

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4693720号  
(P4693720)

(45) 発行日 平成23年6月1日(2011.6.1)

(24) 登録日 平成23年3月4日(2011.3.4)

(51) Int.Cl. F I  
**HO4N 5/232 (2006.01)** HO4N 5/232 Z  
**GO6T 1/00 (2006.01)** GO6T 1/00 280

請求項の数 7 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2006-195738 (P2006-195738)  
 (22) 出願日 平成18年7月18日(2006.7.18)  
 (65) 公開番号 特開2008-28454 (P2008-28454A)  
 (43) 公開日 平成20年2月7日(2008.2.7)  
 審査請求日 平成21年3月16日(2009.3.16)

(73) 特許権者 000006633  
 京セラ株式会社  
 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地  
 (72) 発明者 佐東 将行  
 東京都世田谷区玉川台2丁目14番9号  
 京セラ株式会社東京用賀事業所内

審査官 鈴木 明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも光学系および光波面変調素子を通過した被写体分散像を撮像する撮像素子と、

該撮像素子からの分散画像信号より分散のない画像信号、及び分散の少ない画像信号を1または複数生成する変換手段を備え、前記撮像素子による画像信号に複数の異なる所定の処理を行う信号処理部と、

該信号処理部による処理前のボケ画像、処理後の分散のない合焦画像、処理後の分散の少ない中間画像、及び/又は前記ボケ画像、合焦画像、あるいは中間画像を合成した新たな画像を記録する記録部と、

該記録部に記録された画像、または記録するための画像を表示する表示部と、

該表示部内の範囲の設定、及び/又はボケ画像の選択を行なう操作部と、

該操作部による前記表示部での設定範囲内又は設定範囲外における合焦画像を生成し、かつ該合焦画像生成以外の範囲を前記中間画像、または前記中間画像及びボケ画像により、前記合焦画像から離れるに従って徐々にボケ度合いが大きくなる段階的ボケ画像を生成し、前記合焦画像と段階的ボケ画像とを合成して新たな画像を生成する生成手段と、を備えた撮像装置。

【請求項2】

前記光学系は、ズーム光学系を含み、

前記ズーム光学系のズーム位置またズーム量に相当する情報を生成するズーム情報生成

手段を備え、

前記変換手段は、前記ズーム情報生成手段により生成される情報に基づいて前記分散画像信号より分散のない画像信号を生成する請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 3】

被写体までの距離に相当する情報を生成する被写体距離情報生成手段を備え、

前記変換手段は、前記被写体距離情報生成手段により生成される情報に基づいて前記分散画像信号より分散のない画像信号を生成する請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 4】

被写体までの距離に相当する情報を生成する被写体距離情報生成手段と、

前記被写体距離情報生成手段により生成された情報に基づき変換係数を演算する変換係数演算手段と、を備え、

前記変換手段は、前記変換係数演算手段から得られた変換係数によって、画像信号の変換を行い分散のない画像信号を生成する請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 5】

撮影する被写体の撮影モードを設定する撮影モード設定手段を備え、

前記変換手段は、前記撮影モード設定手段により設定された撮影モードに応じて異なる変換処理を行う請求項 1 から 4 のいずれかに記載の撮像装置。

【請求項 6】

前記撮像装置は、複数のレンズを交換可能であって、

前記撮像素子は、前記複数のレンズの内少なくとも一のレンズおよび光波面変調素子を通過した被写体収差像を撮像可能で、さらに、

前記一のレンズに応じた変換係数を取得する変換係数取得手段を備え、

前記変換手段は、前記変換係数取得手段から得られた変換係数によって、画像信号の変換を行う請求項 1 から 5 のいずれかに記載の撮像装置。

【請求項 7】

露出制御を行う露出制御手段を備え、

前記信号処理部は、前記露出制御手段からの露出情報に応じて光学的伝達関数 (OTF) に対してフィルタ処理を行う請求項 1 から 6 のいずれかに記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、撮像素子を用い、光学系を備えたデジタルスチルカメラや携帯電話搭載カメラ、携帯情報端末搭載カメラ、画像検査装置、自動制御用産業カメラ等の撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年急峻に発展を遂げている情報のデジタル化に相俟って映像分野においてもその対応が著しい。

特に、デジタルカメラに象徴されるように撮像面は従来のフィルムに変わって固体撮像素子である CCD (Charge Coupled Device) , CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) センサが使用されているのが大半である。

40

【0003】

このように、撮像素子に CCD や CMOS センサを使った撮像レンズ装置は、被写体の映像を光学系により光学的に取り込んで、撮像素子により電気信号として抽出するものであり、デジタルスチルカメラの他、ビデオカメラ、デジタルビデオユニット、パーソナルコンピュータ、携帯電話機、携帯情報端末 (PDA: Personal Digital Assistant) 、画像検査装置、自動制御用産業カメラ等に用いられている。

【0004】

図 38 は、一般的な撮像レンズ装置の構成および光束状態を模式的に示す図である。こ

50

の撮像レンズ装置 1 は、光学系 2 と CCD や CMOS センサ等の撮像素子 3 とを有する。光学系は、物体側レンズ 2 1 , 2 2、絞り 2 3、および結像レンズ 2 4 を物体側 ( O B J S ) から撮像素子 3 側に向かって順に配置されている。撮像レンズ装置 1 においては、図 3 8 に示すように、ベストフォーカス面を撮像素子面上に合致させている。

【 0 0 0 5 】

図 3 9 ( A ) ~ ( C ) は、撮像レンズ装置 1 の撮像素子 3 の受光面でのスポット像を示している。また、位相板 ( Wavefront Coding optical element ) により光束を規則的に分散し、デジタル処理により復元させ被写界深度の深い画像撮影を可能にする等の撮像装置が提案されている (たとえば非特許文献 1 , 2、特許文献 1 ~ 5 参照)。

10

また、カメラによる写真撮影では、たとえば絞りを開放側に設定して被写体深度を浅くしつつ被写体にピントを合わせることにより、主たる被写体以外の他の部分を意図的にぼかす撮影手法が知られている。

また、被写体と背景との間の距離関係に拘束されることなく背景だけボケた画像を得るために、複数のフォーカス位置で画像を撮像し、合成する撮影手法が知られている。

また、伝達関数を用いたフィルタ処理を行うデジタルカメラの自動露出制御システムが提案されている (たとえば特許文献 6 参照)。

【非特許文献 1】"Wavefront Coding; jointly optimized optical and digital imaging systems", Edward R. Dowski, Jr., Robert H. Cormack, Scott D. Sarama.

【非特許文献 2】"Wavefront Coding; A modern method of achieving high performance and/or low cost imaging systems", Edward R. Dowski, Jr., Gregory E. Johnson.

20

【特許文献 1】USP 6, 021, 005

【特許文献 2】USP 6, 642, 504

【特許文献 3】USP 6, 525, 302

【特許文献 4】USP 6, 069, 738

【特許文献 5】特開 2003 - 235794 号公報

【特許文献 6】特開 2004 - 153497 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

30

上述した各文献にて提案された撮像装置においては、その全ては通常光学系に上述の位相板を挿入した場合の PSF ( Point - Spread - Function ) が一定になっていることが前提であり、PSF が変化した場合は、その後のカーネルを用いたコンボリューションにより、被写界深度の深い画像を実現することは極めて難しい。

したがって、単焦点でのレンズではともかく、ズーム系や AF 系などのレンズでは、その光学設計の精度の高さやそれに伴うコストアップが原因となり採用するには大きな問題を抱えている。

換言すれば、従来の撮像装置においては、適正なコンボリューション演算を行うことができず、ワイド ( Wide ) 時やテレ ( Tele ) 時のスポット ( SPOT ) 像のズレを引き起こす非点収差、コマ収差、ズーム色収差等の各収差を無くす光学設計が要求される

40

。しかしながら、これらの収差を無くす光学設計は光学設計の難易度を増し、設計工数の増大、コスト増大、レンズの大型化の問題を引き起こす。

【 0 0 0 7 】

また、前述した背景だけボケた画像を得るために、複数のフォーカス位置で画像を撮像し、合成する撮影手法では、フォーカス位置を変えて撮像することを複数回行うため、全ての撮像が終了するまでに時間がかかるといった問題がある。また、この撮影手法では、複数毎撮影する間に被写体や背景にある物体が動いて変化してしまい、合成後の画が不自然になってしまうことがあるという問題がある。

【 0 0 0 8 】

50

また、上述した各文献に開示された装置においては、たとえば暗所における撮影で、信号処理によって画像を復元する際、ノイズも同時に増幅してしまう。

したがって、たとえば上述した位相板等の光波面変調素子とその後の信号処理を用いるような、光学系と信号処理を含めた光学システムでは、暗所での撮影を行う場合、ノイズが増幅してしまい、復元画像に影響を与えてしまうという不利益がある。

【0009】

本発明の目的は、光学系を簡単化でき、コスト低減を図ることができ、しかも1回の撮像より所望の領域だけがボケた画像、あるいは合焦画像を得ることが可能で、またノイズの影響が小さい復元画像を得ることが可能な撮像装置および撮像方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の撮像装置は、少なくとも光学系および光波面変調素子を通過した被写体分散像を撮像する撮像素子と、該撮像素子からの分散画像信号より分散のない画像信号、及び分散の少ない画像信号を1または複数生成する変換手段を備え、前記撮像素子による画像信号に複数の異なる所定の処理を行う信号処理部と、該信号処理部による処理前のボケ画像、処理後の分散のない合焦画像、処理後の分散の少ない中間画像、及び/又は前記ボケ画像、合焦画像、あるいは中間画像を合成した新たな画像を記録する記録部と、該記録部に記録された画像、または記録するための画像を表示する表示部と、該表示部内の範囲の設定、及び/又はボケ画像の選択を行なう操作部と、該操作部による前記表示部での設定範囲内又は設定範囲外における合焦画像を生成し、かつ該合焦画像生成以外の範囲を前記中間画像、または前記中間画像及びボケ画像により、前記合焦画像から離れるに従って徐々にボケ度合いが大きくなる段階的ボケ画像を生成し、前記合焦画像と段階的ボケ画像とを合成して新たな画像を生成する生成手段と、を備えている。

【0011】

好適には、前記光学系は、ズーム光学系を含み、前記ズーム光学系のズーム位置またズーム量に相当する情報を生成するズーム情報生成手段を備え、前記変換手段は、前記ズーム情報生成手段により生成される情報に基づいて前記分散画像信号より分散のない画像信号を生成する。

【0012】

好適には、被写体までの距離に相当する情報を生成する被写体距離情報生成手段を備え、前記変換手段は、前記被写体距離情報生成手段により生成される情報に基づいて前記分散画像信号より分散のない画像信号を生成する。

【0013】

好適には、被写体までの距離に相当する情報を生成する被写体距離情報生成手段と、前記被写体距離情報生成手段により生成された情報に基づき変換係数を演算する変換係数演算手段と、を備え、前記変換手段は、前記変換係数演算手段から得られた変換係数によって、画像信号の変換を行い分散のない画像信号を生成する。

【0014】

好適には、撮影する被写体の撮影モードを設定する撮影モード設定手段を備え、前記変換手段は、前記撮影モード設定手段により設定された撮影モードに応じて異なる変換処理を行う。

【0015】

好適には、前記撮像装置は、複数のレンズを交換可能であって、前記撮像素子は、前記複数のレンズの内少なくとも一のレンズおよび光波面変調素子を通過した被写体収差像を撮像可能で、さらに、前記一のレンズに応じた変換係数を取得する変換係数取得手段を備え、前記変換手段は、前記変換係数取得手段から得られた変換係数によって、画像信号の変換を行う。

【0016】

好適には、露出制御を行う露出制御手段を備え、前記信号処理部は、前記露出制御手段

10

20

30

40

50

からの露出情報に応じて光学的伝達関数（OTF）に対してフィルタ処理を行う。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、光学系を簡単化でき、コスト低減を図ることができ、しかも1回の撮影で所望の領域だけがボケた画像、あるいはノイズの影響が小さい復元画像（すなわち、合焦画像）、さらにはそれらの合成画像を得ることができる利点がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明の実施形態を添付図面に関連付けて説明する。

図1は、本発明に係る撮像装置の一実施形態を示すブロック構成図である。

10

本実施形態に係る撮像装置100は、光学系110、撮像素子120、アナログフロントエンド部（AFE）130、画像処理装置140、カメラ信号処理部150、画像表示メモリ160、画像モニタリング装置170、操作部180、および露出制御装置190を有している。

光学系110は、被写体物体OBJを撮影した像を撮像素子120に供給する。

本実施形態の光学系110は、後で詳述するように、光波面変調素子を含んで構成されている。

【0019】

撮像素子120は、光波面変調素子を含む光学系110で取り込んだ像が結像され、結像1次画像情報を電気信号の1次画像信号FIMとして、アナログフロントエンド部130を介して画像処理装置140に出力するCCDやCMOSセンサからなる。

20

図1においては、撮像素子120を一例としてCCDとして記載している。

【0020】

アナログフロントエンド部130は、タイミングジェネレータ131、およびアナログ/デジタル（A/D）コンバータ132を有する。

タイミングジェネレータ131では、撮像素子120のCCDの駆動タイミングを生成しており、A/Dコンバータ132は、CCDから入力されるアナログ信号をデジタル信号に変換し、画像処理装置140に出力する。

【0021】

信号処理部の一部を構成する画像処理装置（二次元コンポリューション手段）140は、前段のAFE130からくる撮像画像のデジタル信号を入力し、二次元のコンポリューション処理を施し、後段のカメラ信号処理部（DSP）150に渡す。

30

カメラ信号処理部（DSP）150は、画像処理装置140、露出制御装置190の露出情報に応じて、光学的伝達関数（OTF）に対してフィルタ処理を行う。

画像処理装置140は、撮像素子120からの被写体分散画像信号より分散のない画像（合焦画像）信号、および1または複数の分散の少ない画像（中間画像）信号を生成する機能を有する。また、信号処理部は、最初のステップでノイズ低減フィルタリングを施す機能を有する。

画像処理装置140の処理については後でさらに詳述する。

【0022】

40

カメラ信号処理部（DSP）150は、カラー補間、ホワイトバランス、YCbCr変換処理、圧縮、ファイリング等の処理を行い、メモリ160への格納や画像モニタリング装置170への画像表示等を行う。

【0023】

露出制御装置190は、露出制御を行うとともに、操作部180などの操作入力を持ち、それらの入力に応じて、システム全体の動作を決定し、AFE130、画像処理装置140、DSP150等を制御し、システム全体の調停制御を司るものである。

【0024】

本実施形態の撮像装置100は、複数の撮影モード、たとえばポートレートモードの他、マクロ撮影モード（至近）および遠景撮影モード（無限遠）を有しており、これら各種

50

撮影モードは、操作部 180 により選択して入力することが可能に構成されている。

操作部 180 は、たとえば図 2 に示すように、カメラ（撮像装置）100 の背面側の画像モニタリング装置 170 である液晶画面 1701 の近傍に配置された MENU ボタン 1801、ズームボタン 1802、および十字キー 1803 により構成される。

なお、ポートレートモードは、通常撮影時に被写体に応じて設定する撮影モードの 1 つであり、人物撮影に適した撮影モードで、中央の人物に焦点を合わせ、背景の画像をボケた画像とするものである。他の設定できるモードとしては、スポーツモード、夕焼けモード、夜景モード、白黒モード、セピアモード等がある。

#### 【0025】

MENU ボタン 1801 及び十字キー 1803 により各モードを選択して設定することができる。本実施形態においては、ポートレートモードは横撮影用ポートレートと縦撮影用ポートレートを選択可能に構成されている。なお、モードの切り替えは、液晶画面 1701 でのタッチパネル式でも構わない。

10

#### 【0026】

そして、本実施形態における撮像装置 100 は、ポートレート撮影をより容易にするために以下の機能を有している。

すなわち、画像処理装置 140、DSP 150、および露出制御装置 190 により形成される信号処理部は、撮像素子 120 からの被写体分散画像信号より分散のない画像信号、および分散の少ない画像信号を生成する等の分散画像信号に対する所定の信号処理を行うが、この信号処理部の処理前の画像と処理後の画像を合成して新たな画像を合成する生成機能を有している。

20

この生成機能において、背景領域は、ぼかし画像処理により複数の画像を生成し、前記処理後の主たる被写体を含む被写体領域の合焦画像を合成して、新たな画像を生成する。

#### 【0027】

さらに、信号処理部 140、150 等の信号処理前の画像、処理後の復元画像、合成した新たな画像をたとえば図示しないメモリバッファや画像表示メモリ 160 に記録する記録機能を備えている。

この記録機能を備えていることから、本撮像装置 100 は、生成機能を備えたことによるポートレート撮影を容易に行えるという効果に加えて、以下の効果を得ることが可能となっている。

30

すなわち、信号処理前の画像、処理後の画像を記録しておくことで、撮影して記録した後に明瞭にさせたい（ハッキリさせたい）エリア（逆に、ボカしたいエリア）の位置や大きさを選択し、新たな画像を作成することができる。

そのため、撮影時にポートレートモード以外で撮影した記録した画像からポートレート撮影画像を作成することができる。

#### 【0028】

このような機能を有する撮像装置 100 の信号処理部においては、画像復元処理後の画像から主たる被写体を含む被写体領域の合焦画像を抽出し、画像復元処理前の画像から被写体領域に接する背景領域の非合焦画像を抽出する。これら抽出された被写体領域の合焦画像と背景領域の非合焦画像とを合成して新たな画像を生成する。そして、生成された画像を記録する。

40

また、本実施形態では、操作部 180 は、被写体領域を使用者に指定させる指定部としても機能する。

#### 【0029】

以下に、本実施形態に係るポートレート画像の作成処理例を図 3 ~ 図 9 に関連付けて説明する。

#### 【0030】

図 3 は、被写体部分の網掛け部分のみを復元処理を行い、ポートレートの画像を作成する例を示す図である。

図 4 は、横撮影ポートレートモード時の中央領域を示す図である。

50

図 5 は、縦撮影ポートレートモード時の中央領域を示す図である。

図 6 は、プレビュー画表示中に被写体選択をユーザが行っている様子であって、中央領域を示す枠の大きさと位置をユーザが十字キー 1 8 0 3 によって決定する例を示す図である。

また、図 7 は、画像の中央領域を復元処理する場合のフローチャートであり、図 8 は、選択された領域を復元処理する場合のフローチャートである。

#### 【 0 0 3 1 】

< 第 1 例 >

撮像素子 1 2 0 によって得られたアナログ信号を画像処理部 1 4 0 でデジタル化され、DS P 1 5 0 において Y、Cb、Cr 信号になって、表示部としての画像モニタリング装置 1 7 0 にスルー画として表示される。

操作部 1 8 0 によって、縦撮影ポートレートモードもしくは、横撮影ポートレートモードを選択すると、図 4 または図 5 に示すように、撮像された画像の中央の部分に縦撮影用、横撮影用の枠が表示され、ユーザは、その枠内に人物を合わせ撮影する。

すると、図 3 に示すように、枠内のみ画像処理がされ被写体部分の網掛け部分のみを復元処理することによりポートレートの画像が作成できる。

ちなみに、縦撮影、横撮影かどうかは、角速度センサを用いて、自動的に検出してもよい。

#### 【 0 0 3 2 】

この処理動作を図 7 に関連付けて説明すると、縦撮影用ポートレートモード、または、横撮影用ポートレートモードが設定されると、撮像装置 1 0 0 は、撮像素子 1 2 0 による撮像動作を開始して、表示部である画像モニタリング装置 1 7 0 にプレビュー画を表示させる ( S T 1 ) 。

そして、プレビュー画表示中にユーザがシャッターキーを押すと ( S T 2 )、画像をバッファの RAM に記録し ( S T 3 )、あらかじめ設定されている中央の領域のみを画像復元を行い ( S T 4 )、記録処理を行う ( S T 5 ) 。

#### 【 0 0 3 3 】

< 第 2 例 >

この場合、撮影完了後、プレビュー画像において、図 6 に示すように、ユーザが被写体を選択し、その部分を画像処理することによって、ポートレートの画像が作成できる。

この処理動作を図 8 に関連付けて説明すると、縦撮影用ポートレートモード、または、横撮影用ポートレートモードが設定されると、撮像装置 1 0 0 は、撮像素子 1 2 0 による撮像動作を開始して、表示部である画像モニタリング装置 1 7 0 にプレビュー画を表示させる ( S T 1 1 ) 。

そして、プレビュー画表示中にユーザがシャッターキーを押すと ( S T 1 2 )、画像をバッファの RAM に記録し ( S T 1 3 )、プレビュー画像を表示し、操作部 1 8 0 によって、ユーザが被写体の選択を行う ( S T 1 4 ) 。

そして、選択された領域部分の画像復元処理を行い ( S T 1 5 )、復元画像の録処理を行う ( S T 1 6 ) 。

#### 【 0 0 3 4 】

ここで、本発明の特徴である操作部 1 8 0 により液晶画面 1 7 0 1 での設定範囲内又は設定範囲外における合焦画像を生成し、ボケ画像と合成して新たな画像を生成する具体例について説明する。

図 9 は、撮影して記録した画像を液晶画面 1 7 0 1 に表示した状態を示す図である。図 9 ( A ) は、信号処理前の画像 ( ボケ画像 ) を表示した状態を示す図である。

図 9 ( B ) の左側は操作部 1 8 0 の操作により信号処理後の画像 ( 合焦画像 ) 範囲として全領域を網掛けにより指定している状態を示す図であり、右側は本指定により全領域で合焦画像を表示した状態を示す図である。

本発明は、この合焦画像とする範囲の大きさ・位置を操作部 1 8 0 で任意に可変可能とすることを特徴とし、図 9 ( C ) の左側は操作部 1 8 0 により中心の人物近傍のみを合焦

10

20

30

40

50

画像範囲として指定している状態を示す図であり、右側は本指定により人物近傍のみ合焦画像とし、周辺をボケ画像で表示した状態を示す図である。なお、合焦画像範囲の形状も操作部180で選択可能とすればよく、たとえば図9(D)に示すような台形形状や四角形状であってもよい。

また、図9(E)の左側は操作部180によりボケ画像範囲として右下部分を指定している状態を示す図であり、右側は本指定により右下部分(花の近傍)のみボケ画像とし、その他の部分を合焦画像で表示した状態を示す図である。

#### 【0035】

ここで、範囲を指定する具体的方法について説明する。たとえば、液晶画面1701上のカーソル(十字マーク)を十字キー1803で移動させて中心と半径を指定して円形状を決定したり、3点を指定して円形状を決定したり、図10(A)に示すように、中心と2つの半径を指定して楕円形状を決定すればよい。図10は、液晶画面1701の表示状態を示す図である。

#### 【0036】

また、形状の角を指定して多角形状を決定してもよい。また、画面を2分するような場合は、2点を指定して2分させることを決定してもよい。たとえば、図10(B)に示すように、角に相当する4点を指定して台形形状を決定すればよい。ここで、図10(A)及び図10(B)に示す矢印は、指定した範囲内を十時キー1803によりボケ画像とするか合焦画像とするかの選択、及び/又は指定した範囲を移動させることを示したものである。

#### 【0037】

図11は、操作部180による手順を示したものである。

図11(A)に示すように、まずMENUボタン1801を押して液晶画面1701内にメニューを表示させ、十字キー1803やズームボタン1802を用いて範囲を選択する。範囲の選択は、図11に示すような点による指定と、予めテンプレートとして用意した範囲の形状を選択してサイズを調整するいずれかであればよい。

点による指定を選択した場合、図11(B)(C)に示すように、液晶画面1701上に矢印が出て、この矢印を十字キー1803で移動して十字キー1803の中心を押圧することでコの字として角が決定する。これを4回繰り返すことで図11(C)の状態となり、ズームボタン1802により処理実行を選択し、十字キー1803の中心を押圧する。そして、図面では省略するが、指定した範囲をボケ画像とするか合焦画像とするかの選択をする。指定した範囲を合焦画像とした場合には、図11(D)に示すような画像が表示されるとともに、このボケ画像と合焦画像による合成画像も画像表示メモリ160に記録する。

#### 【0038】

なお、ここまでの実施例では、ボケ画像又は合焦画像の範囲(位置・大きさ)を指定して、ボケ画像と合焦画像を合成して新たな画像を生成して記録する場合について説明したが、本発明は、合焦画像とボケ画像の間となる中間画像を生成し、中間画像とボケ画像、あるいは複数の中間画像により合焦画像から離れるに従って徐々にボケ度合いが大きくなる段階的ボケ画像を生成して記録することを特徴とする。なお、本発明の段階的ボケ画像は、合焦画像の範囲外の部分を自動的に処理を行えばよく、何段階にするかをユーザが操作部180で指定するようにしてもよい。

#### 【0039】

この中間画像は、分散の少ない画像であり、合焦画像よりも合焦しておらず、ボケ画像よりもボケていない画像を意味するものとし、合焦画像を生成するのと同処理で完全な合焦画像を生成しない処理、例えば合焦画像とするための係数と異なる係数により処理することにより生成することができる。そして、本発明は、信号処理後の中間画像と合焦画像を合成して新たな画像を合成したことを特徴としている。

#### 【0040】

この生成機能により、背景領域に中間画像を生成し、主たる被写体を含む被写体領域に

10

20

30

40

50



合焦画像を生成し、これらの画像を合成して新たな画像を生成することが可能となる。ボケ画像と合焦画像を合成する場合、その合成部分近傍で画質に大きな差が発生してしまい、不自然なボケ味となってしまう可能性があるが、上述したようにボケ画像の代わりに中間画像とすることにより、合成部分近傍の画質の差が緩和され、より自然なボケ味を出すことができるようになる。これより、本実施例のボケ画像を中間画像に置き換えた場合であっても本発明の効果を得ることができる。さらに、図12(a)に示すように合焦画像Aの周囲に中間画像B、さらにその周囲に中間画像Bよりボケ度合いが大きい中間画像Cまたはボケ画像Cを形成することで、合焦画像から離れるに従って徐々にボケ度合いが大きくなる段階的ボケ画像を生成することができ、ポートレート撮像画像に種々のパリエーションを持たせることができるようになる。図12(b)は、ボケ度合いを示す図であり、左右方向が図12(a)のX方向、上下方向がボケ度合いを示す大きさであり、高い程ボケ度合いが小さい状態を示し、合焦画像Aから離れるに従って2段階でボケ度合いが大きくなる段階的ボケ画像を生成した状態を示している。

10

#### 【0041】

なお、本実施例では、2段階でボケ度合いが大きくなる段階的ボケ画像を生成する場合について説明したが、図13(a)に示すように多段階的ボケ画像を生成するようにしてもよい。また、ボケ度合いの異なる中間画像を増やすことにより図13(b)に示すような略直線的なボケ度合いの変化となるようにしてもよい。また、図13(c)に示すように、合焦画像近傍のボケ度合いをやや大きくして曲線的な変化となるようにすることで、合焦画像の合焦度合いを強調することができる。さらに、図13(d)に示すように、合焦画像近傍のボケ度合いをやや緩やかにして曲線的な変化となるようにすることで、徐々にボケる印象を持たせることができる。

20

#### 【0042】

本発明では、新たに1または複数の中間画像を形成する必要がある。本実施例では信号処理部140, 150, 190が1つの場合について説明しているが、中間画像を生成する場合には、信号処理部140, 150, 190等を2つ以上有してもよい。2つ以上有することにより、1つを合焦画像生成用、それ以外を中間画像生成用の信号処理部と区分けすることができ、合焦画像生成と中間画像生成を同時に行えることで処理スピードを高速化することができる。

#### 【0043】

本実施形態の撮像装置100は、さらに、手振れ等の影響を受けずに、人物等をよりハッキリさせることができるように、以下に説明するように、光学系、画像処理装置に特徴的な構成を有している。

30

以下、本実施形態の光学系、画像処理装置の構成および機能について具体的には説明する。

#### 【0044】

図14は、本実施形態に係るズーム光学系110の構成例を模式的に示す図である。この図は広角側を示している。

40

また、図15は深度拡張光学系システムの原理を説明するための図である。

また、図16は、本実施形態に係るズーム光学系110の構成例を模式的に示す図である。図17は広角側の像高中心のスポット形状を示す図であり、図18は望遠側の像高中心のスポット形状を示す図である。

#### 【0045】

図14のズーム光学系110は、物体側OBSに配置された物体側レンズ111と、撮像素子120に結像させるための結像レンズ112と、物体側レンズ111と結像レンズ112間に配置され、結像レンズ112による撮像素子120の受光面への結像の波面

50

を変形させる、たとえば3次元の曲面を有する位相板 (Cubic Phase Plate) からなる光波面変調素子 (波面形成用光学素子: Wavefront Coding Optical Element) 群 113 を有する。また、物体側レンズ 111 と結像レンズ 112 間には図示しない絞りが配置される。

なお、本実施形態においては、位相板を用いた場合について説明したが、本発明の光波面変調素子としては、波面を変形させるものであればどのようなものでもよく、厚みが増える光学素子 (たとえば、上述の3次の位相板)、屈折率が変化する光学素子 (たとえば屈折率分布型波面変調レンズ)、レンズ表面へのコーティングにより厚み、屈折率が変化する光学素子 (たとえば、波面変調ハイブリッドレンズ)、光の位相分布を変調可能な液晶素子 (たとえば、液晶空間位相変調素子) 等の光波面変調素子であればよい。

10

【0046】

図14のズーム光学系 110 は、デジタルカメラに用いられる3倍ズームに光学位相板 113a を挿入した例である。

図で示された位相板 113a は、光学系により収束される光束を規則正しく分散する光学レンズである。この位相板を挿入することにより、撮像素子 120 上ではピントのどこにも合わない画像を実現する。

換言すれば、位相板 113a によって深度の深い光束 (像形成の中心的役割を成す) とフレア (ボケ部分) を形成している。

この規則的に分光した画像をデジタル処理により、ピントの合った画像に復元する手段を被写界深度拡張光学系システムといい、この処理を画像処理装置 140 において行う。

20

【0047】

ここで、この被写界深度拡張光学系システムの基本原理について説明する。

図15に示すように、被写体の画像  $f$  が光学系  $H$  に入ることにより、画像  $g$  が生成される。

これは、次のような式で表される。

【0048】

(数1)

$$g = H * f$$

ただし、 $*$  はコンボリューションを表す。

【0049】

生成された画像から被写体を求めるためには、次の処理を要する。

30

【0050】

(数2)

$$f = H^{-1} * g$$

ここで、 $H$  に関するカーネルサイズと演算係数について説明する。

ズームポジションを  $ZP_n, ZP_{n-1}, \dots$  とする。また、それぞれの  $H$  関数を  $H_n, H_{n-1}, \dots$  とする。

各々のスポット像が異なるため、各々の  $H$  関数は、次のようになる。

【数 3】

$$H_n = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \end{pmatrix}$$

$$H_{n-1} = \begin{pmatrix} a' & b' & c' \\ d' & e' & f' \\ g' & h' & i' \end{pmatrix}$$

10

【0051】

この行列の行数および / または列数の違いをカーネルサイズ、各々の数字を演算係数とする。

ここで、各々のH関数はメモリに格納しておいても構わないし、PSFを物体距離の関数としておき、物体距離によって計算し、H関数を算出することによって任意の物体距離に対して最適なフィルタを作るように設定できるようにしても構わない。また、H関数を物体距離の関数として、物体距離によってH関数を直接求めても構わない。

20

【0052】

本実施形態においては、図1に示すように、光学系110からの像を撮像素子120で受像して、画像処理装置140に入力させ、光学系に応じた変換係数を取得して、取得した変換係数をもって撮像素子120からの分散画像信号より分散のない画像信号を生成するように構成している。

【0053】

なお、本実施形態において、分散とは、上述したように、位相板113aを挿入することにより、撮像素子120上ではピントのどこにも合わない画像を形成し、位相板113aによって深度の深い光束（像形成の中心的役割を成す）とフレアー（ボケ部分）を形成する現象をいい、像が分散してボケ部分を形成する振る舞いから収差と同様の意味合いが含まれる。したがって、本実施形態においては、収差として説明する場合もある。

30

【0054】

次に、画像処理装置140の構成および処理について説明する。

画像処理装置140は、図1に示すように、生(RAW)バッファメモリ141、コンボリューション演算器142、記憶手段としてのカーネルデータ格納ROM143、およびコンボリューション制御部144を有する。

【0055】

コンボリューション制御部144は、コンボリューション処理のオンオフ、画面サイズ、カーネルデータの入れ替え等の制御を行い、露出制御装置190により制御される。

40

また、カーネルデータ格納ROM143には、図19に示すように予め用意されたそれぞれの光学系のPSFにより算出されたコンボリューション用のカーネルデータが格納されており、露出制御装置190によって露出設定時に決まる露出情報を取得し、コンボリューション制御部144を通じてカーネルデータを選択制御する。

図19の例では、カーネルデータAは光学倍率(×1.5)、カーネルデータBは光学倍率(×5)、カーネルデータCは光学倍率(×10)に対応したデータとなっている。

【0056】

図20は、露出制御装置190の露出情報により切り替え処理のフローチャートである。

まず、露出情報(RP)が検出されコンボリューション制御部144に供給される(S

50

T 2 1 )。

コンポリューション制御部 1 4 4 においては、露出情報 R P から、カーネルサイズ、数値演係数がレジスタにセットされる ( S T 2 2 )。

そして、撮像素子 1 2 0 で撮像され、A F E 1 3 0 を介して二次元コンポリューション演算部 1 4 2 に入力された画像データに対して、レジスタに格納されたデータに基づいてコンポリューション演算が行われ、演算され変換されたデータがカメラ信号処理部 1 5 0 に転送される ( S T 2 3 )。

【 0 0 5 7 】

以下に画像処理装置 1 4 0 の信号処理部とカーネルデータ格納ROMについてさらに具体的な例について説明する。

10

図 2 1 は、信号処理部とカーネルデータ格納ROMについての第 1 の構成例を示す図である。なお、簡単化のために A F E 等は省略している。

図 2 1 の例は露出情報に応じたフィルタカーネルを予め用意した場合のブロック図である。

【 0 0 5 8 】

露出設定時に決まる露出情報を取得し、コンポリューション制御部 1 4 4 を通じてカーネルデータを選択制御する。2次元コンポリューション演算部 1 4 2 においては、カーネルデータを用いてコンポリューション処理を施す。

【 0 0 5 9 】

図 2 2 は、信号処理部とカーネルデータ格納ROMについての第 2 の構成例を示す図である。なお、簡単化のために A F E 等は省略している。

20

図 2 2 の例は、信号処理部の最初にノイズ低減フィルタ処理のステップを有し、フィルタカーネルデータとして露出情報に応じたノイズ低減フィルタ処理 S T 3 1 を予め用意した場合のブロック図である。

【 0 0 6 0 】

露出設定時に決まる露出情報を取得し、コンポリューション制御部 1 4 4 を通じてカーネルデータを選択制御する。

2次元コンポリューション演算部 1 4 2 においては、前記ノイズ低減フィルタ S T 3 1 を施した後、カラーコンバージョン処理 S T 3 2 によって色空間を変換、その後カーネルデータを用いてコンポリューション処理 S T 3 3 を施す。

30

再度ノイズ処理 S T 3 4 を行い、カラーコンバージョン処理 S T 3 5 によって元の色空間に戻す。カラーコンバージョン処理は、たとえばYCbCr変換が挙げられるが、他の変換でも構わない。

なお、再度のノイズ処理 S T 3 4 は省略することも可能である。

【 0 0 6 1 】

図 2 3 は、信号処理部とカーネルデータ格納ROMについての第 3 の構成例を示す図である。なお、簡単化のために A F E 等は省略している。

図 2 3 の例は、露出情報に応じたOTF復元フィルタを予め用意した場合のブロック図である。

露出設定時に決まる露出情報を取得し、コンポリューション制御部 1 4 4 を通じてカーネルデータを選択制御する。

40

2次元コンポリューション演算部 1 4 2 は、ノイズ低減処理 S T 4 1、カラーコンバージョン処理 S T 4 2 の後に、前記OTF復元フィルタを用いてコンポリューション処理 S T 4 3 を施す。

再度ノイズ処理 S T 4 4 を行い、カラーコンバージョン処理 S T 4 5 によって元の色空間に戻す。カラーコンバージョン処理は、たとえばYCbCr変換が挙げられるが、他の変換でも構わない。

なお、ノイズ低減処理 S T 4 1、S T 4 4 は、いずれか一方のみでもよい。

【 0 0 6 2 】

図 2 4 は、信号処理部とカーネルデータ格納ROMについての第 4 の構成例を示す図であ

50

る。なお、簡単化のために A F E 等は省略している。

図 2 4 の例は、ノイズ低減フィルタ処理のステップを有し、フィルタカーネルデータとして露出情報に応じたノイズ低減フィルタを予め用意した場合のブロック図である。

なお、再度のノイズ処理 S T 5 は省略することも可能である。

露出設定時に決まる露出情報を取得し、コンボリユーション制御部 1 4 4 を通じてカーネルデータを選択制御する。

2 次元コンボリユーション演算部 1 4 2 においては、ノイズ低減フィルタ処理 S T 5 1 を施した後、カラーコンバージョン処理 S T 5 2 によって色空間を変換、その後カーネルデータを用いてコンボリユーション処理を S T 5 3 施す。

再度、露出情報に応じたノイズ処理 S T 5 4 を行い、カラーコンバージョン処理 S T 5 5 によって元の色空間に戻す。カラーコンバージョン処理は、たとえば YCbCr 変換が挙げられるが、他の変換でも構わない。

なお、ノイズ低減処理 S T 5 1 は省略することも可能である。

#### 【 0 0 6 3 】

以上は露出情報のみに応じて 2 次元コンボリユーション演算部 1 4 2 においてフィルタ処理を行う例を説明したが、たとえば被写体距離情報、ズーム情報、あるいは撮影モード情報と露出情報とを組み合わせることにより適した演算係数の抽出、あるいは演算を行うことが可能となる。

#### 【 0 0 6 4 】

図 2 5 は、被写体距離情報と露出情報とを組み合わせる画像処理装置の構成例を示す図である。

図 2 5 は、撮像素子 2 2 0 からの被写体分散画像信号より分散のない画像信号を生成するが画像処理装置 3 0 0 の構成例を示している。

#### 【 0 0 6 5 】

画像処理装置 3 0 0 は、図 2 5 に示すように、コンボリユーション装置 3 0 1、カーネル・数値演算係数格納レジスタ 3 0 2、および画像処理演算プロセッサ 3 0 3 を有する。

この画像処理装置 3 0 0 においては、物体概略距離情報検出装置 4 0 0 から読み出した被写体の物体距離の概略距離に関する情報および露出情報を得た画像処理演算プロセッサ 3 0 3 では、その物体離位置に対して適正な演算で用いる、カーネルサイズやその演算係数をカーネル、数値演算係数格納レジスタ 3 0 2 に格納し、その値を用いて演算するコンボリユーション装置 3 0 1 にて適正な演算を行い、画像を復元する。

#### 【 0 0 6 6 】

上述のように、光波面変調素子としての位相板 (Wavefront Coding optical element) を備えた撮像装置の場合、所定の焦点距離範囲内であればその範囲内に関し画像処理によって適正な収差のない画像信号を生成できるが、所定の焦点距離範囲外の場合には、画像処理の補正に限度があるため、前記範囲外の被写体のみ収差のある画像信号となってしまう。

また一方、所定の狭い範囲内に収差が生じない画像処理を施すことにより、所定の狭い範囲外の画像にぼけ味を出すことも可能になる。

本例においては、主被写体までの距離を、距離検出センサを含む物体概略距離情報検出装置 4 0 0 により検出し、検出した距離に応じて異なる画像補正の処理を行うことにより構成されている。

#### 【 0 0 6 7 】

前記の画像処理はコンボリユーション演算により行うが、これを実現するには、たとえばコンボリユーション演算の演算係数を共通で 1 種類記憶しておき、焦点距離に応じて補正係数を予め記憶しておき、この補正係数を用いて演算係数を補正し、補正した演算係数で適性なコンボリユーション演算を行う構成をとることができる。

#### 【 0 0 6 8 】

この構成の他にも、以下の構成を採用することが可能である。

焦点距離に応じて、カーネルサイズやコンボリューションの演算係数自体を予め記憶しておき、これら記憶したカーネルサイズや演算係数でコンボリューション演算を行う構成、焦点距離に応じた演算係数を関数として予め記憶しておき、焦点距離によりこの関数より演算係数を求め、計算した演算係数でコンボリューション演算を行う構成等、を採用することが可能である。

【 0 0 6 9 】

図 2 5 の構成に対応付けると次のような構成をとることができる。

変換係数記憶手段としてのレジスタ 3 0 2 に被写体距離に応じて少なくとも位相板 2 1 3 a に起因する収差に対応した変換係数を少なくとも 2 以上予め記憶する。画像処理演算プロセッサ 3 0 3 が、被写体距離情報生成手段としての物体概略距離情報検出装置 4 0 0 により生成された情報に基づき、レジスタ 3 0 2 から被写体までの距離に応じた変換係数を選択する係数選択手段として機能する。

10

そして、変換手段としてのコンボリューション装置 3 0 1 が、係数選択手段としての画像処理演算プロセッサ 3 0 3 で選択された変換係数によって、画像信号の変換を行う。

または、前述したように、変換係数演算手段としての画像処理演算プロセッサ 3 0 3 が、被写体距離情報生成手段としての物体概略距離情報検出装置 4 0 0 により生成された情報に基づき変換係数を演算し、レジスタ 3 0 2 に格納する。

そして、変換手段としてのコンボリューション装置 3 0 1 が、変換係数演算手段としての画像処理演算プロセッサ 3 0 3 で得られレジスタ 3 0 2 に格納された変換係数によって、画像信号の変換を行う。

20

【 0 0 7 0 】

または、補正值記憶手段としてのレジスタ 3 0 2 にズーム光学系 2 1 0 のズーム位置またはズーム量に応じた少なくとも 1 以上の補正值を予め記憶する。この補正值には、被写体収差像のカーネルサイズを含まれる。

第 2 変換係数記憶手段としても機能するレジスタ 3 0 2 に、位相板 2 1 3 a に起因する収差に対応した変換係数を予め記憶する。

そして、被写体距離情報生成手段としての物体概略距離情報検出装置 4 0 0 により生成された距離情報に基づき、補正值選択手段としての画像処理演算プロセッサ 3 0 3 が、補正值記憶手段としてのレジスタ 3 0 2 から被写体までの距離に応じた補正值を選択する。

30

変換手段としてのコンボリューション装置 3 0 1 が、第 2 変換係数記憶手段としてのレジスタ 3 0 2 から得られた変換係数と、補正值選択手段としての画像処理演算プロセッサ 3 0 3 により選択された補正值とに基づいて画像信号の変換を行う。

【 0 0 7 1 】

図 2 6 は、ズーム情報と露出情報とを組み合わせる画像処理装置の構成例を示す図である。

図 2 6 は、撮像素子 2 2 0 からの被写体分散画像信号より分散のない画像信号を生成するが画像処理装置 3 0 0 A の構成例を示している。

画像処理装置 3 0 0 A は、図 2 5 と同様に、図 2 6 に示すように、コンボリューション装置 3 0 1、カーネル・数値演算係数格納レジスタ 3 0 2、および画像処理演算プロセッサ 3 0 3 を有する。

40

【 0 0 7 2 】

この画像処理装置 3 0 0 A においては、ズーム情報検出装置 5 0 0 から読み出したズーム位置またはズーム量に関する情報および露出情報を得た画像処理演算プロセッサ 3 0 3 では、露出情報およびそのズーム位置に対して適正な演算で用いる、カーネルサイズやその演算係数をカーネル、数値演算係数格納レジスタ 3 0 2 に格納し、その値を用いて演算するコンボリューション装置 3 0 1 にて適正な演算を行い、画像を復元する。

【 0 0 7 3 】

上述したように、光波面変調素子としての位相板をズーム光学系に備えた撮像装置に適用する場合、ズーム光学系のズーム位置によって生成されるスポット像が異なる。このた

50

め、位相板より得られる焦点ズレ画像（スポット画像）を後段のDSP等でコンボリューション演算する際、適性な焦点合わせ画像を得るためには、ズーム位置に応じて異なるコンボリューション演算が必要となる。

【0074】

そこで、本実施形態においては、ズーム情報検出装置500を設け、ズーム位置に応じて適正なコンボリューション演算を行い、ズーム位置によらず適性な焦点合わせ画像を得るように構成されている。

画像処理装置300Aにおける適正なコンボリューション演算には、コンボリューションの演算係数をレジスタ302に共通で1種類記憶しておく構成をとることができる。

【0075】

この構成の他にも、以下の構成を採用することが可能である。

各ズーム位置に応じて、レジスタ302に補正係数を予め記憶しておき、この補正係数を用いて演算係数を補正し、補正した演算係数で適性なコンボリューション演算を行う構成、各ズーム位置に応じて、レジスタ302にカーネルサイズやコンボリューションの演算係数自体を予め記憶しておき、これら記憶したカーネルサイズや演算係数でコンボリューション演算を行う構成、ズーム位置に応じた演算係数を関数としてレジスタ302に予め記憶しておき、ズーム位置によりこの関数より演算係数を求め、計算した演算係数でコンボリューション演算を行う構成等を採用することが可能である。

【0076】

図26の構成に対応付けると次のような構成をとることができる。

変換係数記憶手段としてのレジスタ302にズーム光学系210のズーム位置またはズーム量に応じた位相板213aに起因する収差に対応した変換係数を少なくとも2以上予め記憶する。画像処理演算プロセッサ303が、ズーム情報生成手段としてのズーム情報検出装置400により生成された情報に基づき、レジスタ302からズーム光学系210のズーム位置またはズーム量に応じた変換係数を選択する係数選択手段として機能する。

そして、変換手段としてのコンボリューション装置301が、係数選択手段としての画像処理演算プロセッサ303で選択された変換係数によって、画像信号の変換を行う。

【0077】

または、前述したように、変換係数演算手段としての画像処理演算プロセッサ303が、ズーム情報生成手段としてのズーム情報検出装置400により生成された情報に基づき変換係数を演算し、レジスタ302に格納する。

そして、変換手段としてのコンボリューション装置301が、変換係数演算手段としての画像処理演算プロセッサ303で得られレジスタ302に格納された変換係数によって、画像信号の変換を行う。

【0078】

または、補正值記憶手段としてのレジスタ302にズーム光学系210のズーム位置またはズーム量に応じた少なくとも1以上の補正值を予め記憶する。この補正值には、被写体収差像のカーネルサイズを含まれる。

第2変換係数記憶手段としても機能するレジスタ302に、位相板213aに起因する収差に対応した変換係数を予め記憶する。

そして、ズーム情報生成手段としてのズーム情報検出装置400により生成されたズーム情報に基づき、補正值選択手段としての画像処理演算プロセッサ303が、補正值記憶手段としてのレジスタ302からズーム光学系のズーム位置またはズーム量に応じた補正值を選択する。

変換手段としてのコンボリューション装置301が、第2変換係数記憶手段としてのレジスタ302から得られた変換係数と、補正值選択手段としての画像処理演算プロセッサ303により選択された補正值とに基づいて画像信号の変換を行う。

【0079】

図27に、露出情報と、物体距離情報と、ズーム情報とを用いた場合のフィルタの構成

10

20

30

40

50

例を示す。

この例では、物体距離情報とズーム情報で2次元的な情報を形成し、露出情報が奥行きのような情報を形成している。

【0080】

図28は、撮影モード情報と露出情報とを組み合わせる画像処理装置の構成例を示す図である。

図28は、撮像素子220からの被写体分散画像信号より分散のない画像信号を生成する画像処理装置300Bの構成例を示している。

【0081】

画像処理装置300Bは、図22および図23と同様に、図25に示すように、コンポリューション装置301、記憶手段としてのカーネル・数値演算係数格納レジスタ302、および画像処理演算プロセッサ303を有する。

【0082】

この画像処理装置300Bにおいては、物体概略距離情報検出装置600から読み出した被写体の物体距離の概略距離に関する情報および露出情報を得た画像処理演算プロセッサ303では、その物体離位置に対して適正な演算で用いる、カーネルサイズやその演算係数をカーネル、数値算係数格納レジスタ302に格納し、その値を用いて演算するコンポリューション装置301にて適正な演算を行い、画像を復元する。

【0083】

この場合も上述のように、光波面変調素子としての位相板(Wavefront Coding optical element)を備えた撮像装置の場合、所定の焦点距離範囲内であればその範囲内に関し画像処理によって適正な収差のない画像信号を生成できるが、所定の焦点距離範囲外の場合には、画像処理の補正に限度があるため、前記範囲外の被写体のみ収差のある画像信号になってしまう。

また一方、所定の狭い範囲内に収差が生じない画像処理を施すことにより、所定の狭い範囲外の画像にぼけ味を出すことも可能になる。

本例においては、主被写体までの距離を、距離検出センサを含む物体概略距離情報検出装置400により検出し、検出した距離に応じて異なる画像補正の処理を行うことにより構成されている。

【0084】

前記の画像処理はコンポリューション演算により行うが、これを実現するには、コンポリューション演算の演算係数を共通で1種類記憶しておき、物体距離に応じて補正係数を予め記憶しておき、この補正係数を用いて演算係数を補正し、補正した演算係数で適性なコンポリューション演算を行う構成、物体距離に応じた演算係数を関数として予め記憶しておき、焦点距離によりこの関数より演算係数を求め、計算した演算係数でコンポリューション演算を行う構成、物体距離に応じて、カーネルサイズやコンポリューションの演算係数自体を予め記憶しておき、これら記憶したカーネルサイズや演算係数でコンポリューション演算を行う構成等、を採用することが可能である。

本実施形態においては、上述したように、DSCのモード設定(ポートレート、無限遠(風景)、マクロ)に応じて画像処理を変更する。

【0085】

図28の構成に対応付けると次のような構成をとることができる。

前述したように、変換係数演算手段としての画像処理演算プロセッサ303を通して操作部180の撮影モード設定部700により設定される各撮影モードに応じて異なる変換係数を変換係数記憶手段としてのレジスタ302に格納する。

画像処理演算プロセッサ303が、撮影モード設定部700の操作スイッチ701により設定された撮影モードに応じて、被写体距離情報生成手段としての物体概略距離情報検出装置402により生成された情報に基づき、変換係数記憶手段としてのレジスタ302から変換係数を抽出する。このとき、たとえば画像処理演算プロセッサ303が変換係数抽出手段として機能する。

10

20

30

40

50



そして、変換手段としてのコンポリューション装置301が、レジスタ302に格納された変換係数によって、画像信号の撮影モードに応じた変換処理を行う。

【0086】

なお、図14や図16の光学系は一例であり、本発明は図14や図16の光学系に対して用いられるものとは限らない。また、スポット形状についても図17および図18は一例であり、本実施形態のスポット形状は、図17および図18に示すものとは限らない。

また、図19のカーネルデータ格納ROMに関しても、光学倍率やそれぞれのカーネルのサイズ、値に対して用いられるものとは限らない。また用意するカーネルデータの数についても3個とは限らない。

【0087】

図27のように3次元、さらには4次元以上とすることで格納量が多くなるが、種々の条件を考慮してより適したものを選択することができるようになる。情報としては、上述した露出情報、物体距離情報、ズーム情報、撮像モード情報等であればよい。

【0088】

なお、上述のように、光波面変調素子としての位相板(Wavefront Coding optical element)を備えた撮像装置の場合、所定の焦点距離範囲内であればその範囲内に関し画像処理によって適正な収差のない画像信号を生成できるが、所定の焦点距離範囲外の場合には、画像処理の補正に限度があるため、前記範囲外の被写体のみ収差のある画像信号となってしまう。

また一方、所定の狭い範囲内に収差が生じない画像処理を施すことにより、所定の狭い範囲外の画像にぼけ味を出すことも可能になる。

【0089】

本実施形態においては、深度拡張光学系システムを採用し、高精細な画質を得ることが可能で、しかも、光学系を単純化でき、コスト低減を図ることが可能となっている。

【0090】

以下、この特徴について説明する。

図29(A)~(C)は、撮像素子120の受光面でのスポット像を示している。

図29(A)は焦点が0.2mmずれた場合(Defocus = 0.2mm)、図26(B)が合焦点の場合(Best focus)、図25(C)が焦点が-0.2mmずれた場合(Defocus = -0.2mm)の各スポット像を示している。

図29(A)~(C)からもわかるように、本実施形態に係る撮像装置100においては、位相板113aを含む波面形成用光学素子群113によって深度の深い光束(像形成の中心的役割を成す)とフレアー(ボケ部分)が形成される。

このように、本実施形態の撮像装置100において形成された1次画像FIMは、深度が非常に深い光束条件にしている。

【0091】

図30(A)、(B)は、本実施形態に係る撮像レンズ装置により形成される1次画像の変調伝達関数(MTF: Modulation Transfer Function)について説明するための図であって、図30(A)は撮像レンズ装置の撮像素子の受光面でのスポット像を示す図で、図30(B)が空間周波数に対するMTF特性を示している。

本実施形態においては、高精細な最終画像は後段の、たとえばデジタルシグナルプロセッサ(Digital Signal Processor)からなる画像処理装置140の補正処理に任せるため、図30(A)、(B)に示すように、1次画像のMTFは本質的に低い値になっている。

【0092】

画像処理装置140は、上述したように、撮像素子120による1次画像FIMを受けて、1次画像の空間周波数におけるMTFをいわゆる持ち上げる所定の補正処理等を施して高精細な最終画像FNLMを形成する。

10

20

30

40

50

画像処理装置 140 の M T F 補正処理は、たとえば図 3 1 の曲線 A で示すように、本質的に低い値になっている 1 次画像の M T F を、空間周波数をパラメータとしてエッジ強調、クロマ強調等の後処理にて、図 3 1 中曲線 B で示す特性に近づく（達する）ような補正を行う。

【 0 0 9 3 】

図 3 1 中曲線 B で示す特性は、たとえば本実施形態のように、波面形成用光学素子を用いずに波面を変形させない場合に得られる特性である。

なお、本実施形態における全ての補正は、空間周波数のパラメータによる。

【 0 0 9 4 】

本実施形態においては、図 3 1 に示すように、光学的に得られる空間周波数に対する M T F 特性曲線 A に対して、最終的に実現したい M T F 特性曲線 B を達成するためには、それぞれの空間周波数に対し、エッジ強調等の強弱を付け、元の画像（1 次画像）に対して補正をかける。

たとえば、図 3 1 の M T F 特性の場合、空間周波数に対するエッジ強調の曲線は、図 3 2 に示すようになる。

すなわち、空間周波数の所定帯域内における低周波数側および高周波数側でエッジ強調を弱くし、中間周波数領域においてエッジ強調を強くして補正を行うことにより、所望の M T F 特性曲線 B を仮想的に実現する。

【 0 0 9 5 】

このように、実施形態に係る撮像装置 100 は、基本的に、1 次画像を形成する光学系 110 および撮像素子 120 と、1 次画像を高精細な最終画像に形成する画像処理装置 140 からなり、光学系システムの中に、波面成形用の光学素子を新たに設けるか、またはガラス、プラスチックなどのような光学素子の面を波面成形用に成形したものを設けることにより、結像の波面を変形（変調）し、そのような波面を C C D や C M O S センサからなる撮像素子 120 の撮像面（受光面）に結像させ、その結像 1 次画像を、画像処理装置 140 を通して高精細画像を得る画像形成システムである。

本実施形態では、撮像素子 120 による 1 次画像は深度が非常に深い光束条件にしている。そのために、1 次画像の M T F は本質的に低い値になっており、その M T F の補正を画像処理装置 140 で行う。

【 0 0 9 6 】

ここで、本実施形態における撮像装置 100 における結像のプロセスを、波動光学的に考察する。

物点の 1 点から発散された球面波は結像光学系を通過後、収斂波となる。そのとき、結像光学系が理想光学系でなければ収差が発生する。波面は球面でなく複雑な形状となる。幾何光学と波動光学の間を取り持つのが波面光学であり、波面の現象を取り扱う場合に便利である。

結像面における波動光学的 M T F を扱うとき、結像光学系の射出瞳位置における波面情報が重要となる。

M T F の計算は結像点における波動光学的強度分布のフーリエ変換で求まる。その波動光学的強度分布は波動光学的振幅分布を 2 乗して得られるが、その波動光学的振幅分布は射出瞳における瞳関数のフーリエ変換から求まる。

さらにその瞳関数はまさに射出瞳位置における波面情報（波面収差）そのものからであることから、その光学系 110 を通して波面収差が厳密に数値計算できれば M T F が計算できることになる。

【 0 0 9 7 】

したがって、所定の手法によって射出瞳位置での波面情報に手を加えれば、任意に結像面における M T F 値は変更可能である。

本実施形態においても、波面の形状変化を波面形成用光学素子で行うのが主であるが、まさに p h a s e（位相、光線に沿った光路長）に増減を設けて目的の波面形成を行っている。

10

20

30

40

50

そして、目的の波面形成を行えば、射出瞳からの射出光束は、図29(A)~(C)に示す幾何光学的なスポット像からわかるように、光線の密な部分と疎の部分から形成される。

この光束状態のMTFは空間周波数の低いところでは低い値を示し、空間周波数の高いところまでは何とか解像力は維持している特徴を示している。

すなわち、この低いMTF値(または、幾何光学的にはこのようなスポット像の状態)であれば、エリアジングの現象を発生させないことになる。

つまり、ローパスフィルタが必要ないのである。

そして、後段のDSP等からなる画像処理装置140でMTF値を低くしている原因のフレアー的画像を除去すれば良いのである。それによってMTF値は著しく向上する。

【0098】

次に、本実施形態および従来光学系のMTFのレスポンスについて考察する。

図33は、従来光学系の場合において物体が焦点位置にあるときと焦点位置から外れたときのMTFのレスポンス(応答)を示す図である。

図34は、光波面変調素子を有する本実施形態の光学系の場合において物体が焦点位置にあるときと焦点位置から外れたときのMTFのレスポンスを示す図である。

また、図35は、本実施形態に係る撮像装置のデータ復元後のMTFのレスポンスを示す図である。

【0099】

図からもわかるように、光波面変調素子を有する光学系の場合、物体が焦点位置から外れた場合でもMTFのレスポンスの変化が光波面変調素子を挿入してない光学径よりも少なくなる。

この光学系によって結像された画像を、コンポリューションフィルタによる処理によって、MTFのレスポンスが向上する。

【0100】

以上説明したように、本実施形態によれば、画像処理装置140、DSP150、および露出制御装置190により形成される信号処理部は、撮像素子120からの被写体分散画像信号より分散のない画像信号、及び分散の少ない画像信号を生成する等の分散画像信号に対する所定の信号処理を行うが、この信号処理部の処理前のボケ画像、処理後の中間画像、さらには処理後の合焦画像を合成して新たな画像を合成する生成機能を有し、この生成機能において、背景領域が合焦画像から離れるに従って序々にボケ度合いが大きくなる段階的ボケ画像を生成し、前記処理後の主たる被写体を含む被写体領域の合焦画像を合成して、新たな画像を生成し、また、信号処理前のボケ画像、処理後の復元画像(中間画像及び合焦画像)、及び合成した新たな画像をたとえば図示しないメモリバッファや画像表示メモリ160に記録する記録機能を備えていることから以下の効果を得ることができる。

【0101】

ポートレート撮影を容易に行え、また、信号処理前の画像、処理後の画像を記録しておくことで、撮影して記録した後に明瞭にさせたい(ハッキリさせたい)エリア(逆に、ボカしたいエリア)の位置や大きさを選択し、新たな画像を作成することができ、撮影時にポートレートモード以外で撮影した記録した画像からポートレート撮影画像を作成することができる利点がある。さらには、ポートレートモードのバリエーションを増やすことができる利点がある。

【0102】

また、1次画像を形成する光学系110および撮像素子120と、1次画像を高精細な最終画像に形成する画像処理装置140とを含み、画像処理装置140において、露出制御装置190からの露出情報に応じて光学的伝達関数(OTF)に対してフィルタ処理を行うことから、光学系を簡単化でき、コスト低減を図ることができ、しかもノイズの影響が小さい復元画像を得ることができる利点がある。

【0103】

10

20

30

40

50

また、コンボリユーション演算時に用いるカーネルサイズやその数値演算で用いられる係数を可変とし、操作部180等の入力により、適性となるカーネルサイズや上述した係数を対応させることにより、倍率やデフォーカス範囲を気にすることなくレンズ設計ができ、かつ精度の高いコンボリユーションによる画像復元が可能となる利点がある。

【0104】

また、難度が高く、高価でかつ大型化した光学レンズを必要とせずに、かつ、レンズを駆動させること無く、撮影したい物体に対してピントが合い、背景は段階的にぼかすといった、いわゆる自然な画像を得ることができる利点がある。

そして、本実施形態に係る撮像装置100は、デジタルカメラやカムコーダー等の民生機器の小型、軽量、コストを考慮されたズームレンズの深度拡張光学系システムに使用することが可能である。

【0105】

また、本実施形態においては、結像レンズ112による撮像素子120の受光面への結像の波面を変形させる波面形成用光学素子を有する撮像レンズ系と、撮像素子120による1次画像FIMを受けて、1次画像の空間周波数におけるMTFをいわゆる持ち上げる所定の補正処理等を施して高精細な最終画像FNLMを形成する画像処理装置140とを有することから、高精細な画質を得ることが可能となるという利点がある。

また、光学系110の構成を簡単化でき、製造が容易となり、コスト低減を図ることができる。

【0106】

ところで、CCDやCMOSセンサを撮像素子として用いた場合、画素ピッチから決まる解像力限界が存在し、光学系の解像力がその限界解像力以上であるとエリアジングのような現象が発生し、最終画像に悪影響を及ぼすことは周知の事実である。

画質向上のため、可能な限りコントラストを上げることが望ましいが、そのことは高性能なレンズ系を必要とする。

しかし、上述したように、CCDやCMOSセンサを撮像素子として用いた場合、エリアジングが発生する。

現在、エリアジングの発生を避けるため、撮像レンズ装置では、一軸結晶系からなるローパスフィルタを併用し、エリアジングの現象の発生を避けている。

【0107】

このようにローパスフィルタを併用することは、原理的に正しいが、ローパスフィルタそのものが結晶でできているため、高価であり、管理が大変である。また、光学系に使用することは光学系をより複雑にしているという不利益がある。

【0108】

以上のように、時代の趨勢でますます高精細の画質が求められているにもかかわらず、高精細な画像を形成するためには、従来の撮像レンズ装置では光学系を複雑にしなければならない。複雑にすれば、製造が困難になったりし、また高価なローパスフィルタを利用したりするとコストアップにつながる。

しかし、本実施形態によれば、ローパスフィルタを用いなくとも、エリアジングの現象の発生を避けることができ、高精細な画質を得ることができる。

【0109】

なお、本実施形態において、光学系の波面形成用光学素子を絞りより物体側レンズよりに配置した例を示したが、絞りと同一あるいは絞りより結像レンズ側に配置しても前記と同様の作用効果を得ることができる。

また、図14や図16の光学系は一例であり、本発明は図14や図16の光学系に対して用いられるものとは限らない。また、スポット形状についても図17および図18は一例であり、本実施形態のスポット形状は、図17および図18に示すものとは限らない。

また、図19のカーネルデータ格納ROMに関して、光学倍率やそれぞれのカーネルのサイズ、値に対して用いられるものとは限らない。また用意するカーネルデータの数に

10

20

30

40

50

についても3個とは限らない。

なお、以上の実施形態は光学系が一つの場合を例に説明したが、光学系を複数有する撮像装置に対しても本発明は適用可能である。

【0110】

図36は、本発明に係る光学系を複数有する撮像装置の一実施形態を示すブロック構成図である。

本撮像装置100Aと図1の撮像装置100と異なる点は、光学ユニット110Aは、複数(本実施形態では2)の光学系110-1, 110-2を有露出制御装置190の代わりシステム制御装置200を設け、さらに光学系切替制御部201を設けたことにある。

10

【0111】

光学ユニット110Aは、複数(本実施形態では2)の光学系110-1, 110-2を有し、光学系切替制御部201の切り替え処理に応じて被写体物体OBJを撮影した像を順番に撮像素子120に供給する。

各光学系110-1, 110-2は、光学倍率が異なり、撮像対象物体(被写体)OBJの映像を光学的に取り込む。

【0112】

システム制御装置200は、基本的に露出制御装置と同様の機能を有し、操作部180などの操作入力を持ち、それらの入力に応じて、システム全体の動作を決定し、光学系切替制御部140、AFE130、画像処理装置140、DSP150等を制御し、システム全体の調停制御を司るものである。

20

その他の構成は図1と同様である。

【0113】

図37は、システム制御装置200の光学系設定処理の概要を示すフローチャートである。

まず、光学系を確認し(ST61)、カーネルデータをセットする(ST62)。

そして、操作部180の操作により光学系の切り替え指示がなされると(ST63)、光学系切替制御部201により光学ユニット110Aの光学系の出力を切り替え、ステップST61の処理を行う(ST64)。

【0114】

30

図35の実施形態によれば、前述した図1の撮像装置の効果に加えて以下の効果を得ることができる。

すなわち、図36の撮像装置においては、1次画像を形成する倍率の異なる複数の光学系110-1, 2を含む光学ユニット110Aおよび撮像素子120と、1次画像を高精細な最終画像に形成する画像処理装置140とを含み、画像処理装置140において、光学系の倍率に応じて、コンボリューション演算時に用いるカーネルサイズやその数値演算で用いられる係数を可変とし、操作部180等の入力により知り、その光学系の倍率に応じた適性となるカーネルサイズや上述した係数を対応させることにより、倍率やデフォーカス範囲を気にすることなくレンズ設計ができ、かつ精度の高いコンボリューションによる画像復元が可能となる利点がある。

40

また、難度が高く、高価でかつ大型化した光学レンズを必要とせずに、かつ、レンズを駆動させること無く、撮影したい物体に対してピントが合い、背景はぼかすといった、いわゆる自然な画像を得ることができる利点がある。

そして、本実施形態に係る撮像装置100は、デジタルカメラやカムコーダー等の民生機器の小型、軽量、コストを考慮されたズームレンズの深度拡張光学系システムに使用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0115】

【図1】本発明に係る撮像装置の一実施形態を示すブロック構成図である。

【図2】本実施形態に係る操作部の構成例を示す図である。

50

【図 3】被写体部分の網掛け部分のみを復元処理を行い、ポートレートの画像を作成する例を示す図である。

【図 4】横撮影ポートレートモード時の中央領域を示す図である。

【図 5】縦撮影ポートレートモード時の中央領域を示す図である。

【図 6】プレビュー画表示中に被写体選択をユーザが行っている様子であって、中央領域を示す枠の大きさと位置をユーザが操作部（キー入力部）によって決定する例を示す図である。

【図 7】画像の中央領域を復元処理する場合のフローチャートである。

【図 8】選択された領域を復元処理する場合のフローチャートである。

【図 9 - 1】合焦画像またはぼかし画像の範囲を指定する状態、およびそれによる表示を示す図である。

10

【図 9 - 2】合焦画像またはぼかし画像の範囲を指定する状態、およびそれによる表示を示す図である。

【図 10】合焦画像またはぼかし画像の範囲を指定する手順を示す図である。

【図 11 - 1】合焦画像またはぼかし画像の範囲を指定し表示するまでの手順を示す図である。

【図 11 - 2】合焦画像またはぼかし画像の範囲を指定し表示するまでの手順を示す図である。

【図 12】本発明により合焦画像と段階的ボケ画像を合成した状態を示す図である。

【図 13】本発明の段階的ボケ画像のボケ度合いの種々の例を示す図である。

20

【図 14】本実施形態に係る撮像レンズ装置の広角側のズーム光学系の構成例を模式的に示す図である。

【図 15】深度拡張光学系システムの原理を説明するための図である。

【図 16】本実施形態に係る撮像レンズ装置の望遠側のズーム光学系の構成例を模式的に示す図である。

【図 17】広角側の像高中心のスポット形状を示す図である。

【図 18】望遠側の像高中心のスポット形状を示す図である。

【図 19】カーネルデータ ROM の格納データの一例を示す図である。

【図 20】露出制御装置の光学系設定処理の概要を示すフローチャートである。

【図 21】信号処理部とカーネルデータ格納 ROM についての第 1 の構成例を示す図である

30

【図 22】信号処理部とカーネルデータ格納 ROM についての第 2 の構成例を示す図である

【図 23】信号処理部とカーネルデータ格納 ROM についての第 3 の構成例を示す図である

【図 24】信号処理部とカーネルデータ格納 ROM についての第 4 の構成例を示す図である

【図 25】被写体距離情報と露出情報とを組み合わせる画像処理装置の構成例を示す図である。

【図 26】ズーム情報と露出情報とを組み合わせる画像処理装置の構成例を示す図である

40

【図 27】露出情報と、物体距離情報と、ズーム情報とを用いた場合のフィルタの構成例を示す図である。

【図 28】撮影モード情報と露出情報とを組み合わせる画像処理装置の構成例を示す図である。

【図 29】本実施形態に係る撮像素子の受光面でのスポット像を示す図であって、(A) は焦点が  $0.2\text{ mm}$  ずれた場合 ( $\text{Defocus} = 0.2\text{ mm}$ )、(B) が合焦点の場合 ( $\text{Best focus}$ )、(C) が焦点が  $-0.2\text{ mm}$  ずれた場合 ( $\text{Defocus} = -0.2\text{ mm}$ ) の各スポット像を示す図である。

【図 30】本実施形態に係る撮像素子により形成される 1 次画像の MTF について説明す

50

るための図であって、(A)は撮像レンズ装置の撮像素子の受光面でのスポット像を示す図で、(B)が空間周波数に対するMTF特性を示している。

【図31】本実施形態に係る画像処理装置におけるMTF補正処理を説明するための図である。

【図32】本実施形態に係る画像処理装置におけるMTF補正処理を具体的に説明するための図である。

【図33】従来の光学系の場合において物体が焦点位置にあるときと焦点位置から外れたときのMTFのレスポンス(応答)を示す図である。

【図34】光波面変調素子を有する本実施形態の光学系の場合において物体が焦点位置にあるときと焦点位置から外れたときのMTFのレスポンスを示す図である。

10

【図35】本実施形態に係る撮像装置のデータ復元後のMTFのレスポンスを示す図である。

【図36】本発明に係る光学系を複数有する撮像装置の一実施形態を示すブロック構成図である。

【図37】図32のシステム制御装置の光学系設定処理の概要を示すフローチャートである。

【図38】一般的な撮像レンズ装置の構成および光束状態を模式的に示す図である。

【図39】図34の撮像レンズ装置の撮像素子の受光面でのスポット像を示す図であって、(A)は焦点が0.2mmずれた場合( $Defocus = 0.2\text{mm}$ )、(B)が合焦点の場合( $Best\ focus$ )、(C)が焦点が-0.2mmずれた場合( $Defocus = -0.2\text{mm}$ )の各スポット像を示す図である。

20

【符号の説明】

【0116】

100, 100A ... 撮像装置

110 ... 光学系

110A ... 光学ユニット

120 ... 撮像素子

130 ... アナログフロントエンド部(AFE)

140 ... 画像処理装置

150 ... カメラ信号処理部

30

180 ... 操作部

190 ... 露出制御装置

200 ... システム制御装置

201 ... 光学系切替制御部

111 ... 物体側レンズ

112 ... 結像レンズ

113 ... 波面形成用光学素子

113a ... 位相板(光波面変調素子)

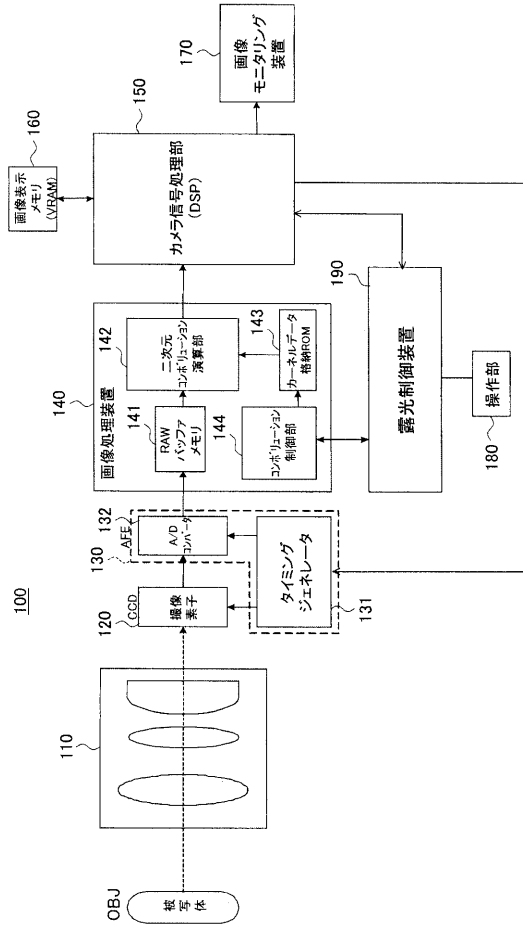
142 ... コンボリューション演算器

143 ... カーネルデータROM

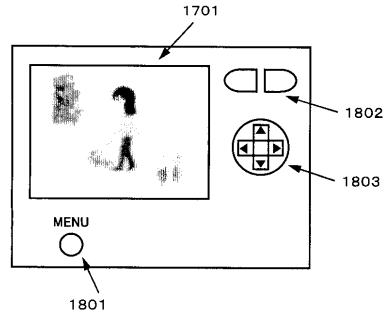
40

144 ... コンボリューション制御部。

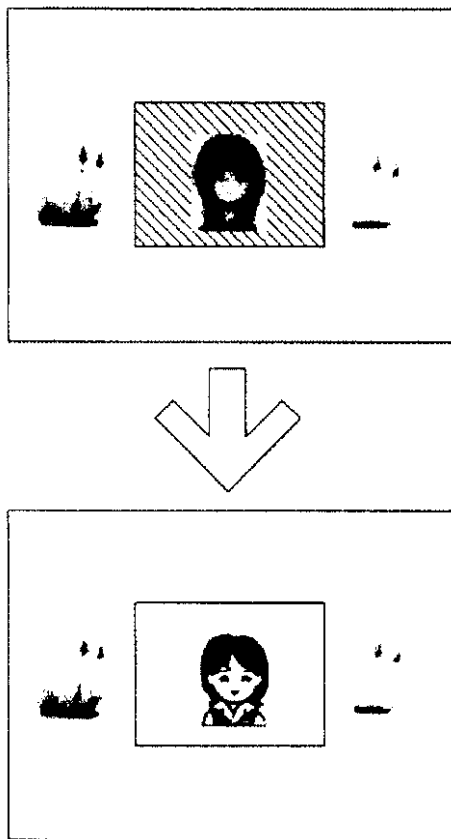
【図1】



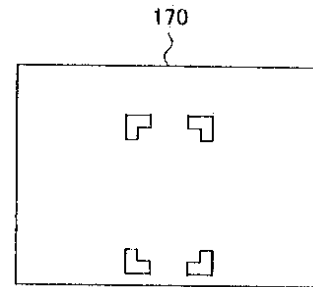
【図2】



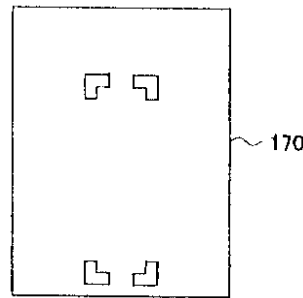
【図3】



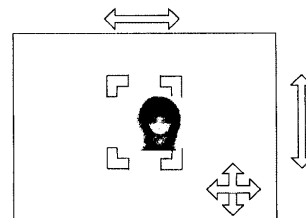
【図4】



【図5】

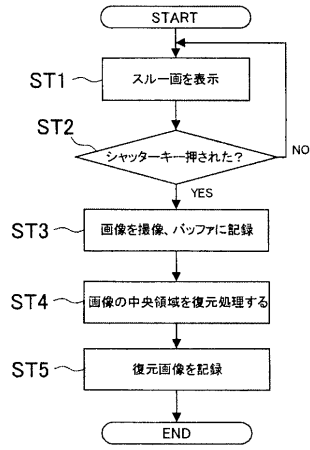


【図6】

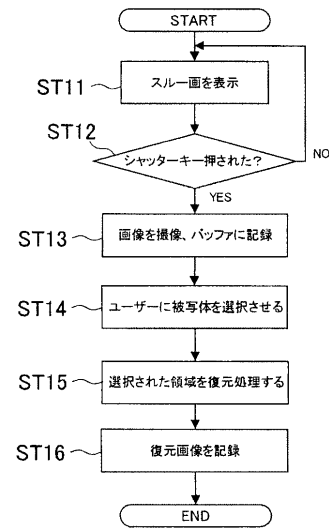




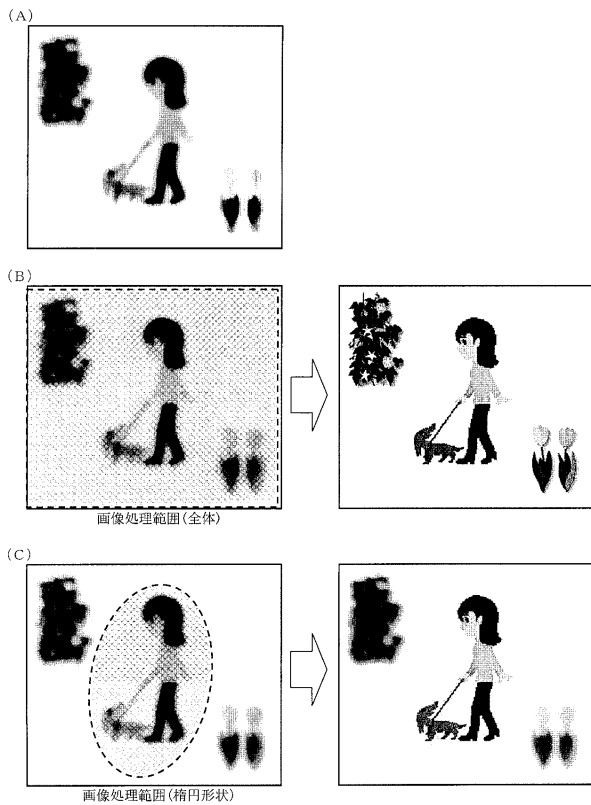
【図7】



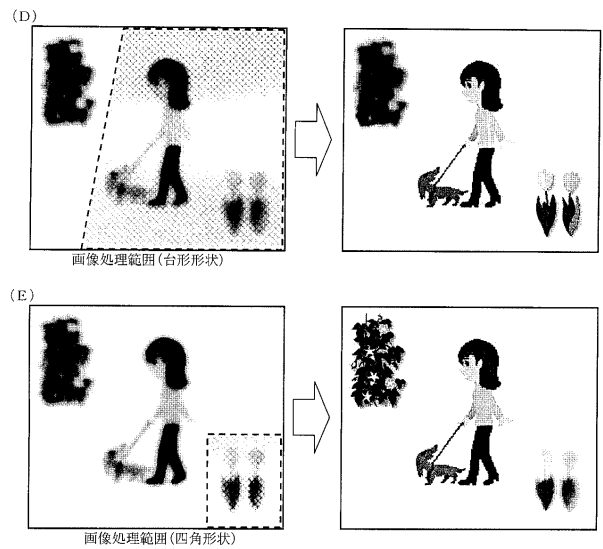
【図8】



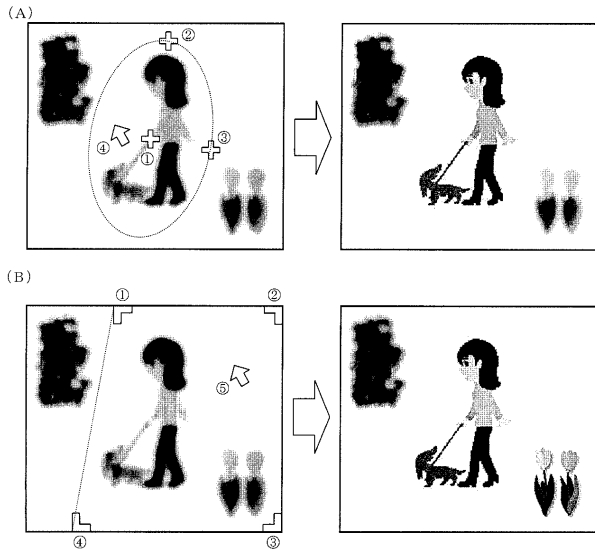
【図9-1】



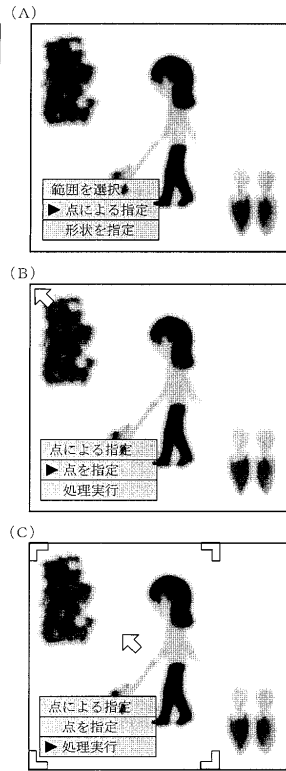
【図9-2】



【図10】



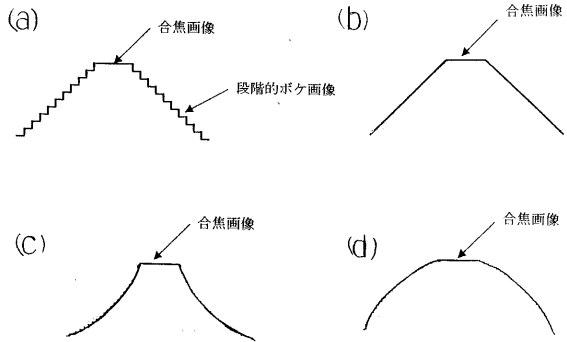
【図11-1】



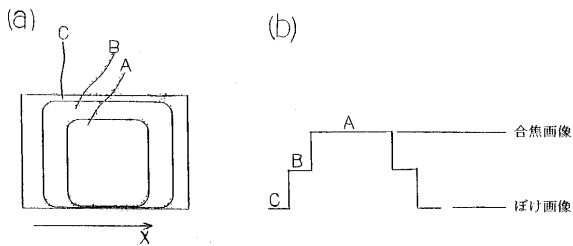
【図11-2】



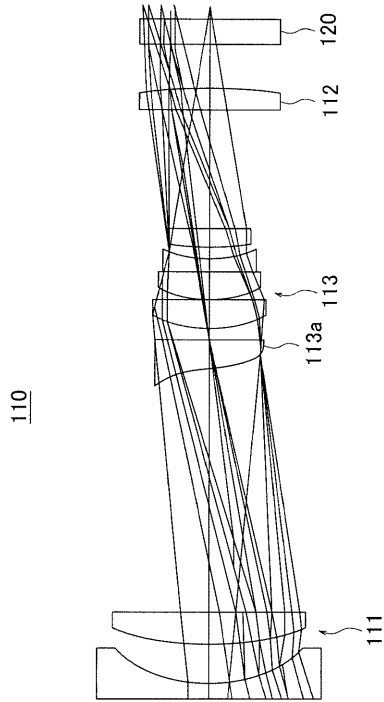
【図13】



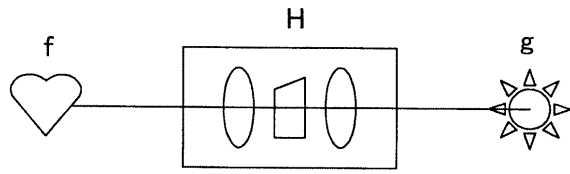
【図12】



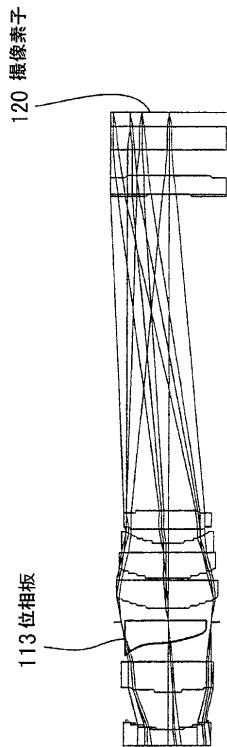
【図14】



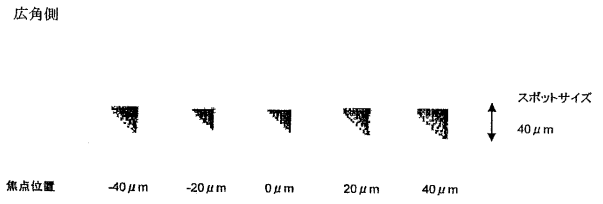
【図15】



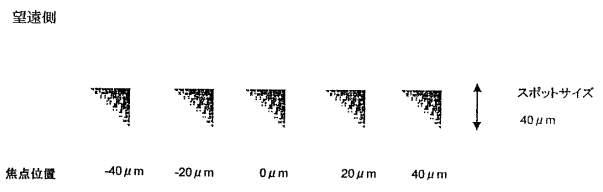
【図16】



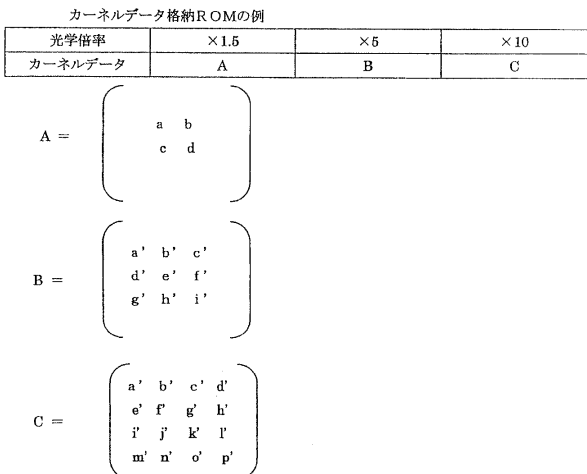
【図17】



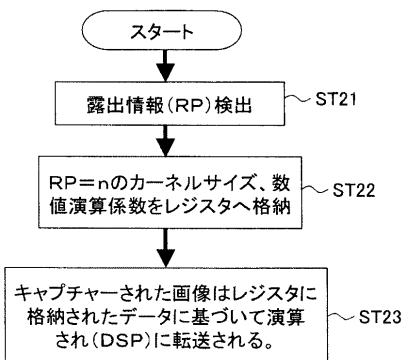
【図18】



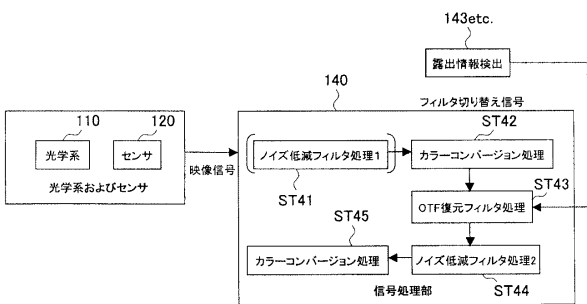
【図19】



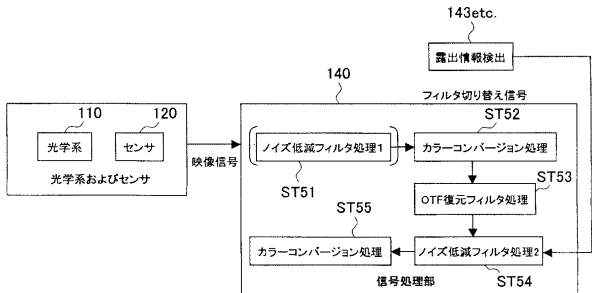
【図20】



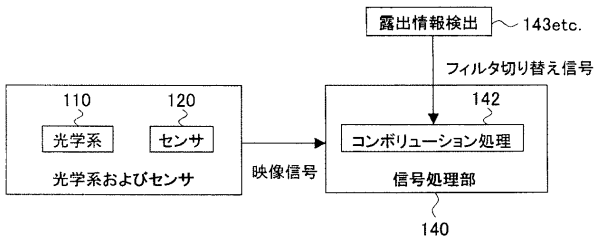
【図23】



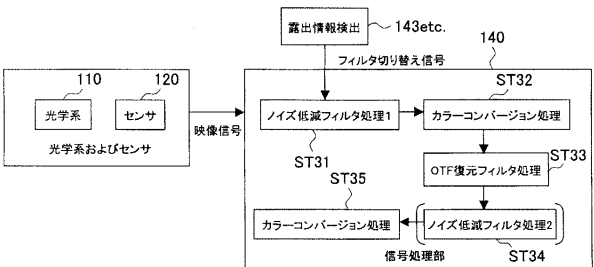
【図24】



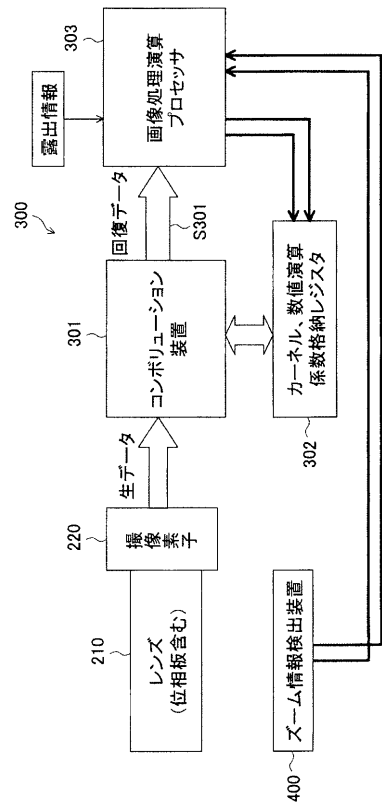
【図21】



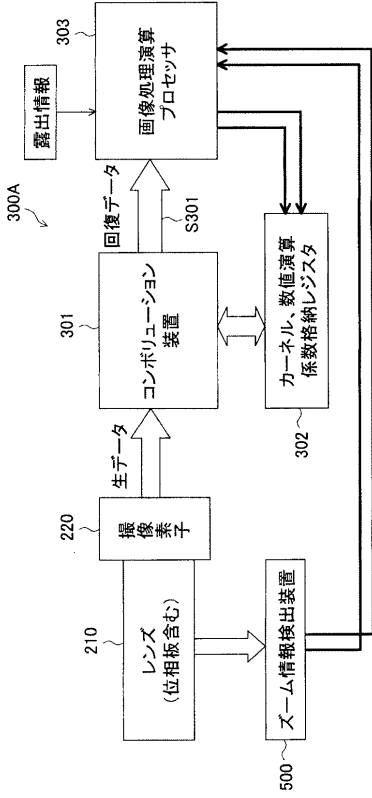
【図22】



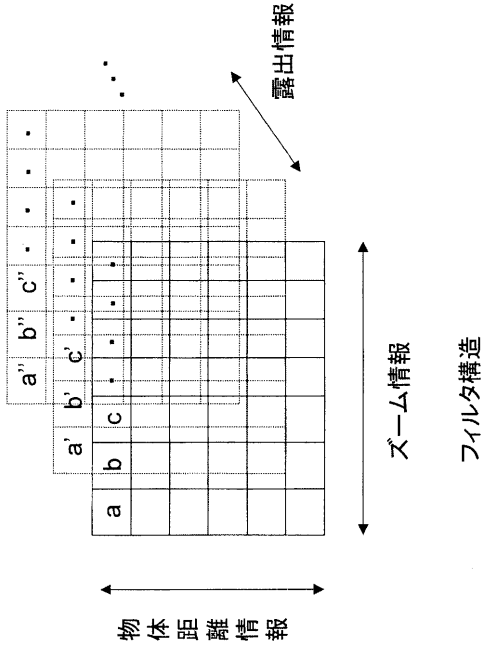
【図25】



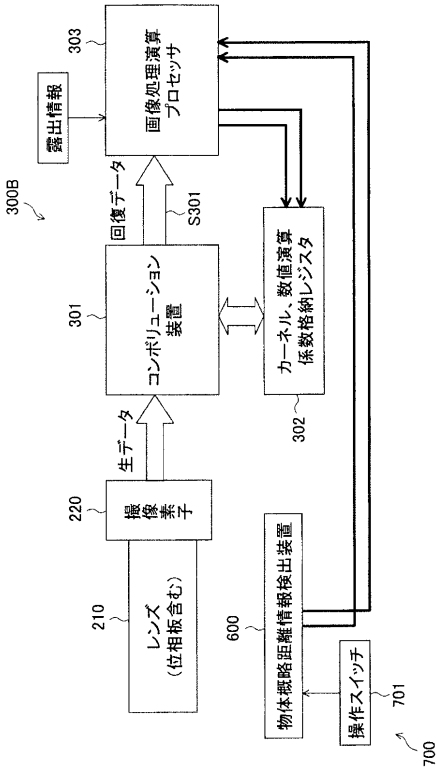
【図26】



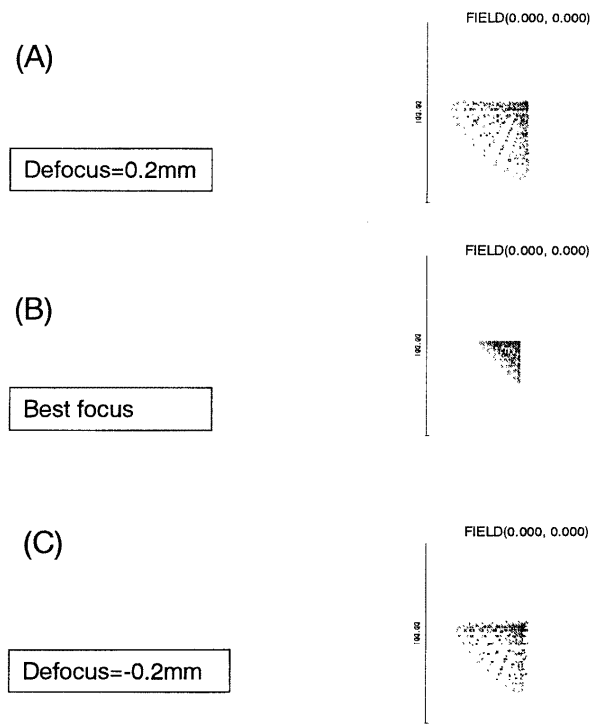
【図27】



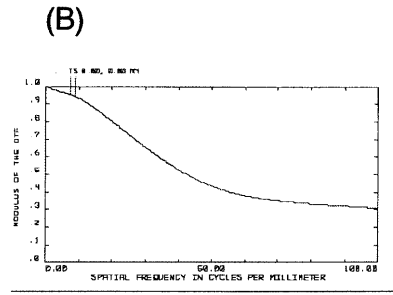
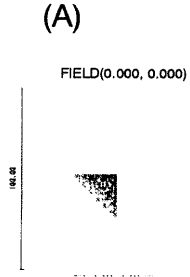
【図28】



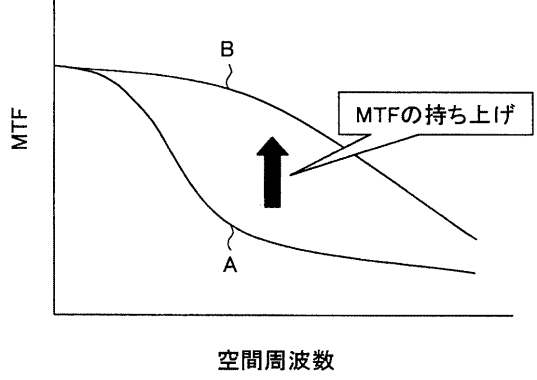
【図29】



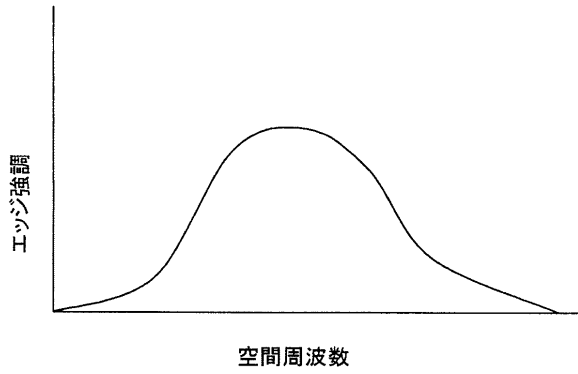
【図30】



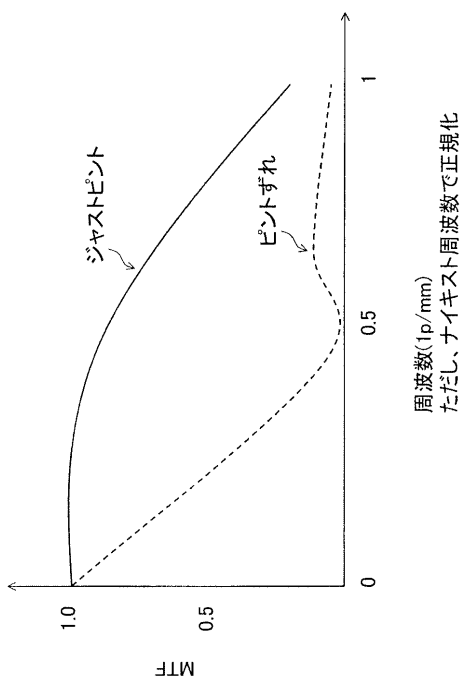
【図31】



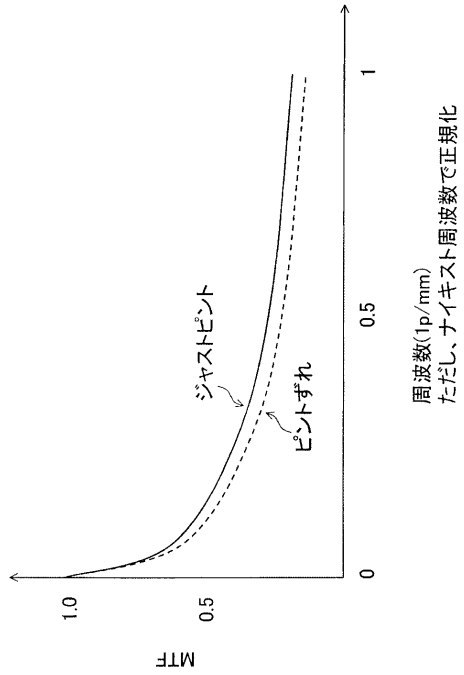
【図32】



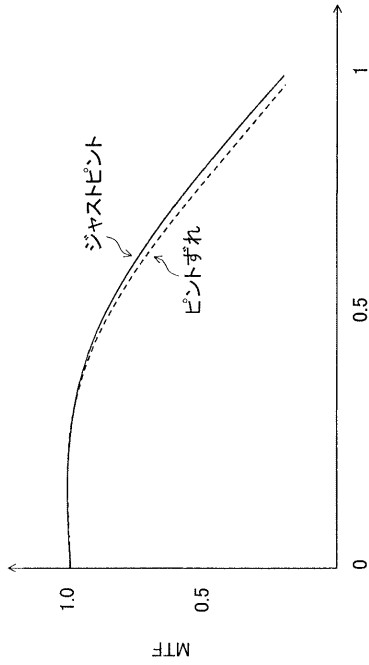
【図33】



【図34】

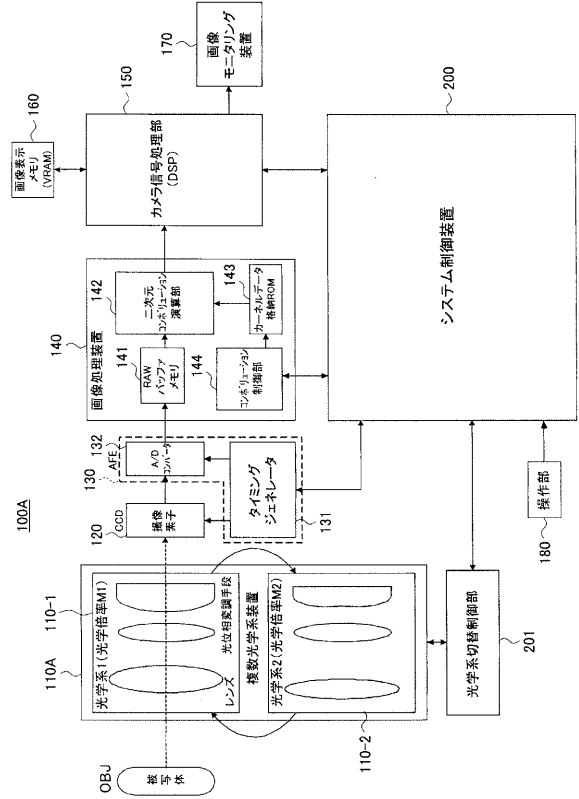


【図35】

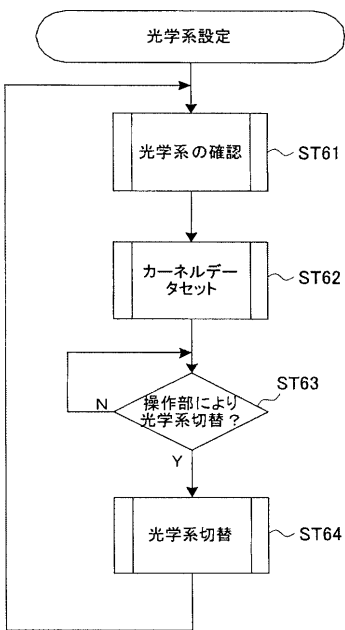


周波数(lp/mm) ただし、ナイキスト周波数で正規化

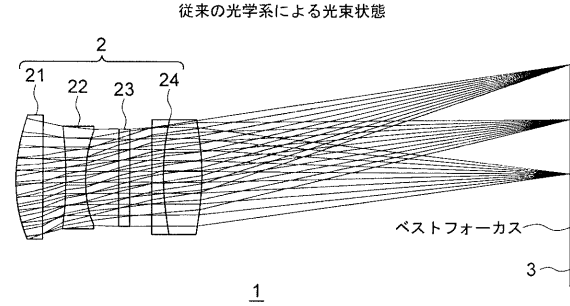
【図36】



【図37】

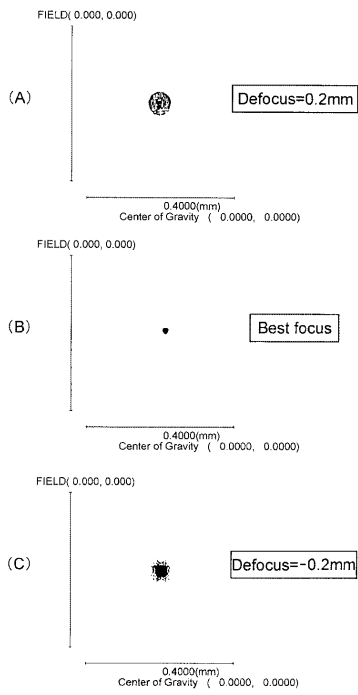


【図38】



【図39】

従来型光学系のスポット像





---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-235794(JP,A)  
特開2000-005127(JP,A)  
特開2006-094471(JP,A)  
特開2005-039680(JP,A)  
特開2000-244810(JP,A)  
特開2006-094468(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 5/222 - 5/257  
G06T 1/00