

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-206200

(P2007-206200A)

(43) 公開日 平成19年8月16日(2007.8.16)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO2B 15/20 (2006.01)</b>	GO2B 15/20	2H087
<b>HO4N 5/225 (2006.01)</b>	HO4N 5/225	5C122
	D	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-22795 (P2006-22795)	(71) 出願人	504371974 オリンパスイメージング株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(22) 出願日	平成18年1月31日(2006.1.31)	(74) 代理人	100097777 弁理士 荏澤 弘
		(74) 代理人	100088041 弁理士 阿部 龍吉
		(74) 代理人	100092495 弁理士 蛭川 昌信
		(74) 代理人	100095120 弁理士 内田 亘彦
		(74) 代理人	100095980 弁理士 菅井 英雄
		(74) 代理人	100094787 弁理士 青木 健二

最終頁に続く

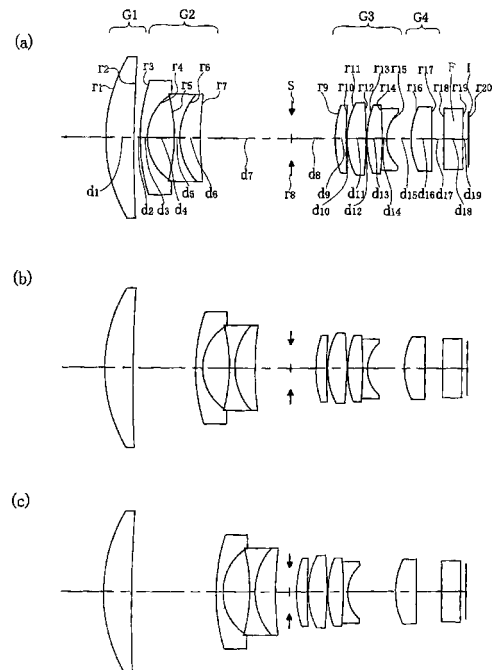
(54) 【発明の名称】 撮影装置

(57) 【要約】

【課題】 小型化・省電力化・受光量の効率的な確保・回折現象によるコントラスト低下の緩和を行い、一般的な静止画の撮影・鑑賞に適し、また、撮像素子の特性を活かした構成の撮影レンズと電子撮像素子を備えた撮像装置。

【解決手段】 撮影光学系と、その撮影光学系の像側に配され、かつ、2次元状に配された複数の受光素子が配された撮像面Iを持ち、撮影光学系により形成された像を電気信号に変換する電子撮像素子とを備え、少なくとも1つの撮影状態にて撮影光学系の入射瞳の面積と焦点距離との関係の条件式(1)、撮像面の有効画素数に関する条件式(2)、撮像面の有効面積に関する条件式(3)、撮像面の有効面積を有効画素数で割った条件式(4)を同時に満足する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

撮影光学系と、前記撮影光学系の像側に配され、かつ、2次元状に配された複数の受光素子が配された撮像面を持ち、前記撮影光学系により形成された像を電気信号に変換する電子撮像素子とを備え、

少なくとも1つの撮影状態にて以下の条件式(1)から(4)を同時に満足することを特徴とする撮影装置。

$$1 / 2.8 > (S_e / )^{1/2} / f > 1 / 4.4 \quad \dots (1)$$

$$2.2 \times 10^6 < N < 13 \times 10^6 \quad \dots (2)$$

$$5.5 \text{ mm}^2 < S_i < 32 \text{ mm}^2 \quad \dots (3)$$

$$2 \times 10^{-6} \text{ mm}^2 < S_i / N < 16 \times 10^{-6} \text{ mm}^2 \quad \dots (4)$$

10

ただし、 $S_e$  : 少なくとも1つの撮影状態における撮影光学系の入射瞳の面積、

$f$  : 前記少なくとも1つの撮影状態における撮影光学系の焦点距離、

$N$  : 前記少なくとも1つの撮影状態における撮像面の有効画素数、

$S_i$  : 前記少なくとも1つの撮影状態における撮像面の有効面積、

である。

## 【請求項 2】

撮影光学系と、前記撮影光学系の像側に配され、かつ、2次元状に配された複数の受光素子が配された撮像面を持ち、前記撮影光学系により形成された像を電気信号に変換する電子撮像素子とを備え、

20

少なくとも1つの撮影状態にて以下の条件式(2)から(6)を同時に満足することを特徴とする撮影装置。

$$1 / 1.4 > e_{\max} / f > 1 / 2.2 \quad \dots (5)$$

$$0.6 < e_{\min} / e_{\max} < 1 \quad \dots (6)$$

$$2.2 \times 10^6 < N < 13 \times 10^6 \quad \dots (2)$$

$$5.5 \text{ mm}^2 < S_i < 32 \text{ mm}^2 \quad \dots (3)$$

$$2 \times 10^{-6} \text{ mm}^2 < S_i / N < 16 \times 10^{-6} \text{ mm}^2 \quad \dots (4)$$

ただし、前記撮像面の有効撮像領域での長辺方向を水平方向、短辺方向を垂直方向としたとき、

$e_{\max}$  : 入射瞳の水平方向と垂直方向で大きい方の長さ、

30

$e_{\min}$  : 入射瞳の水平方向と垂直方向で小さい方の長さ、

$f$  : 前記少なくとも1つの撮影状態における撮影光学系の焦点距離、

$N$  : 前記少なくとも1つの撮影状態における撮像面の有効画素数、

$S_i$  : 前記少なくとも1つの撮影状態における撮像面の有効面積、

である。

## 【請求項 3】

前記少なくとも1つの撮影状態にて、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の撮影装置。

$$2 > 56.7^\circ \quad \dots (7)$$

ただし、 $2$  : 前記少なくとも1つの撮影状態における撮影半画角、

40

である。

## 【請求項 4】

前記撮影光学系が以下の条件式(8)を満足することを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 項記載の撮影装置。

$$1 - T_e / T_{\max} < 0.85 \quad \dots (8)$$

ただし、 $T_e$  : e-line 波長の透過率、

$T_{\max}$  : 撮影光学系の可視光線域における分光透過率の中での最大となる波長の

透過率、

である。

## 【請求項 5】

50

前記撮影光学系が、焦点距離が可変の撮影光学系であり、前記少なくとも1つの撮影状態が、前記撮影光学系における焦点距離が最も短くなる撮影状態であることを特徴とする請求項1から4の何れか1項記載の撮影装置。

【請求項6】

前記撮影光学系における焦点距離が最も短くなる撮影状態に対し、焦点距離が最も長くなる撮影状態にて、入射瞳面積を焦点距離で割った値が小さくなることを特徴とする請求項5記載の撮像装置。

【請求項7】

前記撮影光学系が、被写体までの距離に合わせて合焦位置のズレを修正する撮影光学系であり、前記少なくとも1つの撮影状態が、最も無限遠側の被写体に合焦した撮影状態であることを特徴とする請求項1から6の何れか1項記載の撮影装置。

10

【請求項8】

前記撮影光学系が、ズームレンズであり、前記少なくとも1つの撮影状態が、以下の条件(9)を満足する撮影状態であることを特徴とする請求項1から7の何れか1項記載の撮影装置。

$$75.4^\circ > 2 > 56.7^\circ \quad \dots (9)$$

ただし、：前記少なくとも1つの撮影状態における撮影半画角、である。

【請求項9】

前記撮影光学系が、ズームレンズであり、前記ズームレンズは広角端での全画角が56.7°より大きく、前記少なくとも1つの撮影状態を、全画角が56.7°より大きくなる何れの撮影状態としても、前記条件式(1)、(2)、(3)、(4)を同時に満足することが可能なことを特徴とする請求項1記載の撮影装置。

20

【請求項10】

前記撮影光学系が、ズームレンズであり、前記ズームレンズは広角端での全画角が56.7°より大きく、前記少なくとも1つの撮影状態を、全画角が56.7°より大きくなる何れの撮影状態としても前記条件式(2)、(3)、(4)、(5)、(6)を同時に満足することが可能なことを特徴とする請求項2記載の撮影装置。

【請求項11】

前記ズームレンズは広角端での全画角が75.4°より小さいことを特徴とする請求項10又は11記載の撮影装置。

30

【請求項12】

前記撮影光学系が以下の条件(9)を満足する単焦点レンズであることを特徴とする請求項1から4、7の何れか1項記載の撮影装置。

$$75.4^\circ > 2 > 56.7^\circ \quad \dots (9)$$

ただし、：前記少なくとも1つの撮影状態における撮影半画角、である。

【請求項13】

前記撮影光学系が、被写体までの距離に合わせて合焦位置のズレを自動で修正する撮影光学系であり、前記少なくとも1つの撮影状態が、以下の条件(9)を満足し、かつ、最も無限遠側の被写体に合焦した撮影状態であることを特徴とする請求項1から12の何れか1項記載の撮影装置。

40

$$75.4^\circ > 2 > 56.7^\circ \quad \dots (9)$$

ただし、：前記少なくとも1つの撮影状態における撮影半画角、である。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮影光学系とCCD、CMOSといった電子撮像素子を有する撮影装置に関するものであり、特に、デジタルカメラや静止画再生が可能なビデオカメラに関するもの

50

である。

【背景技術】

【0002】

従来より、CCDやCMOSといった電子撮像素子を用い、撮影光学系により形成された像を電気信号に変換し、記録、表示、印刷等に用いる撮像装置が知られている。

【0003】

このような撮像装置には、一眼レフレックスカメラのような本格的な静止画撮影の行えるものからコンパクトカメラのように小型で気軽に持ち歩けるものがあり、多様化している。

【0004】

この中、いわゆるデジタル一眼レフレックスカメラは、大型の電子撮像素子を用いている。このデジタル一眼レフレックスカメラは、大きい撮像面と明るいFナンバーの撮影レンズを組み合わせることで芸術的な画像等を得るために被写界深度を特に浅くし、また、マニュアル操作によるフォーカシングでのピント位置の確認を容易にすることが可能なものである。

10

【0005】

一方、撮像面サイズを小さくしつつ、静止画撮影、鑑賞に適した画素数を確保したコンパクトカメラが知られている。このようなコンパクトカメラは、写真芸術や大きなポスターを前提としていない一般的な撮影や、鑑賞、記録的な画像の撮影を主に行う使用者に適したカメラシステムである。

20

【0006】

この一般的な使用者が撮影し鑑賞する場面として、例えば、時刻表のようなテキストや地図情報や出来事をメモ的に撮影する場面や、旅やイベント等の思い出や感動を撮影することや、子供の生育の様子を記念として撮影する場合等、個人的に楽しむような場面が考えられる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、デジタル一眼レフレックスカメラでは、要求される画質や機能を考慮すると、装置全体の小型化は困難である。

30

【0008】

一方、小型の電子撮像素子を用いた撮像装置としては、小型のビデオカメラや、静止画撮影を主な目的としたコンパクトデジタルカメラが知られている。撮像面の面積を小さくすることで、同じ画角を実現する撮影レンズであっても、その焦点距離を短くすることができ、光学系全体の小型化にも有利となる。

【0009】

前者の小型のビデオカメラは、動画撮影時における画質を維持する程度の画素数しか使用しておらず、実質的な画素数が少ないものであり、1コマの解像が不十分であり、静止画としての画質は良好とは言い難い。

【0010】

一方、コンパクトデジタルカメラは、一般的な静止画撮影、静止画鑑賞に要する画素数の確保が行われているものが多い。

40

【0011】

しかしながら、小型の電子撮像素子にて良好な静止画の鑑賞を行える画素数を確保しようとする、電子撮像素子の一画素当たり受光量が低下し、露光時間が長くなりやすく、手ブレや被写体ブレが起こりやすい。

【0012】

また、撮像面が小さいと、撮影光学系の回折の影響によりコントラストが低下し、撮影光学系における結像性能が低下しやすい。

【0013】

50

以上の問題点に鑑み、本発明は、小型化・省電力化・受光量の効率的な確保・回折現象によるコントラスト低下の緩和を行い、一般的な静止画の撮影・鑑賞に適し、また、撮像素子の特性を活かした構成の撮影レンズと電子撮像素子を備えた撮像装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記目的を達成する本発明の1つの撮影装置は、撮影光学系と、前記撮影光学系の像側に配され、かつ、2次元状に配された複数の受光素子が配された撮像面を持ち、前記撮影光学系により形成された像を電気信号に変換する電子撮像素子とを備え、

少なくとも1つの撮影状態にて以下の条件式(1)から(4)を同時に満足することを特徴とするものである。 10

【0015】

$$1/2.8 > (S_e / )^{1/2} / f > 1/4.4 \quad \dots (1)$$

$$2.2 \times 10^6 < N < 13 \times 10^6 \quad \dots (2)$$

$$5.5 \text{ mm}^2 < S_i < 32 \text{ mm}^2 \quad \dots (3)$$

$$2 \times 10^{-6} \text{ mm}^2 < S_i / N < 16 \times 10^{-6} \text{ mm}^2 \quad \dots (4)$$

ただし、 $S_e$  : 少なくとも1つの撮影状態における撮影光学系の入射瞳の面積、

$f$  : 前記少なくとも1つの撮影状態における撮影光学系の焦点距離、

$N$  : 前記少なくとも1つの撮影状態における撮像面の有効画素数、

$S_i$  : 前記少なくとも1つの撮影状態における撮像面の有効面積、 20

である。

【0016】

以下に、本発明の上記撮影装置において上記構成をとった理由とその作用効果を説明する。

【0017】

本発明では、電子撮像素子に最も効率的に光量を導く方法として、撮影光学系のNA(Fナンバー)に着目し、効率的なFナンバーを検討すると共に、そのFナンバーで構成するコンパクトな撮影装置を検討したものである。

【0018】

本発明を創出するに当たり、画質劣化の要因となる回折現象について、一般的な使用状態を想定して、比視感度を546.07nmの波長を基準にして光学システムを検討した。 30

【0019】

電子撮像素子の画素には光電変換可能な入射光の角度範囲がある。この角度範囲外から光線が撮像素子に入射しても撮像素子では認識できない。この角度範囲は角度範囲の中心軸に対して円形であるとは限らず、楕円のように角度範囲が広い方向と狭い方向を有するものもある。なお、撮影レンズの主光線と整合性を高めるために、角度範囲の中心軸が画面の中心から周辺に向かうに従い傾いていくものもある。

【0020】

検討の結果、撮影光学系の入射瞳の面積と焦点距離との関係が、条件式(1)を満たす少なくとも1つの撮影状態を持たせることが効果的であることを導いた。 40

【0021】

条件式(1)の上限の1/2.8を越えて焦点距離に対する入射瞳を大きくし、撮像素子への入射角度範囲を広げて光量を増加させても、撮像素子が光電変換できる光量は殆ど増加せず、一方、撮影光学系の構成の難易度が急激に高くなり好ましくない。特に、球面収差とコマ収差の高次収差の影響が大きくなり、光学系を構成する光学素子の枚数が増えやすく、また、組み立て精度への要求が高くなってしまふ。

【0022】

一方、条件式(1)の下限の1/4.4を越えて入射瞳が小さくなると、概ね入射瞳の面積と比例して光電変換できる光量が低下する。そのため、撮像素子が光電変換する光量 50

が少なくなり、光量不足によるノイズが生じやすくなるか、露光時間を長くすることによる手ブレや被写体ブレが生じやすくなる。また、焦点距離に対する入射瞳が小さいことにより撮影光学系にて回折が生じる。条件式(3)にて規定する撮像面の有効面積の場合、有効撮像領域に対する回折の影響が生じ、その影響による像のコントラストの低下が生じやすくなる。

【0023】

条件式(2)は、撮像面の有効画素数に関するものである。有効画素数は、電子撮像素子の2次元状に配された複数の受光素子(画素)が配された撮像面の中、画像の記録、再生、印刷に用いることができる最大領域(有効撮像領域と言う。)に含まれる画素数を言う。

10

【0024】

画素数  $2.2 \times 10^6$  は、一般的なプリントサイズ(長辺13cm程度)を明視の距離(25cm)で観察して自然に見える最低限の画素数である。この画素数を下回ると、記録画像としては使用できても、観賞用の画像としての使用は好ましくない。すなわち、条件式(2)の下限の  $2.2 \times 10^6$  を越えると、いわゆるL版でも解像感の劣化が視認され好ましくない。上限の  $13 \times 10^6$  は、縦位置で撮影しやすい縦横比率が3:2の画面を縦位置で観察し、さらに画像に対する没入感を得るために視野に対して左右にそれぞれ画面の3%程度の広がりを持たせる場合に最適な画素数である。

【0025】

一般に、視野の広さは左右に40°程度と言われている。一般的な縦横比率が3:2の画面を横位置で観察し、略視野と同じになる距離で観察すると、画素数は  $5 \times 10^6$  程度とされている(画素ピッチが視野角換算で0.015°)。これを基準に縦位置で撮影し、観察し、さらに画面長を左右にそれぞれ3%程度大きくすることにより、画像に対して没入感(画面の縁が気にならず画像の世界に入り込みやすい状況)を得るような画素数を導き設定した。これは以下の式で求まる。

20

【0026】

$$(5 \times 10^6) \times (3/2)^2 \times (1 + 0.03 \times 2)^2 = 13 \times 10^6$$

条件式(2)の上限の  $13 \times 10^6$  を越えて画素数を増やしても、広告等のポスターを近くで観察する等、一般撮影者が想定しない商用等特殊な観察条件や画像処理を除けば、解像感の向上感が乏しく電力消費量や処理能力的にも好ましくない。また、この上限を越える画素数としても、小型化のため撮像面積を小さくすると、条件式(1)を満足しても、回折現象によりさほど画質の向上は見込めず、むしろ画素数を制限して1画素当たりの受光量を上げた方が好ましくなる。

30

【0027】

条件式(3)は、撮像面の有効面積に関するものである。有効面積は、前述の有効撮像領域の面積を言う。

【0028】

条件式(3)の下限値の  $5.5 \text{ mm}^2$  は、画質を許容限界程度で、小型化のポテンシャルを最大限とする値として設定したものである。この下限を越えると、解像度を確保しようとしても画素サイズが小さくなり1つの画素への受光量が少なくなり、ディスプレイや紙面上に再生された像にノイズが乗りやすく好ましくない。一方、露光時間を延ばすと、カメラブレ(手振れ)や被写体ブレが生じやすく好ましくない。また、回折の影響を受けやすくなる。例えば、瞳面積に対して光電変換の効率が高くかつ撮影光学系の小型化とのバランスが取りやすいFナンバーと考えられるF2.2で、かつ、無収差の撮影レンズ系を想定する。このとき、MTFが50%になる空間周波数は  $313 / \text{mm}$  となる(無収差のレンズでも回折の影響によりMTFが低下する)。空間周波数  $313 / \text{mm}$  を解像するのに必要な最小画素ピッチは、

40

$$(1/313) / 2 = 0.00159 (\text{mm}) \quad \dots (A)$$

と算出される。

【0029】

50

この画素ピッチで構成できる画素数  $2.2 \times 10^6$  (前述で説明した値) の撮像面積は、 $S_i = 5.5 \text{ mm}^2$  となる。ここで、無収差レンズの MTF が 50% を下回ると、画像処理でコントラストを上げる処理を行ってもノイズが出やすく、階調が不十分となり、十分な画質が得られなくなる。解像度と画素ピッチの関係を (A) 式のように導くと、ローパスフィルターの影響、製造誤差を含む収差の影響を殆ど考慮する余地がない限界値を用いることになる。なお、F ナンバーを F 2.2 よりも明るくすると、さらに MTF の劣化を緩和でき、露光時間を短くすることでカメラブレ (手振れ) や被写体ブレによる画質劣化を緩和でき好ましい。F ナンバーを F 2.2 よりも小さく (明るく) して、さらに画素ピッチを細かくしてもよいが、本発明では、以下のような考えより、この値を限界値としている。

10

## 【0030】

すなわち、画素ピッチが小さくなりすぎると、撮像素子の構造上必要な伝送路の確保と受光素子の光電変換面の確保の両立が難しくなり、画像にノイズ等劣化要因が増えるので、これ以上細かくしない方が好ましい。また、光学系の絶対精度の要求レベルが高くなり好ましくない。当然、撮像素子の構造に関する新たな発明や、光学系の絶対精度を向上させる新たな発明があればこの限りではない。

## 【0031】

条件式 (3) の上限の  $32 \text{ mm}^2$  を越えると、いわゆるポスターや写真集等の商用やコンテンツに用いるレベルや、光路中にハーフミラー等で減光するのでなければ、過剰な大きさとなり、カメラシステムの大型化を招いたり、消費電力を多くすることになる。 $S_i = 32 \text{ mm}^2$  のとき、 $2.2 \times 10^6$  の画素数の場合、画素ピッチは約  $0.004 \text{ mm}$  である。F 2.2 での画素ピッチ相当の周波数での無収差レンズの MTF は約 80% で、撮影後の画像処理を想定すると、略十分な値であり、同じ画素数でこれより画面サイズを大きくし粗い画素にしても、回折の影響の点からは過剰である。画素数を条件式 (2) の範囲で増やし、それに合わせて撮像素子を大きくすることも画質の点では問題ないが、光学系の大型化と光学系や撮像素子を駆動する消費電力が大きくなり好ましくない。また、撮影光学系では、無限遠から近距離への合焦により NA (有効 F ナンバー) が暗くなり、収差も変化する。これらの変化量は基本的に撮影倍率の変化に対応している。一般的に撮影倍率は  $1/10$  程度までは大きな変化が起き難いと考えられる。一般撮影の領域として名刺サイズ (メモ書きを撮影する) を考えたとき、この上限値を越えると、名刺を撮影する場合は撮影倍率が  $1/10$  を大きく越えることになる。そのため、光学系や画像処理系に大きな負担をかけることになり、好ましくない (名刺 (長辺の長さが  $90 \text{ mm}$ ) を画面の中心を拡大して撮影することを想定し、左右 (名刺の上下) の  $10 \text{ mm}$  ( $10\%$  程度) 内側の撮影領域の長辺は  $70 \text{ mm}$  となる。撮像素子の面積が  $32 \text{ mm}^2$  のとき、縦横比が  $3:2$  とすると、長辺が  $7 \text{ mm}$ 、短辺が  $4.6 \text{ mm}$  となり、撮影倍率は  $1/10$  となる。)

20

30

## 【0032】

また、 $S_i = 32 \text{ mm}^2$  のとき、空間周波数  $313 / \text{mm}$  を解像するのに必要な最小画素ピッチから導かれる画素数は  $13 \times 10^6$  となり、F 2.2 でも没入感を得る画像の撮影が可能となる。なお、F ナンバーを条件式 (1) の範囲で F 2.2 (条件式 (1) の下限値) より明るくすると、回折の影響が緩和されることで解像度の余裕が出てきて階調特性が良くなり、表現力が増す。また、露光時間を短くすることができ、カメラブレ (手振れ) や被写体ブレ等による画質の劣化が緩和される。また、光量の確保により画像処理も容易になり、画像処理の負荷を減らすことも可能となる。

40

## 【0033】

また、条件式 (3) の上限値を越えないことで、被写界深度が確保でき、AF (オートフォーカス) に必要な分解能が緩和され、AF が容易になるといった副次的効果も得られる。

## 【0034】

条件式 (4) は、条件式 (1) から (3) を満足する系を構成するのに好適な 1 画素が

50

受け持つ撮像面積（画素面積）に関するものである。

【0035】

条件式（4）は、撮像面の有効面積を有効画素数で割ったものであり、1画素が受け持つ撮像面積に対応する。下限の $2 \times 10^{-6} \text{ mm}^2$ を越えると、回折の影響を受けやすくなり、画素数を増やしても画質の向上に結び付き難くなる。また、光電変換面が画素面積に対して小さくなり、光電変換の効率が落ちるので好ましくない。上限の $16 \times 10^{-6} \text{ mm}^2$ を越えると、撮像面サイズが大きくなりすぎ、一方、撮像面サイズを抑えると、解像感が低下して好ましくない。

【0036】

これらの条件式（1）乃至（4）を満足するように撮影光学系、電子撮像素子を設計することにより、一般的な撮影者が撮影するのに必要な性能を持ち、小型で消費電力の少ない撮像装置を構成することができる。

【0037】

なお、消費電力を少なければ、同じ大きさ重さの電池で、多くの撮影ができ撮影機会を増やすことができる。また、同じ撮影枚数を小さく軽い電池で実現できることを意味しており、カメラの小型軽量化を実現する構成要因となる。

【0038】

本発明のもう一つの撮影装置は、撮影光学系と、前記撮影光学系の像側に配され、かつ、2次元状に配された複数の受光素子が配された撮像面を持ち、前記撮影光学系により形成された像を電気信号に変換する電子撮像素子とを備え、

少なくとも一つの撮影状態にて以下の条件式（2）から（6）を同時に満足することを特徴とするものである。

【0039】

$$1 / 1.4 > e_{\max} / f > 1 / 2.2 \quad \dots (5)$$

$$0.6 < e_{\min} / e_{\max} < 1 \quad \dots (6)$$

$$2.2 \times 10^6 < N < 13 \times 10^6 \quad \dots (2)$$

$$5.5 \text{ mm}^2 < S_i < 32 \text{ mm}^2 \quad \dots (3)$$

$$2 \times 10^{-6} \text{ mm}^2 < S_i / N < 16 \times 10^{-6} \text{ mm}^2 \quad \dots (4)$$

ただし、前記撮像面の有効撮像領域での長辺方向を水平方向、短辺方向を垂直方向としたとき、

$e_{\max}$  : 入射瞳の水平方向と垂直方向で大きい方の長さ、

$e_{\min}$  : 入射瞳の水平方向と垂直方向で小さい方の長さ、

$f$  : 前記少なくとも一つの撮影状態における撮影光学系の焦点距離、

$N$  : 前記少なくとも一つの撮影状態における撮像面の有効画素数、

$S_i$  : 前記少なくとも一つの撮影状態における撮像面の有効面積、

である。

【0040】

以下に、上記撮影装置において上記構成をとった理由とその作用効果を説明する。

【0041】

この撮影装置は、上記第1の撮影装置の中の条件式（1）に換えて、条件式（5）、（6）を構成要件として特定したものである。

【0042】

入射瞳を円形とした場合、入射瞳の直径を $\phi$ とすると、条件式（1）は以下の式に置き換えられる。

【0043】

$$1 / 1.4 > \phi / f > 1 / 2.2$$

すなわち、条件式（5）は、撮像面の有効撮像領域での長辺方向を水平方向、短辺方向を垂直方向としたとき、入射瞳の水平方向と垂直方向で大きい方の長さを特定したものである。

【0044】

10

20

30

40

50



条件式(5)を満足することで、特定される長い方の径方向における効率的な光量の確保、回折の影響の低減、撮像光学系のサイズをバランスさせることが可能となる。

【0045】

具体的な機能は、上記第1の撮影装置の説明の通りであるが、撮像素子で受光できる入射角度範囲が水平方向と垂直方向で異なることを考慮し、条件式(5)と条件式(6)を満足させるのがよい。撮像素子の入射角度範囲の特性に合わせ、開口を円形でないようにしてもよい。光学系の設計上は、開口が円形であっても楕円であっても特に中心部については変わりがない。組み立て精度的には楕円にした方が、考慮する領域が狭くなるので良い点もある。

【0046】

ただし、条件式(6)の下限の0.6を越えると、入射瞳の扁平の程度が大きくなりすぎ、撮像素子の入射角度範囲の特性との対応が取り難くなり、光量確保の点でも必要以上に短い方の径が小さくなり好ましくない。

【0047】

以上の撮影装置において、前記少なくとも1つの撮影状態にて、以下の条件式を満足することが好ましい。

【0048】

$$2 > 56.7^\circ \cdot \cdot \cdot (7)$$

ただし、 $\theta$ ：前記少なくとも1つの撮影状態における撮影半画角、 $r$ である。

【0049】

撮影光学系の入射瞳が条件式(1)の下限値(F値で表すとF2.2相当)となる位置において、入射瞳を円形として、全画角 $2\theta$ を56.7°( $\theta$ は撮影半画角)とすると、入射瞳の直径は、撮像素子の有効撮像領域の対角長の40%となる。撮像素子の有効撮像領域が短辺長を対角長の56%程度の矩形、撮影光学系の開口部の大きさが入射瞳の大きさと略等しいとし、この撮影光学系を支持する鏡枠構造を、撮影光学系周辺にて有効撮像領域の対角長の16%の配分(開口部周辺に8%ずつ)とすると、有効撮像領域の短辺方向と鏡枠のサイズを近づけさせることができ、全体的にコンパクトな系となる。

【0050】

言い換えると、入射瞳面積が撮像面の有効面積の30%程度となる構成とすると、有効撮像領域の短辺方向と鏡枠とのサイズが近づくことになる。

【0051】

一般に、開口絞り部は撮影光学系の光束範囲が最も小さくなる部分である。画角 $2\theta = 56.7^\circ$ (撮像面サイズ24mm×36mmのライカ版換算で焦点距離約40mm相当)は、いわゆる標準画角と言われる範囲で一般的な撮影が行われる画角であり、経験的に光学設計的にバランスが良く、小型化に適した画角である。

【0052】

これより画角が大きい場合、焦点距離は小さくなるので、明るさの確保の点で開口絞りを小さくできる。また、画角が大きい程、鏡枠のサイズは、開口絞りのサイズによる影響は抑えられ、逆に軸外光束の広がりによる影響が大きくなる。そのため、広角側では焦点距離に対する入射瞳を大きくして取り入れる光量を多くしても鏡枠の増大への影響が少なくできる。

【0053】

一方、標準画角より画角が小さい場合、軸外光束の広がりには小さくなるが、鏡枠のサイズは開口絞りのサイズによる影響が大きくなる。

【0054】

収差補正上必要となる全長やレンズ枚数の議論はあるが、特に全画角 $2\theta$ が56.7°を越える広角域では、条件式(1)の下限値を超えてF2.2よりF値を暗くしても概ね光学系のサイズは小さくならない。

【0055】

10

20

30

40

50

そのため、条件式(7)にて規定する、全画角 $2\theta$ が $56.7^\circ$ を上回る少なくとも1つの撮影状態にて、上述の条件式(1)から(4)を満足することで、明るさの確保に対する鏡枠のサイズの増大が抑えられ好ましい。

【0056】

また、条件式(5)、(6)は、入射瞳の形状が扁平した場合の考慮も含めた条件であるが、入射瞳が長い方向についてみれば、条件式(5)の下限值は瞳が円形の $F2.2$ のものと同様に扱える。

【0057】

したがって、条件式(7)にて規定する全画角 $2\theta$ が $56.7^\circ$ を上回る少なくとも1つの撮影状態にて、上述の条件式(2)から(6)を満足することで、明るさの確保に対する鏡枠のサイズの増大が抑えられ好ましい。

10

【0058】

また、前記撮影光学系が以下の条件式(8)を満足することが望ましい。

【0059】

$$1 - T_e / T_{max} \geq 0.85 \quad \dots (8)$$

ただし、 $T_e$  : e-line 波長の透過率、

$T_{max}$  : 撮影光学系の可視光線域における分光透過率の中での最大となる波長の透過率、  
である。

【0060】

条件式(8)は、自然界で人間が見える景色を撮影するのに必要な条件である。上限値の1は理論的限界であり、その上限値を越えることはない。下限値の0.85を越えると、色の再現性と露光量のトレードオフの発生が大きくなり、両者の両立が難しくなる。

20

【0061】

また、前記撮影光学系が、焦点距離が可変の撮影光学系であり、前記少なくとも1つの撮影状態が、前記撮影光学系における焦点距離が最も短くなる撮影状態であることが望ましい。

【0062】

本発明において、撮影光学系をズーム光学系、複数の焦点距離が選択できる光学系と言った焦点距離可変の光学系とする場合、焦点距離が最も短くなる撮影状態で上記要件を満たしていることが望ましい。

30

【0063】

広角側の撮影状態では、有効撮像領域内の画像の空間周波数が大きくなりやすく、コントラストの低下が目立ちやすい(例えば、撮影画角が広がる広角側では、風景の記録や風景を背景とした記念撮影が行われることが考えられ、撮像面上の高い空間周波数のコントラストが大きくなる傾向がある。一方、撮影画角が狭くなる望遠側では、特定の被写体を大きく写しこむ撮影が多くなると考えられ、撮像面上での高い空間周波数のコントラストは低くなる傾向がある。)

【0064】

そのため、焦点距離が最も短くなる撮影状態で諸条件を満足させ、回折の影響を抑え、コントラストの低下を抑えることが好ましい。

40

【0065】

この場合に、前記撮影光学系における焦点距離が最も短くなる撮影状態に対し、焦点距離が最も長くなる撮影状態にて、入射瞳面積を焦点距離で割った値が小さくなるようにすることが望ましい。

【0066】

焦点距離が長くなるにつれて被写界深度が浅くなり、AFの精度が低下しやすくなる。そのため、焦点距離が最も長くなる状態では、焦点距離に対する入射瞳面積を小さくすることで、Fナンバーを暗くし被写界深度を深くし、AFの精度を維持することが好ましい

50

。

## 【0067】

なお、焦点距離が長くなる望遠側ではFナンバーが暗くても、広角側に対して有効撮像領域内の画像の空間周波数特性が全体的に低くなる傾向があるので、回折による影響が目立ち難くなる。

## 【0068】

また、前記撮影光学系が、被写体までの距離に合わせて合焦位置のズレを修正する撮影光学系であり、前記少なくとも1つの撮影状態が、最も無限遠側の被写体に合焦した撮影状態であることが望ましい。

## 【0069】

撮影光学系が被写体までの距離に合わせて合焦位置のズレを修正するフォーカシング機能を有する場合、最も無限遠側の被写体に合焦した撮影状態で、前述の諸条件を満足することが好ましい。

## 【0070】

近距離側ではFナンバーが暗くても、無限遠側に対して画面内の画像の空間周波数特性が全体に低くなる傾向があるので、回折による影響が受けづらくなる。

## 【0071】

一方、遠方側の撮影状態では、有効撮像領域内の画像の空間周波数特性が大きくなりやすく、コントラストの低下が目立ちやすい。

## 【0072】

そのため、最も無限遠側の被写体に合焦した撮影状態で諸条件を満足させ、コントラストの低下を抑えることが好ましい。

## 【0073】

また、前記撮影光学系が、ズームレンズであり、前記少なくとも1つの撮影状態が、以下の条件(9)を満足する撮影状態であることが望ましい。

## 【0074】

$$75.4^\circ > 2 > 56.7^\circ \quad \dots (9)$$

ただし、 $2$ ：前記少なくとも1つの撮影状態における撮影半画角、 $56.7^\circ$ である。

## 【0075】

条件式(9)の範囲はライカ版換算で、焦点距離が約28mmから40mmとなる画角域である。いわゆる記念撮影を行うことが多い画角域である。ズームレンズにおいて、この条件式の範囲内の画角となる何れかで諸条件を満たす状態で撮影することで、思い出を良好に鑑賞できる画質の記念撮影ができ好ましい。

## 【0076】

また、上記第1の撮影装置において、前記撮影光学系が、ズームレンズであり、前記ズームレンズは広角端での全画角が56.7°より大きく、前記少なくとも1つの撮影状態を、全画角が56.7°より大きくなる何れの撮影状態としても、前記条件式(1)、(2)、(3)、(4)を同時に満足することが可能なことが望ましい。

## 【0077】

全画角が56.7°より大きい撮影状態は、高い空間周波数のコントラストが大きくなりやすく、また、一般的な撮影における使用頻度の高い画角域でもある。そのため、この画角領域にてコントラストの低下を抑えることで、高い周波数までコントラストが高く、また、短い露光時間で撮影することができ好ましい。

## 【0078】

また、上記第2の撮影装置において、前記撮影光学系が、ズームレンズであり、前記ズームレンズは広角端での全画角が56.7°より大きく、前記少なくとも1つの撮影状態を、全画角が56.7°より大きくなる何れの撮影状態としても前記条件式(2)、(3)、(4)、(5)、(6)を同時に満足することが可能なことが望ましい。

## 【0079】

10

20

30

40

50

前述の通り、全画角が $56.7^\circ$ より大きくなる撮影状態は、空間周波数が高くなりやすく、また、一般的な撮影における使用頻度の高い画角域である。そのため、全画角が $56.7^\circ$ より大きくなる画角領域にてコントラストの低下を抑えることで、高い周波数までコントラストが高く、また、短い露光時間で撮影することができ好ましい。

【0080】

以上において、前記ズームレンズは広角端での全画角が $75.4^\circ$ より小さいことが望ましい。

【0081】

ズームレンズの径方向の大きさは、広角端付近の最軸外光束の光線高が影響しやすい。そのため、広角端での全画角を $75.4^\circ$ より小さくして、ズームレンズの有効径を抑え、撮影装置の大型化を防ぐことが好ましい。 10

【0082】

また、前記撮影光学系が以下の条件(9)を満足する単焦点レンズであってもよい。

【0083】

$$75.4^\circ > 2 > 56.7^\circ \quad \dots (9)$$

ただし、 $2$ ：前記少なくとも1つの撮影状態における撮影半画角、である。

【0084】

条件式(9)の範囲はライカ版換算で、焦点距離が約 $28\text{mm}$ から $40\text{mm}$ となる画角域である。いわゆる記念撮影を行うことが多い画角域である。いわゆる記念撮影を行うことが多い画角域であり、被写体に高い空間周波数が含まれる可能性が多い。そのため、条件式(9)を満足する画角の範囲にてコントラストの低下や光量の低下を抑えることで、思い出を良好に鑑賞できる画質の記念撮影ができ好ましい。 20

【0085】

また、前記撮影光学系が、被写体までの距離に合わせて合焦位置のズレを自動で修正する撮影光学系であり、前記少なくとも1つの撮影状態が、以下の条件(9)を満足し、かつ、最も無限遠側の被写体に合焦した撮影状態であるようにすることができる。

【0086】

$$75.4^\circ > 2 > 56.7^\circ \quad \dots (9)$$

ただし、 $2$ ：前記少なくとも1つの撮影状態における撮影半画角、である。 30

【0087】

条件式(9)の範囲はライカ版換算で、焦点距離が約 $28\text{mm}$ から $40\text{mm}$ となる画角域である。記念撮影や風景の撮影を行うことが多い画角域である。このような撮影を行う場合、遠方側(略無限遠)に合焦して撮影することになる。このような撮影状態では、有効撮像領域内の画像で高い空間周波数のコントラストが大きくなりやすく、コントラストの低下が目立ちやすい。したがって、このような撮影状態となる何れかの撮影状態にて諸条件を満たす状態で撮影することで、コントラストの低下を抑え良好に鑑賞できる画質の撮影ができ好ましい。

【発明の効果】 40

【0088】

以上の本発明によると、小型化・省電力化・受光量の効率的な確保・回折現象によるコントラスト低下の緩和を行い、一般的な静止画の撮影・鑑賞に適し、また、撮像素子の特性を活かした構成の撮影レンズと電子撮像素子を備えた撮像装置を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0089】

以下、本発明の撮影装置に用いるズームレンズの実施例1について説明する。実施例1の無限遠物点合焦時の広角端(a)、中間状態(b)、望遠端(c)のレンズ断面図を図1に示す。図中、第1レンズ群はG1、第2レンズ群はG2、開口絞りはS、第3レンズ群はG3、第4レンズ群はG4、IRカットコートを施したローパスフィルター等を構成 50

する平行平板はF、電子撮像素子(CCDやCMOS)の像面(電子撮像素子の受光面)はIで示してある。

【0090】

実施例1のズームレンズは、図1に示すように、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、開口絞りS、正屈折力の第3レンズ群G3、正屈折力の第4レンズ群G4から構成されており、広角端から望遠端への変倍をする際に、第1レンズ群G1と開口絞りSは固定で、第2レンズ群G2は像側に移動し、第3レンズ群G3は物体側に移動し、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔を広げながら物体側に移動する。

【0091】

物体側から順に、第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ1枚からなり、第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凹負レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズの接合レンズとからなり、第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、両凸正レンズと、両凸正レンズと両凹負レンズ接合レンズとからなり、第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ1枚からなる。

【0092】

非球面は、第3レンズ群G3の最も物体側の面と、第4レンズ群G4の物体側の面の2面に用いている。

【0093】

以下に、上記実施例の数値データを示すが、記号は上記の外、 $\omega$ は半画角、fは全系焦点距離、F<sub>N0</sub>はFナンバー、WEは広角端、STは中間状態、TEは望遠端、r<sub>1</sub>、r<sub>2</sub>...は各レンズ面の曲率半径、d<sub>1</sub>、d<sub>2</sub>...は各レンズ面間の間隔、n<sub>d1</sub>、n<sub>d2</sub>...は各レンズのd線の屈折率、 $\nu_{d1}$ 、 $\nu_{d2}$ ...は各レンズのアッペ数である。なお、非球面形状は、xを光の進行方向を正とした光軸とし、yを光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

【0094】

$$x = (y^2 / r) / [ 1 + \{ 1 - (K + 1) (y / r)^2 \}^{1/2} ] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10} + A_{12} y^{12}$$

ただし、rは近軸曲率半径、Kは円錐係数、A<sub>4</sub>、A<sub>6</sub>、A<sub>8</sub>、A<sub>10</sub>、A<sub>12</sub>はそれぞれ4次、6次、8次、10次、12次の非球面係数である。

【0095】

実施例1

r <sub>1</sub> = 22.693	d <sub>1</sub> = 3.807	n <sub>d1</sub> = 1.48749	d <sub>1</sub> = 70.23
r <sub>2</sub> = 241.581	d <sub>2</sub> = (可変)		
r <sub>3</sub> = 25.064	d <sub>3</sub> = 1.01	n <sub>d2</sub> = 1.84666	d <sub>2</sub> = 23.78
r <sub>4</sub> = 6.796	d <sub>4</sub> = 3.75		
r <sub>5</sub> = -22.961	d <sub>5</sub> = 0.78	n <sub>d3</sub> = 1.48749	d <sub>3</sub> = 70.23
r <sub>6</sub> = 8.805	d <sub>6</sub> = 2.84	n <sub>d4</sub> = 1.84666	d <sub>4</sub> = 23.78
r <sub>7</sub> = 55.029	d <sub>7</sub> = (可変)		
r <sub>8</sub> = (絞り)	d <sub>8</sub> = (可変)		
r <sub>9</sub> = 14.023 (非球面)	d <sub>9</sub> = 1.47	n <sub>d5</sub> = 1.58913	d <sub>5</sub> = 61.30
r <sub>10</sub> = 99.844	d <sub>10</sub> = 0.16		
r <sub>11</sub> = 10.398	d <sub>11</sub> = 2.53	n <sub>d6</sub> = 1.77250	d <sub>6</sub> = 49.60
r <sub>12</sub> = -53.227	d <sub>12</sub> = 0.16		
r <sub>13</sub> = 12.435	d <sub>13</sub> = 2.12	n <sub>d7</sub> = 1.74100	d <sub>7</sub> = 52.64
r <sub>14</sub> = -78.311	d <sub>14</sub> = 0.75	n <sub>d8</sub> = 1.84666	d <sub>8</sub> = 23.78
r <sub>15</sub> = 5.016	d <sub>15</sub> = (可変)		
r <sub>16</sub> = 10.015 (非球面)	d <sub>16</sub> = 2.88	n <sub>d9</sub> = 1.69350	d <sub>9</sub> = 53.22

10

20

30

40

50

$r_{17} = 2588.080$                        $d_{17} = (\text{可変})$   
 $r_{18} =$                                        $d_{18} = 2.72$                $n_{d10} = 1.51633$                $d_{10} = 64.14$   
 $r_{19} =$                                        $d_{19} = 0.78$   
 $r_{20} =$                                       (撮像面)

非球面係数

第9面

$$K = 1.005$$

$$A_4 = -9.8064 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -3.77082 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = -3.46489 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 1.30338 \times 10^{-9}$$

$$A_{12} = -1.73106 \times 10^{-11}$$

第16面

$$K = 0.334$$

$$A_4 = -4.85216 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -6.92172 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = 1.48559 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -7.23748 \times 10^{-9}$$

$$A_{12} = 1.17804 \times 10^{-10}$$

ズームデータ ( )

	W E	S T	T E
( ° )	32.03	-	12.07
f (mm)	5.75	10.88	16.00
$F_{N0}$	1.83	2.18	2.60
$d_2$	0.78	8.57	11.62
$d_7$	12.67	4.87	1.83
$d_8$	6.18	3.67	1.17
$d_{15}$	3.42	4.97	6.36
$d_{17}$	1.76	2.69	3.81

【0096】

上記実施例において、

矩形の有効撮像領域のサイズ(長辺方向×短辺方向) : 5.76 mm × 4.32 mm

撮像面の有効面積 : 24.88 mm<sup>2</sup>

画素ピッチ : 長辺方向 0.002 mm、短辺方向 0.002 mm

であり、また、絞りSは開放状態にて円形絞りである。

【0097】

そして、広角端状態かつ無限遠合焦点状態かつ絞り開放状態にて、

$$S_e = 7.754 \text{ mm}^2$$

$$f = 5.75 \text{ mm}$$

$$N = 6.22 \times 10^6$$

$$S_i = 24.88 \text{ mm}^2$$

$$e_{\max} = 3.142 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = 3.142 \text{ mm}$$

$$= 32.03^\circ$$

$$(1) (S_e / )^{1/2} / f = 1 / 3.66$$

$$(2) N = 6.22 \times 10^6$$

$$(3) S_i = 24.88 \text{ mm}^2$$

$$(4) S_i / N = 4 \times 10^{-6} \text{ mm}^2$$

$$(5) e_{\max} / f = 1 / 1.83$$

10

20

30

40

50

(6)  $e_{min} / e_{max} = 1$

(7)  $2 = 64.06^\circ$

(9)  $2 = 64.06^\circ$

である。

【0098】

以上の実施例1の無限遠物点合焦時の収差図を図2に示す。この収差図において、(a)は広角端、(b)は中間状態、(c)は望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。

【図面の簡単な説明】

【0099】

【図1】本発明の撮影装置に用いるズームレンズの実施例1の無限遠物点合焦時の広角端(a)、中間状態(b)、望遠端(c)のレンズ断面図である。

【図2】実施例1の無限遠物点合焦時の収差図である。

【符号の説明】

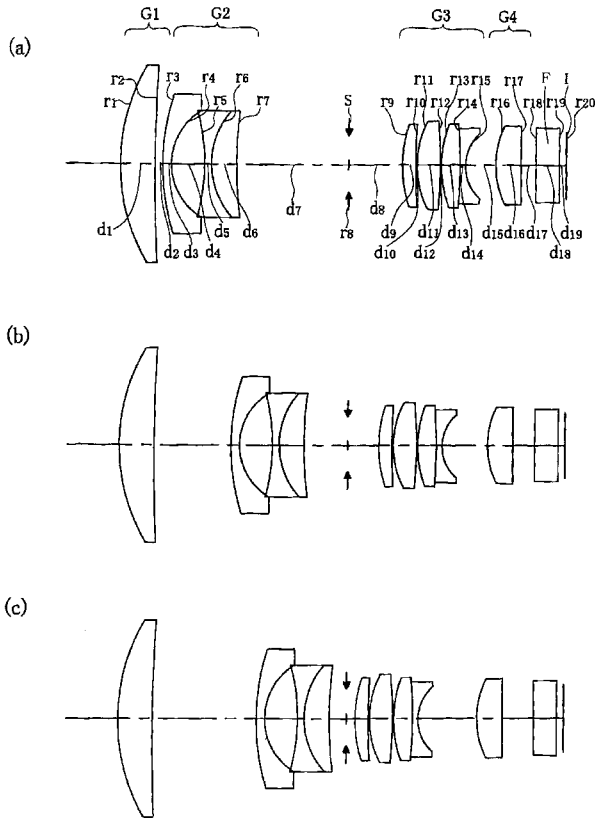
【0100】

- G1 ... 第1レンズ群
- G2 ... 第2レンズ群
- G3 ... 第3レンズ群
- G4 ... 第4レンズ群
- S ... 開口絞り
- F ... 平行平板
- I ... 像面(撮像面)

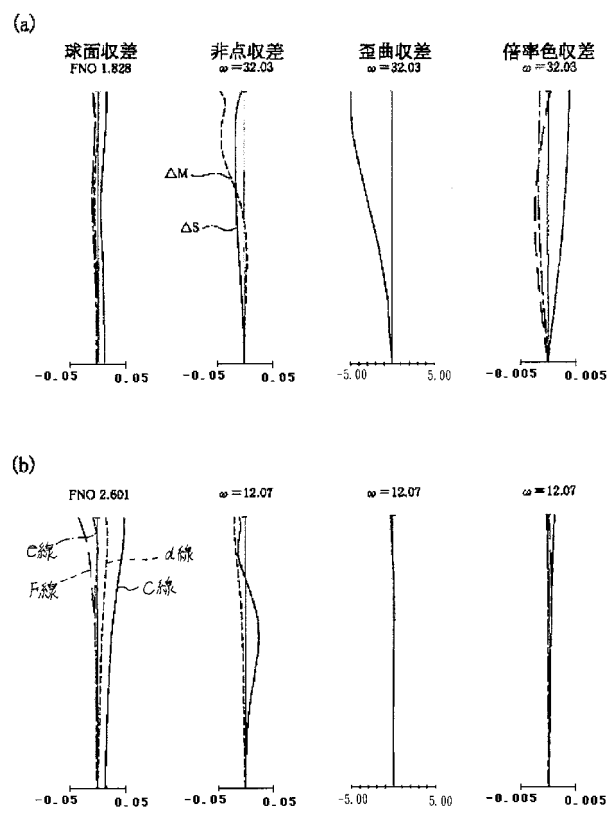
10

20

【図1】



【図2】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100091971

弁理士 米澤 明

(72)発明者 後藤 尚志

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリnpasイメージング株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA01 PA07 PA19 PB09 QA02 QA06 QA12 QA22 QA26 QA32

QA42 QA45 RA05 RA12 RA32 RA43 SA23 SA27 SA29 SA32

SA63 SA64 SA65 SA72 SB02 SB14 SB25 SB32

5C122 DA04 EA52 EA54 FB03 FC00 FD10 GE27