

請求項記載の動き検出部は、動きベクトル検出部160に対応する。

請求項記載の撮像部は、撮像素子150に対応する。

請求項記載の画像動き信号は、画像動きベクトルの角速度と同じ方向の成分に対応する 10

請求項記載の位置検出信号は、可変利得アンプ115から出力される位置検出信号に対応する。

請求項記載の振動検出信号は、可変利得アンプ35から出力される角速度データに対応する。

【0041】

[光学的ブレ補正の動作説明]

図2は、光学的ブレ補正の制御動作を示す流れ図である。

まず、光学的ブレ補正の制御動作について、図2を用いて説明する。

【0042】

ステップS11： 角速度センサ10の角速度出力は、定期的にA/D変換され、可変利得アンプ35から角速度データとして出力される。

【0043】

ステップS12： 基準値演算部40は、この角速度データから低域成分を抽出して、角速度データの基準値（ブレのない静止時における角速度データ）を推定する。

【0044】

ステップS13： 基準値演算部40は、MPU200から、後述する画像動きベクトルVを情報取得し、基準値W₀を下式に従って修正する。

$$W_0 = W_0 - Q \cdot v \quad \dots (1)$$

ただし、Qは画像動きベクトルのフィードバックゲインである。vは画像動きベクトルVの角速度と同じ向きの成分（角速度と同一スケールに換算されたもの）である。このQの値は、基準値W₀の行き過ぎを適度に抑制し、かつ基準値W₀の整定時間を適度に短縮するなどの観点から決定される。 30

【0045】

一般に、基準値W₀に誤差が生じると、光学的ブレ補正において撮像画像に残存ブレが生じる。この残存ブレを画像動きベクトルVとして検出し、上式(1)によって基準値にフィードバックすることにより、基準値W₀の誤差を低減することができる。

なお、光学的ブレ補正では、ブレ補正光学系100の追従性を高めるため、画像動きベクトルの更新間隔よりも短いサンプリング間隔で、目標駆動位置および基準値の更新を実行する。そのため、毎回の基準値修正のたびに、毎回新しい画像動きベクトルを使用することはできない。そこで、次の画像動きベクトルを取得するまでの期間、今回の画像動きベクトルVを繰り返し使用する。 40

【0046】

ステップS14： 目標駆動位置演算部50は、可変利得アンプ35から出力される角速度データから、修正後の基準値W₀を減算し、像面ブレの原因となる真の角速度データを求める。

【0047】

ステップS15： 目標駆動位置演算部50は、この真の角速度データを積分することにより、撮影レンズ190aの光軸角度の変位量を求める。目標駆動位置演算部50は、この光軸角度の値から、被写体像の結像位置の変位を打ち消すために必要なブレ補正光学系 50

100の位置(いわゆる目標駆動位置)を求める。

例えば、下式をもちいて、この目標駆動位置 (T_k) の計算が行われる。

$$C = f \cdot (1 + \quad)^2 / K \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$(T_k) = (T_{k-1}) + C \cdot [W(T_k) - W_0] \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

ただし、 f は焦点距離、 \quad は撮影倍率、 (T_{k-1}) は前回の目標駆動位置、 $W(T_k)$ は最新の角速度データ、および K はブレ補正係数である。なお、ブレ補正係数 K は、下式に基づいて予め実測しておく。

$$K = (\text{被写体像の変位}) / (\text{ブレ補正光学系100の変位})$$

ステップS16: 駆動信号演算部60は、目標駆動位置演算部50から目標駆動位置を情報取得し、ブレ補正光学系100の位置検出信号が目標駆動位置に一致するように追従制御を実行する。 10

【0048】

[画像動きベクトルの計算処理、およびゲイン調整の動作説明]

次に、画像動きベクトルの計算処理について説明する。

図3は、画像動きベクトルの計算手順を示す流れ図である。

図3に示す一連の動作は、撮像素子150の撮像動作のたびに随時実施される動作であり、また、上述した光学的ブレ補正(図2)と同時並行に実施される動作である。

【0049】

ステップS21: 撮像素子150は、画像のライン数を間引くことにより、モニタ表示用の撮像画像を高速(30フレーム/秒)に読み出す。 20

【0050】

ステップS22: 動きベクトル検出部160は、撮像画像のコマ間差などから画像の動きベクトルを求める。このような画像動きベクトルの検出方法としては、ブロックマッチング法などの方法がある。

なお、撮像画像の全体について画像動きベクトルを求めてもよい。または、撮像画像の一部エリアについて画像動きベクトルを求めてもよい。

さらに、画像動きベクトルとしては、光学的ブレ補正の各軸方向(例えば、垂直と水平など)ごとに個別に求めてもよい。この場合、各軸方向の画像動き(コマ間の変位)を個々の要素とする画像動きベクトルが求まる。

また、画像動きベクトルとしては、複数の向きについて撮像画像のコマ間変位を検出することで、撮像画像の変位方向と変位量を求めてもよい。 30

なお、ブロックマッチング法などでは、各コマの撮像画像をずらしながらコマ間差を求める。このときのコマ間差のプロット値を画素ピッチよりも細かく補間計算した上で、コマ間差を最小とするコマ間変位を求めることが好ましい。この場合には、画素ピッチの1/10程度の分解能で精密な画像動きベクトルを求めることができる。

【0051】

ステップS23: MPU200は、撮影レンズ190aの焦点距離情報120を情報取得する。

【0052】

ステップS24: MPU200は、撮影レンズ190aの撮影倍率情報130を情報取得する。 40

【0053】

ステップS25: 動きベクトル検出部160が出力する画像動きベクトルは、撮像画像のコマ間における変位の情報である。そこで、MPU200は、画像動きベクトルを、基準値と同じ角速度のスケールに換算する。例えば、下記の換算式が使用される。

【数 1】

$$V' = G \cdot \tan^{-1} \frac{V}{f(1+\beta)^2} \cong G \cdot \frac{V}{f(1+\beta)^2} \dots (4)$$

ただし、 V は換算前の画像動きベクトル、 V' は換算後の画像動きベクトル、 f は焦点距離、 β は撮影倍率、および G は定数である。

【0054】

ステップ S 2 6 : MPU 2 0 0 は、基準値修正用に保持する画像動きベクトルを、ステップ S 5 で求めた最新値 V' に更新する。 10

【0055】

ステップ S 2 7 : MPU 2 0 0 は、ゲイン調整モードを開始するか否かを判断する。このゲイン調整モードは、例えば、光学的ブレ補正の開始直後、光学的ブレ補正の性能低下を検出した時点、撮影レンズが交換された直後、ユーザー操作によりゲイン調整が指示された時、および電源投入直後などのタイミングで適時に実施される。

ここで、ゲイン調整モードを開始する場合、MPU 2 0 0 はステップ S 2 8 に動作を移行する。

一方、ゲイン調整モードを開始しない場合、MPU 2 0 0 はステップ S 2 1 に動作を戻す。 20

【0056】

ステップ S 2 8 : MPU 2 0 0 は、光学的ブレ補正が安定動作しているか否かを判定する。これは、過渡状態や異常状態では、後述する調整動作に支障を生じるからである。

ここで、光学的ブレ補正が安定動作している場合（いわゆる引き込み完了）、MPU 2 0 0 はステップ S 2 9 に動作を移行する。

一方、光学的ブレ補正が安定動作していない場合、MPU 2 0 0 は調整動作を断念してステップ S 2 1 に動作を戻す。

【0057】

ステップ S 2 9 : 次に、MPU 2 0 0 は、画像動きベクトルの大きさが許容値 $Th1$ 以下か否かを判定する。この許容値 $Th1$ は、画像動きベクトルが示す撮像画像の残存ブレの認知限界を示す値である。例えば、この許容値 $Th1$ は、撮像素子 1 5 0 の画素ピッチや画像印刷サイズや画像表示サイズなどに応じて決定される値である。 30

ここで、画像動きベクトルの大きさが許容値 $Th1$ 以下の場合、MPU 2 0 0 は、ステップ S 3 0 に動作を移行する。

一方、画像動きベクトルの大きさが許容値 $Th1$ よりも大きい場合、MPU 2 0 0 は調整動作が必要と判断して、ステップ S 3 1 に動作を移行する。

【0058】

ステップ S 3 0 : ここでは、光学的ブレ補正の防振性能が極めて高く、ゲイン調整が不要と判断できる。そこで、MPU 2 0 0 は、ゲイン調整モードを完了して、ステップ S 2 1 に動作を戻す。 40

【0059】

ステップ S 3 1 : ここでは、光学的ブレ補正の防振性能が必ずしも充分でないため、ゲイン調整が必要と判断できる。そこで、MPU 2 0 0 は、画像動きベクトルの前回値と最新値の大きさを比較する。

もしも、画像動きベクトルが前回よりも小さくなっていれば、MPU 2 0 0 は、前回のゲイン調整の増減方向が正しいと判断して、ステップ S 3 2 に動作を移行する。

一方、画像動きベクトルが前回よりも大きくなっていれば、MPU 2 0 0 は、ステップ S 3 3 に動作を移行する。

【0060】

ステップ S 3 2 : このステップでは、画像動きベクトルが示す残存ブレが順調に小さく 50

なっている。そのため、前回と同じ増減方向で、可変利得アンプ 35 および / または可変利得アンプ 115 のゲインを所定の刻み幅で変更する。このゲイン調整の後、MPU 200 はステップ S 21 に動作を戻す。

【0061】

ステップ S 33 : MPU 200 は、ゲイン調整モードを開始してからのゲイン調整回数が、所定の制限値を超えたか否かを判断する。

ここで、ゲイン調整回数が制限値を超えた場合、MPU 200 はステップ S 34 に動作を移行する。

一方、ゲイン調整回数が制限値以下の場合、MPU 200 はステップ S 35 に動作を移行する。

【0062】

ステップ S 34 : このステップでは、ゲイン調整回数が制限値を超えたため、これ以上のゲイン調整は不要と判断できる。そこで、MPU 200 は、ゲイン調整モードを完了して、ステップ S 21 に動作を戻す。

【0063】

ステップ S 35 : ここでは、画像動きベクトルが前回よりも増えてしまったため、MPU 200 は、前回とは逆の増減方向で、可変利得アンプ 35 および / または可変利得アンプ 115 のゲインを所定の刻み幅で変更する。なお、この刻み幅は、増減方向が逆転するたびに小さくすることが好ましい。このゲイン調整の後、MPU 200 はステップ S 21 に動作を戻す。

上述した動作により、画像動きベクトルの計算処理と併せて、制御特性（ここではゲイン）の漸近的な調整も一緒に実施される。

【0064】

[別のゲイン調整モードの動作説明]

図 4 は、別のゲイン調整モードの動作を説明する流れ図である。このゲイン調整モードも、例えば、光学的ブレ補正の開始直後、光学的ブレ補正の性能低下を検出した時、ユーザー操作によりゲイン調整が指示された時、撮影レンズが交換された時点、および電源投入直後などのタイミングで適時に実施される。

以下、図 4 に示すステップ番号に沿って、動作を説明する。

【0065】

ステップ S 41 : MPU 200 は、まず、光学的ブレ補正を停止し、ブレ補正光学系を中心付近に保持する。

【0066】

ステップ S 42 : MPU 200 は、可変利得アンプ 35 から出力される角速度データを取得する。

【0067】

ステップ S 43 : MPU 200 は、角速度データを像面ブレのスケールに換算して積算し、撮影レンズ 190 a の振動によって生じる被写体像の変位 δ_1 を求める。

【0068】

ステップ S 44 : MPU 200 は、撮像素子 150 から次回の撮像画像が出力されるまで、ステップ S 42 , S 43 を繰り返し実行する。その結果、撮像画像のコマ間に発生する被写体像の変位 δ_1 が求まる。

一方、撮像素子 150 から次回の撮像画像が出力されると、MPU 200 は、ステップ S 45 に動作を移行する。

【0069】

ステップ S 45 : MPU 200 は、動きベクトル検出部 160 から撮像画像のコマ間変位である画像動きベクトルを情報取得する。

【0070】

ステップ S 46 : MPU 200 は、この動きベクトルの角速度と同じ方向の成分から、撮像画像の像面上の変位 δ_2 を求める。

10

20

30

40

50

【0071】

ステップS47：ここでは、ブレ補正光学系が静止状態にあるため、変位 1 と変位 2 とは本来一致する。この変位 1, 2 にズレが生じるのは、角速度データのゲインが不適切なためである。そこで、この変位 1, 2 を基準にして、角速度データのゲイン 1 (可変利得アンプ35のゲイン 1) を下式により調整する。

調整後の 1 = 調整前の 1 × (2 / 1)

このような調整により、角速度データのゲイン調整が完了する。

【0072】

ステップS48：続いて、MPU200は、光学的ブレ補正を開始する。MPU200は、光学的ブレ補正が安定状態に引き込まれるまで待って、ステップS49に動作を移行する。 10

【0073】

ステップS49：MPU200は、可変利得アンプ115から出力される位置検出信号を情報取得する。

【0074】

ステップS50：MPU200は、ブレ補正光学系の位置検出信号を像面上のスケールに換算することにより、ブレ補正光学系による結像位置のシフト量である変位 3 を求める。この変位 3 は、結像位置のシフトの向きに応じて正負の符号を持つ。

【0075】

ステップS51：MPU200は、撮像素子150から次回の撮像画像が出力されるまで、ステップS49, S50を繰り返し実行する。その結果、撮像画像のコマ間における変位 3 が求まる。 20

一方、撮像素子150から次回の撮像画像が出力されると、MPU200は、ステップS52に動作を移行する。

【0076】

ステップS52：MPU200は、動きベクトル検出部160から撮像画像のコマ間変位である画像動きベクトルを情報取得する。

【0077】

ステップS53：MPU200は、この動きベクトルの位置検出信号と同じ方向の成分を像面上のスケールに換算し、残存ブレの変位 2 を求める。この変位 2 は、残存ブレの移動方向に応じて正負の符号を持つ。 30

【0078】

ステップS54：ここでは、上述したステップS47において角速度データのゲイン 1 が既に調整済みである。したがって、正確なゲインをもつ角速度データから計算される目標駆動位置も調整済みの値となる。

ここで、撮像画像の残存ブレは変位 2 を示す。したがって、理想的には (2 + 3) の像シフトを起こすように、ブレ補正光学系の位置制御をしなければならない。

【0079】

一方、光学的ブレ補正により、位置検出信号と目標駆動位置が一致するように制御される。そのことから、目標駆動位置を像面上に換算すれば、変位 3 とほぼ等しい値になる。この目標駆動位置の値は、上述したように調整済みであるため、調整によって変更できない。 40

【0080】

以上のことから、理想的な像面変位 (2 + 3) の像シフトを起こすブレ補正光学系の位置において、変位 3 に相当する位置検出信号を出力すればよい。そこで、可変利得アンプ115のゲイン 2 (位置検出信号のゲイン 2) を下式により調整する。

調整後の 2 = 調整前の 2 × 3 / (2 + 3)

【0081】

このような調整により、位置検出信号のゲイン調整が完了する。

特に、この調整では、画像動き信号を絶対基準にして、振動検出信号 (ここでは角速度 50

)のゲイン、位置検出信号のゲインをそれぞれ適切に順序立てて調整することが可能になる。

【0082】

さらに、この調整では、計算により調整値が特定できるため、調整が極めて短時間に完了する。また、調整手順の後半は、光学的ブレ補正を実施しながら調整することができる。したがって、実際の撮影中に調整モードとして実施すれば、ユーザーに意識させないほどの短時間に調整が済んでしまう。すなわち、第2の実施形態は、実際の撮影中に実施する調整モードとして、非常に優れた調整モードである。

【0083】**[実施形態の補足事項]**

なお、上述した実施形態では、撮像素子の撮像画像に基づいて画像動きベクトルを生成している。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、カメラシステムの分割測光機構や焦点検出機構や測色機構やファインダ機構などで光電変換を行って、撮像画像を生成してもよい。この種の撮像画像から画像動きベクトルを生成することによって、『銀塩カメラ』や『一眼レフタイプの電子カメラ』において本発明を実施することができる。

【0084】

さらに、カメラ側に秒間1～8コマ以上程度の連写性能があれば、ゲイン調整に必要なサンプリング間隔の画像動き信号を得ることもできる。したがって、連写しながら光学的ブレ補正を継続実施するタイプのカメラに本発明を適用することもできる。

【0085】

また、複数種類のコマ間隔について画像動き信号を検出し、その検出結果を調整指標として使用してもよい。この検出結果からは、広帯域の像面ブレを特定できる。したがって、この検出結果を調整指標とすることにより、光学的ブレ補正の制御特性を広帯域にわたって良好に調整することが可能になる。

【0086】

さらに、上述した実施形態において、撮影レンズ190aとカメラシステム190とを一体に構成してもよい。また、撮影レンズ190aとカメラシステム190とを着脱自在に構成してもよい。なお、撮影レンズ190aとカメラシステム190とを着脱する場合は、画像動き信号を生成するブロックを、撮影レンズ190aおよびカメラシステム190のどちらに設置してもよい。例えば、画像動き信号を生成するブロックをカメラシステム190側に設置し、画像動き信号を基準値と同一スケールに換算するブロックを撮影レンズ190a側に設置するなどの態様が可能である。

【0087】

また、上述した実施形態では、振動検出信号として角速度を検出している。しかしながら、本発明は、角速度の検出に限定されず、被写体像の結像位置の変位を推定可能な振動成分を検出すればよい。例えば、カメラシステムに作用する加速度や、角加速度や、遠心力や、慣性力などを振動検出信号として検出すればよい。

【0088】

なお、上述した実施形態において、調整精度を高めるため、撮影レンズ190aやカメラシステム190に偏心おもりを持つモータなどの振動発生機構を設けて、振動を強制的に与えてもよい。

【0089】

また、上述した実施形態では、本発明をゲイン調整に適用しているが、これに限定されない。一般的に、光学的ブレ補正の制御特性の調整全般に本発明を適用することができる。

【産業上の利用可能性】**【0090】**

以上説明したように、本発明は、光学的ブレ補正機能を有する光学機器などに利用可能な技術である。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0091】

【図1】本発明に係るブロック図である。

【図2】光学的ブレ補正の制御動作を示す流れ図である。

【図3】画像動きベクトルの計算手順を示す流れ図である。

【図4】別のゲイン調整モードの動作を説明する流れ図である。

【符号の説明】

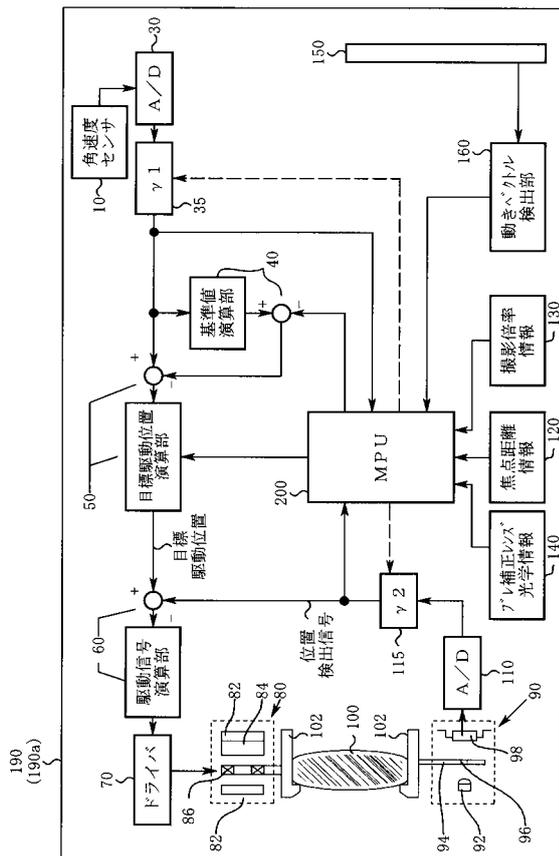
【0092】

- 10 角速度センサ
- 20 増幅部
- 30 A/D変換部
- 35 可変利得アンプ
- 40 基準値演算部
- 50 目標駆動位置演算部
- 60 駆動信号演算部
- 70 ドライバ
- 80 駆動機構
- 90 位置検出部
- 115 可変利得アンプ
- 150 撮像素子
- 160 動きベクトル検出部
- 190 カメラシステム
- 190a 撮影レンズ
- 200 MPU

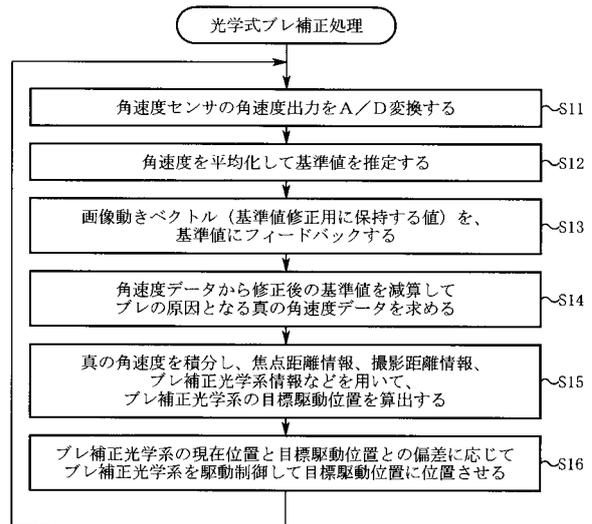
10

20

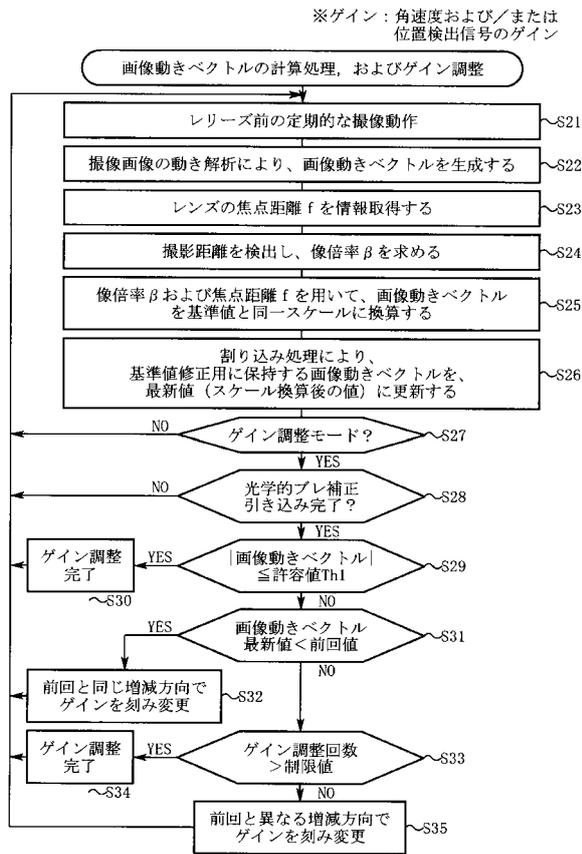
【図1】



【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】

