

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4788481号
(P4788481)

(45) 発行日 平成23年10月5日(2011.10.5)

(24) 登録日 平成23年7月29日(2011.7.29)

(51) Int.Cl.	F 1
GO2B 7/34 (2006.01)	GO2B 7/11 C
GO2B 7/28 (2006.01)	GO2B 7/11 N
GO3B 13/36 (2006.01)	GO3B 3/00 A

請求項の数 15 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2006-150686 (P2006-150686)
 (22) 出願日 平成18年5月30日 (2006.5.30)
 (65) 公開番号 特開2007-11314 (P2007-11314A)
 (43) 公開日 平成19年1月18日 (2007.1.18)
 審査請求日 平成21年3月19日 (2009.3.19)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-157314 (P2005-157314)
 (32) 優先日 平成17年5月30日 (2005.5.30)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
 (74) 代理人 100072718
 弁理士 古谷 史旺
 (74) 代理人 100116001
 弁理士 森 俊秀
 (72) 発明者 歌川 健
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
 審査官 越河 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】結像状態検出装置、カメラ、及び受光ユニット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

結像光学系の予定焦点面からずれた面に所定ピッチで配列された複数のマイクロレンズを有するマイクロレンズアレイと、

前記マイクロレンズアレイを構成する複数のマイクロレンズの後側へ個別に設けられた複数の受光部アレイと、

或るマイクロレンズに設けられた受光部アレイの光電変換出力から第1信号列 { a (i) ; i = 1, 2, 3, 4, ... } を作成すると共に、別のマイクロレンズに設けられた受光部アレイの光電変換出力から第2信号列 { b (i) ; i = 1, 2, 3, 4, ... } を作成する第1作成手段と、

i 番目のマイクロレンズに設けられた受光部アレイのうち所定位置に配置された2つの受光部の光電変換出力から信号 a (i), b (i) を抽出する処理を、複数のマイクロレンズについてそれを行い、第1信号列 { a (i) ; i = 1, 2, 3, 4, ... } 及び第2信号列 { b (i) ; i = 1, 2, 3, 4, ... } を作成する第2作成手段と、

前記第1作成手段が作成する1対の信号列と、前記第2作成手段が作成する1対の信号列とのうち一方を所定の判断基準で選択し、選択された1対の信号列が表す1対のパターンの間のズレ量により、前記結像光学系の前記予定焦点面における結像状態を検出する結像状態演算手段と

を備えることを特徴とする結像状態検出装置。

【請求項 2】

10

20

請求項1に記載の結像状態検出装置において、
前記受光部アレイを前記予定焦点面上に逆投影した場合に形成される受光部像の配列ピッチ P_d は、前記マイクロレンズの配列ピッチ P よりも小さい。

【請求項3】

請求項1または請求項2に記載の結像状態検出装置において、
前記マイクロレンズの配列ピッチを P 、前記結像光学系の部分瞳から1つの受光部へ入射する光束の F 値を F_p 、前記結像光学系の瞳の分割数を Q としたとき、前記マイクロレンズアレイの配置面から前記予定焦点面までの距離 L は、次式を満たす。

$$P \times F_p > L \quad P \times F_p / (Q - 4)$$

【請求項4】

請求項1～請求項3のいずれか一項に記載の結像状態検出装置において、
前記複数の受光部アレイの中には、受光部の配列方向が第1方向である複数の第1受光部アレイと、受光部の配列方向が前記第1方向とは異なる第2方向である複数の第2受光部アレイとが存在する。

【請求項5】

請求項4に記載の結像状態検出装置において、
前記複数の第1受光部アレイを個別に設けた複数のマイクロレンズと、前記複数の第2受光部アレイを個別に設けた複数のマイクロレンズとは、市松模様に配置される。

【請求項6】

請求項4に記載の結像状態検出装置において、
前記複数の第1受光部アレイと前記複数の第2受光部アレイとは、市松模様に配置される。

【請求項7】

請求項4に記載の結像状態検出装置において、
前記第1受光部アレイを設けたマイクロレンズの配列ピッチと、前記第2受光部アレイを設けたマイクロレンズの配列ピッチとは、互いに異なる。

【請求項8】

請求項4に記載の結像状態検出装置において、
前記第1受光部アレイのアレイ方向の長さと、前記第2受光部アレイのアレイ方向の長さとは、互いに異なる。

【請求項9】

請求項1～請求項8のいずれか一項に記載の結像状態検出装置において、
前記複数の受光部アレイの中には、互いに異なる分光感度特性を有した複数種類の受光部が存在する。

【請求項10】

請求項4に記載の結像状態検出装置において、
前記複数の第1受光部アレイの中には、互いに異なる分光感度特性を有した複数種類の第1受光部アレイが存在する。

【請求項11】

請求項9に記載の結像状態検出装置において、
前記複数種類の受光部のうち、特定の分光感度特性を有した特定種類の受光部は、他の分光感度特性を有した他種類の受光部よりも高密度に配列される。

【請求項12】

請求項10に記載の結像状態検出装置において、
前記複数の第1受光部アレイ及び前記複数の第2受光部アレイの各々の中には、特定の波長に感度を有した受光部が存在する。

【請求項13】

請求項11または請求項12に記載の結像状態検出装置において、
互いに異なる分光感度特性を有した複数種類の受光部の間では、互いの大きさが異なる。

【請求項 14】

請求項 1 ~ 請求項 13 のいずれか一項に記載の結像状態検出装置を焦点検出装置として内蔵するカメラ。

【請求項 15】

請求項 1 ~ 請求項 13 のいずれか一項に記載の結像状態検出装置における前記マイクロレンズアレイと前記受光部アレイとを有する受光ユニット。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、カメラやフィールドスコープなどが備える結像光学系の結像状態検出装置、 10 カメラ、及び受光ユニットに関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、一眼レフカメラの焦点検出装置の方式としては、瞳分割再結像方式が最も一般的である（特許文献 1 など）。この方式は、カメラの撮影レンズの射出瞳上の異なる領域を透過した結像光束を、1 対の再結像レンズによって個別に再結像し、再結像された 1 対の二次像のパターンをラインセンサで検出し、その 1 対の二次像の間のパターンずれに応じてデフォーカス信号を生成するものである。

【0003】

この方式における焦点検出面（予定焦点面）の検出ピッチ、すなわち再結像レンズでラインセンサを焦点検出面へ逆投影してできる仮想画素の画素ピッチは、投影倍率とラインセンサの画素ピッチとに依存している。よって、ラインセンサの画素配列を高密度化すれば、高精度な焦点検出が可能となる。 20

尚、焦点検出面とは、フィルム共役面のように、その面でピントを合わせようとする面のことである。

【特許文献 1】特開 2002 - 174766 号公報**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかし、一般的に、この方式の場合、焦点検出面上の焦点検出領域の長さは 3 ~ 7 mm 30 であるので、この長さを 1 つの再結像レンズでセンサ上に結像しようとすると、焦点検出面から再結像レンズまでの距離を一定量（3 ~ 7 mm の数倍）確保しなければならないため、小型化が困難である。又、再結像レンズとセンサとの距離も離れているため、2 つのラインセンサ像を重ね合わせる組み立て調整の精度を上げることが難しく、例えば、焦点検出領域の延在方向と直交する縦線では精度が良くても斜線では精度が低下する等の問題があった。

【0005】

本発明は、小型で高精度な結像状態検出装置、それを焦点検出装置として使用するカメラを提供する。

また本発明は、小型で高精度な結像状態検出装置を実現するための焦点検出ユニットを 40 提供する。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

本発明による結像状態検出装置は、結像光学系の予定焦点面から ずれた面 に所定ピッチで配列された複数のマイクロレンズを有するマイクロレンズアレイと、前記マイクロレンズアレイを構成する複数のマイクロレンズの後側へ個別に設けられた複数の受光部アレイと、或るマイクロレンズに設けられた受光部アレイの光電変換出力から第 1 信号列 { a (i) ; i = 1 , 2 , 3 , 4 , . . . } を作成すると共に、別のマイクロレンズに設けられた受光部アレイの光電変換出力から第 2 信号列 { b (i) ; i = 1 , 2 , 3 , 4 , . . . } を作成する第 1 作成手段と、i 番目のマイクロレンズに設けられた受光部アレイのうち

所定位置に配置された2つの受光部の光電変換出力から信号a(i), b(i)を抽出する処理を、複数のマイクロレンズについてそれぞれ行い、第1信号列{a(i); i = 1, 2, 3, 4, ...}及び第2信号列{b(i); i = 1, 2, 3, 4, ...}を作成する第2作成手段と、前記第1作成手段が作成する1対の信号列と前記第2作成手段が作成する1対の信号列とのうち一方を所定の判断基準で選択し、選択された1対の信号列が表す1対のパターンの間のズレ量により、前記結像光学系の前記予定焦点面における結像状態を検出する結像状態演算手段とを備える。

【0007】

なお、前記受光部アレイを前記予定焦点面上に逆投影した場合に形成される受光部像の配列ピッチPdは、前記マイクロレンズの配列ピッチPよりも小さくてもよい。

10

【0008】

また、前記マイクロレンズの配列ピッチをP、前記結像光学系の部分瞳から1つの受光部へ入射する光束のF値をF_P、前記結像光学系の瞳の分割数をQとしたとき、前記マイクロレンズアレイの配置面から前記予定焦点面までの距離Lは、次式を満たしてもよい。

$$P \times F_P > L \quad P \times F_P / (Q - 4)$$

【0010】

また、前記複数の受光部アレイの中には、受光部の配列方向が第1方向である複数の第1受光部アレイと、受光部の配列方向が前記第1方向とは異なる第2方向である複数の第2受光部アレイとが存在することが望ましい。

また、前記複数の第1受光部アレイを個別に設けた複数のマイクロレンズと、前記複数の第2受光部アレイを個別に設けた複数のマイクロレンズとは、市松模様に配置されてもよい。

20

【0011】

また、前記複数の第1受光部アレイと前記複数の第2受光部アレイとは、市松模様に配置されることが望ましい。

また、前記第1受光部アレイを設けたマイクロレンズの配列ピッチと、前記第2受光部アレイを設けたマイクロレンズの配列ピッチとは、互いに異なってもよい。

また、前記第1受光部アレイのアレイ方向の長さと、前記第2受光部アレイのアレイ方向の長さとは、互いに異なってもよい。

また、前記複数の受光部アレイの中には、互いに異なる分光感度特性を有した複数種類の受光部が存在してもよい。

30

また、前記複数の第1受光部アレイの中には、互いに異なる分光感度特性を有した複数種類の第1受光部アレイが存在してもよい。

また、前記複数種類の受光部のうち、特定の分光感度特性を有した特定種類の受光部は、他の分光感度特性を有した他種類の受光部よりも高密度に配列されてもよい。

また、前記複数の第1受光部アレイ及び前記複数の第2受光部アレイの各々の中には、特定の波長に感度を有した受光部が存在してもよい。

【0012】

また、互いに異なる分光感度特性を有した複数種類の受光部の間では、互いの大きさが異なってもよい。

40

また、本発明のカメラは、上述した何れかの結像状態検出装置を焦点検出装置として内蔵する。

さらには、本発明の受光ユニットは、上述した結像状態検出装置における前記マイクロレンズアレイと受光部アレイとを有する。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、小型で高精度な結像状態検出装置を実現できる。また、このような小型化した結像状態検出装置を焦点検出装置として内蔵するカメラを提供できる。さらには、小型化した結像状態検出装置を実現するための受光ユニットを提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【0014】

本発明の一実施の形態による結像状態検出装置をカメラに適用した場合の実施の形態を説明する。初めに図19～22を参照して、概念的な説明を行い、その後に具体例を説明する。

結像状態検出装置をカメラの焦点検出装置として使用する場合、上記予定焦点面は、結像光学系を介して被写体を撮像する撮像装置の撮像面と光学的に等価な面である。図19の焦点検出装置は、結像光学系の予定焦点面181から所定距離だけ離れた位置に設けられ、所定ピッチで配列された複数のマイクロレンズ182, 183と、複数の光電変換素子を有するとともに、この複数の光電変換素子をマイクロレンズ182, 183のそれぞれに対応して配置した一対の光電変換素子アレイ184, 185を有する。

10

【0015】

焦点検出装置はまた、一対の光電変換素子アレイ184, 185で得られる受光出力に基づいて、結像光学系の異なる瞳領域を通過した光束による像に対応する信号列対a(i), b(i)を抽出する信号列抽出部191と、信号列抽出部191により抽出された信号列対a(i), b(i)の位相のずれを検出する(像の相関を演算することにより、結像光学系の結像状態であるデフォーカス量を求める演算部192とを備える。

【0016】

一対の像の相関演算を行うためには、最低でも4つの画素から信号を抽出する必要がある。換言すると、一対の光電変換素子アレイの焦点検出面上での逆投影像において、最低でも4つの素子の逆投影像が重複する必要がある。したがって、図19に示すように、光電変換素子アレイ184, 185の各々は、5つの光電変換素子184-1～184-5および185-1～185-5を有する。この場合、図19に示すように、結像光学系の射出瞳における5つの分割瞳(部分瞳とも呼ぶ)186-1～186-5と、各光電変換素子184-1～184-5が対応し、同様に各光電変換素子185-1～185-5が対応する。5つの光電変換素子184-1～184-5および185-1～185-5を用いて、4つの画素が重複するためには、図20に示すように、ほぼ同じ瞳部分を通過してマイクロレンズ182, 183に入射する光束が、焦点検出面上で1素子ずれる。

20

【0017】

マイクロレンズ面を結像光学系の予定焦点面に配置する従来の所謂TCL方式と呼ばれる焦点検出装置では、マイクロレンズ面が焦点検出面となるため、焦点検出像のサンプリングピッチはマイクロレンズの配列ピッチに制限される。TCL方式では、検出精度を向上するにはマイクロレンズの配列ピッチを細かくする必要があるが、そうするとマイクロレンズも小さくなるため、光量が低下して検出能力が低下してしまう。そこで、本発明の一実施の形態による焦点検出装置では、焦点検出面でのサンプリングピッチがマイクロレンズの配列ピッチより細かくなるように、予定焦点面(焦点検出面)181と、マイクロレンズアレイ182, 183と、光電変換素子アレイ184, 185との光軸方向の位置関係を設計している。

30

【0018】

予定焦点面上の素子逆投影像のピッチ、すなわち、サンプルピッチをPd、マイクロレンズの配列ピッチをPで表し、 $P / P_d > 1$ とすれば、この条件を満たすことになる。例えば、 $P / P_d = 1.1$ とことができ、好ましくは、 $P / P_d = 1.5$ 、或いはそれ以上にする。例えば、図21は、 $P / P_d = 2$ の場合である。光電変換素子数は10、重複する画素は8、ずれ量は2である。

40

【0019】

一般に、間隔の離れた部分瞳の光束を利用して焦点検出すると精度が良いことが知られている。したがって、図19のように隣接する2つのマイクロレンズ182, 183と、それに対応する2つの光電変換素子アレイ184, 185だけで構成すると検出精度が制約される。そこで、図22に示すように複数のマイクロレンズ187-1～187-5に入射した光束を同数の光電変換素子アレイ188-1～188-5で受光する。

【0020】

50

図22に示すように、焦点検出面181上的一点を通った光は、5つのマイクロレンズ187-1～187-5に入射する。入射光の広がりは、点線で示した範囲になっているので、焦点検出面181上的一点を通った光は、図22に示した全てのマイクロレンズに入射することができる。これらマイクロレンズ187-1～187-5に対応する複数の光電変換素子アレイ188-1～188-5の信号出力を利用して像ずれ量を演算することができる。また、焦点検出を行うのであれば、これによりデフォーカス量を算出することができる。

【0021】

図19、図20の例では、部分瞳を5つとして説明したが、この5は最低限の例であり、好ましくは6以上であり、実用的には8以上とする。後述する図8は撮影レンズのF値が4の場合で、部分瞳は12個である。これをF値が8のものに変更すると、図9のように部分瞳は6個である。10

尚、図を簡潔にするため、部分瞳の数を上述の値としているが、これに限るものではない。

【0022】

部分瞳の広がり(大きさ)が、F値相当で F_p の光束が、マイクロレンズ下の受光部の配列ピッチに相当する広がりの範囲に入射(幾何光学的に)するとし、マイクロレンズの配列ピッチをP、マイクロレンズアレイと予定焦点面との距離をLとすると、焦点検出面におけるサンプリングピッチ P_d は、 $P_d = L / F_p$ である。したがって、サンプリングピッチ P_d がマイクロレンズの配列ピッチPよりも小さく($P > P_d$)なる条件は、 $P > L / F_p$ である。すなわち、マイクロレンズアレイと予定焦点面との距離Lは、 $L < P \times F_p$ である。20

【0023】

また、瞳の分割数をQ(5)とした時に、焦点検出面における受光部の像(逆投影像)が相間を取るのに十分な4つ以上重なるためには、 $(Q - 4) \times L / F_p \leq P$ となるため、上記距離Lは、 $L \geq P \times F_p / (Q - 4)$ となる。

[第1実施形態]

次に、図1、図2、図3、図4、図5、図6、図7、図8、図9、図10、図11、図23、図24、図25、図26、図27を参照して本発明の第1実施形態を説明する。本実施形態は、本発明の一実施の形態による結像状態検出装置(例えば焦点検出装置)を搭載した電子カメラシステムの実施形態である。先ず、電子カメラシステムの構成を説明する。30

【0024】

図1は、本実施形態の電子カメラシステムの構成図である。図1に示すように、電子カメラシステムは、カメラ本体200と、カメラ本体200に対し着脱可能な撮影レンズ100とを備えている。両者の接続箇所には、信号接続や駆動力伝達のためのカップリング部10が設けられている。

撮影レンズ100内には、被写体からの光束(被写体光束)を結像するレンズ群1、開口絞り2、駆動機構3などが備えられる。カメラ本体200内には、撮影レンズ100の光軸上に、クイックリターンミラー13が配置される。40

【0025】

カメラ本体200において、クイックリターンミラー13の透過側には、シャッター11、撮像素子12が順に配置され、クイックリターンミラー13の反射側には、光学ファインダを構成するペントプリズム6、接眼レンズ15が順に配置されている。

クイックリターンミラー13とシャッター11との間には、サブミラー14が配置され、そのサブミラー14の反射側に、焦点検出ユニット5が配置されている。なお、電子カメラシステムを銀塩フィルムを使用するカメラシステムにする場合は、撮像素子12の代わりにフィルムを配置すればよい。

【0026】

カメラ本体200には、各種の操作鈎16が設けられている。操作者は、その操作鈎150

6を介して電子カメラシステムに対し焦点調節の指示、撮影の指示、撮影レンズ100のF値の指定などをすることができる。

焦点調節の指示が入力されると、カメラ本体200内のマイクロプロセッサ9は、焦点検出ユニット5を駆動して焦点検出を行う。このとき、焦点検出ユニット5は、撮影レンズ100からの被写体光束の少なくとも一部に基づき、撮影レンズ100のデフォーカス量の情報を含む信号を取得し、マイクロプロセッサ9に送出する。焦点検出ユニット5の詳細は後述する。マイクロプロセッサ9は、その信号に基づきデフォーカス信号を生成し、そのデフォーカス信号を撮影レンズ100内の駆動機構3に与える。駆動機構3は、そのデフォーカス信号に基づいて、撮影レンズ100内の所定のレンズ群を変位させて焦点調節を行う。

10

【0027】

撮影の指示が入力されると、マイクロプロセッサ9は、クイックリターンミラー13、シャッター11および開口絞り2を駆動し、撮影条件に見合った絞り値およびシャッタ速度により、撮影レンズ100からの被写体光束で撮像素子12を露光し、画像データを取得する。開口絞り2は駆動機構3を介して駆動される。

次に、焦点検出ユニット5の構成を詳しく説明する。

【0028】

図2は、焦点検出ユニット5及びその周辺の概略的な光路図である。図2において、符号14aはサブミラー14の反射面、符号12aは撮像素子12の撮像面であり、符号5aは反射面14aに関し撮像面12aと光学的に等価な予定焦点面である。この予定焦点面5aの近傍に、撮影レンズ100からの被写体光束が結像する。焦点検出ユニット5の焦点検出面は、この予定焦点面5aである。

20

【0029】

図2に示すように、焦点検出ユニット5には、予定焦点面5aから所定距離だけ離れた面にマイクロレンズアレイ52が配置され、さらにその後側にラインセンサアレイ53が配置され、マイクロレンズを通過した光が受光される。

像高の高い部分の光線を用いて焦点検出する場合に、光路中（予定焦点面5aの近傍からマイクロレンズの間）にフィールドレンズ51を挿入し、像高の高い部分の光線を光軸方向へ曲げるようにしてよい。以下では、フィールドレンズ51を無視して説明する。

【0030】

30

図3は、焦点検出ユニット5の拡大図である。図3(A)は、焦点検出ユニット5を光軸を含む面で切断した概略断面図である。図3(B)は、マイクロレンズアレイ52とラインセンサアレイ53とを重ねて描いた場合の概略正面図である。

図3(A), (B)に示すように、マイクロレンズアレイ52には、複数の正のパワーを持つマイクロレンズ521-1~521-12が、所定方向（図では左右方向）に所定ピッチで配置される。ラインセンサアレイ53は、マイクロレンズ521-1~521-12のそれぞれに対応してラインセンサ531-1~531-12を備えており、各ラインセンサ531-1~531-12はそれぞれ同数の光電変換素子を有する。

【0031】

マイクロレンズアレイ52によるラインセンサ531-1~531-12の逆投影像を図2に示す予定焦点面5a上に形成した場合、図4および図5で後述するように、少なくとも隣り合う一対のラインセンサの逆投影像は、少なくとも一部が互いに重複するように設計されている。個々のラインセンサ531内の光電変換素子531A, 531B, ...の並び方向は、マイクロレンズ521-1~521-12及びラインセンサ531-1~531-12の並び方向と同じ（図では左右方向）である。図3(A), (B)においては、12個のラインセンサ531-1~531-12を用いたが、連続した1本のラインセンサを用い、12個のマイクロレンズ521-1~521-12に対応する12の範囲に存在する光電変換素子を使用してもよい。

40

【0032】

図3(A)では、マイクロレンズアレイ52のマイクロレンズ521を平凸レンズのご

50

とく表現したが、両凸レンズであってもよい。

この焦点検出ユニット5においては、互いに隣接するマイクロレンズ521の間のクロストーク(漏れ光の入射)を防ぐために、図3(A)に符号54で示したような遮光壁が設けられてもよい。

【0033】

遮光壁54の代わりに絞りが設けられてもよい。この絞りの開口パターンは、複数の円をマイクロレンズ521と同じ配列パターンで並べたものである。この変形例のように、マイクロレンズアレイ52とラインセンサアレイ53との間に絞りを配置する代わりに、撮影レンズ100内や、クイックリターンミラー13の反射面、サブミラー14の反射面などに絞りを配置してもよい。以下では、遮光壁54や絞りを無視して説明する。

10

【0034】

図4は、焦点検出ユニット5内の個々のラインセンサ531と撮影レンズ100との関係を説明する図である。図4では、撮影レンズ100の概念を1枚のレンズで表し、撮影レンズ100から焦点検出ユニット5までの光路を、サブミラー14等を省略して直線的に表した。

図4に示すように、個々のラインセンサ531内の光電変換素子531A, 531B, 531D, ...は、撮影レンズ100の瞳上の互いに異なる部分瞳A, B, C, D, ...を個別に通過した光束を個別に受ける。これは、全てのラインセンサ531内の光電変換素子について当てはまる。

【0035】

20

そして、各ラインセンサ531は、対応する各マイクロレンズ521を介して、予定焦点面5a上の検出領域Eの輝度分布パターン、すなわち、図4の左右方向の輝度分布パターンを検出する。各ラインセンサ531による各検出領域Eは、概略マイクロレンズ521の配置ピッチに相当する距離ずつずれている。換言すると、少なくとも、隣り合う一対のラインセンサによる一対の検出領域は重複する。図5を参照してさらに検出領域Eを詳細に説明する。

【0036】

30

図5は、焦点検出ユニット5内の主要構成のサイズ及び位置関係を説明する図である。図5には、互いに隣接する2つの検出領域E-nおよびE-(n+1)を示した。これらの検出領域Eは、互いに隣接する2つのマイクロレンズ521-nおよび521-(n+1)のそれぞれに対応するラインセンサ531-nおよび531-(n+1)を、対応するマイクロレンズ521-nおよび521-(n+1)で予定焦点面5a上に個別に逆投影してできる逆投影像に対応する領域である。

【0037】

なお、図5では、説明の都合上、2つの検出領域Eを光軸方向にずらして描いた。検出領域E-n内の符号531A', 531B', 531C', ...は、ラインセンサ531-n内の光電変換素子531A, 531B, 531C, ...を、対応するマイクロレンズ521-nで予定焦点面5a上に逆投影してできる逆投影像である。これらの逆投影像531A', 531B', 531C', ...のピッチPdは、ラインセンサ531による予定焦点面5a上のサンプルピッチに相当する。このように、予定焦点面5aから離れた位置にマイクロレンズアレイを配置し、マイクロレンズによって予定焦点面上に光電変換素子531A, 531B, 531C, ...の逆投影像を形成するようにしたことにより、マイクロレンズ521-1~521-12のピッチPよりも細かいピッチPdで焦点検出情報を抽出することができる。

40

【0038】

次に、マイクロレンズ521の光学的パワー、つまり予定焦点面5aとラインセンサ531との結像関係(共役関係)の詳細を説明する。

図6は、マイクロレンズ521による予定焦点面5aとラインセンサ531との結像関係(共役関係)を説明する図である。本焦点検出ユニット5では、図6(A)に示すように、予定焦点面5a上の1点がラインセンサ531上の1点にボケ無く結像される必要は

50

無い。むしろ、図 6 (B)、(C) に示すように、若干のボケのある方が好ましい。以下、本焦点検出ユニット 5 に適したボケの程度について説明する。

【0039】

図 7 は、本焦点検出ユニット 5 に適したボケの程度を説明する図である。図 7 (A)、(B) は、予定焦点面 5a 上に被写体の点像が形成されているときのラインセンサ 531 上の出力信号を示す図である。図 7 (A) にはボケが不足している場合を、図 7 (B) はボケの程度が適当である場合を示した。

図 7 (A) に示すように、ボケていないと、1 つの光電変換素子でしか点像を検出しないので、点像の位置が僅か (1 画素の幅寸法以下) にずれただけでは、光電変換素子の出力信号には変化が生じ無い。

10

【0040】

一方、図 7 (B) に示すように、ボケの程度が複数画素に広がる程度だと、複数の光電変換素子で点像を検出するので、点像の位置が僅か (1 画素の幅寸法以下) にずれただけでも、複数の光電変換素子の出力信号に変化が生じる。よって、ボケていない場合に比べ高精度な検出が可能である。

以上説明した理由により、本焦点検出ユニット 5 においては、個々のマイクロレンズ 521、予定焦点面 5a、及びラインセンサ 531 の関係は、このような適当なボケが生じるように、適当な量だけ共役関係からのずれが与えられる。

【0041】

但し、実際のボケは、マイクロレンズ 521 における回折、マイクロレンズ 521 の収差 (球面収差) によっても生じるので、それらを総合したボケが適当なボケとなるように各部は設計される。

20

次に、上述した焦点検出ユニット 5 の具体例を説明する。

図 8 は、撮影レンズ 100 の検出につかえる F 値 (通常は開放 F 値) が「4」であるときの焦点検出ユニット 5 の具体例を示す図である。なお、図 8 では、複数のラインセンサ 531 及び複数の検出領域 E の互いに対応するもの同士に、互いに同じ識別番号 i, (i+1), (i+2), (i+3), ... を付した。

【0042】

この焦点検出ユニット 5 の各部の設計値は、以下のとおりである。

- ・マイクロレンズ 521 の径 (有効径) A : 50 μm
- ・マイクロレンズ 521 の配置ピッチ P : 75 μm
- ・予定焦点面 5a からマイクロレンズアレイ 521 までの距離 L : 1200 μm
- ・ラインセンサ 531 内の光電変換素子数 Tn : 12
- ・光電変換素子像の画素ピッチ Pd : 25 μm

30

図 8 では、互いに隣接する検出領域 E - i, E - (i+1) のずれ量を P で表している。このずれ量は、マイクロレンズ 521 の配置ピッチに相当する長さである。焦点検出ユニット 5 では、長さ P 内に、逆投影像における光電変換素子の像が 3 個存在している。言い換えると、マイクロレンズ 1 ピッチあたりに 1/3 のピッチで (すなわち、3 倍の分解能で) 焦点検出信号が得られる。

【0043】

40

また、互いに隣接する検出領域 E - i, E - (i+1) の重複幅 D 内に、光電変換素子像が 9 個存在している。したがって、互いに隣接するラインセンサ 531 - i, 531 - (i+1) を用いて、後述の第 1 のサンプリング方法による計算方法を用いる場合は、予定焦点面 5a 上で互いに重複する画素を最大 9 個まで用いてずれの計算を行うことができる。

【0044】

さらに、予定焦点面 5a 上では、最大で 4 つの検出領域 E - i, E - (i+1), E - (i+2), E - (i+3) が重複する。つまり、予定焦点面 5a 上の 1 点に入射した F 値 = 4 の被写体光束は、4 つのマイクロレンズ 521 に入射する。したがって、後述の第 1 のサンプリング方法を用いる場合は、図 10 で説明するように、F 値 = 4 の撮影レンズ

50

100では、4つのマイクロレンズ521に対応する4つのラインセンサ531からの信号を用いて焦点検出演算を行うことができる。

【0045】

またさらに、後述の第2のサンプリング方法を用いる時は、4つ以上のマイクロレンズに対応するラインセンサの信号を用いて焦点検出演算を行うことができる。

次に、この焦点検出ユニット5を用いたカメラにおいて、撮影レンズ100のF値が「4」から「8」に変更された場合を説明する。

図9は、撮影レンズ100のF値が「8」であるときの焦点検出ユニット5の具体例を示す図である。

【0046】

図9に示すように、撮影レンズ100のF値が「8」に設定されると、検出領域E内の光電変換素子像の数は6になる。すなわち、1つのラインセンサ531の12個の光電変換素子のうち中央部の6個の光電変換素子の出力信号を用いる。

このとき、互いに隣接する検出領域E-i, E-(i+1)の重複幅D内には、光電変換素子の逆投影像が3つ存在する。したがって、互いに隣接するラインセンサ531-i, 531-(i+1)は、予定焦点面5a上で互いに3画素分の重複する領域を持つことができる。この場合、後述の第1のサンプリング方法を用いる計算では、相関を取れる画素が4画素に足りず、精度が十分でない場合もある。しかしながら、この場合でも、後述の第2のサンプリング方法を用いた計算を行えば、有効な焦点検出演算ができる。

【0047】

次に、図8および図9で説明した焦点検出ユニット5から出力されるラインセンサの出力信号に基づいて、図1のマイクロプロセッサ9による像ずれの演算方法について説明する。撮影レンズ100のF値が「4」であるときと、F値が「8」であるときとでは、像ずれの演算手順（使用可能範囲）が異なるので、順に説明する。

図10は、撮影レンズ100のF値が「4」であるときのラインセンサ上の像のずれる様子を説明する図である。

【0048】

撮影レンズ100により予定焦点面5a上に被写体の像Iが形成されると、互いに隣接する4つのラインセンサ531-i, 531-(i+1), 531-(i+2), 531-(i+3)が、互いに同じ像Iの二次像I'を検出する。図10の下部に示すように、4つのラインセンサ531-i, 531-(i+1), 531-(i+2), 531-(i+3)上の二次像は、4つのラインセンサの間で所定距離ずつ横方向にずれている。これら4つのラインセンサ531-i, 531-(i+1), 531-(i+2), 531-(i+3)のうち、或る2つのラインセンサ531-i, 531-jの間の二次像の横方向のずれ量は、それら2つのラインセンサ531-i, 531-jの間隔が離れているほど、大きい。

【0049】

一方、撮影レンズ100により図10の上部に矢印で示す方向の、予定焦点面5aからずれた面に被写体の像Iが形成されたときにも、互いに隣接する4つのラインセンサ531-i, 531-(i+1), 531-(i+2), 531-(i+3)は、像Iの二次像を検出する。この場合は、像Iの二次像は、図10の下部に矢印で示すように、予定焦点面上に像Iが形成されているときと比較してそれぞれ横方向に、すなわち、素子の並び方向へずれる。その横ずれ量は、像Iのデフォーカス量に応じた量である。

【0050】

このような状況において、デフォーカス量の演算手順は次のようになる。F値が「4」のときには、マイクロプロセッサ9は、互いに隣接する4つのラインセンサ531-i, 531-(i+1), 531-(i+2), 531-(i+3)の出力信号の、いずれか一対のラインセンサに対応する出力信号に基づいて、後で図24で説明する演算手順を用いて像ずれ量を求め、続いてデフォーカス量を算出する。

【0051】

10

20

30

40

50

たとえば、4つのラインセンサ $531-i, 531-(i+1), 531-(i+2), 531-(i+3)$ のうち、外側の2つのラインセンサ $531-i, 531-(i+3)$ の間では、二次像の横ずれ量が大きいので、それら2つのラインセンサ $531-i, 531-(i+3)$ の出力信号を利用すれば、マイクロプロセッサ9は、高精度にデフォーカス量を演算することができる。

【0052】

一方、デフォーカス量が大きいときには、二次像の横ずれ量が大き過ぎて外側の2つのラインセンサ $531-i, 531-(i+3)$ の出力信号から二次像の横ずれ量を検出できない場合がある。その場合には、互いに隣接する2つのラインセンサ $531-i, 531-(i+1)$ 、もしくは $531-(i+1), 531-(i+2)$ 、あるいは $531-(i+3), 531-(i+4)$ の出力信号を利用すれば、マイクロプロセッサ9は確実にデフォーカス量を演算することができる。10

【0053】

なお、被写体の像によっては、特定の位置に配置された4つのラインセンサ $531-i, 531-(i+1), 531-(i+2), 531-(i+3)$ の出力信号から二次像の横ずれ量を検出できない場合もある。その場合には、配置箇所の異なる4つのラインセンサ $531-j, 531-(j+1), 531-(j+2), 531-(j+3)$ の出力信号を利用すれば、マイクロプロセッサ9は確実にデフォーカス量を演算することができる。

【0054】

図11は、撮影レンズ100のF値が「8」であるときのデフォーカス量の計算手順を説明する図である。撮影レンズ100により予定焦点面5a上に被写体の像Iが形成されると、互いに隣接する2つのラインセンサ $531-i, 531-(i+1)$ が、互いに同じ像Iの二次像I'を検出することができる。

一方、撮影レンズ100により予定焦点面5aからずれた面に被写体の像Iが形成されたときにも、互いに隣接する2つのラインセンサ $531-i, 531-(i+1)$ は、像Iの二次像を検出することができる。その二次像は、図11の下部に矢印で示すように、予定焦点面上に像Iが形成されているときと比較してそれぞれ横方向に、すなわち、素子の並び方向へずれる。その横ずれ量は、デフォーカス量に応じた量である。

【0055】

この場合、マイクロプロセッサ9は、デフォーカス量の大小によらず、常に互いに隣接する2つのラインセンサ $531-i, 531-(i+1)$ の出力信号に基づいて、後で説明する図24による演算手順を用いて像ずれ量を求め、続いてデフォーカス量を計算する。

なお、被写体の像によっては、特定の位置に配置された2つのラインセンサ $531-i, 531-(i+1)$ の出力信号から二次像の横ずれを検出できない場合もある。その場合には、配置箇所の異なる2つのラインセンサ $531-j, 531-(j+1)$ の出力信号を利用すれば、マイクロプロセッサ9は確実にデフォーカス量を計算することができる。たとえば、図11の場合、2つのラインセンサ $531-(i+1), 531-(i+2)$ を用いてもよい。40

【0056】

上記の構成を有する焦点検出ユニット5における2種類の検出信号サンプリング方法について図23～図26を参照して説明する。

第1のサンプリング方法

第1のサンプリング方法では、マイクロレンズ521のピッチPよりも細かいピッチにて第1信号列{a(i)}と第2信号列{b(i)}を抽出することが可能である。すなわち、図23に示すように、マイクロレンズ521-1に対応するラインセンサ531-1の複数の光電変換素子から第1信号列{a(i)} = {a(1), a(2), ..., a(8), ...}を形成し、マイクロレンズ521-2に対応するラインセンサ531-2の複数の光電変換素子から第2信号列{b(i)} = {b(1), b(2), ...}を形成する。

10

20

30

40

50

、 $b(8)$ 、 \dots } を形成する。

【0057】

図23の焦点検出面5aにおけるラインセンサ531-1を構成する光電変換素子 $a_1 \sim a_8$ の逆投影像は、 $a_1' \sim a_8'$ で示され、同様にラインセンサ531-2を構成する光電変換素子 $b_1 \sim b_8$ の逆投影像は $b_1' \sim b_8'$ で示される。そして、予定焦面上では、 a_1' と b_3' 、 a_2' と b_4' 、 a_3' と b_5' 、 a_4' と b_6' 、 \dots 10 とがそれぞれ対応する。したがって、第1信号列{ $a(i)$ }および第2信号列{ $b(i)$ }において、 $a(1)$ と $b(3)$ 、 $a(2)$ と $b(4)$ 、 $a(3)$ と $b(5)$ 、 $a(4)$ と $b(6)$ 、 \dots がそれぞれ対応する。すなわち、焦点検出面5a上的一点鎖線で示す微小領域5a12近傍の像が検出される。隣接する破線で示す微小領域5a23の像は、同様にしてラインセンサ531-2および531-3の出力信号を用いて検出される。像を検出するラインセンサ531のペアの選択方法は、隣接するラインセンサ531をペアとするものに限らず、予定焦平面5a上でラインセンサの逆投影像が重複するペアであれば良く、たとえば、ラインセンサ531-1と531-3を選択してもよい。いずれのラインセンサ531を選択するかにより、像ずれ量をデフォーカス量に換算する係数は異なる。

第2のサンプリング方法

第2のサンプリング方法では、第1信号列{ $a(i)$ }と第2信号列{ $b(i)$ }とを抽出するために、図25に示すように、マイクロレンズ521-1に対応するラインセンサ531-1の複数の光電変換素子の出力信号の中から信号 $a(1)$ を抽出し、以下マイクロレンズ521-2～521-6のそれぞれに対して、信号 $a(1)$ に対応する信号 $a(2) \sim a(6)$ を抽出して、第1信号列{ $a(i)$ } = { $a(1), a(2), \dots, a(6)$ }を形成する。同様にして、ラインセンサ531-1～531-6の光電変換素子の出力信号の中で第1信号列{ $a(i)$ }として抽出されなかった出力信号から第2信号列{ $b(i)$ } = { $b(1), b(2), \dots, b(6)$ }を形成する。図25の焦点検出面5aにおける同一の像による信号出力を表す第1信号列{ $a(i)$ }および第2信号列{ $b(i)$ }の対応関係は、 $a(1) = b(3), a(2) = b(4), a(3) = b(5), a(4) = b(6), \dots$ である。

【0058】

第1信号列{ $a(i)$ }と第2信号列{ $b(i)$ }は、たとえば、図26(a)～(d) 30 に示すようないずれかの組み合わせを選ぶことが可能である。明るいレンズの合焦近傍では、検出開角が大きくてデフォーカス検出精度を高くできる図26(a)のような信号列の選択が効率的である。また、デフォーカスの大きい場合は、大きなずれ量を捕捉できる図26(d)のように信号列を選択するのが効率的である。いずれの方式で信号列を選択するかにより検出開角は異なるので、像ずれ量をデフォーカス量に換算する係数は信号列の選び方、すなわち図26(a)～(d)のいずれかを選択するかにより異なる。

【0059】

第1および第2のサンプリング方法により形成された第1信号列{ $a(i)$ }および第2信号列{ $b(i)$ }のずれ量を、以下で説明する公知の方法により算出する。

図25に示す第1信号列{ $a(i)$ }と第2信号列{ $b(i)$ }($i = 1, 2, \dots$)の組み合わせから、一対の像(信号列)の相関量 $C(N)$ を以下の式(1)より求める。

【0060】

【数1】

$$C(N) = \sum_{i=pL}^{i=qL} |a(i) - b(j)| ; j - i = N \quad \dots (1)$$

なお、Nがシフト数、の上底が qL 、の下底が pL である。図25に示す場合の加算数は4であるが、この加算数は4以上であることが好ましい。

式(1)により離散的に算出された相関量 $C(N)$ を用いてシフト量 N_a を求める。シフト数 N のときに極小値を与える相関量を C_0 、シフト数 ($N - 1$) における相関量を C_r 、シフト数 ($N + 1$) における相関量を C_f として、シフト量 N_a は、以下の式(2)～(4)により算出される。

$$D_L = 0.5 \times (C_r - C_f) \quad \dots \quad (2)$$

$$E = \text{MAX}\{C_f - C_0, C_r - C_0\} \quad \dots \quad (3)$$

$$N_a = N + D_L / E \quad \dots \quad (4)$$

式(4)に焦点検出面の位置に応じた補正量 Const を加えることにより、焦点検出面上での像ずれ量 n を式(5)により算出する。

$$n = N_a + \text{Const} \quad \dots \quad (5)$$

この像ずれ量 n を利用して、デフォーカス量 D_f を式(6)を用いて算出できる。

$$D_f = K_f \times n \quad \dots \quad (6)$$

なお、 K_f は検出開角に依存した定数である。

【0061】

さらに、 K_f は n に依存して変化する場合もあるので、実際には、実験的に $K_f(n)$ を決めるのが望ましい。

図27に示すフローチャートを用いて、焦点検出ユニット5による像ずれ検出動作を説明する。なお、このフローチャートに示す各処理は、マイクロプロセッサ9によりプログラムを実行して行われる。また、このフローチャートは操作鈍16を操作することにより開始される。

【0062】

ステップS1において、ラインセンサ53の電荷蓄積を開始して、所定の蓄積時間経過後にラインセンサ53の各素子から出力信号(画像データ)を取り込んでステップS2へ進む。

ステップS2においては、判定基準に応じて第1のサンプリング方法または第2のサンプリング方法を選択する。第1のサンプリング方法が選択された場合はステップS3へ進み、第2のサンプリング方法が選択された場合はステップS4へ進む。なお、判定基準は、たとえばデフォーカス量に基づく基準であり、デフォーカス量が所定値を越える場合は第2のサンプリング方法を選択し、デフォーカス量が所定値以内の場合は第1のサンプリング方法を選択するようとする。

【0063】

ステップS3においては、前述したように第1のサンプリング方法により第1信号列{a(i)}および第2信号列{b(i)}を抽出してステップS5へ進む。ステップS4においては、前述したように第2のサンプリング方法により第1信号列{a(i)}および第2信号列{b(i)}を抽出してステップS5へ進む。ステップS5では、前述したように第1信号列{a(i)}と第2信号列{b(i)}のずれ量を算出してステップS6へ進む。

【0064】

ステップS6において、式(6)を用いてデフォーカス量を算出してステップS7へ進む。ステップS7においては、ステップS6で算出されたデフォーカス量を駆動機構3に出力し、撮影レンズ100内の所定のレンズ群を駆動させて、ステップS1へ戻る。

なお、以上の処理手順は、撮影レンズ100のF値に応じて選択された複数のラインセンサ531から出力される信号に対して実行される。

【0065】

以上、本実施形態の焦点検出ユニット5によれば次の作用効果を奏する。

(1)マイクロプロセッサ9は、撮影レンズ100が明るい(F値が小さい)ときほど高精度に焦点検出をることができる。

(2)本実施形態の焦点検出ユニット5は、予定焦点面5a上の互いにずれた検出領域Eを、多数のマイクロレンズ521及びラインセンサ531が分担して検出するので、仮に、従来の瞳分割再結像方式(特許文献1など)の逆投影像における素子のピッチPdを同

10

20

30

40

50

じに設定したとしても、予定焦点面 5 a からマイクロレンズ 5 2 1 までの距離 L を、従来の瞳分割再結像方式（特許文献 1 など）のそれよりも短縮することができる。つまり、本実施形態の焦点検出ユニット 5 は、高精度でありながら小型化が容易である。

(3) 本実施形態の焦点検出ユニット 5 においては、マイクロレンズアレイ 5 2 の形成された光学部材とラインセンサアレイ 5 3 とが近接するので、両者の位置合わせが容易かつ高精度であり、その結果、誤差によるバラツキが減って、焦点検出精度が高精度であるという利点もある。

(4) 本実施形態の焦点検出ユニット 5 には、複数のラインセンサ 5 3 1 をライン方向に配列してなるラインセンサアレイ 5 3 が用いられたが、ラインセンサアレイ 5 3 の代わりに、それら複数のラインセンサ 5 3 1 を連結してできる 1 本のラインセンサが用いられて 10 もよい。

【0066】

[第 1 実施形態の変形例]

なお、本実施形態の焦点検出ユニット 5 を次のように変形することができる。

(1) 上述した焦点検出ユニット 5 を利用して、撮影レンズ 100 の絞り込み像面移動量を、電子カメラシステムが自己検出することも可能になる。すなわち、マイクロプロセッサ 9 は、焦点検出ユニット 5 の互いに隣接する 4 つのラインセンサ 5 3 1 - i , 5 3 1 - (i + 1) , 5 3 1 - (i + 2) , 5 3 1 - (i + 3) のうち、外側の 2 つのラインセンサ 5 3 1 - i , 5 3 1 - (i + 3) を利用して認識したデフォーカス量と、中央部で隣接する 2 つのラインセンサ 5 3 1 - (i + 1) , 5 3 1 - (i + 2) を利用して認識したデ 20 フォーカス量との差異を求める。この差異によって、マイクロプロセッサ 9 は、撮影レンズ 100 の絞り込み像面移動量を認識することができる。絞り込み像面移動量とは、F 値を「4」から「8」へと変化させたときの撮影レンズ 100 の焦点面のずれ量である。その情報を利用すれば、マイクロプロセッサ 9 は、より高精度な焦点調節を行うことができる。

(2) 本実施形態のマイクロプロセッサ 9 は、撮影レンズ 100 に設定中の F 値に応じて出力信号の参照元となるラインセンサ 5 3 1 を変更したが、撮影レンズ 100 に設定予定の F 値（露光時の制御 F 値）に応じて出力信号の参照元となるラインセンサ 5 3 1 を変更してもよい。

(3) 本実施形態のマイクロプロセッサ 9 は、撮影レンズ 100 に設定中の F 値、及び / 又は撮影レンズ 100 に設定予定の F 値に応じて、デフォーカス信号を生成するための演算の内容を変更してもよい。 30

(4) 第 1 実施形態の焦点検出ユニット 5 においては、焦点検出の精度を向上させるために、マイクロレンズアレイ 5 2 及びラインセンサアレイ 5 3 からなる光学系を、2 方向に亘って配列することが望ましい。つまり、第 1 方向に配列されたラインセンサアレイを持つマイクロレンズアレイと、第 2 方向に配列されたラインセンサアレイを持つマイクロレンズアレイとを備えてよい。

【0067】

図 12 は、焦点検出ユニット 5 の変形例の正面図である。この焦点検出ユニット 5 においては、横方向にマイクロレンズアレイ 5 2 及びラインセンサアレイ 5 3 を並べた第 1 の光学系 6 0 X と、縦方向にマイクロレンズアレイ 5 2 及びラインセンサアレイ 5 3 を並べた第 2 の光学系 6 0 Y とを、複数個ずつ密に並べてなる。 40

すなわち、図 12 の焦点検出ユニット 5 は、第 1 方向に配列された複数の光電変換素子（受光部）で構成される受光部群 6 0 1 、および、ひとつの受光部群 6 0 1 に光束を導くマイクロレンズ 6 0 2 で構成される第 1 検出光学系 6 0 X を複数備える。また、第 2 方向に配列された複数の光電変換素子で構成される受光部群 6 1 1 、および、ひとつの受光部群 6 1 1 に光束を導くマイクロレンズ 6 1 2 で構成される第 2 検出光学系 6 0 Y を複数備える。そして、これら複数の第 1 および第 2 検出光学系 6 0 X , 6 0 Y を互い違いの市松状に配置して構成される。

【0068】

このように、第1の光学系60Xと第2の光学系60Yとの双方が配置されれば、予定焦点面5a上の各位置のパターンを、縦横の2方向について検出（所謂「十字検出」）することができる。

また、第1の光学系60X及び第2の光学系60Yが複数個ずつ密に配置されれば、予定焦点面5a上の検出領域の配置密度は高まり、被写体のいろいろな部分で焦点検出が可能となる。

【0069】

特に、複数の第1の光学系60Xと複数の第2の光学系60Yとが互い違いに（市松状に）配置されれば、前述した十字検出を、予定焦点面5a上の各位置について行うことが可能になる。高い面密度で検出が可能なことで、被写体が少し動いても、焦点検出のとび対策が可能なので、安定した焦点検出が可能となる。10

(5) 図12に示す配列を、図13に示すように変形することもできる。図13に示す焦点検出ユニット5においては、第1方向のラインセンサアレイ53よりも第2方向のラインセンサアレイ53の長さが長くなるように設けられている。二方向に配列されたラインセンサ53において、双方のラインセンサ53が干渉しないように一方向の長さを長くすることにより、F値の小さい明るいレンズに対する検出能力を増大させることができる。

(6) さらに、図12に示す配列を、図14に示すように変形することもできる。図14に示す焦点検出ユニット5においては、第1方向の配列ピッチP1と第2方向の配列ピッチP2とが異なるように設けられている。この場合、マイクロレンズの配列ピッチP1が小さく、密に並んだ方向の検出精度の向上が期待できる。20

(7) 上述した実施形態では、焦点検出ユニット5の分光感度については特に言及しなかつたが、焦点検出ユニット5に分光感度特性を付与してもよい。図15は、分光感度特性を持つ焦点検出ユニット5の正面図である。図15においては、R（赤）、G（緑）、B（青）の3色の各々に感度を持つ3種類の光学系60XR、60XG、60XBが複数個ずつX方向に並べられるとともに、R（赤）、G（緑）、B（青）の3色の各々に感度を持つ3種類の光学系60YR、60YG、60YBが複数個ずつX方向に並べられている。30

【0070】

すなわち、図15の焦点検出ユニット5においては、複数の第1検出光学系60XG、60XB、60XRは、異なる分光感度特性を有する受光部群601G、601B、601Rを含み、複数の第2検出光学系60YG、60YB、60YRも、異なる分光感度特性を有する受光部群611G、611B、611Rを含む。

なお、図では、光学系60XB、60YB内のラインセンサが黒く塗りつぶされているが、実際には、このラインセンサにも複数の光電変換素子が配列されている。

【0071】

これらの3種類の光学系60XR、60XG、60XBと60YR、60YG、60YBを配列する場合、G色に感度を持つ光学系60XGと60YGの配置密度を、他の2種類の光学系60XRおよび60YRと、60XBおよび60XBのそれよりも高くすると、焦点検出ユニット5の全体の分光感度特性を、G色に敏感な人間の眼の分光感度特性に近づけることができるので、好ましい。40

【0072】

また、通常主に検出に用いるG色の配列の密度が高いので、効果的である。

(8) 図15においては、可視光の3色に感度を持つ3種類の光学系60XR、60XG、60XBと60YR、60YG、60YBが配列されているが、可視光に感度を持つ光学系と、可視光及び赤外光に感度を持つ光学系との2種類を用意し、それらを配列してもよい。

【0073】

何れの場合も、互いに異なる複数種類の分光感度でデフォーカス量を検出することができるので、撮影レンズ100の色収差の大きさの検出、ひいては色収差の補正が可能となり、焦点検出精度のさらなる向上を図ることができる。50

(9) 図15に示した焦点検出ユニット5の光学系60XR, 60XG, 60XBと60YR, 60YG, 60YBは、それぞれ1種類の色(波長)しか検出しないが、図16又は図17に示すように、1種類の光学系が2種類以上の色(波長)を検出できるように構成されてもよい。

【0074】

図16には、1つの検出列に対して2種類の色を検出可能な光学系を利用した焦点検出ユニット5を示した。図16において符号60XGRと60YGRで示すのは、G色及びR色を検出する光学系である。また、符号60XGBと60YGBで示すのは、G色及びB色を検出する光学系である。光学系60XGRと60YGRにおいては、G色に感度を有するラインセンサとR色に感度を有するラインセンサとが同一のマイクロレンズの後側に並列配置されており、光学系60XGBと60YGBにおいては、G色に感度を有するラインセンサとB色に感度を有するラインセンサとが同一のマイクロレンズの後側に並列配置されている。いずれの場合も、G色感度のラインセンサを持つようにして、多色化による検出密度の低下を防いでいる。

10

【0075】

図17には、1つの検出列に対して3種類の色を検出可能な光学系を利用した焦点検出ユニット5を示した。図17において符号60XRGBと60YRGBで示すのは、R色及びG色及びB色を検出する光学系である。光学系60XRGB、60YRGBにおいては、G色に感度を有するラインセンサ621G、631Gと、R色に感度を有するラインセンサ621R、631Rと、B色に感度を有するラインセンサ621B、631Bとが、同一のマイクロレンズの後側に並列配置されている。

20

【0076】

また、主要な検出アレイであるG色アレイの幅を広くするとともに、補助的に用いるR, B色アレイの幅を狭くして、通常の検出能力を保ちながら、多色化による性能劣化を防いでいる。

尚、G色としては、通常のイメージセンサのG感度分布より広く取る。例えば、視感度分布程度あるいはそれよりもさらに広い程度に取ると、光量の点で有利となり、好ましい。

(10) 以上の焦点検出ユニット5においては、横方向にマイクロレンズアレイ52及びラインセンサアレイ53を並べた第1の光学系と、縦方向にマイクロレンズアレイ52及びラインセンサアレイ53を並べた第2の光学系とが交互に配置されたが、必ずしも交互でなくてよい。

30

(11) 図18には、第1の光学系を密に配列したブロック70Xと、第2の光学系を密に配列したブロック70Yとを、ブロック交互に配置してなる焦点検出ユニット5を示した。

(12) 上記説明ではマイクロレンズ毎に光電変換素子アレイを設けたが、1列に並ぶこれらの複数の光電変換素子アレイをまとめて、1本の光電変換素子アレイとしてもよいし、複数の光電変換素子アレイを2次元撮像素子で実現するように構成してもよい。又、図12～図18の二次元配置は、これを面内に任意角度、例えば45°回転した配置にしてよい。

40

(13) 上述した実施形態では、結像状態検出装置(焦点検出装置)を搭載した電子カメラシステムを説明したが、本発明の実施形態による結像状態検出装置は、結像光学系を有した他の光学機器、例えばフィールドスコープなどの各種結像光学装置にも同様に搭載可能である。

(14) 本発明の実施の形態による結像状態検出装置は、光学系の収差測定に適用することができる。本発明の実施の形態による結像状態検出装置で被検光学系の瞳部分に依存したデフォーカス量や各像高におけるデフォーカス量をそれぞれ測定すれば、結果的にその被検光学系の収差が求まるからである。本発明の実施の形態による結像状態検出装置を適用した収差測定装置には、例えば、被検光学系を支持する機構と、被検光学系に対し物体側から測定光を投光する照明光学系と、被検光学系の像側に配置された本発明の実施の形

50

態による結像状態検出装置と、結像状態検出装置の出力から被検光学系の収差を算出する演算装置とが備えられる。

【0077】

上記では、種々の実施の形態および変形例を説明したが、本発明はこれらの内容に限定されるものではない。本発明の技術的思想の範囲内で考えられるその他の態様も本発明の範囲内に含まれる。

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図1】第1実施形態の電子カメラシステムの構成図である。

【図2】焦点検出ユニット5及びその周辺の概略的な光路図である。

10

【図3】焦点検出ユニット5の拡大図である。

【図4】焦点検出ユニット5内の個々のラインセンサ531と撮影レンズ100との関係を説明する図である。

【図5】焦点検出ユニット5内のサイズ及び位置関係を説明する図である。

【図6】マイクロレンズ521による予定焦点面5aとラインセンサ531との結像関係(共役関係)を説明する図である。

【図7】本焦点検出ユニット5に適したボケの程度を説明する図である。

【図8】焦点検出ユニット5の具体例(撮影レンズ100のF値が「4」であるときの様子)を示す図である。

【図9】焦点検出ユニット5の具体例(撮影レンズ100のF値が「8」であるときの様子)を示す図である。

20

【図10】撮影レンズ100のF値が「4」であるときのデフォーカス信号の生成方法を説明する図である。

【図11】撮影レンズ100のF値が「8」であるときのデフォーカス信号の生成方法を説明する図である。

【図12】焦点検出ユニット5の変形例を示す図である。

【図13】焦点検出ユニット5の別の変形例を示す図である。

【図14】焦点検出ユニット5のさらに別の変形例を示す図である。

【図15】焦点検出ユニット5のさらに別の変形例を示す図である。

【図16】焦点検出ユニット5のさらに別の変形例を示す図である。

30

【図17】焦点検出ユニット5のさらに別の変形例を示す図である。

【図18】焦点検出ユニット5のさらに別の変形例を示す図である。

【図19】本発明の結像状態検出装置の原理を説明する図(光学系の図)である。

【図20】本発明の結像状態検出装置の原理を説明する図(逆投影像の図)である。

【図21】結像状態検出装置の一例を説明する図(逆投影像の図)である。

【図22】結像状態検出装置の一例を説明する図(光学系の図)である。

【図23】第1のサンプリング方法を説明する図である。

【図24】信号列のずれを説明する図である。

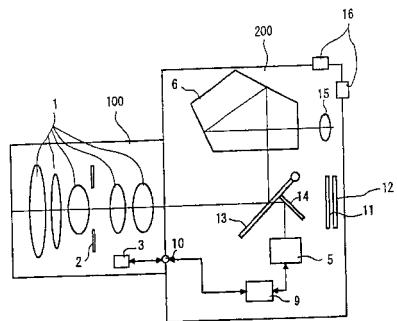
【図25】第2のサンプリング方法を説明する図である。

【図26】第2のサンプリング方法における信号列の選択方法を説明する図である。

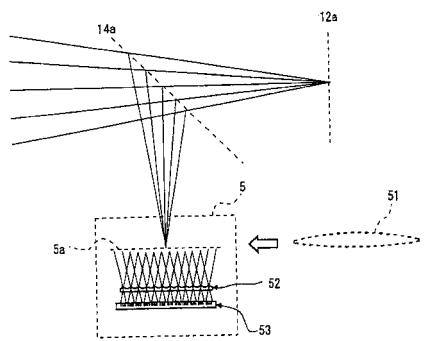
40

【図27】像ずれ検出動作を説明するフローチャートである。

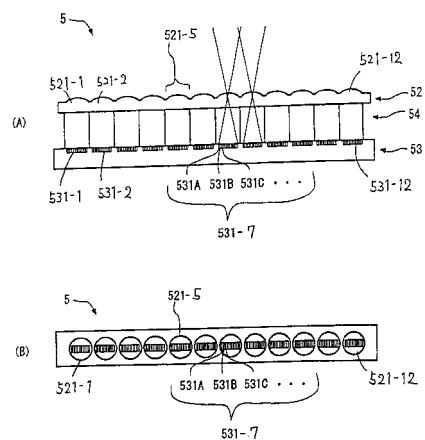
【図1】



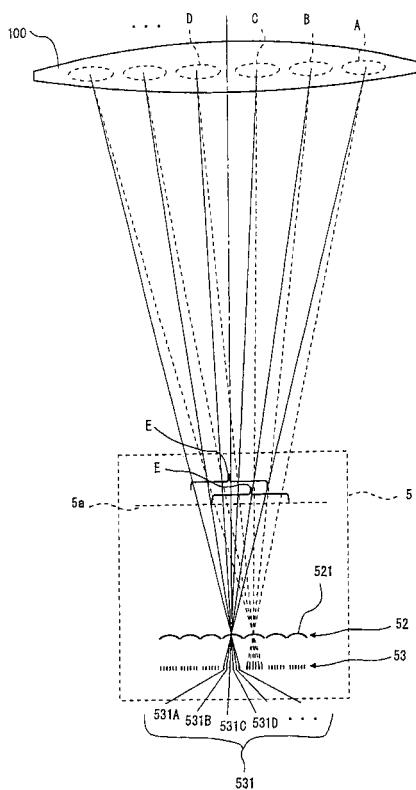
【図2】



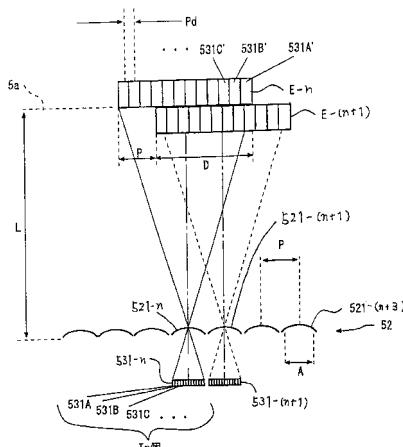
【図3】



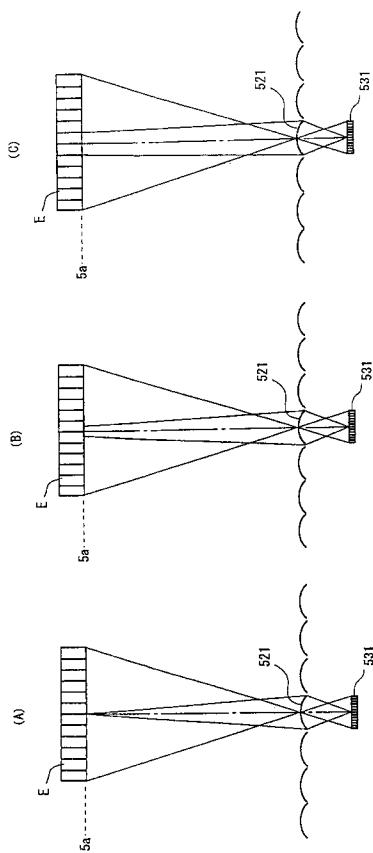
【図4】



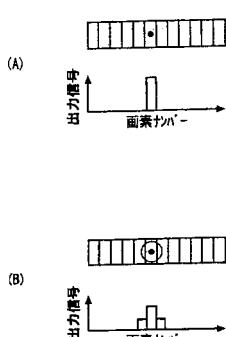
【図5】



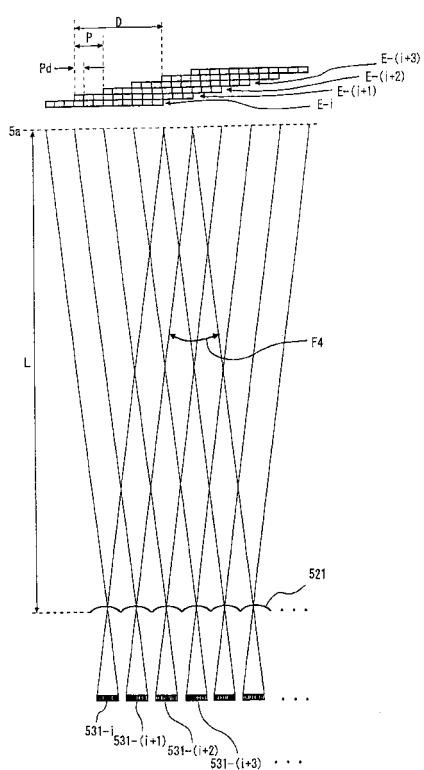
【図6】



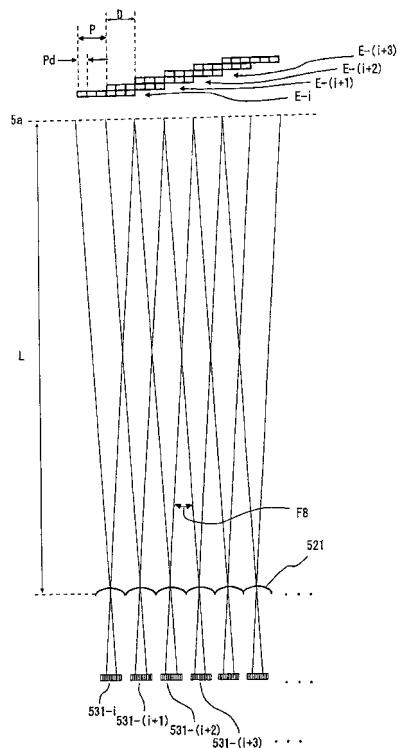
【図7】



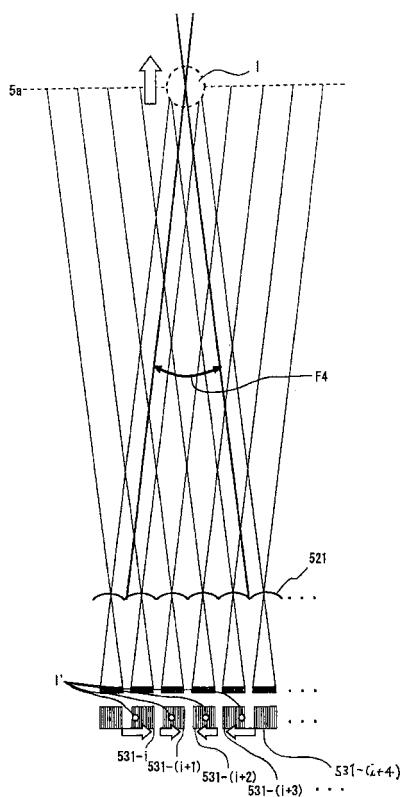
【図8】



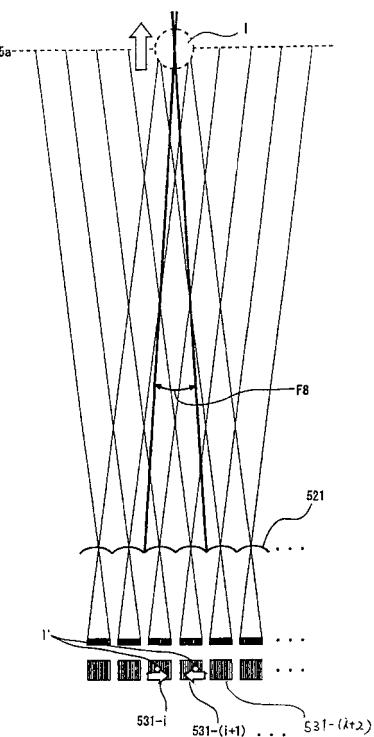
【図9】



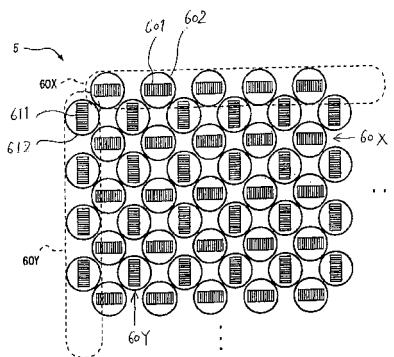
【図10】



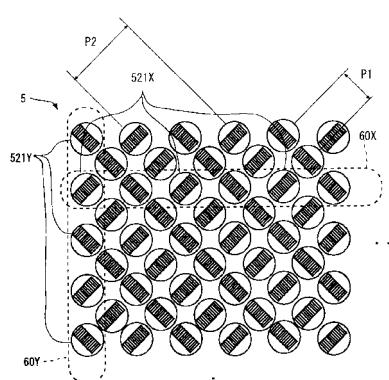
【図11】



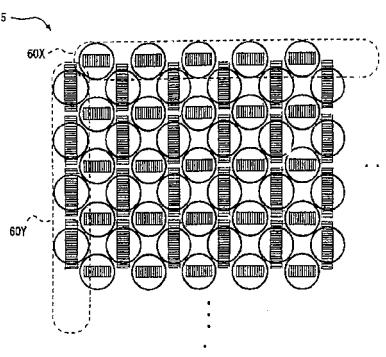
【図12】



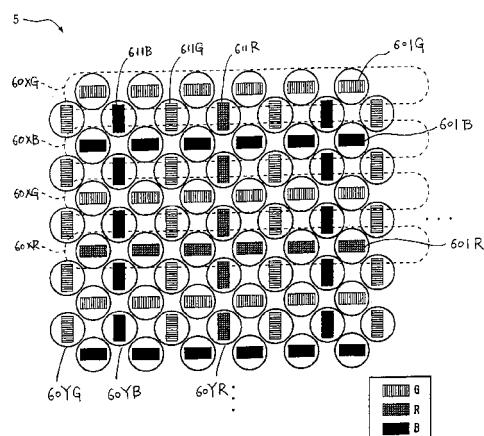
【図14】



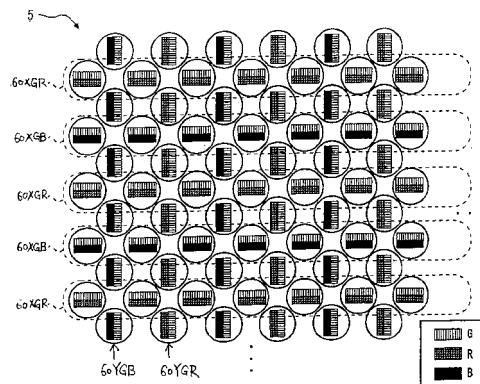
【図13】



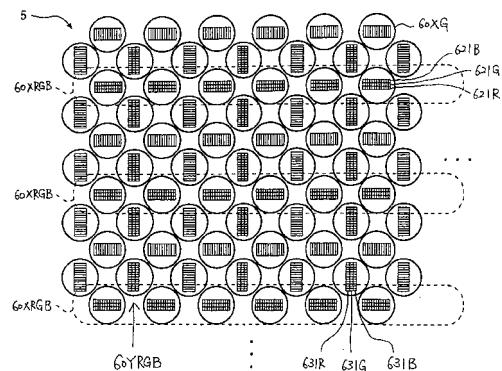
【図15】



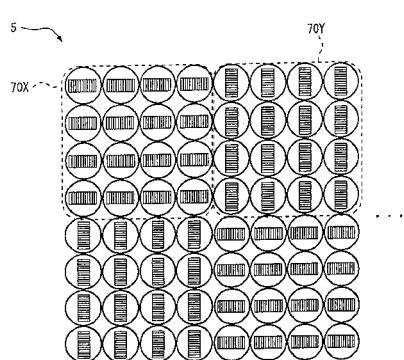
【 図 1 6 】



【 図 17 】



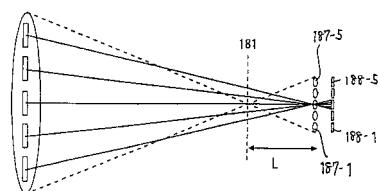
【 図 1 8 】



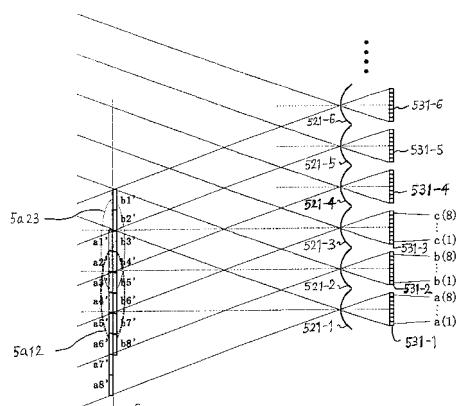
【 囮 2 1 】



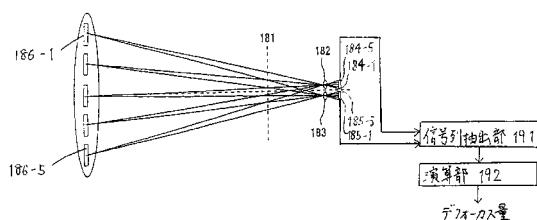
【 図 2 2 】



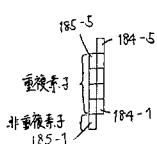
〔 図 2 3 〕



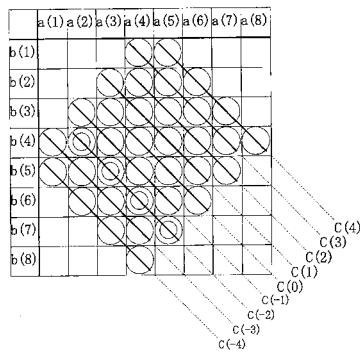
〔 19 〕



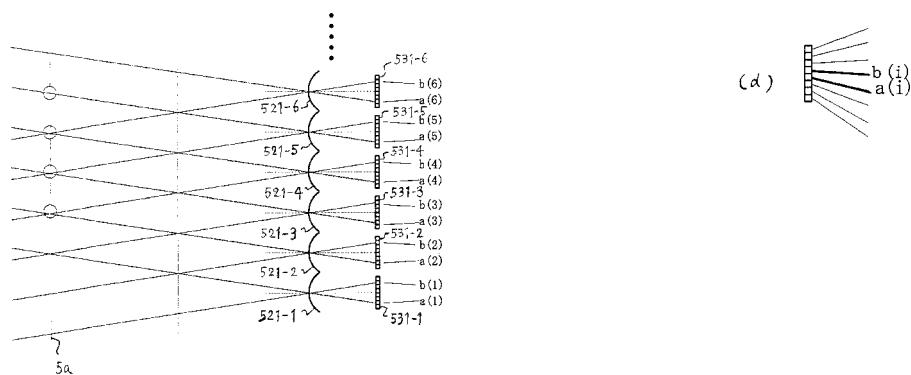
【図20】



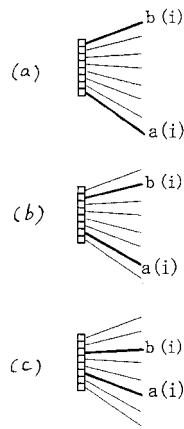
【図24】



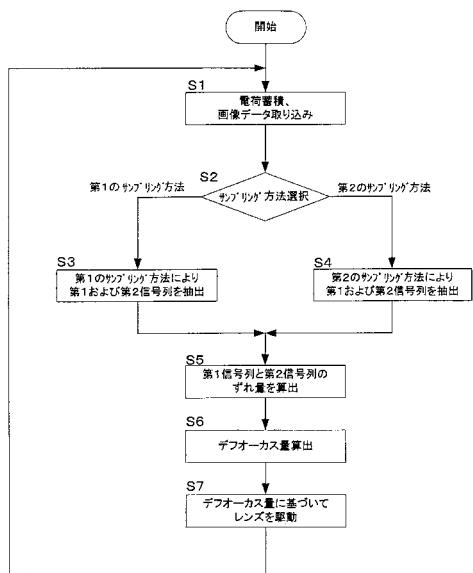
【図25】



【図26】



【図27】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭58-087512(JP,A)
特開平04-211212(JP,A)
特開2003-244712(JP,A)
特開2002-090619(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 7 / 34
G 02 B 7 / 28
G 03 B 13 / 36