

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5241700号
(P5241700)

(45) 発行日 平成25年7月17日 (2013. 7. 17)

(24) 登録日 平成25年4月12日 (2013. 4. 12)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 2 B 13/00 (2006. 01)		GO 2 B	13/00
HO 4 N 5/225 (2006. 01)		HO 4 N	5/225 D
HO 4 N 5/232 (2006. 01)		HO 4 N	5/232 Z

請求項の数 23 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2009-501859 (P2009-501859)	(73) 特許権者	510248718
(86) (22) 出願日	平成18年3月29日 (2006. 3. 29)		デジタルオプティクス・コーポレイシ ン・ヨーロッパ・リミテッド
(65) 公表番号	特表2009-531723 (P2009-531723A)		アイルランド国 ゴールウェイ、バリーブ リット、パークモア イースト ビジネス パーク、ビルディング ワン、クリオナ
(43) 公表日	平成21年9月3日 (2009. 9. 3)	(74) 代理人	100099623
(86) 国際出願番号	PCT/EP2006/002861		弁理士 奥山 尚一
(87) 国際公開番号	W02007/110097	(74) 代理人	100096769
(87) 国際公開日	平成19年10月4日 (2007. 10. 4)		弁理士 有原 幸一
審査請求日	平成21年3月26日 (2009. 3. 26)	(74) 代理人	100107319
			弁理士 松島 鉄男
		(74) 代理人	100114591
			弁理士 河村 英文

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画質が改良された撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

検出面を有する電子的画像検出器であって、該電子的画像検出器の前記検出面が所定のサイズの画素を含む電子的画像検出器と、

視野内の被写体を前記検出面に投影する光学投影系と、
を備え、

前記光学投影系が、投影像が前記視野の中心領域で拡大され前記視野の境界領域で圧縮されるような歪んだ形で前記被写体を投影するように構成され、

前記視野の前記境界領域における前記光学投影系の点広がり関数が、前記画像検出器の対応する画素のサイズより大きく前記画像検出器の対応する画素のサイズの3倍未満の半値全幅を有し、

前記視野の前記中心領域における前記光学投影系の点広がり関数が前記画像検出器の対応する画素のサイズより小さい半値全幅を有する、

撮像装置。

【請求項 2】

前記光学投影系が、前記視野の前記境界領域における前記光学投影系の点広がり関数が前記画像検出器の対応する画素のサイズの1倍より大きく、1.2倍までの半値全幅を有するように構成されている、請求項1に記載の撮像装置。

【請求項 3】

前記視野の前記中心領域における前記投影像の光学倍率が前記視野の前記境界領域にお

ける前記投影像の光学倍率より、2倍と6倍の間で大きくなるように、前記光学投影系が前記投影像の前記中心領域を拡大するように構成されている、請求項1または2のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項4】

前記視野の任意の部分的なエリアにおける前記点広がり関数が前記部分的なエリアが投影される前記画像検出器の対応する画素のサイズの1倍より大きく、1.2倍までの半値全幅を有するよう前記視野の前記部分的なエリアの局所的な倍率が選択されるように前記光学投影系が構成されている、請求項1～3のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項5】

前記画像検出器から得られた電子情報を操作する計算ユニットをさらに備える、請求項1～4のいずれか一項に記載の撮像装置。

10

【請求項6】

前記画像検出器が、前記投影像の異なるカラー成分をそれぞれ検出するために所定のカラーのレンジに感応する3個以上のサブピクセルを含む画素を有し、

前記計算ユニットが各サブピクセルから別々にデータを計算するように構成されている、請求項5に記載の撮像装置。

【請求項7】

前記計算ユニットが色収差に起因した画像誤差を補正するように構成されている、請求項6に記載の撮像装置。

【請求項8】

20

前記計算ユニットが前記光学投影系によって持ち込まれた検出画像の歪みを計算によって補正するように構成されている、請求項5に記載の撮像装置。

【請求項9】

前記光学投影系が、投影像の歪が直交する軸に沿って分離可能なように投影するように構成されている、請求項8に記載の撮像装置。

【請求項10】

前記計算ユニットが、前記投影像の前記中心領域に対応するデータを計算によって圧縮し、前記投影像の前記境界領域に対応するデータを圧縮しないアルゴリズムを含む、請求項5に記載の撮像装置。

【請求項11】

30

前記計算ユニットが、前記投影像の前記中心領域から、ズームされた歪みのない部分画像をクロップし計算するように構成されている、請求項5に記載の撮像装置。

【請求項12】

前記計算ユニットが行う前記画像検出器から得られる電子情報の操作は、前記投影像のそれぞれの一部に対応している別々の情報パッケージに対して別々に行われる、請求項5に記載の撮像装置。

【請求項13】

前記光学投影系が射出成形により形成されたプラスチック製またはガラス製の少なくとも1枚のレンズを含む、請求項1～4のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項14】

40

前記画像検出器の前記画素が前記検出面の全体に亘って均一なサイズを有する、請求項1～4のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項15】

500mm³未満の体積を有する、請求項1～4のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項16】

前記光学投影系が、1～3枚のレンズを備える、請求項1～4のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項17】

前記光学投影系が固定焦点距離を有する、請求項1～4のいずれか一項に記載の撮像装置。

50

【請求項 18】

記憶ユニットをさらに含み、前記画像検出器から取得された電子情報が前記記憶ユニットに記憶されている、請求項 1 ~ 4のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項 19】

前記光学投影系が放射対称の歪み付きで視野内の被写体を前記検出面に投影するように構成されている、請求項 1 ~ 4のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項 20】

前記光学投影系が、前記検出器の前記検出面に投影される前記視野と前記検出器の前記検出面とが同じ形状を有するように構成されている、請求項 1 ~ 4のいずれか一項に記載の撮像装置。

10

【請求項 21】

請求項 1 ~ 4のいずれか一項に記載の撮像装置が組み込まれている携帯電話機。

【請求項 22】

請求項 1 ~ 4のいずれか一項に記載の撮像装置が組み込まれている携帯型コンピュータ

【請求項 23】

請求項 1 ~ 4のいずれか一項に記載の撮像装置が組み込まれているウェブカメラ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像装置、特に、電子装置のための画質が改良された撮像装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

近年、撮像装置は、カメラ、携帯電話機、ウェブカメラ、および、ノートパソコンのような携帯用装置および非携帯用装置で広く用いられている。これらの撮像装置は、従来通りに、CCD又はCMOSセンサのような電子的画像検出器と、視野内の被写体を検出器に投影するレンズ系と、検出器によって供給された電子データを受信し記憶する電子回路とを含む。

【0003】

解像度および光学ズームはこのような撮像装置の2個の重要な性能パラメータである。

30

【0004】

撮像装置の解像度は、撮像装置が被写体面内の2個の点光源を区別することができるように、これらの点光源が取り得る最小距離を指す。解像度は、回折収差のために、各光学系が点光源を、点としてではなく、ある特定の光強度分布を有する所定の幅の円板として投影することに依存する。点光源に対する光学系の応答は点広がり関数(PSF)として知られている。

【0005】

撮像装置の全体的な解像度は、主として、2個の成分、すなわち、光学投影系の光学解像度と検出器の解像度のうちの小さい方に依存する。

【0006】

本明細書では、光学投影系の光学解像度は、光学投影系のPSFの半値全幅(FWHM)として定義されるべきである。すなわち、2個の点光源の投影の光強度分布のピーク値は、撮像装置が2個の点光源を区別することができるように、少なくともPSFのFWHMによって隔てられるべきである。しかし、解像度は、PSFに応じた異なる値、例えば、半値全幅の70%として定義することも可能である。この光学解像度の定義は、検出器の感度および検出器から受信された信号の評価に依存することがある。

40

【0007】

検出器の解像度は、本明細書では、検出器の2個の隣接するセンサ画素のピッチ(すなわち、真ん中から真ん中までの間の距離)として定義される。

【0008】

50

光学ズームはズームされていない像より良い解像度で元の像の視野の一部を撮影する撮像装置の能力を示す。本明細書では、従来の撮像装置において、全体的な解像度が通常は検出器の解像度によって制限されること、すなわち、PSFのFWHMが2個の近接するセンサ画素間の距離より小さくなり得ることが仮定されている。したがって、撮像装置の解像度は、部分的な視野を選択し、この部分的な視野に対する光学投影系の倍率を増加させることによって増加させられる。

【0009】

例えば、2倍の光学ズームは、1倍の光学ズームと比べると、画像検出器の全センサ画素が各次元において画像の半分を撮影する状況に言及している。

【0010】

本明細書中、「光学ズーム」と「デジタルズーム」の相違点は、「デジタルズーム」の適用が単に付加的な情報が実際には与えられない信号補間に対応していることである。その点において、「光学ズーム」は、投影された部分的な画像の拡大を含み、より多くの情報およびより良い解像度を提供する。

【0011】

光学ズームを実現する従来技術は、レンズ間の距離を変更すること、および/または、レンズモジュール内の一部のレンズの焦点距離を変更することのいずれかにより構成されている。

【0012】

光学ズームを得る1つの従来方式は、光学系の倍率を効果的に変更する機械装置を用いる。この倍率の変更は、像平面の位置を制御しながら、1枚以上のレンズを機械的に移動させることにより光学投影系のレンズの距離を変更することによって達成され得る。しかし、このような従来型の撮像系は、複数枚のレンズおよびこのレンズ系を駆動する制御機器を含む複雑な機械系を必要とする。機械系は大きく、重く、機械的故障の影響を受けやすく、かつ、高価である。

【0013】

代替的に、光学ズームを実現するその他の従来技術は、可変焦点距離レンズに基づいている。このような実施形態では、レンズ系の個々のレンズは、電界または機械的圧力のもとで、焦点距離を変更する能力がある。これらのレンズは、典型的に、1種類以上の液体で満たされ、形状、したがって、レンズの焦点距離を変更する能力がある。このような解決策は、典型的に、固定焦点距離系と比べると、低い画質を生じる。その上、このような解決策は、多くの場合に、疲労および経年変化の影響を受ける傾向がある。

【0014】

上記の光学系は、典型的に、高電圧回路を備える可能性がある可動部品および/または特殊な駆動装置を必要とし、費用効率が高い解決策にならない。

【0015】

したがって、本発明の目的は、上記の欠点を避けるように適合されている改良された画質を有する撮像装置を提供することである。

【0016】

特に、小型サイズを有し、可動部品が全くないか、または、僅かの可動部品を有し、同じ視野を有する従来型の撮像装置と比べると増加した解像度を提供することが可能である撮像装置を提供することが目的である。

【発明の開示】

【0017】

本発明は、例えば、携帯電話機のための撮像装置として従来から使用されている簡単なトリプレットタイプのようなイメージャにおいて、PSFが入射角の関数であるという事実認定に基づいている。このことは撮影画像の全体で不均一な解像度の効果をもたらす。すなわち、最大到達可能解像度が像平面内での位置の関数である。この効果は、例えば、焦点ぼけのような空間解像度を制限するいかなる他の効果より優位である。

【0018】

10

20

30

40

50

検出器のセンサ画素は、検出器の検出面に投影された被写体の像をサンプリングし、被写体の像のデジタル画像を形成する。典型的に、画素寸法は像の中心における光学投影系の点広がり関数の幅に匹敵する。従来型の撮像装置では、上記の解像度の入射角への依存性のために、像の境界でのPSFは像の中心でのPSFより広い。したがって、従来型の装置では、一般的に像の境界領域でオーバーサンプリングが起こる。すなわち、例えば、2個以上のセンサ画素は、区別可能な光学情報を提供しない程度に、境界領域内の単一の被写体点のPSFのエリアに設けられる。換言すると、センサ画素は、サンプリング定理によって要求されるレートより高いレートで画像信号をサンプリングする。

【0019】

第1の態様によれば、本発明は、検出面を有する電子的画像検出器と、視野内の被写体を検出面に投影する光学投影系と、場合によっては、画像検出器から得られた電子情報を操作する計算ユニットと、を備え、投影系が、投影像が視野の中心領域で拡大され、視野の境界領域で圧縮されるような歪んだ形で被写体を投影するように適合されている、撮像装置を提供する。

【0020】

電子的画像検出器は、電子的画像検出器の検出面に投影された光学情報を電気信号に変換する能力がある検出器であればよい。実施例はCCDまたはCMOS検出器である。検出器は、電気信号を順次または並列に、信号を処理する計算ユニットまたは信号を記憶するメモリへ供給するために1本以上の出力線を有することができる。

【0021】

計算ユニットはどのような電子回路でもよい。例えば、計算ユニットは集積チップ装置でもよい。本明細書において後で詳述されるように、計算ユニットは、高品質の歪みのない画像を得るため、または、ズームされた部分画像を提供するため、検出器によって受信された信号を処理するように適合されていることがある。

【0022】

光学投影系は、例えば、光学レンズ、または、ミラー、プリズムなどの反射面のような1個以上の光学要素を含む。光学要素は被写体を含む所定の視野が画像検出器の検出面に投影され得るように配置されている。

【0023】

光学投影系は固定焦点でもよいことに注意を要する。すなわち、光学投影系の光学倍率は外部操作によって変更され得ない。特に、焦点を合わせるため光学投影系に設けられている部品を移動させる必要がない。一般に、系に動的な性質は存在しないが(すなわち、経時変化が存在しないが)、倍率を決定する実効焦点距離(EFL)は、センサ面全域における場所の関数として変化する。EFLは中心で大きく、境界で小さい。倍率は画像の全域で変化し、歪みの原因になる。

【0024】

本発明の撮像系は、投影系が映像化されるべき被写体を歪んだ形で投影するように適合されている点で従来技術の系と異なる。視野の中心は拡大されるか、または、引き伸ばされ、一方、視野の周辺により近い境界領域は圧縮される。すなわち、投影系は、視野の中心でより大きい倍率を用い、視野の境界でより小さい倍率を用いて被写体を投影する。その結果として、検出面に投影された像は歪む。これは、通常は後処理を回避するために歪みのない投影を目指す従来型の系と対照的である。

【0025】

従来型の投影系と本発明による投影系は、どちらも同じ視野を有することに注意を要する。本発明による投影系は、主として、従来型の系と比べて、視野の全域に亘って不均一な倍率を与え、中心がより大きい倍率を有し、境界領域がより小さい倍率を有するので相違する。

【0026】

これに関連して、従来型の撮像系では、視野の境界領域にオーバーサンプリングが存在することで利点が得られる。この境界領域においてより小さい倍率を選択することにより

10

20

30

40

50

、検出面上の P S F の面積が縮小され得る。投影像に含まれている情報は、P S F の F W H M がセンサ画素のサイズより大きい限り失われない。

【 0 0 2 7 】

他方において、視野の中心においてより大きい倍率を選択することにより、この中心領域における全体的な解像度が高められ得る。このことは、従来型の撮像装置において、視野の中心で、検出面上の P S F の面積がセンサ画素サイズより小さいので、全体的な解像度を制限するという事実に起因している。

【 0 0 2 8 】

したがって、倍率が焦点距離を増加させることにより中心で変更されるとき、F 値が増加させられる。このことは解像度の最大限度が減少させられることを意味する。しかし、

10

【 0 0 2 9 】

すなわち、被写体面内の 2 個の近接する点の P S F は、F W H M によって分離され、したがって、光学的に区別できるように十分に狭くすることが可能であるが、2 個の点は、2 個の点の光学情報が電子的に分離され得ないように検出器の同じ画素に投影される。倍率を増加させることにより、検出面上の P S F の面積、および、近接する点の 2 つの P S F の間の距離が増加させられる。上記の 2 個の隣接する点は、その後、異なるセンサ画素に投影され、投影像に関する付加情報がセンサ画素によって取り出され得る。しかし、中心における倍率が P S F の面積 (F W H M) が画素サイズより大きくなる所定の限界より増加させられるならば、オーバーサンプリングが起こり、さらなる倍率の増加はより多

20

【 0 0 3 0 】

したがって、本発明の撮像装置は、同じ視野を有する従来型の撮像装置と比べると、装置の全体的な解像度は視野のいずれの部分においても減少させられていないが、中心でより高い解像度を有する歪んだ像を提供することが可能である。その結果、像は、画像検出器の解像度がより経済的に使用されるように歪んだ形で投影される。

【 0 0 3 1 】

本発明の一つの実施形態によれば、投影系は、視野の境界領域における投影系の点広がり関数が、画像検出器の対応する領域における画素のサイズの 3 倍未満、好ましくは、2 倍未満である半値全幅を有するように適合されている。好ましくは、投影系の局所的な倍率は、境界領域における P S F の F W H M が画像検出器の対応する画素のサイズに一致するように選択される。すなわち、センサ画素のサイズ S は、原則的に F W H M と同じであり、例えば、 $F W H M < 2 \times S$ 、好ましくは、 $F W H M < 1.5 \times S$ 、または、より好ましくは、 $0.8 \times S < F W H M < 1.2 \times S$ であり、最も好ましくは、 $F W H M = S$ である。

30

【 0 0 3 2 】

ところで、「画素のサイズ」は、2 個の近接する画素の、真ん中から真ん中までの間の距離として定義され得る。その点で、画素は、被写体面内の最小エリアに関する情報を受信するように適合された最小単位である。白黒検出器の場合、各画素はこのような最小エリアの光強度に関する情報を検出する。カラー検出器の場合、画素は、数個のサブピクセル、例えば、3 個以上の画素により構成されることがあり、各サブピクセルは、このような最小エリアの特定のカラーレンジ、例えば、赤、緑、および、青のスペクトルレンジのそれぞれにおける光強度に関する情報を検出するように適合されている。例えば、画素は、矩形に配置された 4 個のサブピクセルにより構成されることがある。第 1 行には緑色光スペクトルに感応するサブピクセルに近接している赤色光スペクトルに感応するサブピクセルが存在し、第 2 行には青色光スペクトルに感応するサブピクセルに近接している緑色光スペクトルに感応するサブピクセルが存在する。したがって、1 個の画素は 4 個のサブピクセルを含む。別の実施例は、検出器の異なる列が異なるカラーに感応し、例えば、ある列が赤色に感応し、別の列が緑色に感応し、別の列が青色に感応し、逆の場合もまた同様である。この場合、画素は 3 個のサブピクセルにより構成されることがあり、各サブピ

40

50

クセルが異なる色に感応する。

【0033】

本発明のさらなる実施形態では、投影系は、視野の中心領域における投影像の光学倍率が、視野の境界領域における投影像の光学倍率の2倍より大きく、好ましくは、3倍より大きく、より好ましくは、4倍より大きくなるように、投影像の中心領域を拡大するように適合されている。実際には、視野の境界領域と中心領域との間の倍率の差は6倍に達することがあり、主として同じ視野を有する歪みのない投影系の2つの領域におけるPSFの間の差（または、境界である種の情報を損失する傾向）に依存している。換言すると、対応する歪みのない系における視野の境界領域でのオーバーサンプリングが多いほど、中心と境界との間の倍率の差が大きくなる可能性がある。

10

【0034】

本発明のさらなる実施形態では、投影系は、視野のいずれか部分的なエリアにおけるPSFがこの部分的なエリアが投影される画像検出器の対応する画素のサイズに原則的に一致するFWHMを有するように、この部分的なエリアの局所的な倍率が選択されるように適合されている。このような投影系を有する撮像系では、光学解像度は検出器の解像度に最適な方式で適合させられている。

【0035】

本発明のさらなる実施形態では、計算ユニットは、画像検出器から受信されたデータから、投影された被写体の歪みのないピクチャを計算するように適合されている。画像検出器は、撮影されるべき被写体の歪みのある投影に対応するデータを生成する。これらのデータは計算ユニットへ供給される。計算ユニットは、ソフトウェアまたはハードウェアにおいて、歪みのある画像データから歪みのない画像を計算するようにプログラムされている。この目的のため、投影系によって発生させられた正確な歪みの状態は、既知であるか、推定されるか、または、測定されるべきである。

20

【0036】

例えば、歪みのある画像データからはじめて、出力画像の歪みのない画素が、例えば、ラスタ順に生成され得る。各画素は、先験的に既知であり、かつ、歪みのある画像から倍率値を決定するために使用されるある種の倍率値を有する。各画素の倍率値は、例えば、歪みを反転するアルゴリズムを使用して計算され得る。あるいは、倍率値は、例えば、テストピクチャを使用し、原ピクチャをピクチャの歪みのある投影と比べることにより事前に実験的に決定され、次に、ルックアップテーブルとしてメモリに記憶され、歪みのない画像を計算するとき倍率値がメモリから取り出され得る。

30

【0037】

信号補間は歪み補正された画像の品質を改良するため使用され得る。例えば、歪みのある画像中の画素の中心は、対応する歪みのない画素の中心に正確に一致しないので、近接する画素の値が補間された画素値を計算するために使用され得る。補間のタイプは双一次補間もしくは三次補間でもよく、または、他のどのタイプでもよい。

【0038】

本発明のさらなる実施形態では、画像検出器は、各タイプが投影像の異なるカラー成分をそれぞれ検出するために所定のカラーのレンジに感応する様々なタイプのサブピクセルを含む画素を有する。その点で、計算ユニットは、様々なタイプのサブピクセルから別々にデータを計算するように適合されている。換言すると、検出器は、各画素が異なるカラーに感応するサブピクセルを備えるカラー検出器である。例えば、赤色に感応するRサブピクセル、青色に感応するBサブピクセル、および、緑色に感応するGサブピクセルが設けられている。このようなカラー検出器の場合、投影系の歪みが通常では様々な色に対して異なること、すなわち、いわゆる色収差を発生させることが一般に知られている効果を考慮することにより歪みのない画像を計算することが好都合である。

40

【0039】

したがって、本発明の一つのさらなる実施形態では、計算ユニットは色収差に起因した画像誤差を補正するように適合されている。

50

【0040】

本発明のさらなる実施形態によれば、光学投影系は、投影像の歪みがx方向とx方向に垂直なy方向とに分離可能である歪んだ形で投影するように適合されている。したがって、計算ユニットは、x方向とx方向に垂直なy方向とに分離可能な形で検出された画像の歪みを計算によって補正する変換アルゴリズムを含むことが可能である。このような分離可能な変換は、撮影された画像の歪みを補正するプロセスを簡略化し、かつ、加速することが可能である。

【0041】

本発明のさらなる実施形態によれば、歪みのない画像を計算する間に、計算ユニットは、投影像の中心領域に対応するデータを計算によって圧縮し、投影像の境界領域に対応するデータを圧縮しないアルゴリズムを含む。換言すると、投影像の歪みを計算によって反転する間に、投影エリアの境界領域は、拡大された中心領域より大きく投影系によって既に光学的に圧縮されていることが考慮されている。したがって、画像エリア全体に亘って同じ倍率を有する歪みのない画像を取得するためには、境界が既に光学的に圧縮されている程度まで中心領域を計算によって圧縮すれば足りる。

10

【0042】

本発明のさらなる実施形態によれば、計算ユニットは、投影像の中心領域から、ズームされた歪みのない部分画像をクロップし計算するように適合されている。この目的のため、検出器によって取得された投影像が投影像の境界領域より中心領域で高い解像度を有するという事実をうまく利用する。視野全体の通常のピクチャでは、中心領域は計算によって圧縮されている。しかし、中心に近接している画像の一部分のズームされた部分画像が取得されるべきであるならば、この部分画像の取得は、単に部分画像をクロップし、所望のズームおよび部分画像の歪みの程度に応じて部分画像を少し圧縮するか、または、全く圧縮しないことにより行われ得る。換言すると、ズームされていない画像に関して、画像は、全画素情報がズームされた画像を記述するため使用されるように、拡大されクロップされる。

20

【0043】

したがって、本発明の撮像装置の大きな利点は、投影被写体の中心でズームされた部分画像が解像度を損失することなく取得され得ることである。従来型の固定焦点装置と比べると、ズームされた画像は「デジタルズーム」として知られている計算補間により元の画像を拡大することによって生成されない。その代わりに、元の歪みのある画像は、単に殆ど圧縮されることがなく、同時にその歪みが計算によって補正されている。したがって、仮想的な画像情報は補間によって生成されないが、高解像度歪み画像に「隠れている」現実的な情報がズームされた部分ピクチャを生成するため使用される。

30

【0044】

本発明のさらなる実施形態によれば、計算ユニットは、各パッケージが投影像の一部に対応している別個の情報パッケージのため別々に画像検出器から取得された電子情報の操作を実行するように適合されている。換言すると、画像検出器によって供給される情報は複数のパッケージに分割されている。計算ユニットは、そのとき、画像検出器によって供給された情報全体を1つの単一ステップで操作することはないが、パッケージを1つずつ操作する。2つのパッケージの操作の間に、例えば、前の操作で取得された歪みのないピクチャの情報のパッケージに対応しているデータを記憶するため使用され得る割り込みが存在する可能性がある。このような「パイプライン処理」を使用することは、歪みのない画像のデータを操作し記憶するプロセスをより柔軟にさせることが可能である。

40

【0045】

本発明のさらなる実施形態によれば、光学投影系は、射出成形により形成された少なくとも1枚のレンズを含む。例えば、樹脂材料製のこのようなレンズは、磨きガラスで作られたレンズより遙かに安価である。しかし、低コストレンズは、通常は、製造公差から生じる収差および/またはレンズ誤差に起因して品質の低下した画像を与える。本発明の撮像装置では、低下させられた画質は計算ユニットを使用して補正され得る。低コストのレ

50

レンズによって発生させられた画像誤差は、例えば、測定によって、または、計算によるシミュレーションによって先験的に既知である。投影像は、投影像の歪みを補正している間にいずれにしても計算ユニットによって操作されるので、これらの画像誤差は、付加的な複雑さまたはコストを招くことなく、同じ処理ステップにおいて明らかにされ得る。すなわち、低コストレンズに起因した画質損失は、撮像装置の計算ユニットを用いて補償され得る。

【0046】

本発明のさらなる実施形態によれば、画像検出器の画素は検出器面全体に亘って均一のサイズを有する。したがって、従来型の画像検出器が使用され得る。例えば、改良された解像度およびズーム能力を達成するため、既存の撮像系は、検出器が取り替えられる必要がない本発明による適合させられた投影系および計算ユニットによって簡単に改良され得る。したがって、標準的な検出器が本発明を具現化するため使用され得るので、コストは既存の撮像装置を改良する時または取り替える時に節約され得る。

10

【0047】

さらなる実施形態によれば、本発明の撮像装置は、 500 mm^3 未満、好ましくは、 200 mm^3 未満、より好ましくは、 100 mm^3 未満の体積を有する。このような小さい体積を有するので、撮像装置は、携帯電話機、デジタルカメラ、または、ラップトップのような携帯型装置に容易に組み込まれ得る。

【0048】

本発明のさらなる実施形態によれば、光学投影系は、4枚未満のレンズ、好ましくは、3枚未満のレンズ、より好ましくは、1枚だけのレンズを備える。枚数が削減されたレンズはより大きい収差を引き起こすが、これらの収差は、電子画像データを計算によって処理する間に明らかにされ得る。

20

【0049】

本発明のさらなる実施形態によれば、光学投影系は固定焦点距離を有する。すなわち、可動部品が含まれていない。したがって、投影系のコストは低減され、機械的移動機構部の故障の危険性が除去される。

【0050】

本発明のさらなる実施形態によれば、撮像系は記憶ユニットをさらに含み、投影された歪み画像に対応する画像検出器から取得された電子情報が記憶ユニットに記憶される。投影された歪み画像に対応する情報を記憶することにより、情報はある程度まで権限のないアクセスから保護される。情報は、歪みのないピクチャを計算するアルゴリズムを知ることなくアクセスされ得ない。したがって、「暗号化された」情報を読む権限のない人は画像を容易に印刷または閲覧できない。

30

【0051】

例えば、使い捨てカメラでは、情報は「暗号化された」フォーマットで記憶されることがある。このような使い捨てカメラは、通常では、このカメラの独自の計算ユニットを含んでいない。その代わりに、記憶された情報は歪みのない画像を再生するために外部で処理される。このような処理は、「鍵」、すなわち、画像投影系によって持ち込まれた歪みを反転するアルゴリズムを知っている人によってのみ実行され得る。

40

【0052】

本発明のさらなる実施形態によれば、光学投影系は、視野の範囲内の被写体を放射対称の歪み付きで検出面に投影するように適合されている。

【0053】

本発明のさらなる実施形態によれば、光学投影系は、検出器の検出面に投影された視野と検出器の検出面とが同じ形状を有するように適合されている。例えば、検出器が所与のアスペクト比（高さ／幅）をもつ矩形検出面を有するならば、検出面に投影された視野は、好ましくは、矩形であり、その上、同じアスペクト比を有する。

【0054】

代替的に、光学投影系は、投影像の幾何形状が電子的画像検出器の幾何形状と一致する

50

ように、視野の範囲内の被写体を歪み付きで投影するように適合されていることがある。例えば、矩形形状の画像検出器の場合、光学投影系は、投影像が検出器の形状に一致するように、投影像を歪ませるように適合されている。このような事例では、撮像系の視野は、好ましくは、矩形形状の幾何形状を有していてもよいが、撮像系は、他のどのような幾何形状の視野を有することもまた可能である。

【 0 0 5 5 】

本発明のさらなる態様によれば、本明細書に上述されているような撮像装置を含む携帯電話機、ウェブカメラ、または、携帯型コンピュータのような携帯型電子装置が提供される。このようなアプリケーションでは、本発明の撮像装置の計算ユニットはこのような携帯型装置に設けられているプロセッサで実施され得る。あるいは、本発明の撮像装置の計算ユニットは、撮像装置のセンサを含むマイクロチップに内蔵され得る。

10

【 0 0 5 6 】

本発明のさらなる詳細および利点は、添付図面と併せて以下の本発明の好ましい実施形態の説明から当業者に明らかになる。

【 発明を実施するための最良の形態 】**【 0 0 5 7 】**

図 1 には本発明の撮像装置 1 の概略の実施例が表され、(図の左側の図示されていない) 投影される被写体から発する光線 3 が、第 1 のレンズ 7 と、絞り 9 と、絞り 9 の裏側にある第 2 のレンズ 1 1 と、第 3 のレンズ 1 3 とを備える光学投影系 5 を通過する。最後に、光線 3 は、CCD または CMOS 画像検出器 1 7 の検出面 1 5 に衝突する。

20

【 0 0 5 8 】

投影系 5 のレンズ 7、1 1、1 3 は、同じ視野の歪みのない投影像と比べて、被写体の像の中心領域が拡大され境界領域が圧縮されるように、検出器に投影されている間に被写体の像が歪むように設計された表面幾何形状を有する。レンズ 7、1 1、1 3 は、小さい入射角に対し、3 枚のレンズの構造体が望遠レンズ設計、すなわち、レンズモジュールの物理的な長さより長い実効焦点距離と類似するように設計される。大きい入射角に対し、レンズは、レトロフォト系に類似するように設計され、すなわち、実効焦点距離はレンズモジュールの物理的な長さより短い。

【 0 0 5 9 】

検出面 1 5 に投影された被写体の光は、その後、検出器 1 7 のセンサ画素によって撮影され、電気信号に変換される。これらの信号は計算ユニット 1 9 へ伝送される。計算ユニット 1 9 はメモリ 2 1 およびディスプレイユニット 2 3 と接続されている。

30

【 0 0 6 0 】

検出器 1 7 から発する信号はメモリ 2 1 に記憶され、および/または、ディスプレイユニット 2 3 に直接的に表示され得る。例えば、ビデオアプリケーションでは、信号は、通常では、メモリに記憶され、かつ、リアルタイムでスクリーンに表示される。データが記憶される場合、データの処理はデータを記憶する前後に実行されることがあり、記憶されたデータは、検出器によって撮影された歪みのある画像、または、処理された歪みのない画像のいずれかに対応する。信号の処理は、ソフトウェアによって、もしくは、専用ハードウェアによって実行され、または、例えば、使い捨て、もしくは、複用デジタルカメラの場合に撮影中でないとき実行され得る。信号処理は、パイプライン型アーキテクチャを使用して、または、パイプライン型アーキテクチャを使用することなく実行され得る。

40

【 0 0 6 1 】

記憶された画像のピクチャが後の時点で表示されるとき、画像データはメモリから読み出され得る。撮影された被写体のピクチャを表示する前に、画像データは、投影系によって持ち込まれた歪みを反転させるために計算ユニットによって計算されるべきである。様々な信号処理スキームが、検出器の解像度に一致しないかもしれないディスプレイの解像度に依存して、様々なディスプレイに適用され得る。

【 0 0 6 2 】

投影系によってもたらされる歪みを先験的に知っている当業者は、歪みのない画像を計

50

算することができるように、計算ユニットをプログラムすることが可能であることに注意を要する。

【0063】

図2aは矩形形状パターンを表している。図2bでは、図2aのパターンの表現が本発明の実施形態の光学投影系によって投影されたままの状態では、パターンが中心領域で拡大され、境界領域で圧縮されるように歪んでいる。この特定の実施例では、歪みを表現する変換は水平軸および垂直軸に分離可能である。

【0064】

図3aは等距離の環を有する円対称性のパターンを表している。図3bでは、図3aのパターンの表現が本発明の実施形態の光学投影系によって投影されたままの状態では、パターンが中心領域で拡大され、境界領域で圧縮されるように歪んでいる。

10

【0065】

図4aおよび4bは、画像センサによって供給された信号から歪みのない画像を計算するため使用され得る、図2bで使用された変換に類似した分離可能な変換の典型的な変換関数を表している。光学投影系によって与えられた投影歪み関数が、シミュレーションによって、または、測定を行うことによって、既知であるとき、このような変換関数は、例えば、多項式近似によって、投影歪み関数の逆数として導出され得る。したがって、投影された歪みのある画像内の画素の位置 x_d から、歪みのない画像内のこの画素の位置 x_n が図3aに表された変換関数を使用して計算され得る。同じことは、図3bの変換関数が使用され得る y 座標に当てはまる。

20

【0066】

したがって、分離可能な変換を使用することは、必要とされる処理を実行する1次元演算子を実施するため、変換関数を小さい1次元配列に記憶するため、そして、高速処理アルゴリズムのため有利である。X-Y分離可能な座標歪みは、歪みのある画像を補正するため必要とされる処理を適用した後に、歪みのある画像を捕捉する矩形変換配列を矩形形状の歪みのない画像に変換するので、さらに有利である。

【0067】

あるいは、(例えば、図3bに表されているように)放射対称の歪みを伴う光学投影系を使用するとき、中心からの画素の半径方向距離だけに依存する変換関数が使用され得る。その点で、極座標が歪みのない画像の座標を計算するため使用され得る。

30

【0068】

図5は、従来型の撮像系(実線A)と本発明の実施形態による撮像系(破線B)に対する画像の境界領域および中心領域におけるPSFを表現する概略説明図である。x軸上で、画素のサイズは概略的に表現されている。

【0069】

従来型の系では、PSFのFWHMはピクセルサイズより大きく、オーバーサンプリングが境界領域で起こることがわかる。中心では、PSFのFWHMは画素サイズより小さいので、光学情報が浪費される。これに対して、本発明の実施形態による撮像系のPSFのFWHMは、中心領域と境界領域の両方で画素のサイズに匹敵し得る。最適な事例では、オーバーサンプリングが起こらず、光学情報は浪費されない。

40

【0070】

要約すると、本発明に関して、以下の点に注意を要する。一般に、光学的な幾何学的歪みは、(オプティクス特性、および、オプティクスと共に用いられる収差特性によって制限される)光学解像度を、デジタル検出器アレイの画素によって導入されるデジタル解像度に一致させる。幾何学的歪みは所望の最大ズーム値に応じて選択される。それにもかかわらず、画像は画像の中心で引き伸ばされるので、画像は同じ視野を保つために境界で縮む。この縮小の効果は、境界での画質が標準的な撮像装置の画質に匹敵するように実施され得る。このことは、空間解像度が画像内の位置に依存するために可能である。

【0071】

50

図6は、本発明の典型的な実施形態においてこの現象を概略的に表現している。y軸は、標準（実線a）および本発明による撮像装置（実線b）の実効解像度、すなわち、2個の点光源が（単一の点光源として見えるのではなく）区別可能である2個の点光源の間の最小距離の逆数 d （1mm当たりのライン数の単位）を表している。x軸は、被写体の中心から被写体面上の点までの被写体面での距離を表している。本実施例では、標準的な装置の実効焦点距離は4mmであると仮定され、F値（ $F/\#$ ）は3であると仮定され、レンズモジュールの視野は約 $\pm 30^\circ$ であり、レンズモジュールからの被写体の距離は400mmであると仮定されている。解像度曲線は被写体面（すなわち、レンズモジュールから400mm離れたところ）での解像度を表している。例えば、2メガピクセル撮像装置では、以下の仮定を考慮してy軸に値を割り当てることが可能である。

10

【0072】

1. 回折限界は約 $1.5\mu\text{m}$ （ $\lambda \times F/\#$ ）である。
2. 標準的な大量生産されたトリプレット撮像装置の（センサ面での）PSFのFWHMは、画像の中心部で回折限界の約33%、すなわち、約 $4.5\mu\text{m}$ に達し得る。
3. 画像の縁で別の約50%の解像度劣化が存在し、すなわち、（センサ面での）縁における解像度が約 $9.0\mu\text{m}$ である。

【0073】

すなわち、画素が $9.0\mu\text{m}$ より小さいときはいつも、標準的な撮像装置が利用される時、画像の縁にオーバーサンプリングが存在する。さらに、画素が $4.5\mu\text{m}$ より大きいときはいつも、標準的なイメージャのCMOSセンサは画像中心で画像情報全体を捕捉しない。したがって、例えば、 $4.5\mu\text{m}$ のCMOSセンサ（または様々なカラーを検出する $2.2\mu\text{m}$ の画素）を使用することが依然として好ましい。

20

【0074】

これらの条件下で、標準的なイメージャ（実線a）および本発明による提案されたイメージャ（実線b）の（被写体面で測定された）1mm当たりのライン数の単位での実効解像度逆数 d が図6に与えられている。図中、x軸は被写体の中心から被写体上の別の点までの距離 x を表し、 $x = 230\text{mm}$ の場合、視野角は約 30° であり、被写体の境界に対応している。本実施形態では、本発明の撮像装置の解像度は、画像の中心で従来型の撮像装置の解像度の約2倍であり、画像の境界で従来型の装置の解像度と同程度であることがわかる。

30

【0075】

図6における実線bは、提案された光学系の非線形倍率曲線を考慮しているので、中心に高い解像度を提供することに注意をすることが重要である。本実施形態のPSFの幅は撮像装置全体に亘ってほとんど一定であり、 $4.5\mu\text{m}$ に等しい。このことは、センサ画素をより効率的に利用することを可能にさせる。様々な倍率値は被写体の全域に様々な解像度値を生じさせる。

【0076】

上記の説明において、様々な倍率、解像度などは、投影面の境界領域または中心領域に関して常に記載されていることに注意を要する。しかし、当業者が容易に認識するように、これらの2つの領域の間に突然の遷移は存在しないが、上記のパラメータは境界から中心まで連続的に変化する。

40

【0077】

図7には、 $\pm 30^\circ$ の標準的な視野に関して、中心で画像を拡大し、境界で画像を圧縮する放射歪みを生じさせる本発明による典型的な光学設計が与えられている。全ての光学面の球面係数および非球面係数と絞りとが、レンズが作られている材料と共に、以下の通り与えられている。

【0078】

【表 1】

表面データ

表面	半径	厚さ	媒体	屈折率	V ナンバー
0		無限	無限 空気		
1	2.18431 O	0.72193	BK10	1.49782	66.95 ショット
2	-13.45090 O	0.60470	空気		
APS		無限	空気		
4	-2.51855 O	0.37974	GLM-NdVd	1.82364S	23.16
5	-5.69831 O	0.85729	空気		
6	4.07431 O	1.30406	ピックアップ	1.49782P	66.95
7	3.27945 O	1.22632	空気		
8		無限	空気		
IMG		無限			

10

【 0 0 7 9 】

【表 2】

特別な表面データ

第 1 番目の表面--円錐+パワーシリーズ 非球面					
G1	0.012681(R**2)	G3	-0.011721(R**4)	G6	-0.020081(R**6)
G10	1.000000E-11(R**8)				
円錐定数(CC)		-1.692041			
半主軸(b)		-3.156326	半主軸(a)		-2.625717
第 2 番目の表面--円錐+パワーシリーズ 非球面					
G1	0.125679(R**2)	G3	-0.070979(R**4)	G6	0.001758(R**6)
G10	1.000000E-11(R**8)				
円錐定数(CC)		51.703471			
半主軸(b)		-0.255218	半主軸(a)		1.852814
第 4 番目の表面--円錐+パワーシリーズ 非球面					
G1	0.214030(R**2)	G3	0.071936(R**4)	G6	-0.052975(R**6)
G10	1.000000E-11(R**8)				
円錐定数(CC)		4.121475			
半主軸(b)		-0.491762	半主軸(a)		1.112892
第 5 番目の表面--円錐+パワーシリーズ 非球面					
G1	0.037959(R**2)	G3	0.057576(R**4)	G6	-0.043016(R**6)
G10	1.000000E-11(R**8)				
円錐定数(CC)		14.212248			
半主軸(b)		-0.374587	半主軸(a)		1.460996
第 6 番目の表面--円錐+パワーシリーズ 非球面					
G1	-0.172504(R**2)	G3	-0.036871(R**4)	G6	0.005550(R**6)
G10	1.000000E-11(R**8)				
円錐定数(CC)		-0.092289			
半主軸(b)		4.488549	半主軸(a)		4.276415
第 7 番目の表面--円錐+パワーシリーズ 非球面					
G1	0.040726(R**2)	G3	-0.048180(R**4)	G6	-0.004017(R**6)
G10	1.000000E-11(R**8)				
円錐定数(CC)		-37.594416			
半主軸(b)		-0.089616	半主軸(a)		-0.542117

50

【 0 0 8 0 】

【表 3】

表面	R-半非球面
1	1.3808
2	1.2536
3	0.5500
4	1.0715
5	1.3162
6	1.8825
7	2.2152
8	2.2005
9	2.2005

10

【 0 0 8 1 】

上記の説明は、単に典型例であり、請求項に定義されている本発明の範囲を限定しない。さらに、本願と同一の発明者によって部分的になされた発明に関する米国特許第 5, 909, 312号および第 6, 343, 307 B 1号に含まれている完全な開示内容は当然に参照によって本明細書に組み込まれるものとする。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 2 】

20

【図 1】本発明による撮像装置の実施形態を概略的に表している。

【図 2 a】X座標およびY座標に分離可能であり、本発明の実施形態で使用され得る矩形歪みパターンの実施例を表している。

【図 2 b】X座標およびY座標に分離可能であり、本発明の実施形態で使用され得る矩形歪みパターンの実施例を表している。

【図 3 a】本発明の実施形態で使用され得る円対称性をもつ歪みパターンの実施例を表している。

【図 3 b】本発明の実施形態で使用され得る円対称性をもつ歪みパターンの実施例を表している。

【図 4 a】本発明の実施形態による撮像装置の光学投影系を設計し計算ユニットをプログラミングするため使用され得る、図 2 bに示された変換に類似した、分離可能なX-Y変換の曲線を表わしている。

30

【図 4 b】本発明の実施形態による撮像装置の光学投影系を設計し計算ユニットをプログラミングするため使用され得る、図 2 bに示された変換に類似した、分離可能なX-Y変換の曲線を表わしている。

【図 5】従来型撮像系および本発明の実施形態による撮像装置に関して画像の境界領域と中心とにおけるPSFを表現する概略説明図である。

【図 6】本発明による撮像系と比較して従来型の撮像系に関して、実効解像度逆数と比較した被写体の中心からの距離を説明するグラフを表している。

【図 7】標準的なイメージャと比較して、中心で画像拡大を行い境界で画像圧縮を行う本発明の典型的な光学設計を表している。

40

【図1】

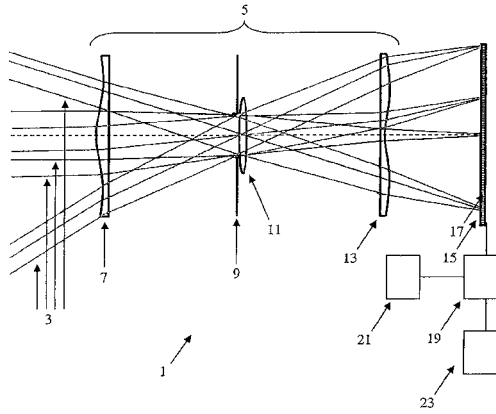


Fig. 1

【図3】

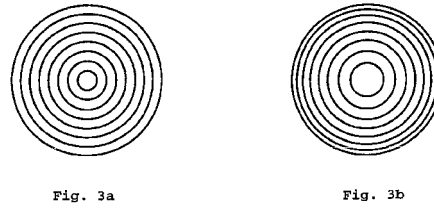


Fig. 3a

Fig. 3b

【図2】

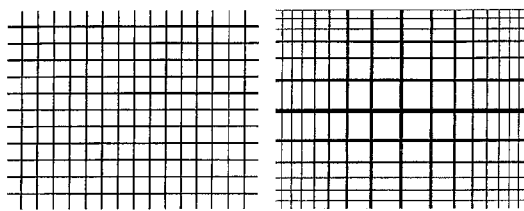


Fig. 2a

Fig. 2b

【図4】

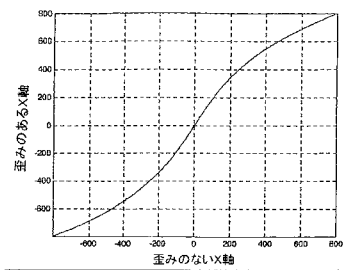


Fig. 4a

【図5】

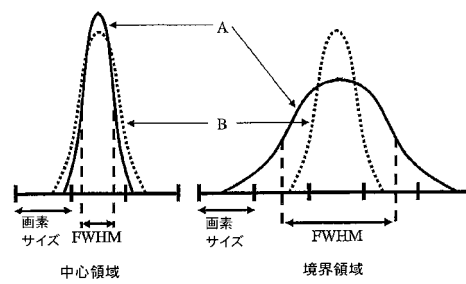


Fig. 5

【図6】

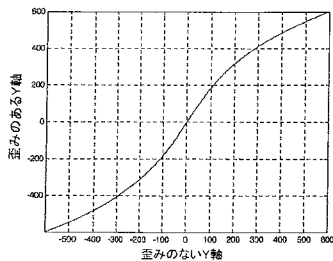


Fig. 4b

【図6】

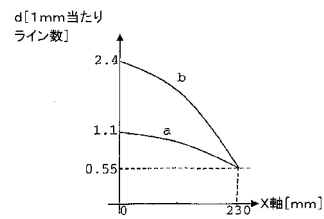


Fig. 6

【 7 】

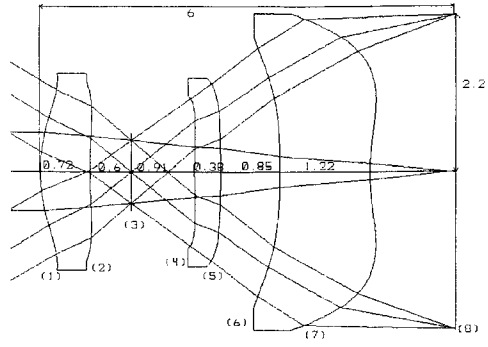


Fig. 7

 フロントページの続き

- (74)代理人 100118407
 弁理士 吉田 尚美
- (74)代理人 100125380
 弁理士 中村 綾子
- (74)代理人 100125036
 弁理士 深川 英里
- (74)代理人 100142996
 弁理士 森本 聡二
- (74)代理人 100154298
 弁理士 角田 恭子
- (74)代理人 100162330
 弁理士 広瀬 幹規
- (72)発明者 シャブテイ, ガル
 イスラエル国, 6 9 5 8 3 テル アヴィヴ, シュニッツァー・ストリート 4
- (72)発明者 ゴールデンバーグ, エフレイム
 イスラエル国, 7 7 2 2 1 アシュドッド, ノルダウ・ストリート 5 / 4 1

審査官 森内 正明

- (56)参考文献 特開平10-233950(JP,A)
 特開2004-64795(JP,A)
 特開2005-10521(JP,A)
 特開2004-264287(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 0 2 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 0 2 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4
H 0 4 N	5 / 2 2 2	-	5 / 2 5 7