

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5367094号
(P5367094)

(45) 発行日 平成25年12月11日(2013.12.11)

(24) 登録日 平成25年9月20日(2013.9.20)

(51) Int. Cl.		F I			
HO4N	5/225	(2006.01)	HO4N	5/225	Z
GO2B	7/28	(2006.01)	GO2B	7/11	Z
GO3B	7/08	(2006.01)	GO3B	7/08	

請求項の数 8 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2011-545075 (P2011-545075)	(73) 特許権者	000005821
(86) (22) 出願日	平成22年12月3日(2010.12.3)		パナソニック株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/007058		大阪府門真市大字門真1006番地
(87) 国際公開番号	W02011/070755	(74) 代理人	100109210
(87) 国際公開日	平成23年6月16日(2011.6.16)		弁理士 新居 広守
審査請求日	平成25年4月12日(2013.4.12)	(72) 発明者	河村 岳
(31) 優先権主張番号	特願2009-277638 (P2009-277638)		日本国大阪府門真市大字門真1006番地
(32) 優先日	平成21年12月7日(2009.12.7)		パナソニック株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		審査官 藤原 敬利
		(56) 参考文献	特開平10-257373(JP,A)
			特開平09-083858(JP,A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置及びその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像装置であって、
 撮像素子と、
 前記撮像素子に対して結像及び集光を行うレンズと、
 前記撮像素子と前記レンズとの距離である像面側距離を変位させることにより、当該撮像装置の被写体側の合焦位置を変位させる変位制御部と、
 撮像シーンに基づいて露光時間を決定する露光時間決定部と、
 前記露光時間の長さの露光期間の間に、前記合焦位置が、予め定められた合焦範囲の一方端から他方端へ移動するように、前記露光期間を含むフレーム期間における、前記変位制御部による前記像面側距離の変位パターンを決定する変位パターン決定部とを備え、
 前記変位パターン決定部は、
 前記フレーム期間に含まれる加速期間の間、前記像面側距離の変位速度が速度ゼロから増加し、
 前記フレーム期間に含まれる、前記加速期間の後の等速期間の間、前記像面側距離が等速で変位し、
 前記フレーム期間に含まれる前記等速期間の後の減速期間の間、前記像面側距離の変位速度が速度ゼロまで減少するように、
 前記変位パターンを決定し、
 前記加速期間及び前記減速期間の各々の長さは、前記フレーム期間の長さの1/10以

10

20

上である

撮像装置。

【請求項 2】

前記加速期間及び前記減速期間の各々の長さは、前記フレーム期間の長さの $1/4$ 以下である

請求項 1 記載の撮像装置。

【請求項 3】

前記変位パターン決定部は、

前記加速期間の間、前記像面側距離の変位速度が一定の加速度で増加し、

前記減速期間の間、前記像面側距離の変位速度が一定の減速度で減少するように、

前記変位パターンを決定する

請求項 1 又は 2 記載の撮像装置。

10

【請求項 4】

前記フレーム期間は、前記露光期間と、前記露光期間より前の第 1 非露光期間と、前記露光期間より後の第 2 非露光期間とを含み、

前記加速期間の少なくとも一部は、前記第 1 非露光期間に含まれ、

前記減速期間の少なくとも一部は、前記第 2 非露光期間に含まれる

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 5】

前記変位制御部は、前記レンズの位置を移動させることにより前記像面側距離を変位させる

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

20

【請求項 6】

前記変位制御部は、前記撮像素子の位置を移動させることにより前記像面側距離を変位させる

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 7】

前記撮像装置は、さらに、

復元用 P S F (Point Spread Function) を予め記憶しておく P S F 記憶部と、

前記撮像素子により生成された撮像データに対して、前記復元用 P S F を用いて画像復元処理を行う画像復元処理部と、

前記画像復元処理部にて復元された復元画像を記録する撮像データ記録部とを備える

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

30

【請求項 8】

撮像素子と、前記撮像素子に対して結像及び集光を行うレンズとを備える撮像装置の制御方法であって、

前記撮像素子と前記レンズとの距離である像面側距離を変位させることにより、当該撮像装置の被写体側の合焦位置を変化させる変位制御ステップと、

撮像シーンに基づいて露光時間を決定する露光時間決定ステップと、

前記露光時間の長さの露光期間の間に、前記合焦位置が、予め定められた合焦範囲の一方端から他方端へ移動するように、前記露光期間を含むフレーム期間における、前記変位制御ステップにおける前記像面側距離の変位パターンを決定する変位パターン決定ステップとを含み、

変位パターン決定ステップでは、

前記フレーム期間に含まれる加速期間の間、前記像面側距離の変位速度を速度ゼロから増加し、

前記フレーム期間に含まれる、前記加速期間の後の等速期間の間、前記像面側距離を等速で変位し、

前記フレーム期間に含まれる前記等速期間の後の減速期間の間、前記像面側距離の変位

40

50

速度を速度ゼロまで減少するように、

前記像面側距離の変位パターンを決定し、

前記加速期間及び前記減速期間の各々は、前記フレーム期間の1/10以上の期間である

撮像装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像装置及びその制御方法に関し、特に、露光期間において合焦位置を変化させる撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に被写界深度拡張（以下、EDOFと称する）を実現する方式としては、主に以下の3つの方式が挙げられる。1つ目の方式は、位相板と呼ばれる光学素子を光学系に挿入することで深度方向のボケを均一化する。そして、当該方式は、得られた画像に対して、予め測定されたボケパターン、又はシミュレーションにより算出されたボケパターンを用いて画像復元処理を行う。これにより、当該方式は、EDOF画像を生成する。この方式は、Wavefront Coding（以下、WFCと称する）と称されている（非特許文献1参照）。

【0003】

2つ目の方式は、絞り形状を工夫することで画像の部分領域ごとに高精度な距離測定を行う。そして、当該方式は、各部分領域に対して、予め測定しておいたそれぞれの距離に応じたボケパターンを用いて画像復元処理を行う。これにより、当該方式は、EDOF画像を生成する。この方式は、Coded Aperture（以下、CAと称する）と称されている（非特許文献2参照）。

【0004】

3つ目の方式は、露光時間中にフォーカスレンズ又は撮像素子を動かすことで、深度方向に一律に合焦した画像を畳み込む（つまり各深度でボケを均一化することと同義）。そして、当該方式は、得られた画像に対して、予め測定されたボケパターン、又はシミュレーションにより算出されたボケパターンを用いて画像復元処理を行う。これにより、当該方式は、EDOF画像を生成する。この方式は、Flexible DOF（以下、F-DOFと称する）と称されている（非特許文献3）。

【0005】

上記の他にも、レンズの軸上色収差を利用して深度推定又は画像のシャープネス検知を行うとともに、画像処理により全体が鮮鋭な画像を生成する方式（非特許文献4）、及び、多重焦点レンズを使って深度方向のボケを均一化し、予め測定したボケパターン、又はシミュレーションにより算出されたボケパターンを用いて画像復元処理を行う方式（非特許文献5）などもある。しかし、これらの方式は原理上、上記3つの方式と比べてEDOF効果が小さいという欠点がある。

【0006】

さらに、Focal Stackと呼ばれる方式も古くから存在する。この方式は、合焦位置（フォーカス位置）の異なる複数枚の画像を撮影し、合焦していると思われる領域をそれぞれの画像から抽出する。そして、当該方式は、抽出した画像を合成することで、EDOF画像を生成する。この方式の場合、多くの撮像枚数を必要とするため、撮像に比較的時間を要するという問題と、メモリ量を多く消費してしまうという問題とがある。

【0007】

前述における3方式のうち1つ目のWFCでは、様々な位相板の種類が提案されている。その中でも、最もEDOF効果の得られるものとして、Cubic Phase Mask（以下、CPMと称する）、及びFree-Form Phase Mask（以下、FPMと称する）がある。復元後の画質（アーティファクトの少なさ）の観点からFPM

10

20

30

40

50

Mが有力とされている（非特許文献6）。しかしながら、WFC共通の欠点として、位相板を挿入することで、レンズの光軸外の特性が悪化するという性質がある（非特許文献7）。具体的には、正面からの入射光と比べ、正面以外からの入射光に対して、同じだけのボケ均一効果が得られない。これにより、画像復元時に軸上のボケパターンで復元処理を行うと、復元後の光軸外の画質が劣化してしまう。

【0008】

前述における3方式のうち2つ目のCAは、変わった絞り形状を用いることで距離測定精度を高める。この方式そのものがもつこのような特性により、撮影された画像及び復元処理後に得られる画像の特定周波数成分が失われてしまう。つまり、この方式は、画質劣化してしまうという欠点がある。また、この方式は、一般的に絞り形状に関わらず通常の撮影方法よりも光量が減るため、暗い場所での撮影に向かない。

10

【0009】

前述における3方式のうち3つ目のF-DOFは、この中で最も良好な画質が得られる方式であり、EDOF効果も高い。また、軸外特性もレンズ特性そのものに依存するため、性能を高めやすい。ただし光学的な条件として、露光中に合焦位置を動かしても、同一被写体が同一の画像位置上に畳み込まれる必要があることから、像側テレセントリックレンズを用いる必要がある。

【0010】

上記EDOF技術の応用先として、最も古い歴史があるのは顕微鏡用途である。本用途の場合、静物体をじっくり撮影することができることから、Focal Stack方式が古くから採用されてきた。ただしこの方式の場合、前述のとおり手間と時間を要することから、F-DOF方式のアイデアも合わせて、いくつかの文献に開示されてきている（特許文献1～4）。F-DOFを顕微鏡用途で用いる方法として、露光中に被写体である試料側を動かす場合と、レンズ鏡筒を動かす場合とが開示されている。なお露光後の画像復元処理を前提とする場合、像のボケが常に均一になるように動かし方を制御すれば、単一のボケパターンを使った画像復元処理方法が適用できるため合理的であることが知られている（特許文献5）。そのためには、動かす対象が撮像素子の場合、これを等速度で動かす必要がある。またフォーカスレンズを動かす場合も、撮像面が等速度で動くのに相当するフォーカス変位を行う必要がある（非特許文献3）。動かすパターンとしては、奥側合焦端位置から手前側合焦端位置まで、又はその逆でもよいことが知られている。

20

30

【0011】

EDOF技術のその他の応用先として、近年、携帯電話などに搭載されるカメラが挙げられる。EDOF技術を当該カメラに用いることで、当該カメラの小型化を実現できる。すなわちEDOF効果により、オートフォーカス機構を持つことなく、全焦点画像（全ての被写体に焦点が合っている画像）を得ることができるからである。

【0012】

本応用先の観点からは、上記方式のうちF-DOFそのものはフォーカスレンズ又は撮像素子を動かす機構が必要になるので採用されておらず、WFC又は軸上色収差を使った方式などが採用されている。

【0013】

さらにもう1つの応用先としては、通常のデジタルスチルカメラ、及びデジタルビデオカメラが考えられる。これらデジタルスチルカメラ及びデジタルビデオカメラの近年のトレンドとして、より簡単にかつ失敗の少ない撮影が求められている。EDOF技術は全焦点画像、すなわち合焦ミスからの開放という効果が期待できる。本応用先の観点からは、高画質であること、EDOF効果の大きさ、合焦範囲の任意変更が可能なこと、通常のオートフォーカス機構を応用することで実現可能なこと（特別な光学系を用意しなくてすむこと）、及びEDOF撮影と通常撮影との切り替えが容易なこと、などから、上記方式のうち最も優れているのはF-DOFである。

40

【0014】

F-DOFを実現するのに必要な構成を、図1及び図2を用いて説明する。図1は露光

50

期間中にフォーカスレンズを変位させる場合の撮像装置500の構成を示している。図1に示す撮像装置500は、撮像素子1と、レンズ2と、シャッター3と、フォーカスレンズ変位制御部4と、シャッター開閉指示部5と、レリーズ受付部6と、フォーカスレンズ初期位置検出部7と、露光時間決定部8と、フォーカスレンズ位置初期化部18と、同期管理部10と、画像復元処理部11と、PSF記憶部12と、撮像データ記録部13とを備える。また、レンズ2は、フォーカスレンズ20とその他のレンズ群により構成される。

【0015】

レリーズ受付部6がユーザから露光開始指示を受け付けると、フォーカスレンズ初期位置検出部7は、フォーカスレンズ20のそのときの位置（初期位置）を検出する。検出後、フォーカスレンズ位置初期化部18は、フォーカスレンズ20の位置を所定の端位置、例えば最近端又は最遠端へ変位させる。ここで所定の合焦範囲のうち撮像装置500を基準に最も撮像装置500に近い距離を最近端とし、最も撮像装置500より遠い距離を最遠端とする。

10

【0016】

フォーカスレンズ20の初期化作業と同時に、露光時間決定部8は、シャッター速度及び絞り値などの撮影パラメータを決定する。上記の作業終了後すみやかに、同期管理部10は、露光開始の指示をフォーカスレンズ変位制御部4とシャッター開閉指示部5とへ出す。同時にフォーカスレンズ変位制御部4へは、同期管理部10は、フォーカスレンズ位置初期化部18で初期化されたフォーカスレンズ20の端位置に基づき、端位置が最近端であれば最近端から最遠端へ、端位置が最遠端であれば最遠端から最近端へ、露光期間内にフォーカスレンズ20を変位させるよう指示を出す。

20

【0017】

図3は、露光前のフォーカスレンズ20の位置の初期化と露光中の撮像素子面における焦点位置（像面側距離）の変位との様子を示す図である。なおその変位速度は、撮像素子面で等速に合焦位置が変位するよう、フォーカスレンズ20に対して変位制御指示が出されるものとする。図4に示すように、被写体、レンズ、撮像素子それぞれの間の距離をu、v、焦点距離をfとすると、一般的にレンズの公式より、下記（式1）の関係が成り立つ。

【0018】

【数1】

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (\text{式1})$$

30

【0019】

また、レンズが複数枚存在するときは、レンズ主点位置で考慮する。一例として、fが18[mm]のときのuとvとの関係を図5に示す。フォーカスレンズ20が変位することで、レンズ主点と撮像素子間の距離である像面側距離vが変位する。ここで、撮像素子面で等速に合焦位置が変位するよう、フォーカスレンズ20に対して変位制御指示すると、この像面側距離vの変化速度が一定であることを意味する。なお、図5に示すように、像面側距離vが等速度で変位しても、被写体側の焦点面とレンズ主点との間の距離である被写体距離uが等速度で変位するわけではない。また図3の縦軸は像面側距離vである。つまり、露光時間と被写体距離uとの関係は、露光時間と像面側距離vとの関係に対して、大小が逆の関係になることに注意が必要である。すなわち、被写体距離側での最近端及び最遠端は、像面側に対して大小が入れ替わることになる。

40

【0020】

50

図2は露光時間中撮像素子を変位させる場合の撮像装置501の構成を示す図である。図2に示す撮像装置501は、撮像素子1と、シャッター3と、シャッター開閉指示部5と、レリーズ受付部6と、露光時間決定部8と、画像復元処理部11と、PSF記憶部12と、撮像データ記録部13と、撮像素子初期位置検出部14と、同期管理部16と、撮像素子変位制御部17と、撮像素子位置初期化部19とを備える。なお、図1と同様の要素には同一の符号を付しており、重複する説明は省略する。

【0021】

レリーズ受付部6がユーザから露光開始指示を受け付けると、撮像素子初期位置検出部14は、撮像素子1のそのときの位置(初期位置)を検出する。検出後、撮像素子位置初期化部19は、撮像素子1の位置を所定の端位置、例えば最近端又は最遠端へ変位させる。撮像素子1の初期化作業と同時に、露光時間決定部8は、シャッター速度及び絞り値などの撮影パラメータを決定する。上記の作業終了後すみやかに、同期管理部16は、露光開始の指示を、撮像素子変位制御部17及びシャッター開閉指示部5へ出す。同時に撮像素子変位制御部17へは、同期管理部16は、撮像素子位置初期化部19で初期化された撮像素子1の端位置に基づき、端位置が最近端であれば最近端から最遠端へ、端位置が最遠端であれば最遠端から最近端へ、露光時間内に撮像素子1を変位させるよう指示を出す。なお撮像素子1の変位速度は等速とする。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0022】

【特許文献1】西独国特許第2301800号明細書(ドイツ特許:出願1973/1/15)

【特許文献2】特公平5-27084号公報

【特許文献3】特許第3191928号公報

【特許文献4】米国特許出願公開第2008/0013941号明細書

【特許文献5】特許第3084130号公報

【非特許文献】

【0023】

【非特許文献1】E. R. Dowski and W. T. Cathey, "Extended depth of field through wave-front coding", Applied Optics, Vol. 34, No. 11, P. 1859-1866 (1995)

【非特許文献2】A. Levin, R. Fergus, F. Durand and W. T. Freeman, "Image and Depth from a Conventional Camera with a Coded Aperture", ACM Transactions on Graphics, Vol. 26, No. 3, Article 70, 70-1 - 70-9 (2007)

【非特許文献3】H. Nagahara, S. Kuthirummal, C. Zhou and S. Nayar, "Flexible Depth of Field Photography", European Conference on Computer Vision (ECCV), Oct. 16th, Morning Session 2: Computational Photography (2008)

【非特許文献4】C. Tisse, H. P. Nguyen, R. Tesieres, M. Pyanet and F. Guichard, "Extended Depth-of-field (EDOF) using sharpness transport across colour channels", Optical Engineering+Applications, Part of SPIE Optics+Photonics, Session 1 - Imaging in the Optical Design Process: Depth of Field (2008)

【非特許文献5】W. Chi and N. George, "Computational

10

20

30

40

50

l imaging with the logarithmic asphere : theory ” , Optical Society of America , Vol . 20 , No . 12 , December (2003)

【非特許文献6】Y . Takahashi and S . Komatsu , “ Optimized free - form phase mask for extension of depth of field in wavefront - coded imaging ” , Optical Society of America , Optics Letters , Vol . 33 , No . 13 , July 1 , (2008)

【非特許文献7】高橋康久 , 尾花亮 , 小松進一 , 「ウェイブフロント・コーディング用最適化位相板 軸外の被写界深度拡張効果 」 , Optics & Photonics Japan 2007 (日本光学会年次学術講演会) , 予稿集 , P . 464 - 465 (27pC2) , (2007)

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0024】

このように、デジタルスチルカメラ及びデジタルビデオカメラ用途としては、様々なEDOF方式がある中でF - DOF方式が有力である。また、動画撮影の際は、1コマ1コマの間にタイムラグが発生することなく連続撮影することが求められる。よって、動画撮影中は図6に示すように往復変位を実施するとともに、往路と復路とをそれぞれ1ビデオフレームずつ交互に割り振ることで、EDOF動画撮影が可能であることが知られている。

20

【0025】

しかしながら、図6のような撮像素子の変位パターン又はフォーカスレンズの変位パターンは、最近端部及び最遠端部での鋭角的な折り返しを含んでいるので、実現可能性が低い。このような鋭角的な折り返しを実現するためには、撮像素子又はフォーカスレンズの駆動部に対して、瞬間的に大きなトルクを発生させる必要がある。機器の小型化及び省電力化の観点から、このような大きなトルクを発生させる変位制御は、持ち運び可能なデジタルスチルカメラ及びデジタルビデオカメラにおいて、現実的とはいえない。また駆動部の消耗も激しくなり、品質面からも許容されないことが多い。

【0026】

さらに図3及び図6の変位で得られる画像の鮮鋭度について議論する。図7は通常撮影時の被写界深度、すなわち合焦範囲を模式的に示したものであり、スルーフォーカス特性と呼ばれる。縦軸が鮮鋭度(画像のシャープさ)を表しており、一般的にはMTF (Modulation Transfer Function) などで表現されることが多い。横軸は像面側距離である。また、横軸を、図5に示した関係に基づき大小反転しスケールリングしなおすと被写体距離になる。露光中の変位を伴わない通常撮影の場合、一般的にある被写体距離に焦点を合わせていると、その部分が最も鮮鋭となり、前後の被写体距離にあるものは、その合焦位置から離れていくにつれて、鮮鋭さが失われる。

30

【0027】

図8は、図3のように露光中等速度で変位を行った場合のスルーフォーカス特性を模式的に示したものである。点線は、図7の模式図で表現した通常撮影時のスルーフォーカス特性をそれぞれ最遠端から最近端へ変位させた様子を表している。また、実線は、変位の結果得られるスルーフォーカス特性を示している。この実線のスルーフォーカス特性は、点線の積分によって得られることが、例えば非特許文献3などに示されている。この模式図によると、像面側距離を最遠端から最近端へ変位させた場合、その端部において、中心部よりもその鮮鋭度がやや劣ることがわかる。これは、以下の理由により起こる現象である。中心部においてはその場所で合焦する点線と、その前後で合焦する点線との和が得られる。これに対して、端部においては変位が打ち切られることにより、その場所で合焦する点線と、片側の前又は後で合焦する点線との和しか得られない。このため図6に示す従来の変位方法では、最遠端及び最近端で復元される被写体位置の画質が、その中心部で復

40

50

元される画質と比較して、劣化してしまうという問題も内包している。

【0028】

本発明は、上記従来課題を解決するもので、F - D O Fにおいて、最遠端及び最近端における復元画質の劣化を抑制できる撮像装置及びその制御方法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】

【0029】

上記の課題を解決するために、本発明の一形態に係る撮像装置は、撮像装置であって、撮像素子と、前記撮像素子に対して結像及び集光を行うレンズと、前記撮像素子と前記レンズとの距離である像面側距離を変位させることにより、当該撮像装置の被写体側の合焦位置を変位させる変位制御部と、撮像シーンに基づいて露光時間を決定する露光時間決定部と、前記露光時間の長さの露光期間の間に、前記合焦位置が、予め定められた合焦範囲の一方端から他方端へ移動するように、前記露光期間を含むフレーム期間における、前記変位制御部による前記像面側距離の変位パターンを決定する変位パターン決定部とを備え、前記変位パターン決定部は、前記フレーム期間に含まれる加速期間の間、前記像面側距離の変位速度が速度ゼロから増加し、前記フレーム期間に含まれる、前記加速期間の後の等速期間の間、前記像面側距離が等速で変位し、前記フレーム期間に含まれる前記等速期間の後の減速期間の間、前記像面側距離の変位速度が速度ゼロまで減少するように、前記変位パターンを決定し、前記加速期間及び前記減速期間の各々の長さは、前記フレーム期間の長さの1 / 10以上である。

【0030】

この構成によれば、本発明の一形態に係る撮像装置は、F - D O F方式において、あるフレーム期間の露光期間とその次のフレーム期間の露光期間との間、鋭角的に像面側距離を変位する必要がない。さらに、本発明の一形態に係る撮像装置は、合焦範囲の最遠端及び最近端（一方端及び他方端）での画像鮮鋭度を、中間領域の鮮鋭度に近づけることができる。このように、本発明の一形態に係る撮像装置は、F - D O Fにおいて、最遠端及び最近端での復元画質の劣化を抑制できる。これにより、本発明の一形態に係る撮像装置は、合焦範囲内の画像の鮮鋭さを均一化することができるため、高画質なE D O F画像を生成できる。

【0031】

また、前記加速期間及び前記減速期間の各々の長さは、前記フレーム期間の長さの1 / 4以下であってもよい。

【0032】

この構成によれば、本発明の一形態に係る撮像装置は、中心部での復元画質の低下を抑制できる。

【0033】

また、前記変位パターン決定部は、前記加速期間の間、前記像面側距離の変位速度が一定の加速度で増加し、前記減速期間の間、前記像面側距離の変位速度が一定の減速度で減少するように、前記変位パターンを決定してもよい。

【0034】

この構成によれば、本発明の一形態に係る撮像装置は、変位パターンに従った、合正位置を変位させる機構を容易に実現できる。

【0035】

また、前記フレーム期間は、前記露光期間と、前記露光期間より前の第1非露光期間と、前記露光期間より後の第2非露光期間とを含み、前記加速期間の少なくとも一部は、前記第1非露光期間に含まれ、前記減速期間の少なくとも一部は、前記第2非露光期間に含まれてもよい。

【0036】

この構成によれば、本発明の一形態に係る撮像装置は、合焦範囲内において、等しいE D O F復元処理画質を得ることができる。

【 0 0 3 7 】

また、前記変位制御部は、前記レンズの位置を移動させることにより前記像面側距離を変位させてもよい。

【 0 0 3 8 】

この構成によれば、本発明の一形態に係る撮像装置では、F - D O F方式においても、あるフレーム期間の露光期間とその次のフレーム期間の露光期間との間、鋭角的にフォーカスレンズを変位する必要がない。

【 0 0 3 9 】

また、前記変位制御部は、前記撮像素子の位置を移動させることにより前記像面側距離を変位させてもよい。

10

【 0 0 4 0 】

この構成によれば、本発明の一形態に係る撮像装置では、撮像素子を変位させることで、合焦位置を変位できる。

【 0 0 4 1 】

また、前記撮像装置は、さらに、復元用P S F (P o i n t S p r e a d F u n c t i o n) を予め記憶しておくP S F記憶部と、前記撮像素子により生成された撮像データに対して、前記復元用P S Fを用いて画像復元処理を行う画像復元処理部と、前記画像復元処理部にて復元された復元画像を記録する撮像データ記録部とを備えてもよい。

【 0 0 4 2 】

なお、本発明は、このような撮像装置として実現できるだけでなく、撮像装置に含まれる特徴的な手段をステップとする撮像装置の制御方法として実現したり、そのような特徴的なステップをコンピュータに実行させるプログラムとして実現したりすることもできる。そして、そのようなプログラムは、C D - R O M等の非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体、及びインターネット等の伝送媒体を介して流通させることができるのは言うまでもない。

20

【 0 0 4 3 】

さらに、本発明は、このような撮像装置の機能の一部を実現する半導体集積回路 (L S I) として実現できる。

【発明の効果】

【 0 0 4 4 】

以上より、本発明は、F - D O Fにおいて、最遠端及び最近端における復元画質の劣化を抑制できる撮像装置及びその制御方法を提供できる。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 5 】

【図1】図1は、従来の撮像装置のブロック図である。

【図2】図2は、従来の撮像装置のブロック図である。

【図3】図3は、従来の撮像装置における変位パターンの一例を示す図である。

【図4】図4は、被写体距離と像面側距離との位置関係を示す図である。

【図5】図5は、被写体距離と像面側距離との関係の一例を示すグラフである。

【図6】図6は、従来の撮像装置による動画撮影時における変位パターンの一例を示す図である。

40

【図7】図7は、一般的なレンズ構成で得られるスルーフォーカス特性を示す図である。

【図8】図8は、従来のF - D O F変位で得られるスルーフォーカス特性を示す図である。

【図9】図9は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置のブロック図である。

【図10】図10は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置のブロック図である。

【図11】図11は、本発明の実施の形態1に係る変位パターンの一例を示す図である。

【図12】図12は、本発明の実施の形態1に係る変位速度の一例を示す図である。

【図13】図13は、本発明の実施の形態1に係るスルーフォーカス特性を示す図である。

50

【図 1 4 A】図 1 4 A は、本発明の実施の形態 1 に係る加速 / 減速時間と要求加速度との関係を示す図である。

【図 1 4 B】図 1 4 B は、本発明の実施の形態 1 に係る加速 / 減速時間と中心部における変位速度との関係を示す図である。

【図 1 5 A】図 1 5 A は、本発明の実施の形態 1 に係る、合焦範囲の端部における復元処理後の M T F を示す図である。

【図 1 5 B】図 1 5 B は、本発明の実施の形態 1 に係る、合焦範囲の端部における復元処理後の M T F を示す図である。

【図 1 5 C】図 1 5 C は、本発明の実施の形態 1 に係る、合焦範囲の端部における復元処理後の M T F を示す図である。

【図 1 5 D】図 1 5 D は、本発明の実施の形態 1 に係る、合焦範囲の端部における復元処理後の M T F を示す図である。

【図 1 6 A】図 1 6 A は、本発明の実施の形態 1 に係る、合焦範囲の中心部における復元処理前の M T F を示す図である。

【図 1 6 B】図 1 6 B は、本発明の実施の形態 1 に係る、合焦範囲の中心部における復元処理前の M T F を示す図である。

【図 1 6 C】図 1 6 C は、本発明の実施の形態 1 に係る、合焦範囲の中心部における復元処理前の M T F を示す図である。

【図 1 6 D】図 1 6 D は、本発明の実施の形態 1 に係る、合焦範囲の中心部における復元処理前の M T F を示す図である。

【図 1 7】図 1 7 は、本発明の実施の形態 1 に係る、変位パターンの変形例を示す図である。

【図 1 8】図 1 8 は、本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置による撮像動作のフローチャートである。

【図 1 9】図 1 9 は、本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置の変形例のブロック図である。

【図 2 0】図 2 0 は、本発明の実施の形態 2 に係る撮像装置のブロック図である。

【図 2 1】図 2 1 は、本発明の実施の形態 2 に係る撮像装置の変形例のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 4 6】

以下、本発明の各実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0 0 4 7】

(実施の形態 1)

本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置は、F - D O F 方式において、合焦範囲の端部で像面側距離の変位速度を減速又は加速する。これにより、本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置は、合焦範囲の端部において、鋭角的に像面側距離を変位する必要がない。さらに、本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置は、合焦範囲の端部での画像鮮鋭度を、中間領域の鮮鋭度に近づけることができる。このように、本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置は、F - D O F において、最遠端及び最近端における復元画質の劣化を抑制できる。

【0 0 4 8】

本発明の実施の形態 1 における撮像装置について、図 9 ~ 図 1 9 を参照しながら説明する。

【0 0 4 9】

まず、本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置の概略構成を説明する。

【0 0 5 0】

図 9 は、本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置 1 0 0 の概略構成を示す図である。

【0 0 5 1】

図 9 に示す撮像装置 1 0 0 は、露光時間決定部 8 と、変位パターン決定部 2 1 と、変位制御部 2 2 と、撮像素子 1 と、レンズ 2 とを備える。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

レンズ 2 は、撮像素子 1 に対して結像及び集光を行う。

【 0 0 5 3 】

変位制御部 2 2 は、撮像素子 1 とレンズ 2 との相対距離（像面側距離 v ）を変位させることにより、撮像装置 1 0 0 の被写体側の合焦位置（被写体距離 u ）を変位させる。なお、以下では、被写体側の合焦位置を単に合焦位置とも記す。

【 0 0 5 4 】

露光時間決定部 8 は、撮像シーンに基づいて露光時間を決定する。

【 0 0 5 5 】

図 1 0 は、本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置 1 0 0 の詳細な構成を示す図である。図 1 0 に示すように、撮像装置 1 0 0 は、撮像素子 1 と、レンズ 2 と、シャッター 3 と、フォーカスレンズ変位制御部 4 A と、シャッター開閉指示部 5 と、レリーズ受付部 6 と、フォーカスレンズ初期位置検出部 7 と、露光時間決定部 8 と、フォーカスレンズ変位パターン決定部 9 と、同期管理部 1 0 A と、画像復元処理部 1 1 と、P S F 記憶部 1 2 と、撮像データ記録部 1 3 と、フォーカスレンズ位置初期化部 1 8 とを備える。

10

【 0 0 5 6 】

フォーカスレンズ変位制御部 4 A は、図 9 に示す変位制御部 2 2 の具体例である。このフォーカスレンズ変位制御部 4 A は、フォーカスレンズ 2 0 の位置を移動させることにより合焦位置を変位させる。

【 0 0 5 7 】

また、フォーカスレンズ変位パターン決定部 9 は、図 9 に示す変位パターン決定部 2 1 の具体例である。

20

【 0 0 5 8 】

シャッター 3 は、撮像素子 1 への露光の開始及び終了を物理的に行う。シャッター開閉指示部 5 は、シャッター 3 の開閉を指示する。

【 0 0 5 9 】

シャッター 3 が開状態のとき、レンズ 2 により撮像素子 1 に被写体の光学像が結像されると、結像した光学像は、撮像素子 1 によって電気信号に変換される。なお通常、光学像結像の際、所望の被写体に対して合焦させるため、レンズ 2 はフォーカスレンズ 2 0 とその他のレンズ群により構成される。なお、フォーカスレンズ 2 0 は、複数枚のレンズで構成されていてもよい。このフォーカスレンズ 2 0 は、他のレンズ群に対する相対的な位置を変位可能であり、当該相対的な位置を変位することにより合焦位置を変位させる。

30

【 0 0 6 0 】

レリーズ受付部 6 はユーザから、露光開始指示（シャッターを切る指示）を受け付ける。

【 0 0 6 1 】

フォーカスレンズ初期位置検出部 7 は、レリーズ受付部 6 がユーザから露光開始指示を受け付けると、フォーカスレンズ 2 0 のそのときの位置（初期位置）を検出する。

【 0 0 6 2 】

フォーカスレンズ位置初期化部 1 8 は、フォーカスレンズ初期位置検出部 7 により初期位置が検出された後、当該初期位置に基づき、フォーカスレンズ 2 0 の位置を初期化する。具体的には、フォーカスレンズ位置初期化部 1 8 は、フォーカスレンズ 2 0 の位置を所定の端位置、例えば最近端又は最遠端へ変位させる。ここで所定の合焦範囲のうち撮像装置 1 0 0 を基準に最も撮像装置 1 0 0 に近い距離を最近端とし、最も撮像装置 1 0 0 より遠い距離を最遠端とする。

40

【 0 0 6 3 】

また、露光時間決定部 8 は、レリーズ受付部 6 がシャッターを切る指示を受け付けると、ただちに撮像シーンに基づいて露光時間を決定する。さらに、フォーカスレンズ 2 0 の初期化作業と同時に、露光時間決定部 8 は、シャッター速度及び絞り値などの撮影パラメータを決定する。

50

【 0 0 6 4 】

フォーカスレンズ変位パターン決定部 9 は、フォーカスレンズ位置初期化部 1 8 にてフォーカスレンズ位置の初期化終了後、露光時間決定部 8 で決定された露光時間の長さの露光期間の間に、合焦位置が、予め定められた合焦範囲の一方端から他方端へ移動するように、露光期間を含むフレーム期間における、変位制御部 2 2 による、フォーカスレンズ 2 0 と撮像素子 1 との相対距離の変位パターン、つまり像面側距離 v の変位パターンを決定する。例えば、フォーカスレンズ変位パターン決定部 9 は、図 1 1 に示すような変位パターンを決定する。

【 0 0 6 5 】

ここで、フレーム期間とは、動画撮影における 1 ビデオフレーム期間、又は、静止画連続撮影時の連射要求速度に基づく 1 枚の静止画の撮影時間である。

10

【 0 0 6 6 】

また、フォーカスレンズ変位パターン決定部 9 は、像面側距離 v の変位パターン決定後、この変位パターンに準じるフォーカスレンズ 2 0 の変位パターンを決定し、同期管理部 1 0 A へその変位パターンを通知する。そして同期管理部 1 0 A は、その変位パターンに基づき、フォーカスレンズ変位制御部 4 A 及びシャッター開閉指示部 5 に対し、露光開始及び終了時の同期管理を行う。

【 0 0 6 7 】

具体的には、同期管理部 1 0 A は、フォーカスレンズ変位パターン決定部 9 によりフォーカスレンズ 2 0 の変位パターンが決定され、かつ露光時間決定部 8 にて露光時間が決定されたことを検知すると、すみやかに、露光開始の指示をフォーカスレンズ変位制御部 4 A 及びシャッター開閉指示部 5 へ出す。

20

【 0 0 6 8 】

シャッター開閉指示部 5 は、露光開始指示が出されるとすぐに、シャッター 3 が開くよう制御を行う。また露光時間経過後、同期管理部 1 0 A は、フォーカスレンズ変位制御部 4 A へフォーカスレンズ 2 0 の変位終了を指示すると同時に、シャッター開閉指示部 5 へ露光終了を指示する。シャッター開閉指示部 5 は露光終了指示が出されるとすぐに、シャッター 3 が閉まるよう制御を行う。

【 0 0 6 9 】

上記手順にて撮像素子 1 に被写体の光学像を結像すると、結像した光学像は、撮像素子 1 によって電気信号である画像信号に変換され、変換された画像信号が画像復元処理部 1 1 へ移される。同時に同期管理部 1 0 A より画像復元処理部 1 1 へ、露光が終了したと F - D O F によるフォーカス変位の撮影が行われたことが通知される。

30

【 0 0 7 0 】

P S F 記憶部 1 2 は、画像信号を復元するための復元用 P S F (P o i n t S p r e a d F u n c t i o n) を予め記憶している。

【 0 0 7 1 】

画像復元処理部 1 1 は画像信号を受領後、P S F 記憶部 1 2 に記憶されている復元用 P S F を読み込み、当該復元用 P S F を用いて、画像信号に画像復元処理を行う。具体的には、P S F 記憶部 1 2 は、予め測定された、又はシミュレーションで求められた、フォーカス変位によるボケパターンを復元用 P S F として保持しておく。また画像復元の方法は、W i e n e r F i l t e r、L u c y - R i c h a r d s o n などの様々な手法が知られているが、どの手法を用いてもよい。

40

【 0 0 7 2 】

撮像データ記録部 1 3 は、復元された画像信号を撮像データとして記録する。

【 0 0 7 3 】

以下、フォーカスレンズ変位パターン決定部 9 により決定される変位パターンについて詳細に説明する。

【 0 0 7 4 】

図 1 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る像面側距離 v の変位パターンの一例を示す図で

50

ある。また、図 1 2 は、この場合の像面側距離 v の変位速度を示す図である。

【 0 0 7 5 】

図 1 1 及び図 1 2 に示すように、変位パターンにおいて、例えば動画撮影であれば、最遠端から最近端へ変位するまでの時間は、1 ビデオフレーム期間（1 フレーム期間）の露光時間と同一である。

【 0 0 7 6 】

また、図 1 1 及び図 1 2 に示すように、1 フレーム期間は、加速期間と、その後の等速期間と、その後の減速期間とを含む。

【 0 0 7 7 】

加速期間の間、像面側距離 v の変位速度が速度ゼロから一定の加速度で増加する。また、等速期間の間、像面側距離 v が等速で変位する。そして、減速期間の間、像面側距離 v の変位速度が、最近端で速度ゼロとなるよう一定の減速度で減少する。このように、フォーカスレンズ変位パターン決定部 9 は、像面側距離 v の変位パターンを制御するために、フォーカスレンズ 2 0 の変位パターンを制御する。

【 0 0 7 8 】

もちろんこれを図 5 のような考え方に基づいて応用し、次のビデオフレームの露光期間においては最近端から最遠端へ変位するよう制御してもよく、これを繰り返すことで動画撮影を実現する。また静止画の連続撮影においても、ここに示した動画撮影時の手法を用いてもよい。

【 0 0 7 9 】

なお、ここで示した 1 ビデオフレームの露光期間内での変位パターンは一例であり、これ以外の変位パターンであってもよい。例えば、変位パターンは、ここに示した片道変位パターンだけではなく、1 ビデオフレームの露光期間内に 1 往復半、又は 2 往復半など、整数回往復後に片道変位させるようなパターンであっても同等の効果が得られる。

【 0 0 8 0 】

また、上記説明では、加速期間の間、像面側距離 v の変位速度が一定の加速度で増加するとしたが、この加速度は一定でなくてもよい。同様に、上記説明では、減速期間の間、像面側距離 v の変位速度が、一定の減速度で減少するとしたが、この減速度は一定でなくてもよい。ただし、変位パターンの実現が容易なので、一定の加速度及び減速度を用いることが好ましい。

【 0 0 8 1 】

また、加速期間及び減速期間の各々の長さである加速 / 減速時間 t は、1 フレーム期間の長さである 1 フレーム時間 T の $1 / 10$ 以上、かつ、 $1 / 4$ 以下であることが好ましい。その理由を以下に述べる。

【 0 0 8 2 】

上述したとおり、合焦範囲の全てにおいて等速変位を用いた場合、合焦範囲の端部での復元処理画質がやや劣化する。一方、本発明の実施の形態 1 のような変位パターンを採用することで、合焦範囲の端部の復元処理画質は改善する。図 1 3 は、本発明の実施の形態 1 に係る変位パターンを採用したときのスルーフォーカス特性を示す図である。図 1 3 に示すように、合焦範囲の端部における滞留時間が中心部と比べて増加することにより、合焦範囲の端部の鮮鋭度は中心部よりも増加する。結果として所望の合焦範囲において均等な鮮鋭度が得られることになる。

【 0 0 8 3 】

図 1 4 A は、像面側の変位距離を $100 \mu\text{m}$ とし、1 フレーム時間 T を $1 / 60$ 秒としたときの、加速 / 減速時間 t と要求加速度 a との関係を示すグラフである。図 1 4 B は、同条件における、加速 / 減速時間 t と、中心部の変位速度 v との関係を示すグラフである。

【 0 0 8 4 】

また、一般的に像面側変位距離 S_d 、1 フレーム時間 T 、加速 / 減速時間 t 、合焦範囲の端部での要求加速度 a 、及び、中心部の変位速度 v は、以下の関係が成り立つ。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 5 】

【 数 2 】

$$a = \frac{Sd}{(T-t) \times t} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (\text{式 2})$$

【 0 0 8 6 】

【 数 3 】

$$v = \frac{Sd}{T-t} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (\text{式 3})$$

10

【 0 0 8 7 】

図 1 4 A 及び図 1 4 B では、横軸に加速 / 減速時間 t を設定している。また、図 1 4 A では、縦軸に要求加速度 a を設定しており、図 1 4 B では縦軸に中心部の変位速度 v を設定している。

20

【 0 0 8 8 】

図 1 4 A に示すように、加速 / 減速時間 t を短くするほど、合焦範囲の端部で必要となる加速度 a (減速度) が急激に上昇する。つまり、加速 / 減速時間 t を短くすると、非常に大きい加速度を用いる必要があるので、実現が困難である。

【 0 0 8 9 】

また、図 1 4 B に示す加速 / 減速時間 t を長くするほど、中心部での変位速度 v は大きくなる。つまり、加速 / 減速時間 t を大きく取って端部における滞留時間を長くすることで、端部の復元処理画質が向上するが、同時に、図 1 4 B に示すように中心部での変位速度 v が大きくなってしまふ。これにより、中心部を含め全体の鮮鋭度は低下してしまうことが予想できる。これは、変位したときの復元処理前の MTF が低下することにより、ノイズ等の影響が大きくなることを意味している。

30

【 0 0 9 0 】

図 1 5 A ~ 図 1 5 D 及び図 7 A ~ 図 1 6 D は、具体的にこれらの現象を定量的に評価した実験データである。焦点距離を 4 . 8 mm とし、F 値を 2 . 8 とし、合焦位置を無限遠とし、波長を 5 5 0 nm とし、合焦範囲として、無限遠を中心に手前側被写体距離を 0 . 4 8 m まで変位させる実験を行った。この場合、像面側の変位はレンズの公式より、4 . 7 5 mm ~ 4 . 8 5 mm となる。

【 0 0 9 1 】

図 1 5 A ~ 図 1 5 D は、手前側の端部である 0 . 4 8 m における、復元処理前の MTF (単に変位させたときに得られる画像の MTF) と復元処理後の MTF (復元用 PSF として無限遠に被写体を想定したときの変位時に得られる PSF を採用) とを示すグラフである。また、図 1 5 A は $t = 0 . 0 T$ (すなわち全て等速変位) の場合を示し、図 1 5 B は $t = 0 . 1 T$ の場合を示し、図 1 5 C は $t = 0 . 2 5 T$ の場合を示し、図 1 5 D は $t = 0 . 4 T$ の場合を示している。

40

【 0 0 9 2 】

端部の復元処理後の MTF に注目すると、図 1 5 A に示す等速変位では、当該復元処理後の MTF はおよそ 0 . 6 近辺であるが、図 1 5 B に示す $t = 0 . 1 T$ では当該復元処理後の MTF は 0 . 8 弱であり、図 1 5 C に示す $t = 0 . 2 5 T$ 、及び図 1 5 D に示す $t =$

50

0.4Tでは当該復元処理後のMTFは0.8強であることがわかる。またtが0.25Tより大きくなっても、端部のMTFは増加しないことがわかる。

【0093】

つまり、図15A～図15Dにより、加速期間及び減速期間を設けることにより、端部における鮮明度が改善されることがわかる。また、ある程度の時間までは、加速/減速時間tを長くするほど、端部における鮮明度がより改善されるが、ある時間以上の加速/減速時間tを長くしても、端部における鮮明度はあまり変化しない(改善効果が少なくなる)ことがわかる。

【0094】

図16A～図16Dは、無限遠位置(すなわちEDOF中心部)における復元処理前のMTF特性を示している。例えばMTFの値0.1のときの空間周波数に着目すると、図16Aに示す $t = 0.0T$ (すなわち等速変位)の場合、当該空間周波数は約180lpmmであり、図16Bに示す $t = 0.1T$ の場合、当該空間周波数は約160lpmmであり、図16Cに示す $t = 0.25T$ の場合、当該空間周波数は約145lpmmであり、図16Dに示す $t = 0.4T$ の場合、当該空間周波数は約130lpmmである。

10

【0095】

これは前述の予想のとおり、加速/減速時間tを大きくすることで端部における滞留時間を大きくした場合、中心部での変位速度が大きくなることで、中心部のMTFが相対的に低下することを示している。このため、加速/減速時間tを大きくした場合、画像データがノイズに埋もれやすくなり、画像復元処理において復元画質に支障をきたす可能性が高くなってしまう。そこで本発明の実施の形態1では、この加速/減速時間tを1フレーム時間(露光時間)Tに対して0.1から0.25に限定するものである。

20

【0096】

なお、少なくとも加速/減速時間tを1フレーム時間Tの1/10以上とすることで、最遠端及び最近端での復元画質を向上できる。さらに、加速/減速時間tを1フレーム時間Tの1/4以下とすることで、中心部での復元画質の低下を抑制できる。

【0097】

また、加速期間の長さ、及び減速期間の長さは同じでもよいし、異なってもよい。言い換えると、加速期間における加速度と、減速期間における減速度とは異なってもよい。

【0098】

また、上記では、1フレーム期間と露光期間とが同じ場合の例を説明したが、1フレーム期間に露光期間と非露光期間が含まれてもよい。つまり、これは、露光時間決定部8で決定された1ビデオフレームの露光時間、又は静止画連続撮影時の1枚の露光時間が、ビデオフレームレート(1/30又は1/60)、又は連射要求速度に基づく1枚の静止画の撮影時間よりも短い場合である。このような場合、図11のような変位パターンにおいては、非露光時間中は変位速度ゼロとなった端部において変位せずとどまるよう制御することが考えられる。

30

【0099】

また、図17のように、合焦位置を、実際に要求される変位量(最遠端と最近端との距離)よりも所定量多く変位させ、要求される変位量(最遠端と最近端の距離)の範囲内においては、等速変位となるよう制御させることも考えられる。この場合前述のように速度ゼロとなった端部で滞留するのではなく、加速/減速時間を非露光時間を含めるよう制御することとなる。つまり、加速期間が、1フレーム期間に含まれる、露光期間の前に位置する非露光期間に含まれ、減速期間が、1フレーム期間に含まれる、露光期間の後に位置する非露光期間に含まれてもよい。こうすることで、所望の変位量(最遠端と最近端の距離)の範囲内においては、等しいEDOF復元処理画質を得ることが可能である。なお、加速期間の一部が、非露光期間に含まれ、加速期間のそれ以外の部分が露光期間に含まれてもよい。同様に、減速期間の一部が非露光期間に含まれ、減速期間のそれ以外の部分が露光期間に含まれてもよい。

40

【0100】

50

以下、撮像装置 100 による動作の流れを説明する。図 18 は、撮像装置 100 による撮像動作のフローチャートである。

【0101】

まず、露光時間決定部 8 は、撮像シーンに基づいて露光時間を決定する (S101)。

【0102】

次に、フォーカスレンズ変位パターン決定部 9 は、ステップ S101 で決定された露光時間の長さの露光期間の間に、合焦位置が、予め定められた合焦範囲の一方端から他方端へ移動するように、露光期間を含むフレーム期間における、像面側距離の変位パターンを決定する (S102)。

【0103】

また、フォーカスレンズ変位パターン決定部 9 は、変位パターン決定後、この変位パターンに準じるフォーカスレンズ 20 の変位パターンを決定し、同期管理部 10A へその変位パターンを通知する。そして同期管理部 10A は、その変位パターンに基づき、フォーカスレンズ変位制御部 4A 及びシャッター開閉指示部 5 に対し、露光開始及び終了時の同期管理を行う。これにより、フォーカスレンズ変位制御部 4A は、ステップ S102 で決定された変位パターンのように、1 フレーム期間内において像面側距離を変位させる (S103)。

【0104】

以上より、本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置 100 は、このような制御を行うことで、F-DOF を採用した EDOF を用いた動画及び連続静止画撮影を実現することができる。さらに、本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置 100 は、同時に合焦範囲の端部の画質向上も実現できる。

【0105】

なお、本発明に係る撮像装置 100 は、図 10 に示す全ての処理部を備えなくてもよい。

【0106】

図 19 は、本実施の形態 1 に係る撮像装置 100 の変形例である撮像装置 101 のブロック図である。その構成と作用は、ほぼ図 10 に準じる。この撮像装置 101 は、図 10 と比較して、露光により得られた画像を直接撮像データ記録部 13 へ記録するのが特徴である。これは、画像復元処理を撮像装置内ではなく、その後段の別の装置、例えばパーソナルコンピュータ、画像ビューワ、又はネットワークサーバ等にて実現することを意図したものである。これにより、撮像装置 101 は、図 10 に示す構成と比較して、撮像装置としての演算量を抑えつつ、シャッタータイムラグの大幅な縮小を実現できる。

【0107】

(実施の形態 2)

本発明の実施の形態 2 では、撮像素子 1 の位置を移動させることにより合焦位置を変位する例について述べる。また、本発明の実施の形態 2 に係る撮像装置 200 の概略構成は、図 9 と同様である。

【0108】

本発明の実施の形態 2 における撮像装置について、図 20 及び図 21 を参照しながら説明する。

【0109】

図 20 は、本発明の実施の形態 2 に係る撮像装置 200 のブロック図である。この撮像装置 200 は、図 10 に示す撮像装置 100 の構成に対して、フォーカスレンズ初期位置検出部 7、フォーカスレンズ位置初期化部 18、フォーカスレンズ変位パターン決定部 9、同期管理部 10A 及びフォーカスレンズ変位制御部 4A の代わりに、撮像素子初期位置検出部 14、撮像素子位置初期化部 19、撮像素子変位パターン決定部 15、同期管理部 16A 及び撮像素子変位制御部 17A を備える。なお、図 10 と同様の要素には同一の符号を付しており、以下では相違点を主に説明する。

【0110】

10

20

30

40

50

また、図 20 にはレンズ 2 を記載していないが、撮像装置 200 はレンズ 2 を備えてもよい。

【0111】

本発明の実施の形態 2 に係る撮像装置 100 では、例えば、レンズ 2 は固定されており、撮像素子 1 は、レンズ 2 に対する相対的な位置を変位可能である。

【0112】

撮像素子変位制御部 17A は、図 9 に示す変位制御部 22 の具体例である。この撮像素子変位制御部 17A は、撮像素子 1 の位置を移動させることにより合焦位置を変位する。

【0113】

撮像素子変位パターン決定部 15 は、図 9 に示す変位パターン決定部 21 の具体例である。

10

【0114】

リリース受付部 6 がユーザから露光開始指示を受け付けると、撮像素子初期位置検出部 14 は、撮像素子 1 のそのときの位置（初期位置）を検出する。

【0115】

撮像素子位置初期化部 19 は、撮像素子初期位置検出部 14 により初期位置が検出された後、当該初期位置に基づき、撮像素子 1 の位置を初期化する。具体的には、撮像素子位置初期化部 19 は、撮像素子 1 の位置を所定の端位置、例えば最近端又は最遠端へ変位させる。

【0116】

20

また、露光時間決定部 8 は、リリース受付部 6 がシャッターを切る指示を受け付けると、ただちに撮像シーンに基づいて露光時間を決定する。さらに、撮像素子 1 の初期化作業と同時に、露光時間決定部 8 は、シャッター速度及び絞り値などの撮影パラメータを決定する。

【0117】

一方、撮像素子変位パターン決定部 15 は、撮像素子位置初期化部 19 にて撮像素子位置の初期化終了後、露光時間決定部 8 にて決定された露光時間の情報を用いて、例えば、図 11 に示すような合焦位置の変位パターンを決定する。そして、撮像素子変位パターン決定部 15 は、この合焦位置の変位パターンに準じる撮像素子の変位パターンを決定し、同期管理部 16A へその変位パターンを通知する。なお撮像素子 1 を変位させる場合、図 4 から明らかなように、レンズ位置を変位させなければ、合焦位置の変位パターンは撮像素子自身の変位パターンそのものとなる。同期管理部 16A は、その変位パターンに基づき、撮像素子変位制御部 17A 及びシャッター開閉指示部 5 に対し、露光開始及び終了時の同期管理を行う。

30

【0118】

具体的には、同期管理部 16A は、露光開始の指示を、撮像素子変位制御部 17A 及びシャッター開閉指示部 5 へ出す。シャッター開閉指示部 5 は露光開始指示が出されるとすぐに、シャッター 3 が開くよう制御を行う。また所定の露光時間経過後、同期管理部 16A は、シャッター開閉指示部 5 へ露光終了を指示する。

【0119】

40

シャッター開閉指示部 5 は露光終了指示が出されるとすぐに、シャッター 3 が閉まるよう制御を行う。

【0120】

上記手順にて撮像素子 1 に被写体の光学像を結像すると、結像した光学像は、撮像素子 1 によって電気信号である画像信号に変換され、変換された画像信号が画像復元処理部 11 へ移される。同時に同期管理部 16A は、画像復元処理部 11 へ、露光が終了したことで F - D O F による撮像素子変位の撮影が行われたこととを通知する。これ以外の構成は、図 10 のフォーカスレンズ変位の場合に準じる。

【0121】

なお、撮像素子の変位パターンについては、実施の形態 1 に示した図 11 のパターンに

50

準じる。実施の形態1と比較して、撮像素子1そのものが変位する構成が実施の形態2の差異であり、変位パターンについては共通である。加速/減速時間 t を1フレーム時間 T に対して0.1から0.25に限定するのも、実施の形態1と同様である。

【0122】

以上のより、本発明の実施の形態2に係る撮像装置200は、このような制御を行うことで、実施の形態1と同様に、F-DOFを採用したEDOFを用いた動画及び連続静止画撮影を実現することができる。さらに、本発明の実施の形態2に係る撮像装置200は、同時に合焦範囲の端部の画質向上も実現できる。

【0123】

なお、本発明に係る撮像装置200は、図20に示す全ての処理部を備えなくてもよい。

10

【0124】

図21は、本発明の実施の形態2に係る撮像装置200の変形例である撮像装置201のブロック図である。その構成と作用は、ほぼ図20に準じる。この撮像装置201は、図20と比較して、露光により得られた画像を直接撮像データ記録部13へ記録するのが特徴である。これは、画像復元処理を撮像装置内ではなく、その後段の別の装置、例えばパーソナルコンピュータ、画像ビューワ、又はネットワークサーバ等にて実現することを意図したものである。これにより、撮像装置201は、図20に示す構成と比較して、撮像装置としての演算量を抑えつつ、シャッタータイムラグの大幅な縮小を実現できる。

【0125】

20

以上、本発明の実施の形態に係る撮像装置について説明したが、本発明は、この実施の形態に限定されるものではない。

【0126】

また、上記実施の形態に係る撮像装置に含まれる複数の処理部のうち少なくとも一部は集積回路であるLSIとして実現される。これらは個別に1チップ化されてもよいし、一部又は全てを含むように1チップ化されてもよい。

【0127】

また、集積回路化はLSIに限るものではなく、専用回路又は汎用プロセッサで実現してもよい。LSI製造後にプログラムすることが可能なFPGA(Field Programmable Gate Array)、又はLSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なりコンフィギュラブル・プロセッサを利用してもよい。

30

【0128】

また、本発明の実施の形態に係る撮像装置の機能の一部を、CPU等のプロセッサがプログラムを実行することにより実現してもよい。

【0129】

さらに、本発明は上記プログラムであってもよいし、上記プログラムが記録された非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体であってもよい。また、上記プログラムは、インターネット等の伝送媒体を介して流通させることができるのは言うまでもない。

【0130】

また、上記実施の形態に係る、撮像装置、及びその変形例の機能のうち少なくとも一部を組み合わせてもよい。

40

【0131】

また、上記で用いた数字は、全て本発明を具体的に説明するために例示するものであり、本発明は例示された数字に制限されない。

【0132】

更に、本発明の主旨を逸脱しない限り、本実施の形態に対して当業者が思いつく範囲内の変更を施した各種変形例も本発明に含まれる。

【産業上の利用可能性】

【0133】

本発明は、撮像装置及びその制御方法に適用でき、特に、F-DOF方式を用いた動画

50

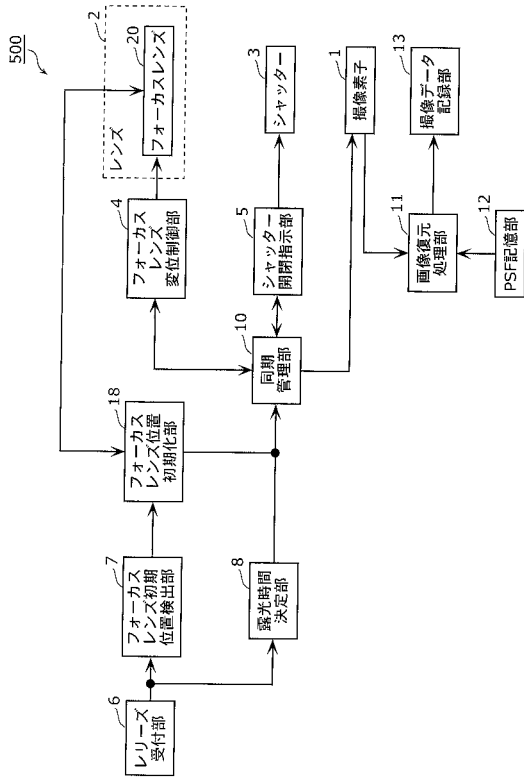
撮影及び連続静止画撮影に適用できる。また、本発明は、例えば民生用及び業務用撮像装置（デジタルスチルカメラ）などの分野において有用である。

【符号の説明】

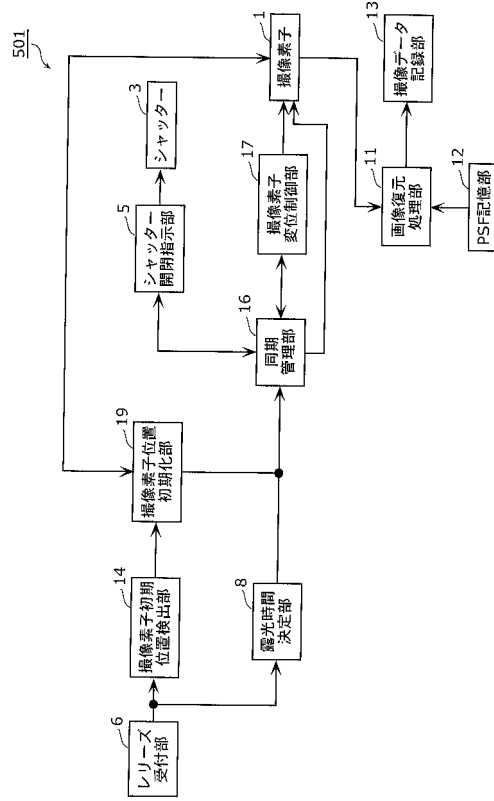
【 0 1 3 4 】

- | | | |
|-------------------------|-------------------|----|
| 1 | 撮像素子 | |
| 2 | レンズ | |
| 3 | シャッター | |
| 4、4 A | フォーカスレンズ変位制御部 | |
| 5 | シャッター開閉指示部 | |
| 6 | レリーズ受付部 | 10 |
| 7 | フォーカスレンズ初期位置検出部 | |
| 8 | 露光時間決定部 | |
| 9 | フォーカスレンズ変位パターン決定部 | |
| 10、10 A | 同期管理部 | |
| 11 | 画像復元処理部 | |
| 12 | P S F 記憶部 | |
| 13 | 撮像データ記録部 | |
| 14 | 撮像素子初期位置検出部 | |
| 15 | 撮像素子変位パターン決定部 | |
| 16、16 A | 同期管理部 | 20 |
| 17、17 A | 撮像素子変位制御部 | |
| 18 | フォーカスレンズ位置初期化部 | |
| 19 | 撮像素子位置初期化部 | |
| 20 | フォーカスレンズ | |
| 21 | 変位パターン決定部 | |
| 22 | 変位制御部 | |
| 100、101、200、201、500、501 | 撮像装置 | |

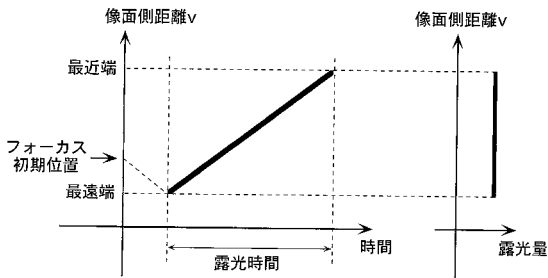
【図1】



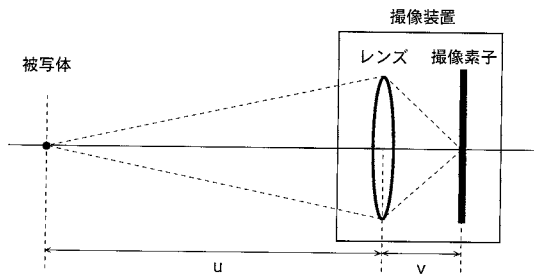
【図2】



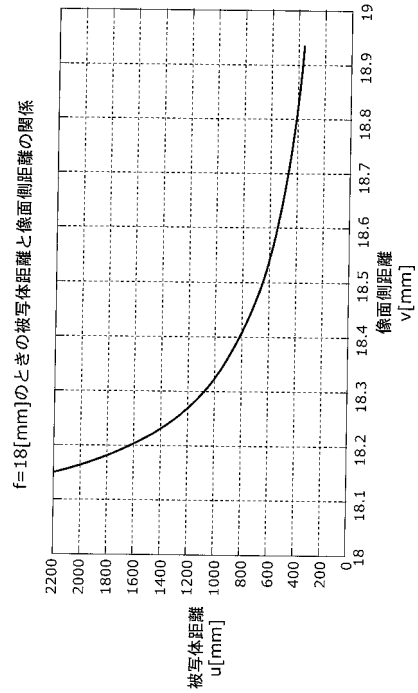
【図3】



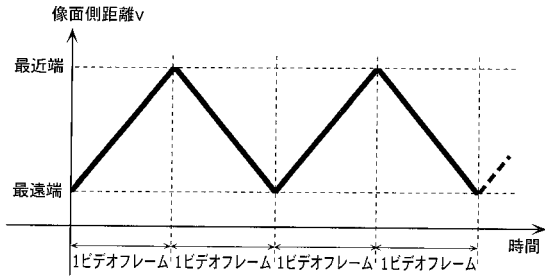
【図4】



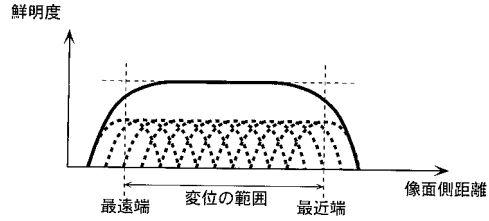
【図5】



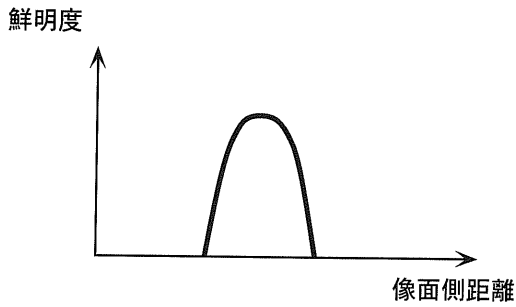
【図6】



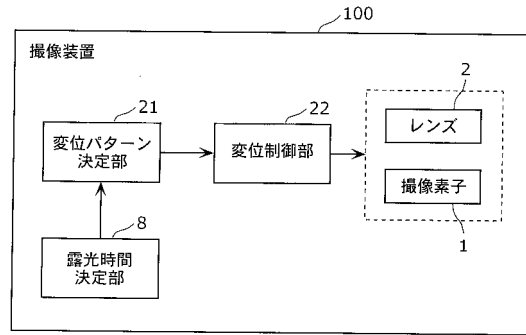
【図8】



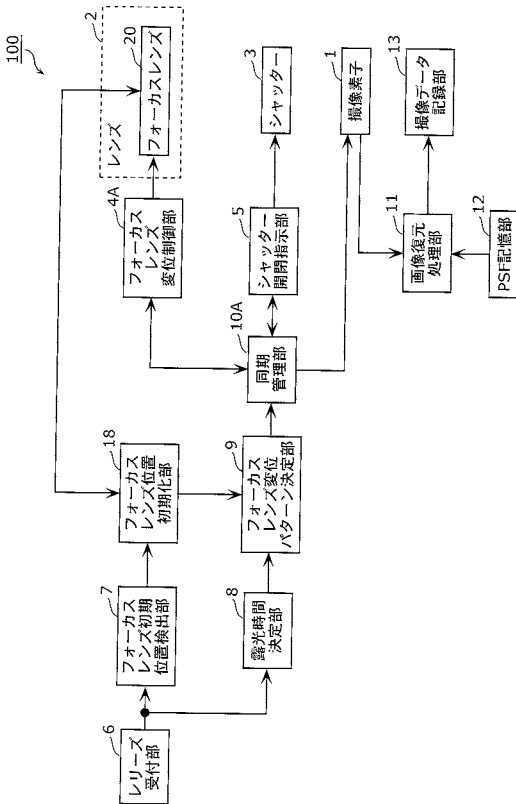
【図7】



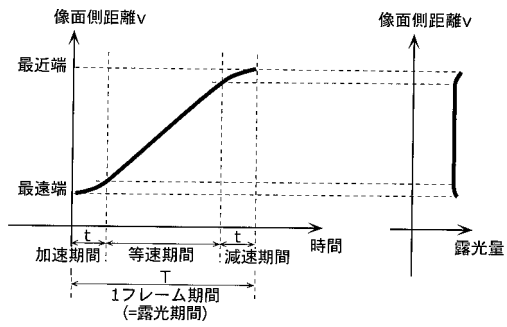
【図9】



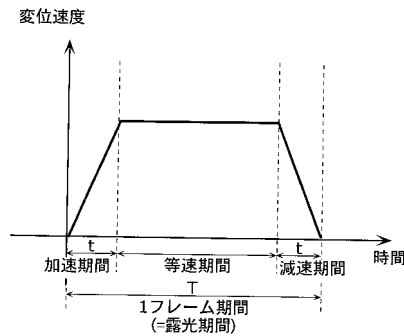
【図10】



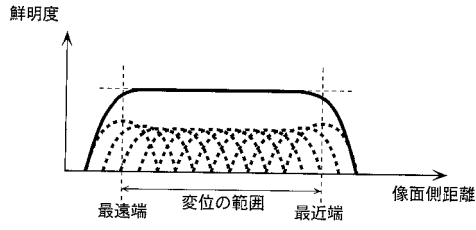
【図11】



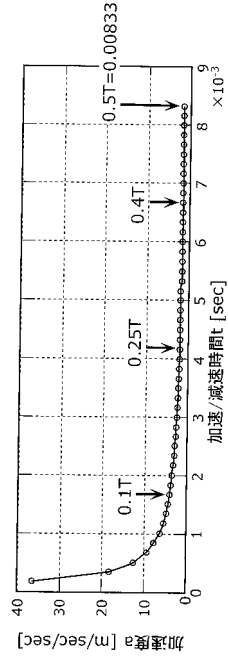
【図12】



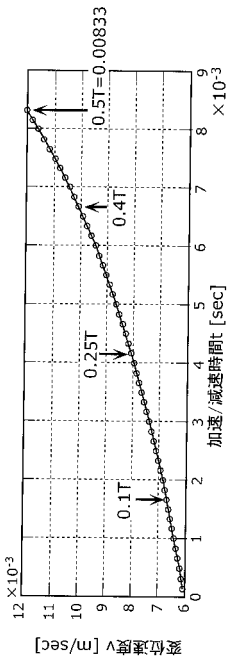
【図 1 3】



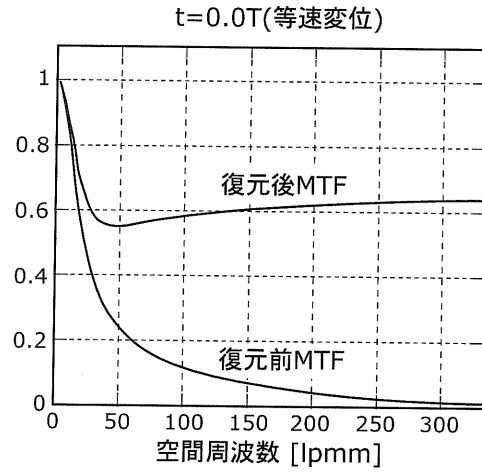
【図 1 4 A】



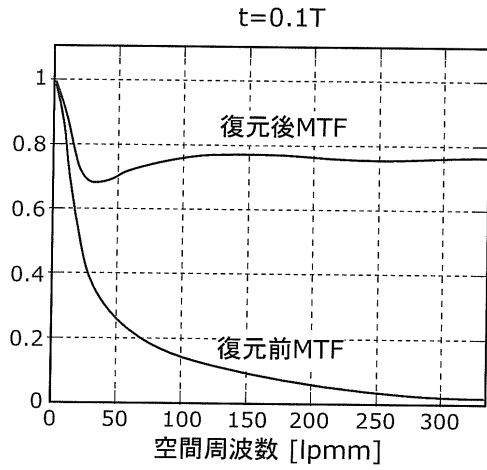
【図 1 4 B】



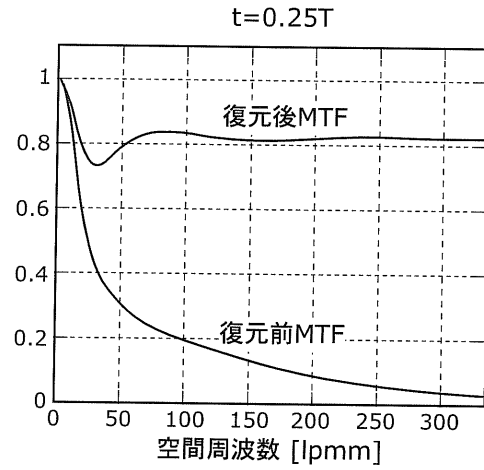
【図 1 5 A】



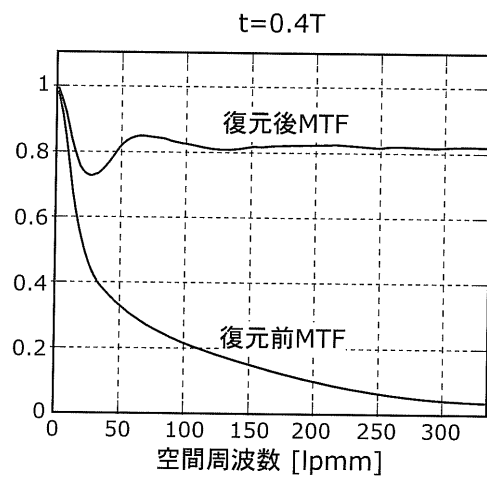
【図15B】



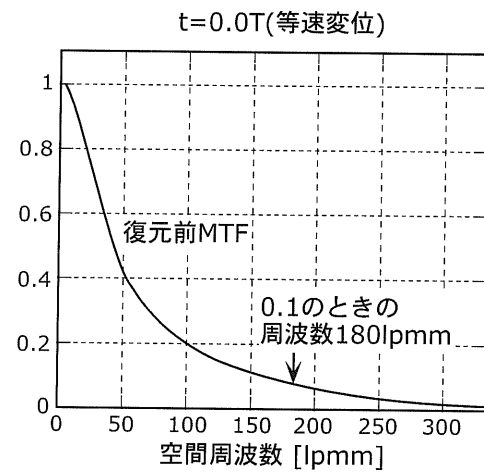
【図15C】



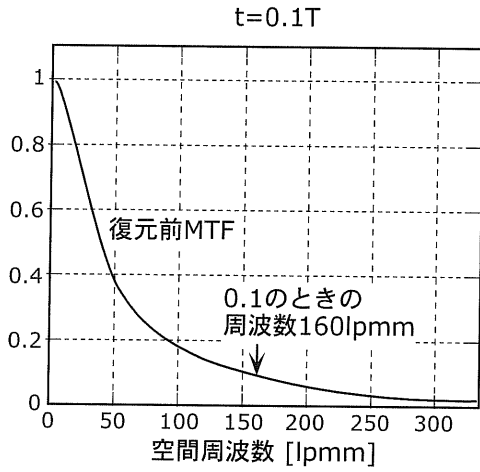
【図15D】



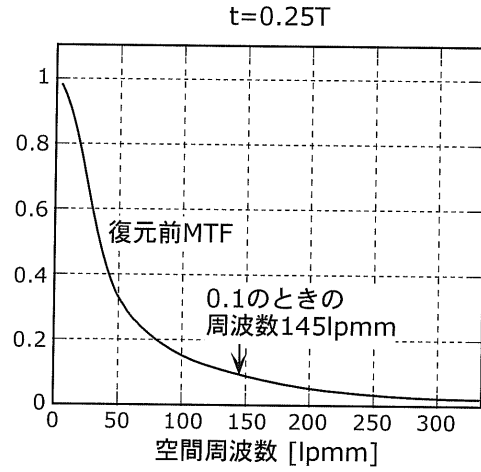
【図16A】



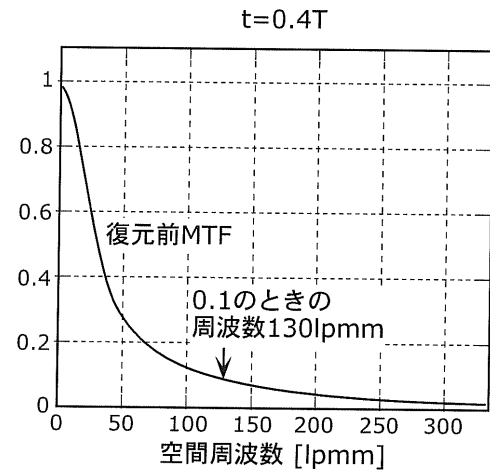
【図16B】



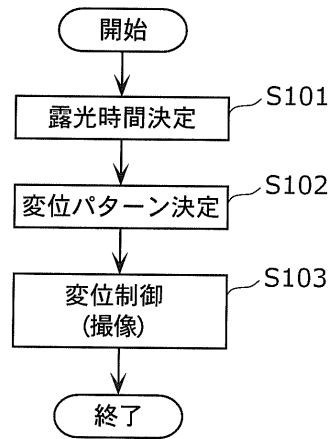
【図16C】



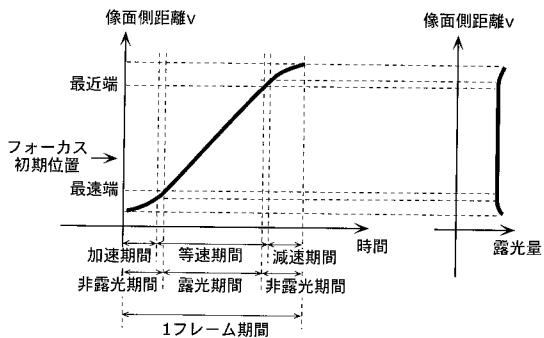
【図16D】



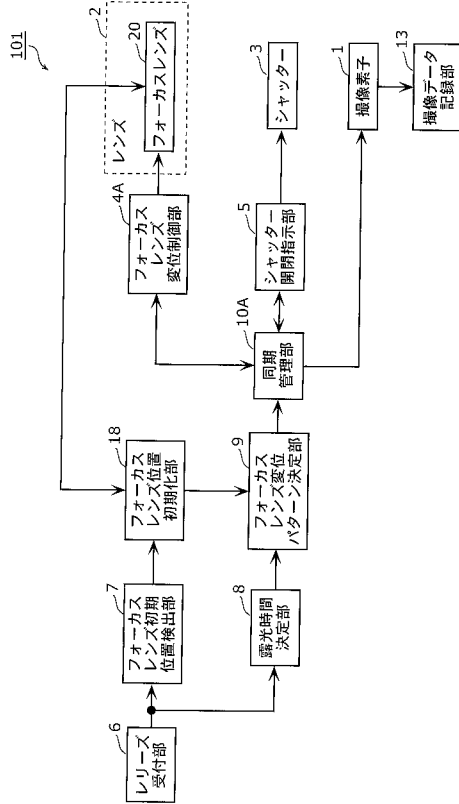
【図18】



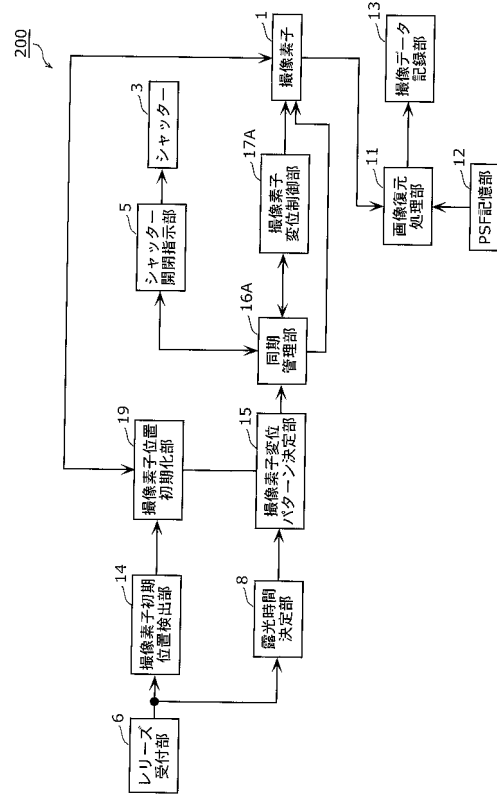
【図17】



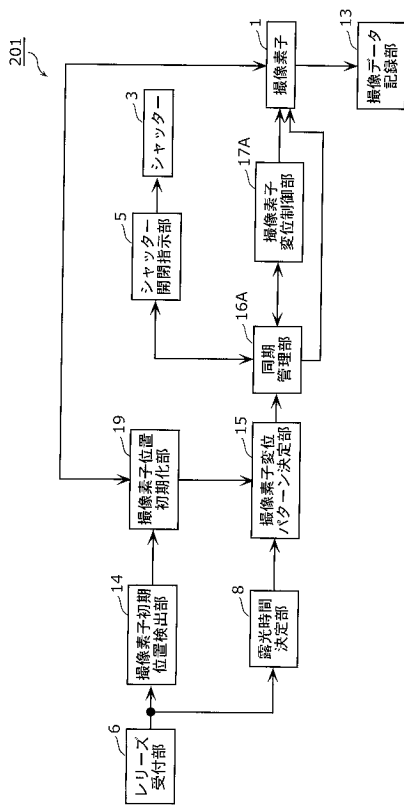
【図 19】



【図 20】



【図 21】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H 0 4 N 5 / 2 2 2 - 5 / 2 5 7
G 0 2 B 7 / 0 9 , 7 / 2 8 - 7 / 4 0
G 0 3 B 7 / 0 0 - 7 / 2 8