

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5915437号

(P5915437)

(45) 発行日 平成28年5月11日(2016.5.11)

(24) 登録日 平成28年4月15日(2016.4.15)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 2 B 15/20 (2006.01)

G O 2 B 15/20

G O 2 B 13/18 (2006.01)

G O 2 B 13/18

請求項の数 9 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2012-167440 (P2012-167440)
 (22) 出願日 平成24年7月27日(2012.7.27)
 (65) 公開番号 特開2014-26169 (P2014-26169A)
 (43) 公開日 平成26年2月6日(2014.2.6)
 審査請求日 平成27年1月13日(2015.1.13)

(73) 特許権者 000002185
 ソニー株式会社
 東京都港区港南1丁目7番1号
 (74) 代理人 110001357
 特許業務法人つばき国際特許事務所
 (72) 発明者 大竹 基之
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株
 式会社内
 (72) 発明者 宮川 直己
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株
 式会社内
 審査官 瀬戸 息吹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変焦点距離レンズ系および撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とが配置されると共に、前記第1レンズ群よりも像側に開口絞りが配置され、

かつ、

前記第2レンズ群は、負レンズおよび正レンズからなる接合レンズで構成され、

前記第4レンズ群の最も物体側に両凸形状の正レンズが配置され、

広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との空気間隔が減少し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が変化するように、前記第1ないし第4の各レンズ群が移動し、被写体位置の変化に伴う像面位置の変動を補正するように前記第3レンズ群が移動し、以下の条件式を満足する

可変焦点距離レンズ系。

$$0.05 < D a / R 3 a < 0.5 \quad \dots\dots (1)$$

$$2 < D s / Y m a x < 3 \quad \dots\dots (3)$$

$$-1.3 < R 4 b / D b < -0.4 \quad \dots\dots (4)$$

ただし、

D a : 広角端状態における前記開口絞りから前記第3レンズ群の最も像側のレンズ面までの距離

R 3 a : 前記第 3 レンズ群の最も像側のレンズ面の曲率半径

D s : 広角端状態における前記開口絞りから像面までの距離

Y m a x : 最大像高

R 4 b : 前記第 4 レンズ群の最も物体側に配置された前記正レンズの像側のレンズ面の曲率半径

D b : 広角端状態において前記開口絞りから前記正レンズの像側のレンズ面までの距離とする。

【請求項 2】

以下の条件式を満足する

請求項 1 に記載の可変焦点距離レンズ系。

$$0.25 < f_w / |f_1| < 0.7 \dots\dots (2)$$

ただし、

f_w : 広角端状態におけるレンズ系全体での焦点距離

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

とする。

【請求項 3】

前記第 1 レンズ群は物体側より順に、像側に凹面を向けたメニスカス形状の第 1 の負レンズと、像側に凹面を向けた第 2 の負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズとの 3 枚のレンズで構成されている

請求項 1 または 2 に記載の可変焦点距離レンズ系。

【請求項 4】

前記第 4 レンズ群は、物体側より順に、両凸形状の正レンズと、両凹形状の負レンズと、像側に凸面を向けた正レンズとで構成されている

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 つに記載の可変焦点距離レンズ系。

【請求項 5】

レンズ位置状態が変化する際に、前記第 2 レンズ群と前記第 4 レンズ群とが一体的に移動する

請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 つに記載の可変焦点距離レンズ系。

【請求項 6】

前記第 3 レンズ群は 1 つのレンズブロックにより構成されている

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 つに記載の可変焦点距離レンズ系。

【請求項 7】

実質的に屈折力を有さないレンズをさらに備えた

請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 つに記載の可変焦点距離レンズ系。

【請求項 8】

可変焦点距離レンズ系と、前記可変焦点距離レンズ系によって形成された光学像に応じた撮像信号を出力する撮像素子とを含み、

前記可変焦点距離レンズ系は、

物体側より順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とが配置されると共に、前記第 1 レンズ群よりも像側に開口絞りが配置され、

かつ、

前記第 2 レンズ群は、負レンズおよび正レンズからなる接合レンズで構成され、

前記第 4 レンズ群の最も物体側に両凸形状の正レンズが配置され、

広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との空気間隔が減少し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が変化し、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔が変化するように、前記第 1 ないし第 4 の各レンズ群が移動し、被写体位置の変化に伴う像面位置の変動を補正するように前記第 3 レンズ群が移動し、以下の条件式を満足する

撮像装置。

10

20

30

40

50

$$0.05 < D a / R 3 a < 0.5 \quad \dots\dots (1)$$

$$2 < D s / Y m a x < 3 \quad \dots\dots (3)$$

$$-1.3 < R 4 b / D b < -0.4 \quad \dots\dots (4)$$

ただし、

$D a$: 広角端状態における前記開口絞りから前記第 3 レンズ群の最も像側のレンズ面までの距離

$R 3 a$: 前記第 3 レンズ群の最も像側のレンズ面の曲率半径

$D s$: 広角端状態における前記開口絞りから像面までの距離

$Y m a x$: 最大像高

$R 4 b$: 前記第 4 レンズ群の最も物体側に配置された前記正レンズの像側のレンズ面の曲率半径

10

$D b$: 広角端状態において前記開口絞りから前記正レンズの像側のレンズ面までの距離とする。

【請求項 9】

前記可変焦点距離レンズ系は、実質的に屈折力を有さないレンズをさらに備える

請求項 8 に記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、デジタルビデオカメラやデジタルスチルカメラに適した可変焦点距離レンズ系、およびそのような可変焦点距離レンズ系を用いた撮像装置に関する。特に、広角端状態での画角が 35 mm 換算で 14 ~ 16 mm 程度を包括し、開放 F 値が 2.8 ~ 4 程度で、ズーム比が 2 倍程度の可変焦点距離レンズ系に適している。

20

【背景技術】

【0002】

カメラにおける記録手段として、被写体像を C C D (Charge Coupled Device) や C M O S (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の光電変換素子を用いた撮像素子面上に形成し、各光電変換素子によって被写体像の光量を電氣的出力に変換して、記録する方法が知られている。

【0003】

30

一方、近年の微細加工技術の技術進歩に伴い、中央演算処理装置 (C P U) の高速化や記憶媒体の高集積化が図られ、それまでは取り扱えなかったような大容量の画像データが高速処理できるようになってきた。また、光電変換素子においても高集積化や小型化が図られ、高集積化により、より高い空間周波数の記録が可能となり、小型化により、カメラ全体の小型化が図られてきた。

【0004】

ただし、上述の高集積化や小型化により、個々の光電変換素子の受光面積が狭まり、電気出力の低下に伴ってノイズの影響が大きくなる問題があった。これを防ぐために、光学系の大口径比化により光電変換素子上に到達する光量を増大させた。また、各素子の直前に微小なレンズ素子 (いわゆるマイクロレンズアレイ) を配置をした。このマイクロレンズアレイは、隣り合う素子同士の間に至る光束を素子上へ導く代わりに、レンズ系の射出瞳位置に制約を与えていた。レンズ系の射出瞳位置が光電変換素子に近づく、すなわち、光電変換素子に到達する主光線が光軸となす角度が大きくなると画面周辺部へ向かう軸外光束が光軸に対して大きな角度をなし、結果、光電変換素子上に到達せず、光量不足を招いてしまうからである。

40

【0005】

ところで、広画角を包括するズームレンズでは、最も物体側に負の屈折力を有するレンズ群を配置することが多い。より具体的には、物体側より順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と正の屈折力を有する第 2 レンズ群とにより構成される、いわゆる、負正 2 群ズームレンズが知られている (例えば特許文献 1 参照)。また、物体側より順に、負の屈折

50

力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とにより構成される、いわゆる、負正負正4群ズームレンズが知られている（例えば特許文献2ないし4参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-21223号公報

【特許文献2】特開2010-249959号公報

【特許文献3】特開2006-39531号公報

【特許文献4】特開2004-240038号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、負正2群ズームレンズは、可動レンズ群が少ないため、第1レンズ群のレンズ径が大きくなりやすい。一方、負正負正4群ズームレンズは、可動レンズ群が増えるため、第1レンズ群のレンズ径を小さくできる。しかしながら、例えば上記特許文献2のように、第1レンズ群を2つのブロックに分け、被写体距離が変化した場合に第1レンズ群における像側に配置されたレンズブロックをフォーカスレンズとして移動させていたため、フォーカスレンズのレンズ径が大きく、駆動が難しい点がある。さらに、フォーカスレンズの移動スペースを前後に設けるために、そのレンズ径が大きくなりやすかった。

20

【0008】

本開示の目的は、広画角域を包括しながら、小型化できる可変焦点距離レンズ系および撮像装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本開示による可変焦点距離レンズ系は、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とが配置されると共に、第1レンズ群よりも像側に開口絞り配置され、かつ、第2レンズ群は、負レンズおよび正レンズからなる接合レンズで構成され、第4レンズ群の最も物体側に両凸形状の正レンズが配置されている。広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する場合に、第1レンズ群と第2レンズ群との空気間隔が減少し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が変化し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化するように、第1ないし第4の各レンズ群が移動し、被写体位置の変化に伴う像面位置の変動を補正するように第3レンズ群が移動し、以下の条件式を満足する。

30

$$0.05 < D a / R 3 a < 0.5 \quad \dots\dots (1)$$

$$2 < D s / Y m a x < 3 \quad \dots\dots (3)$$

$$-1.3 < R 4 b / D b < -0.4 \quad \dots\dots (4)$$

ただし、

$D a$: 広角端状態における開口絞りから第3レンズ群の最も像側のレンズ面までの距離

40

$R 3 a$: 第3レンズ群の最も像側のレンズ面の曲率半径

$D s$: 広角端状態における開口絞りから像面までの距離

$Y m a x$: 最大像高

$R 4 b$: 第4レンズ群の最も物体側に配置された正レンズの像側のレンズ面の曲率半径

$D b$: 広角端状態において開口絞りから正レンズの像側のレンズ面までの距離

とする。

【0010】

本開示による撮像装置は、可変焦点距離レンズ系と、可変焦点距離レンズ系によって形成された光学像に応じた撮像信号を出力する撮像素子とを備え、可変焦点距離レンズ系を、上記本開示による可変焦点距離レンズ系によって構成したものである。

50

【0011】

本開示による可変焦点距離レンズ系または撮像装置では、全体として4群ズームの構成において、各レンズ群の構成が最適化され、かつ、被写体位置の変化に伴う像面位置の変動を補正するように第3レンズ群が移動する。

【発明の効果】

【0012】

本開示の可変焦点距離レンズ系または撮像装置によれば、全体を4群ズームの構成とし、各レンズ群の構成の最適化を図りつつ、フォーカシングを第3レンズ群で行うようにしたので、広画角域を包括しながら、小型化できる。

【図面の簡単な説明】

10

【0013】

【図1】本開示の一実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系における各レンズ群の屈折力配置を、変倍の際の各レンズ群の移動の様子と共に示した説明図である。

【図2】本開示の一実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系の第1の構成例を示すものであり、数値実施例1に対応するレンズ断面図である。

【図3】数値実施例1に対応する可変焦点距離レンズ系の物体距離無限遠で広角端状態における球面収差、非点収差、歪曲収差および横収差を示す収差図である。

【図4】数値実施例1に対応する可変焦点距離レンズ系の物体距離無限遠で中間焦点距離状態における球面収差、非点収差、歪曲収差および横収差を示す収差図である。

20

【図5】数値実施例1に対応する可変焦点距離レンズ系の物体距離無限遠で望遠端状態における球面収差、非点収差、歪曲収差および横収差を示す収差図である。

【図6】可変焦点距離レンズ系の第2の構成例を示すものであり、数値実施例2に対応するレンズ断面図である。

【図7】数値実施例2に対応する可変焦点距離レンズ系の物体距離無限遠で広角端状態における球面収差、非点収差、歪曲収差および横収差を示す収差図である。

【図8】数値実施例2に対応する可変焦点距離レンズ系の物体距離無限遠で中間焦点距離状態における球面収差、非点収差、歪曲収差および横収差を示す収差図である。

【図9】数値実施例2に対応する可変焦点距離レンズ系の物体距離無限遠で望遠端状態における球面収差、非点収差、歪曲収差および横収差を示す収差図である。

30

【図10】可変焦点距離レンズ系の第3の構成例を示すものであり、数値実施例3に対応するレンズ断面図である。

【図11】数値実施例3に対応する可変焦点距離レンズ系の物体距離無限遠で広角端状態における球面収差、非点収差、歪曲収差および横収差を示す収差図である。

【図12】数値実施例3に対応する可変焦点距離レンズ系の物体距離無限遠で中間焦点距離状態における球面収差、非点収差、歪曲収差および横収差を示す収差図である。

【図13】数値実施例3に対応する可変焦点距離レンズ系の物体距離無限遠で望遠端状態における球面収差、非点収差、歪曲収差および横収差を示す収差図である。

【図14】可変焦点距離レンズ系の第4の構成例を示すものであり、数値実施例4に対応するレンズ断面図である。

40

【図15】数値実施例4に対応する可変焦点距離レンズ系の物体距離無限遠で広角端状態における球面収差、非点収差、歪曲収差および横収差を示す収差図である。

【図16】数値実施例4に対応する可変焦点距離レンズ系の物体距離無限遠で中間焦点距離状態における球面収差、非点収差、歪曲収差および横収差を示す収差図である。

【図17】数値実施例4に対応する可変焦点距離レンズ系の物体距離無限遠で望遠端状態における球面収差、非点収差、歪曲収差および横収差を示す収差図である。

【図18】撮像装置の一構成例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】



以下、本開示の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

50

1. レンズの基本構成
2. 各レンズ群の機能
3. 条件式の説明
4. 各レンズ群の望ましい構成
5. 撮像装置への適用例
6. レンズの数値実施例
7. その他の実施の形態

【0015】

[1. レンズの基本構成]

図2は、本開示の一実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系の第1の構成例を示している。この構成例は、後述の数値実施例1のレンズ構成に対応している。なお、図2は広角端で無限遠合焦時でのレンズ配置に対応している。同様に、後述の数値実施例2～4のレンズ構成に対応する第2、第3および第4の構成例の断面構成を、図6、図10および図14に示す。図2、図6、図10および図14において、符号は像面を示す。D7, D11, D13は、変倍に伴って変化する部分の面間隔を示す。Bfはバックフォーカス（最終レンズ面から像面までの距離）を示す。Z1は光軸を示す。

10

【0016】

本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系は、光軸Z1に沿って物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とが配置された、実質的に4つのレンズ群で構成されている。

20

【0017】

開口絞りSは、第1レンズ群G1よりも像側に配置されている。特に、第1の構成例に係る可変焦点距離レンズ系1（図2）、第2の構成例に係る可変焦点距離レンズ系2（図6）、第3の構成例に係る可変焦点距離レンズ系3（図10）においては、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に開口絞りSが配置されている。図14の第4の構成例に係る可変焦点距離レンズ系4においては、第2レンズ群G2の物体側に開口絞りSが配置されている。

【0018】

図1は、各レンズ群の屈折力配置を、変倍の際の各レンズ群の移動の様子と共に示している。焦点距離が最も短くなる広角端状態（W）から焦点距離が最も長い望遠端状態（T）までレンズ位置状態が変化する際に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔D7が減少し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔D11が変化し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔D13が変化するように、すべてのレンズ群が移動するようになっている。また、被写体位置の変化に伴う像面位置の変動を補正するように第3レンズ群G3が光軸方向に移動するようになっている。

30

【0019】

[2. 各レンズ群の機能]

次に、各レンズ群の機能を説明する。本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系は、広角端状態で第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔D7を広げることにより、第1レンズ群G1を通過する軸外光束を光軸Z1から離して、画角の変化に伴うコマ収差の変動を良好に補正している。第2レンズ群G2は軸上光束が第1レンズ群G1により広げられたで入射するため、主に、負の球面収差を補正する役割を担う。開口絞りSは、第1レンズ群G1と第3レンズ群G3との間、すなわち、第2レンズ群G2の近傍に配置することにより、軸外光線が光軸Z1に近い位置を通過するため、軸外収差の発生が少ない。このため、第2レンズ群G2の収差補正上の機能が明確になり、高性能化を実現できる。第3レンズ群G3はレンズ系全体での屈折力配置を対称型に近づけるために、負の屈折力を有している。第4レンズ群G4は第3レンズ群G3により発散作用を受けるため、強い正の屈折力を有し、像を形成する役割を果たす。

40

【0020】

50

広角端状態では、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔D7を広げて配置することで、第1レンズ群G1を通過する軸外光束が光軸Z1から離れるため、画角の変化によるコマ収差の変動を良好に補正できる。広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化の際に、その間隔を狭めることで、第1レンズ群G1を通過する軸外光束の高さが変化して、レンズ位置状態の変化に伴う軸外収差の変動を良好に補正できる。

【0021】

本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系は広画角域を包括するために、高性能化を図るためには、レンズ位置状態に伴うコマ収差の変動を補正することが肝要である。このため、4つのレンズ群を可動レンズ群として、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔D11、ならびに、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔D13を変化させて

10

【0022】

上記構成の基で、本実施の形態においては、近距離合焦を行う際に、第3レンズ群G3を移動させている。特に、第3レンズ群G3の形状を工夫すると同時に、軽量化を図ることで、高性能化とオートフォーカス機構の簡略化（すなわち、小型化）を実現している。第3レンズ群G3は広角端状態で発生する負の歪曲収差を良好に補正するために、最も像側のレンズ面が像側に凹面を向けた形状とすることが好ましい。ただし、強い凹面となると、画面周辺部で発生するコマ収差の発生が極めて大きくなるので、適切な形状とする必要がある。

【0023】

20

[3. 条件式の説明]

次に、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系が満足する条件式の説明する。

【0024】

本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系は、以下の条件式(1)を満足する。

$$0.05 < Da / R3a < 0.5 \quad \dots\dots (1)$$

ただし、

Da：広角端状態における開口絞りSから第3レンズ群G3の最も像側のレンズ面までの距離（図2参照）

R3a：第3レンズ群G3の最も像側のレンズ面の曲率半径とする。

30

【0025】

条件式(1)は第3レンズ群G3の形状を規定する条件式であり、負の歪曲収差と画面周辺部でのコマ収差とのバランスを図る条件である。条件式(1)の上限値を上回った場合、画面周辺部でコマ収差が多量に発生してしまい、所定の光学性能が得られなくなってしまう。逆に、条件式(1)の下限値を下回った場合、負の歪曲収差を良好に補正することが難しくなってしまう。

【0026】

なお、より良好な光学性能を得るために、上記条件式(1)の数値範囲は以下の条件式(1)'の通り、設定することが好ましい。

$$0.05 < Da / R3a < 0.4 \quad \dots\dots (1)'$$

40

【0027】

本実施の形態においては、第1レンズ群G1が物体側より順に、像側に凹面を向けたメニスカス形状の第1の負レンズL11と、像側に凹面を向けた第2の負レンズL12と、物体側に凸面を向けた正レンズL13との3枚のレンズで構成されることが望ましい。第1の負レンズL11は軸上光束と軸外光束とが離れて通過するため、画角によるコマ収差の変動を補正する役割を果たす。また、第2の負レンズL12と正レンズL13は主に軸上収差を補正する役割を果たす。このように収差補正上の機能を明確にすることで、高性能化と小型化とを両立できる。

【0028】

また第1レンズ群G1の構成に関して、以下の条件式(2)を満足することが望ましい

50

。

$$0.25 < f_w / |f_1| < 0.7 \quad \dots\dots (2)$$

ただし、

f_w : 広角端状態におけるレンズ系全体での焦点距離

f_1 : 第1レンズ群G1の焦点距離

【0029】

条件式(2)は第1レンズ群G1の焦点距離を規定する条件式である。条件式(2)の上限値を上回った場合、第1レンズ群G1を通過する軸外光束が光軸Z1に近づくため、軸上収差と軸外収差とを両方とも良好に補正することが難しく、高性能化が十分に図れない。逆に、条件式(2)の下限値を下回った場合、広角端状態で所定のバックフォーカスを確保することが難しくなってしまう。

10

【0030】

本実施の形態においては、さらなる小型化を図るには、条件式(2)の下限値を0.3とすることが望ましい。これは、広角端状態で第1レンズ群G1に入射する光線を光軸Z1に近づけて、レンズ径を小型化できるからである。

【0031】

さらに、より良好な光学性能を得るために、上記条件式(2)の数値範囲を以下の条件式(2A)'または(2B)'の通り、設定することが好ましい。

$$0.25 < f_w / |f_1| < 0.6 \quad \dots\dots (2A)'$$

または、

$$0.35 < f_w / |f_1| < 0.7 \quad \dots\dots (2B)'$$

20

【0032】

さらに以下の条件式(2)''の通り、設定することがより好ましい。

$$0.35 < f_w / |f_1| < 0.6 \quad \dots\dots (2)''$$

【0033】

本実施の形態においては、各レンズ群のレンズ径を適切にするために、第1レンズ群G1よりも像側に開口絞りSを配置することが望ましい。この場合において、以下の条件式(3)を満足するように開口絞りSを配置することが望ましい。

$$2 < D_s / Y_{max} < 3 \quad \dots\dots (3)$$

ただし、

D_s : 広角端状態における開口絞りSから像面までの距離(図2参照)

Y_{max} : 最大像高

30

とする。

【0034】

第1レンズ群G1が負の屈折力を有するため、第2レンズ群G2ないし第4レンズ群G4の合成屈折力は正の屈折力となる。このため、開口絞りSが第1レンズ群G1に近い位置に配置されると、第4レンズ群G4を通過する軸外光束が光軸Z1から離れすぎる。逆に、開口絞りSが第4レンズ群G4に近い位置に配置されると、第1レンズ群G1を通過する軸外光束が光軸Z1から離れすぎる。条件式(3)を満足するように開口絞りSを配置することで、各レンズ群のレンズ径を適切に設定でき、高性能化も実現することができる。

40

【0035】

さらなる高性能化を図るために、上記条件式(3)の数値範囲を以下の条件式(3)'の通り、設定することが好ましい。

$$2.3 < D_s / Y_{max} < 3 \quad \dots\dots (3)'$$

【0036】

本実施の形態においては、広角端状態で画面周辺部において発生しやすいコマ収差を良好に補正するために、第4レンズ群G4の最も物体側に両凸形状の正レンズL41を配置することが望ましい。この場合において、下記の条件式(4)を満足することが望ましい。

。

50

$$-1.3 < R4b / Db < -0.4 \dots\dots (4)$$

ただし、

$R4b$ ：第4レンズ群 $G4$ の最も物体側に配置された正レンズ $L41$ の像側のレンズ面の曲率半径

Db ：広角端状態において開口絞り S から正レンズ $L41$ の像側のレンズ面までの距離（図2参照）

とする。

【0037】

本実施の形態においては、第4レンズ群 $G4$ でコマ収差を良好に補正するために、軸上光束と軸外光束とが離れて通過することが望ましい。しかしながら、像面に対して、光線を導く上で、極端に離れてしまうとマウント部分でのケラレが生じてしまうので、第4レンズ群 $G4$ の最も物体側に正レンズ $L41$ を配置して、軸外光束を収斂させることが望ましい。特に、形状を工夫することにより、広角端状態での画面周辺性能を高めることができる。条件式(4)の下限値を下回った場合、最終レンズを通過する軸外光束が光軸 $Z1$ から離れてしまい、レンズとカメラボディとをつなぐマウント部分で光束が遮られて、所定の周辺光量が得られない。条件式(4)の上限値を上回った場合、画面周辺部でコマ収差が多発に発生してしまい、さらなる高性能化が実現できない。

【0038】

さらなる高性能化を図るために、上記条件式(4)の数値範囲を以下の条件式(4A) 'または(4B)'の通り、設定することが好ましい。

$$-1.2 < R4b / Db < -0.4 \dots\dots (4A) '$$

または、

$$-1.3 < R4b / Db < -0.55 \dots\dots (4B) '$$

【0039】

さらに以下の条件式(4) ' 'の通り、設定することがより好ましい。

$$-1.2 < R4b / Db < -0.55 \dots\dots (4) ' '$$

【0040】

なお、本実施の形態においては、球面収差をより良好に補正して、高性能化を図るために、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$0.35 < fw / f2 < 0.55 \dots\dots (5)$$

ただし、

$f2$ ：第2レンズ群 $G2$ の焦点距離

とする。

【0041】

条件式(5)は第2レンズ群 $G2$ の焦点距離を規定する条件式である。条件式(5)の上限値を上回った場合、第2レンズ群 $G2$ において発生する負の球面収差を良好に補正することが難しく、さらなる高性能化が図れない。逆に、条件式(5)の下限値を下回った場合、レンズ全長が大きくなりすぎて、レンズ系の小型化に反してしまう。

【0042】

さらなる高性能化を図るために、上記条件式(5)の数値範囲を以下の条件式(5A) 'または(5B)'の通り、設定することが好ましい。

$$0.4 < fw / f2 < 0.55 \dots\dots (5A) '$$

または、

$$0.35 < fw / f2 < 0.5 \dots\dots (5B) '$$

【0043】

さらに以下の条件式(5) ' 'の通り、設定することがより好ましい。

$$0.4 < fw / f2 < 0.5 \dots\dots (5) ' '$$

【0044】

以上のように本実施の形態によれば、全体を4群ズームの構成とし、各レンズ群の構成の最適化を図りつつ、フォーカシングを第3レンズ群 $G3$ で行うようにしたので、広画角

10

20

30

40

50

域を包括しながら、小型化できる。

【 0 0 4 5 】

[4 . 各レンズ群の望ましい構成]

本実施の形態においては、鏡筒構造の簡略化を図るために、第 2 レンズ群 G 2 と第 4 レンズ群 G 4 とが、レンズ位置状態が変化する際に一体的に移動することが望ましい。

【 0 0 4 6 】

本実施の形態においては、第 3 レンズ群 G 3 を工夫することにより、近距離合焦時にも性能変化の少ない光学系を実現できるが、特に、第 3 レンズ群 G 3 を 1 つのレンズブロックで構成することで、フォーカスレンズの軽量化や鏡筒構造の簡略化を図ることができ、鏡筒全体の小型化が図れる。ここで「 1 つのレンズブロック」とは、単レンズかあるいは凸レンズと凹レンズとの接合レンズのことである。

10

【 0 0 4 7 】

さらに、高い光学性能と小型化との両立化を図るために、各レンズ群を下記の通り、構成することが望ましい。

【 0 0 4 8 】

第 2 レンズ群 G 2 は、像側に凹面を向けた負レンズと物体側に凸面を向けた正レンズとの接合レンズ L 2 で構成することが望ましい。これにより、軸上色収差と負の球面収差を良好に補正することができ、良好な光学性能を得ることができる。

【 0 0 4 9 】

第 3 レンズ群 G 3 は 1 枚の両凹レンズ L 3 で構成することで、さらなる軽量化が可能であり、オートフォーカスの高速化に最適である。

20

【 0 0 5 0 】

第 4 レンズ群 G 4 は物体側より順に、両凸形状の正レンズ L 4 1 と、両凹レンズ L 4 2 と、像側に凸面を向けた正レンズ L 4 3 との 3 枚のレンズで構成することが望ましい。トリプレット構成とすることで、軸上収差と軸外収差を同時に補正して、高性能化が実現できる。

【 0 0 5 1 】

本実施の形態においては、第 1 レンズ群 G 1 を上述のように構成し、さらに、第 1 の負レンズ L 1 1 と第 2 の負レンズ L 1 2 とを非球面レンズとすることで、さらなる高性能化と小型化とを実現できる。また、第 3 レンズ群 G 3 に非球面レンズを導入することで、距離の変化による球面収差の変動を良好に補正することが可能である。さらに、第 4 レンズ群 G 4 の最も物体側に配置される正レンズ L 4 1 に非球面を導入することにより、コマ収差が良好に補正でき、さらなる高性能化が実現できる。さらに、複数の非球面を用いることでより高い光学性能が得られるのは言うまでもない。

30

【 0 0 5 2 】

本実施の形態においては、広角端状態における色収差をより良好に補正するには、第 4 レンズ群 G 4 中に異常分散性の高い硝材を用いることが望ましい。

【 0 0 5 3 】

本実施の形態による可変焦点距離レンズ系においては、レンズ系を構成するレンズ群のうち、1つのレンズ群、もしくは、1つのレンズ群のうち、一部のレンズ成分を光軸 Z 1 にほぼ垂直な方向にシフトさせることにより、像位置をシフトさせることが可能である。特に、第 2 レンズ群 G 2 を光軸 Z 1 にほぼ垂直な方向にシフトさせた際の収差変化が少ない。

40

【 0 0 5 4 】

この像シフト可能な可変焦点距離レンズ系を検出系、演算系、および駆動系と組み合わせ、シャッターレリーズの際に発生する手ぶれ等による像のぶれを補正する、防振カメラとして機能させることが可能である。検出系はカメラのぶれ角を検出して、手ぶれ情報を出力する。演算系は手ぶれ情報に基づき、手ぶれを補正するのに必要なレンズ位置情報を出力する。像シフト可能なレンズ系はレンズ系を構成する 1 つのレンズ群、あるいは、1つのレンズ群の一部をシフトレンズ群として光軸 Z 1 にほぼ垂直な方向にシフトさせる

50

ことが可能であり、シフトレンズ群をシフトさせた際に生じる性能変化が少なくなるように補正されたレンズ系である。駆動系はレンズ位置情報に基づき、シフトレンズ群に駆動量を与える。

【 0 0 5 5 】

また、レンズ系の像側にモアレ縞の発生を防ぐためにローパスフィルタを配置したり、受光素子の分光感度特性に応じて赤外カットフィルタを配置することも勿論、可能である。

【 0 0 5 6 】

[5 . 撮像装置への適用例]

図 1 8 は、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系を適用した撮像装置 1 0 0 の一構成例を示している。この撮像装置 1 0 0 は、例えばデジタルスチルカメラであり、カメラブロック 1 0 と、カメラ信号処理部 2 0 と、画像処理部 3 0 と、L C D (Liquid Crystal Display) 4 0 と、R / W (リーダ/ライタ) 5 0 と、C P U (Central Processing Unit) 6 0 と、入力部 7 0 と、レンズ駆動制御部 8 0 とを備えている。

10

【 0 0 5 7 】

カメラブロック 1 0 は、撮像機能を担うものであり、撮像レンズとしてのレンズ系 1 1 (例えば図 2 に示した可変焦点距離レンズ系 1)を含む光学系と、C C D (Charge Coupled Devices)やC M O S (Complementary Metal Oxide Semiconductor)等の撮像素子 1 2 とを有している。撮像素子 1 2 は、レンズ系 1 1 によって形成された光学像を電気信号へ変換することで、光学像に応じた撮像信号(画像信号)を出力するようになっている。

20

【 0 0 5 8 】

カメラ信号処理部 2 0 は、撮像素子 1 2 から出力された画像信号に対してアナログ - デジタル変換、ノイズ除去、画質補正、輝度・色差信号への変換等の各種の信号処理を行うものである。

【 0 0 5 9 】

画像処理部 3 0 は、画像信号の記録再生処理を行うものであり、所定の画像データフォーマットに基づく画像信号の圧縮符号化・伸張復号化処理や解像度等のデータ仕様の交換処理等を行うようになっている。

【 0 0 6 0 】

L C D 4 0 は、ユーザの入力部 7 0 に対する操作状態や撮影した画像等の各種のデータを表示する機能を有している。R / W 5 0 は、画像処理部 3 0 によって符号化された画像データのメモ리카ード 1 0 0 0 への書込、およびメモ리카ード 1 0 0 0 に記録された画像データの読み出しを行うものである。メモ리카ード 1 0 0 0 は、例えば、R / W 5 0 に接続されたスロットに対して着脱可能な半導体メモリーである。

30

【 0 0 6 1 】

C P U 6 0 は、撮像装置 1 0 0 に設けられた各回路ブロックを制御する制御処理部として機能するものであり、入力部 7 0 からの指示入力信号等に基づいて各回路ブロックを制御するようになっている。入力部 7 0 は、ユーザによって所要の操作が行われる各種のスイッチ等からなり、例えば、シャッター操作を行うためのシャッターリリースボタンや、動作モードを選択するための選択スイッチ等によって構成され、ユーザによる操作に応じた指示入力信号をC P U 6 0 に対して出力するようになっている。レンズ駆動制御部 8 0 は、カメラブロック 1 0 に配置されたレンズの駆動を制御するものであり、C P U 6 0 からの制御信号に基づいてレンズ系 1 1 の各レンズを駆動する図示しないモータ等を制御するようになっている。

40

【 0 0 6 2 】

図示は省略するが、この撮像装置 1 0 0 は、手ぶれに伴う装置のぶれを検出するぶれ検出部を備えていても良い。

【 0 0 6 3 】

以下に、撮像装置 1 0 0 における動作を説明する。

撮影の待機状態では、C P U 6 0 による制御の下で、カメラブロック 1 0 において撮影

50

された画像信号が、カメラ信号処理部20を介してLCD40に出力され、カメラスルー画像として表示される。また、例えば入力部70からのズーミングやフォーカシングのための指示入力信号が入力されると、CPU60がレンズ駆動制御部80に制御信号を出力し、レンズ駆動制御部80の制御に基づいてレンズ系11の所定のレンズが移動する。

【0064】

入力部70からの指示入力信号によりカメラブロック10の図示しないシャッターが動作されると、撮影された画像信号がカメラ信号処理部20から画像処理部30に出力されて圧縮符号化処理され、所定のデータフォーマットのデジタルデータに変換される。変換されたデータはR/W50に出力され、メモリカード1000に書き込まれる。

【0065】

なお、フォーカシングは、例えば、入力部70のシャッターリリースボタンが半押しされた場合や記録（撮影）のために全押しされた場合等に、CPU60からの制御信号に基づいてレンズ駆動制御部80がレンズ系11の所定のレンズを移動させることにより行われる。

【0066】

メモリカード1000に記録された画像データを再生する場合には、入力部70に対する操作に応じて、R/W50によってメモリカード1000から所定の画像データが読み出され、画像処理部30によって伸張復号化処理が行われた後、再生画像信号がLCD40に出力されて再生画像が表示される。

【0067】

また、CPU60は、図示しないぶれ検出部から出力される信号に基づいてレンズ駆動制御部80を動作させ、ぶれ量に応じて防振用のレンズ群を光軸Z1に略垂直な方向に移動させるようにしても良い。

【0068】

なお、上記した実施の形態においては、撮像装置をデジタルスチルカメラに適用した例を示したが、撮像装置の適用範囲はデジタルスチルカメラに限られることはなく、他の種々の電子機器を撮像装置100の具体的対象とするようにしても良い。例えば、レンズ交換式のカメラや、デジタルビデオカメラ、デジタルビデオカメラ等が組み込まれた携帯電話機、PDA（Personal Digital Assistant）等のその他の種々の電子機器を、撮像装置100の具体的対象とするようにしても良い。

【実施例】

【0069】

< 6. レンズの数値実施例 >

次に、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系の具体的な数値実施例について説明する。

なお、以下の各表や説明において示した記号の意味等については、下記に示す通りである。「面番号」は、最も物体側の構成要素の面を1番目として、像側に向かうに従い順次増加するようにして符号を付したi番目の面の番号を示している。「曲率半径」は、i番目の面の曲率半径の値（mm）を示す。「面間隔」はi番目の面とi+1番目の面との間の光軸上の間隔の値（mm）を示す。「屈折率」はi番目の面を有する光学要素の材質のd線（波長587.6nm）における屈折率の値を示す。「アッペ数」はi番目の面を有する光学要素の材質のd線におけるアッペ数の値を示す。また、Bfはバックフォーカス（最終レンズ面から像面Simgまでの距離）を示す。f1は第1レンズ群G1の焦点距離、f2は第2レンズ群G2の焦点距離、f3は第3レンズ群G3の焦点距離、f4は第4レンズ群G4の焦点距離を示す。

【0070】

「曲率半径」の値が0となっている部分は平面、または絞り面を示す。面番号に「*」を付した面は非球面である。非球面の形状は次式で表される形状である。非球面係数のデータにおいて、記号“E”は、その次に続く数値が10を底とした“べき指数”であることを示し、その10を底とした指数関数で表される数値が“E”の前の数値に乗算される

10

20

30

40

50

ことを示す。例えば、「 $1.0 \text{ E} - 05$ 」であれば、「 1.0×10^{-5} 」であることを示す。

【0071】

(非球面の式)

$$x = c y^2 / (1 + (1 - (1 + k) c^2 y^2)^{1/2}) + A y^4 + B y^6 + \dots$$

【0072】

ただし、 y は光軸 Z_1 からの高さ、 x はサグ量、 c は曲率、 k は円錐定数、 A, B, \dots は非球面係数である。

【0073】

(各数値実施例に共通の構成)

以下の各数値実施例に係る可変焦点距離レンズ系 1 ~ 4 はいずれも、光軸 Z_1 に沿って物体側より順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G_1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G_2 と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G_3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G_4 とが配置された、実質的に 4 つのレンズ群で構成されている。また、被写体位置の変化に伴う像面位置の変動を補正するように第 3 レンズ群 G_3 が光軸方向に移動する。第 1 レンズ群 G_1 は物体側より順に、像側に凹面を向けたメニスカス形状の第 1 の負レンズ L_{11} と、像側に凹面を向けた第 2 の負レンズ L_{12} と、物体側に凸面を向けた正レンズ L_{13} との 3 枚のレンズで構成されている。第 2 レンズ群 G_2 は像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズと両凸形状の正レンズとの接合レンズ L_2 により構成されている。第 3 レンズ群 G_3 は 1 枚の両凹レンズ L_3 により構成されている。第 4 レンズ群 G_4 は物体側より順に、両凸形状の正レンズ L_{41} と、両凹レンズ L_{42} と、両凸形状の正レンズ L_{43} との 3 枚のレンズで構成されている。

【0074】

[数値実施例 1]

[表 1] ~ [表 3] は、図 2 に示した第 1 の構成例に係る可変焦点距離レンズ系 1 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に [表 1] にはその基本的なレンズデータを示し、[表 2] には非球面に関するデータを示す。[表 3] にはその他のデータを示す。この数値実施例 1 に係る可変焦点距離レンズ系 1 は、変倍に伴って第 1 ないし第 4 の各レンズ群が移動するため、各レンズ群の前後の面間隔の値は可変となっている。この可変の面間隔のデータを [表 3] に示す。[表 3] にはまた、各変倍域における全系の焦点距離、半画角、F ナンバーの値を示す。

【0075】

この数値実施例 1 では、開口絞り S が第 2 レンズ群 G_2 と第 3 レンズ群 G_3 との間に配置され、変倍に伴ってレンズ位置状態が変化する際に、開口絞り S が第 2 レンズ群 G_2 と一体的に移動する。

【0076】

この数値実施例 1 では、第 1 面、第 5 面、第 13 面、および第 15 面が非球面となっている。なお、この数値実施例 1 では、負レンズ L_{12} はガラスレンズの上に薄い樹脂製の非球面を付加した形状であるが、勿論、ガラスの非球面レンズとすることも可能である。

【0077】

[表 4] には、上述の各条件式に関する値を示す。[表 4] から分かるように、この数値実施例 1 に係る可変焦点距離レンズ系 1 は、各条件式の値を満たしている。

【0078】

10

20

30

40

【表 1】

実施例 1					
レンズ群	面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
G1	*1	71.6111	1.80	1.88300	40.8
	2	15.6992	7.61		
	3	-295.8593	1.20	1.80420	46.5
	4	18.3669	0.15	1.52421	51.4
	*5	19.0000	5.19		
	6	29.7423	6.00	1.75520	27.5
	7	-371.9387	(D7)		
G2	8	14.1157	0.75	1.91082	35.3
	9	8.0114	4.00	1.65844	50.9
	10	-60.6241	1.00		
(開口絞り)	11	0.0000	(D11)		
G3	12	-102.4114	1.00	1.49700	81.6
	*13	36.0581	(D13)		
G4	14	20.1023	4.49	1.61800	63.3
	*15	-10.3835	0.52		
	16	-14.9245	0.80	1.91082	35.3
	17	21.3111	0.71		
	18	60.2211	3.28	1.49700	81.6
	19	-17.4924	(Bf)		

(*:非球面)

【 0 0 7 9 】

【表 2】

実施例 1・非球面データ					
面番号	k	A	B	C	D
1	-1.314	0.431224E-04	-0.132220E-06	0.299819E-09	-0.278390E-12
5	0.000	0.710349E-04	-0.842565E-06	0.441042E-08	-0.113098E-10
13	0.000	0.638833E-04	-0.264152E-05	0.153106E-06	-0.347671E-08
15	0.000	0.196739E-03	0.307661E-06	0.600068E-09	0.186436E-10

【 0 0 8 0 】

【表 3】

実施例 1			
	広角端	中間	望遠端
焦点距離	10.300	14.446	17.460
半画角	55.524	44.431	38.903
F ナンバー	3.600	3.800	4.000
D7	18.900	6.736	1.500
D11	2.200	2.653	2.531
D13	5.280	4.827	4.949
Bf	18.733	23.418	27.103

10

【 0 0 8 1 】

【表 4】

条件式	実施例 1
f1	-19.111
f2	+22.978
f3	-53.531
f4	+37.306
(1) Da/R3a	0.089
(2) fw/ f1	0.539
(3) Ds/Ymax	2.597
(4) R4b/Db	-0.801
(5) fw/f2	0.448

20

【 0 0 8 2 】

〔数値実施例 2〕

〔表 5〕～〔表 7〕は、図 6 に示した第 2 の構成例に係る可変焦点距離レンズ系 2 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に〔表 5〕にはその基本的なレンズデータを示し、〔表 6〕には非球面に関するデータを示す。〔表 7〕にはその他のデータを示す。この数値実施例 2 に係る可変焦点距離レンズ系 2 は、変倍に伴って第 1 ないし第 4 の各レンズ群が移動するため、各レンズ群の前後の面間隔の値は可変となっている。この可変の面間隔のデータを〔表 7〕に示す。〔表 7〕にはまた、各変倍域における全系の焦点距離、半画角、F ナンバーの値を示す。

30

40

【 0 0 8 3 】

この数値実施例 2 では、開口絞り S が第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間に配置され、変倍に伴ってレンズ位置状態が変化する際に、開口絞り S が第 2 レンズ群 G 2 と一体的に移動する。

【 0 0 8 4 】

この数値実施例 2 では、第 1 面、第 5 面、第 13 面、および第 15 面が非球面となっている。なお、この数値実施例 2 では、負レンズ L 12 はガラスレンズの上に薄い樹脂製の非球面を付加した形状であるが、勿論、ガラスの非球面レンズとすることも可能である。

50

【 0 0 8 5 】

〔表 8〕には、上述の各条件式に関する値を示す。〔表 8〕から分かるように、この数値実施例 2 に係る可変焦点距離レンズ系 2 は、各条件式の値を満たしている。

【 0 0 8 6 】

【表 5】

実施例 2					
レンズ群	面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
G1	*1	71.1327	1.80	1.80420	46.5
	2	15.6090	7.79		
	3	-166.1898	1.20	1.77250	49.6
	4	15.0839	0.15	1.52421	51.4
	*5	14.1544	3.82		
	6	23.1992	6.00	1.71736	29.5
	7	-173.8490	(D7)		
G2	8	12.6607	0.75	1.91082	35.3
	9	7.8430	3.95	1.58913	61.2
	10	-39.7982	1.00		
(開口絞り)	11	0.0000	(D11)		
G3	12	-94.1194	1.00	1.55332	71.7
	*13	39.3323	(D13)		
G4	14	29.7065	4.25	1.55332	71.7
	*15	-12.6172	1.72		
	16	-40.9020	0.80	1.91082	35.3
	17	20.5384	0.60		
	18	34.1119	3.12	1.49700	81.6
	19	-33.9471	(Bf)		

(*:非球面)

【 0 0 8 7 】

【表 6】

実施例 2・非球面データ					
面番号	k	A	B	C	D
1	-1.275	0.425436E-04	-0.128060E-06	0.290672E-09	-0.267812E-12
5	0.000	0.481249E-04	-0.102060E-05	0.538838E-08	-0.198595E-10
13	0.000	0.827487E-04	-0.370385E-05	0.189690E-06	-0.471357E-08
15	0.000	0.144962E-03	0.129064E-06	0.354513E-08	-0.382904E-10

【 0 0 8 8 】

【表 7】

実施例 2			
	広角端	中間	望遠端
焦点距離	10.300	14.000	17.460
半画角	55.524	45.178	38.633
F ナンバー	3.598	3.798	4.000
D7	18.200	7.663	1.855
D11	2.200	2.228	2.262
D13	6.279	6.251	6.217
Bf	16.163	20.515	24.579

10

【 0 0 8 9 】

【表 8】

条件式	実施例 2
f1	-18.647
f2	+22.082
f3	-50.000
f4	+35.350
(1) Da/R3a	0.081
(2) fw/ f1	0.552
(3) Ds/Ymax	2.492
(4) R4b/Db	-0.919
(5) fw/f2	0.466

20

30

【 0 0 9 0 】

[数値実施例 3]

【表 9】～【表 11】は、図 10 に示した第 3 の構成例に係る可変焦点距離レンズ系 3 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に【表 9】にはその基本的なレンズデータを示し、【表 10】には非球面に関するデータを示す。【表 11】にはその他のデータを示す。この数値実施例 3 に係る可変焦点距離レンズ系 3 は、変倍に伴って第 1 ないし第 4 の各レンズ群が移動するため、各レンズ群の前後の面間隔の値は可変となっている。この可変の面間隔のデータを【表 11】に示す。【表 11】にはまた、各変倍域における全系の焦点距離、半画角、F ナンバーの値を示す。

40

【 0 0 9 1 】

この数値実施例 3 では、開口絞り S が第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間に配置され、変倍に伴ってレンズ位置状態が変化する際に、開口絞り S が第 2 レンズ群 G 2 と一体的に移動する。

【 0 0 9 2 】

この数値実施例 3 では、第 5 面、第 12 面、第 14 面、および第 15 面が非球面となっている。なお、この数値実施例 3 では、負レンズ L 12 はガラスレンズの上に薄い樹脂製の非球面を付加した形状であるが、勿論、ガラスの非球面レンズとすることも可能である

50

。【 0 0 9 3 】

[表 1 2] には、上述の各条件式に関する値を示す。[表 1 2] から分かるように、この数値実施例 3 に係る可変焦点距離レンズ系 3 は、各条件式の値を満たしている。

【 0 0 9 4 】

【 表 9 】

実施例 3					
レンズ群	面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
G1	1	46.6834	2.200	1.81600	46.6
	2	15.5000	10.784		
	3	708.0035	1.200	1.61800	63.4
	4	22.4990	0.160	1.52421	51.4
	*5	16.3536	6.562		
	6	46.3190	4.400	1.74950	35.0
	7	-101.7845	(D7)		
G2	8	14.3066	0.750	1.91082	35.3
	9	8.4184	3.600	1.63854	55.4
	10	-77.1795	1.000		
(開口絞り)	11	0.0000	(D11)		
G3	*12	73.1626	1.000	1.61800	63.4
	13	26.2302	(D13)		
G4	*14	25.7549	4.200	1.55332	71.7
	*15	-14.9496	1.261		
	16	-68.7085	1.000	1.91037	31.1
	17	18.0000	1.294		
	18	117.1153	2.565	1.59282	68.6
	19	-33.8370	(Bf)		

(*:非球面)

【 0 0 9 5 】

【 表 1 0 】

実施例 3・非球面データ					
面番号	k	A	B	C	D
5	0.000	-0.499849E-04	-0.216415E-06	0.841609E-09	-0.386634E-11
12	0.000	-0.302783E-04	0.567458E-06	0.000000E+00	0.000000E+00
14	0.000	-0.332746E-04	0.536489E-06	0.000000E+00	0.000000E+00
15	0.000	0.986372E-04	0.174053E-06	0.734844E-08	-0.339695E-10

【 0 0 9 6 】

【表 1 1】

実施例 3			
	広角端	中間	望遠端
焦点距離	11.330	14.000	17.460
半画角	53.123	46.389	39.524
F ナンバー	3.599	3.845	4.161
D7	24.086	12.562	2.843
D11	2.200	2.242	3.142
D13	7.570	7.528	6.628
Bf	16.000	18.419	21.069

10

【 0 0 9 7 】

【表 1 2】

条件式	実施例 3
f1	-27.353
f2	+25.245
f3	-66.708
f4	+47.095
(1)Da/R3a	0.122
(2)fw/ f1	0.414
(3)Ds/Ymax	2.558
(4)R4b/Db	-0.999
(5)fw/f2	0.449

20

30

【 0 0 9 8 】

[数値実施例 4]

【表 1 3】～【表 1 6】は、図 1 4 に示した第 4 の構成例に係る可変焦点距離レンズ系 4 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に【表 1 3】にはその基本的なレンズデータを示し、【表 1 4】には非球面に関するデータを示す。【表 1 5】にはその他のデータを示す。この数値実施例 4 に係る可変焦点距離レンズ系 4 は、変倍に伴って第 1 ないし第 4 の各レンズ群が移動するため、各レンズ群の前後の面間隔の値は可変となっている。この可変の面間隔のデータを【表 1 5】に示す。【表 1 5】にはまた、各変倍域における全系の焦点距離、半画角、F ナンバーの値を示す。

40

【 0 0 9 9 】

この数値実施例 4 では、開口絞り S が第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間に配置され、変倍に伴ってレンズ位置状態が変化する際に、開口絞り S が第 2 レンズ群 G 2 と一体的に移動する。

【 0 1 0 0 】

この数値実施例 4 では、第 5 面、第 1 2 面、第 1 4 面、および第 1 5 面が非球面となっている。なお、この数値実施例 4 では、負レンズ L 1 2 はガラスレンズの上に薄い樹脂製

50

の非球面を付加した形状であるが、勿論、ガラスの非球面レンズとすることも可能である。

【 0 1 0 1 】

〔表 1 6 〕には、上述の各条件式に関する値を示す。〔表 1 6 〕から分かるように、この数値実施例 4 に係る可変焦点距離レンズ系 4 は、各条件式の値を満たしている。

【 0 1 0 2 】

【表 1 3 〕

実施例 4					
レンズ群	面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
G1	1	46.6834	2.20	1.81600	46.6
	2	15.5000	10.78		
	3	708.0035	1.20	1.61800	63.4
	4	22.4990	0.16	1.52421	51.4
	*5	16.3536	6.56		
	6	46.3190	4.40	1.74950	35.0
	7	-101.7845	(D7)		
(開口絞り)	8	0.0000	0.50		
G2	9	14.3066	0.75	1.91082	35.3
	10	8.4184	3.60	1.63854	55.4
	11	-77.1795	(D11)		
G3	*12	73.1626	1.00	1.61800	63.4
	13	26.2302	(D13)		
G4	*14	25.7549	4.20	1.55332	71.7
	*15	-14.9496	1.26		
	16	-68.7085	1.00	1.91037	31.1
	17	18.0000	1.29		
	18	117.1153	2.56	1.59282	68.6
	19	-33.8370	(Bf)		

(*:非球面)

【 0 1 0 3 】

【表 1 4 〕

実施例 4・非球面データ					
面番号	k	A	B	C	D
5	0.000	-0.499849E-04	-0.216415E-06	0.841609E-09	-0.386634E-11
12	0.000	-0.302783E-04	0.567458E-06	0.000000E+00	0.000000E+00
14	0.000	-0.332746E-04	0.536489E-06	0.000000E+00	0.000000E+00
15	0.000	0.986372E-04	0.174053E-06	0.734844E-08	-0.339695E-10

【 0 1 0 4 】

【表 15】

実施例 4			
	広角端	中間	望遠端
焦点距離	11.330	14.000	17.460
半画角	53.13	46.405	39.525
Fナンバー	4.122	4.117	4.121
D7	23.586	12.062	2.343
D11	3.200	3.242	4.142
D13	7.570	7.527	6.628
Bf	16.000	18.419	21.069

10

【0105】

【表 16】

条件式	実施例 4
f1	-27.353
f2	+25.245
f3	-66.708
f4	+47.095
(1) Da/R3a	0.345
(2) fw/ f1	0.414
(3) Ds/Ymax	2.961
(4) R4b/Db	-0.718
(5) fw/f2	0.449

20

30

【0106】

〔収差性能〕

数値実施例 1 に係る可変焦点距離レンズ系 1 の収差性能を図 3 ~ 図 5 に示す。また、数値実施例 2 に係る可変焦点距離レンズ系 2 の収差性能を図 7 ~ 図 9 に示す。また、数値実施例 3 に係る可変焦点距離レンズ系 3 の収差性能を図 11 ~ 図 13 に示す。また、数値実施例 4 に係る可変焦点距離レンズ系 4 の収差性能を図 15 ~ 図 17 に示す。

【0107】

40

各収差はいずれも無限遠合焦時のものである。図 3、図 7、図 11、および図 15 は広角端における収差を示す。図 4、図 8、図 12、および図 16 は中間焦点距離における収差を示す。図 5、図 9、図 13、および図 17 は望遠端における収差を示す。

【0108】

これらの各図には収差図として、球面収差、非点収差、ディストーション（歪曲収差）、および横収差を示す。これらの各収差図には、d 線（587.6 nm）を基準波長とした収差を示す。非点収差図において、実線はサジタル方向、破線はメリジオナル方向の収差を示す。横収差において、A は画角、y は像高を示す。

【0109】

以上の各収差図から分かるように、各実施例について、諸収差が良好に補正され、優れ

50

た結像性能を有していることは明らかである。

【 0 1 1 0 】

< 7 . その他の実施の形態 >

本開示による技術は、上記実施の形態および実施例の説明に限定されず種々の変形実施が可能である。

例えば、上記各数値実施例において示した各部の形状および数値は、いずれも本技術を実施するための具体化のほんの一例に過ぎず、これらによって本技術の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならないものである。

【 0 1 1 1 】

また、上記実施の形態および実施例では、実質的に 4 つのレンズ群からなる構成について説明したが、実質的に屈折力を有さないレンズをさらに備えた構成であっても良い。

【 0 1 1 2 】

また例えば、本技術は以下のような構成を取ることができる。

[1]

物体側より順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とが配置されると共に、前記第 1 レンズ群よりも像側に開口絞りが配置され、

広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との空気間隔が減少し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が変化し、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔が変化するように、前記第 1 ないし第 4 の各レンズ群が移動し、被写体位置の変化に伴う像面位置の変動を補正するように前記第 3 レンズ群が移動し、以下の条件式を満足する

可変焦点距離レンズ系。

$$0.05 < D a / R 3 a < 0.5 \quad \dots\dots (1)$$

ただし、

$D a$: 広角端状態における前記開口絞りから前記第 3 レンズ群の最も像側のレンズ面までの距離

$R 3 a$: 前記第 3 レンズ群の最も像側のレンズ面の曲率半径

とする。

[2]

以下の条件式を満足する

上記 [1] に記載の可変焦点距離レンズ系。

$$0.25 < f w / | f 1 | < 0.7 \quad \dots\dots (2)$$

ただし、

$f w$: 広角端状態におけるレンズ系全体での焦点距離

$f 1$: 前記第 1 レンズ群の焦点距離

とする。

[3]

前記第 1 レンズ群は物体側より順に、像側に凹面を向けたメニスカス形状の第 1 の負レンズと、像側に凹面を向けた第 2 の負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズとの 3 枚のレンズで構成されている

上記 [1] または [2] に記載の可変焦点距離レンズ系。

[4]

以下の条件式を満足する

上記 [1] ないし [3] のいずれか 1 つに記載の可変焦点距離レンズ系。

$$2 < D s / Y m a x < 3 \quad \dots\dots (3)$$

ただし、

$D s$: 広角端状態における前記開口絞りから像面までの距離

$Y m a x$: 最大像高

とする。

10

20

30

40

50

[5]

レンズ位置状態が変化する際に、前記第 2 レンズ群と前記第 4 レンズ群とが一体的に移動する

上記 [1] ないし [4] のいずれか 1 つに記載の変焦点距離レンズ系。

[6]

前記第 4 レンズ群の最も物体側に両凸形状の正レンズが配置され、

以下の条件式を満足する

上記 [1] ないし [5] のいずれか 1 つに記載の変焦点距離レンズ系。

- 1 . 3 < R 4 b / D b < - 0 . 4 ... (4)

ただし、

R 4 b : 前記第 4 レンズ群の最も物体側に配置された前記正レンズの像側のレンズ面の曲率半径

D b : 広角端状態において前記開口絞りから前記正レンズの像側のレンズ面までの距離とする。

[7]

前記第 3 レンズ群は 1 つのレンズブロックにより構成されている

上記 [1] ないし [6] のいずれか 1 つに記載の変焦点距離レンズ系。

[8]

実質的に屈折力を有さないレンズをさらに備えた

上記 [1] ないし [7] のいずれか 1 つに記載の変焦点距離レンズ系。

[9]

変焦点距離レンズ系と、前記変焦点距離レンズ系によって形成された光学像に応じた撮像信号を出力する撮像素子とを含み、

前記変焦点距離レンズ系は、

物体側より順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とが配置されると共に、前記第 1 レンズ群よりも像側に開口絞りが配置され、

広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との空気間隔が減少し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が変化し、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔が変化するように、前記第 1 ないし第 4 の各レンズ群が移動し、被写体位置の変化に伴う像面位置の変動を補正するように前記第 3 レンズ群が移動し、以下の条件式を満足する

撮像装置。

0 . 0 5 < D a / R 3 a < 0 . 5 ... (1)

ただし、

D a : 広角端状態における前記開口絞りから前記第 3 レンズ群の最も像側のレンズ面までの距離

R 3 a : 前記第 3 レンズ群の最も像側のレンズ面の曲率半径

とする。

[1 0]

前記変焦点距離レンズ系は、実質的に屈折力を有さないレンズをさらに備える

上記 [9] に記載の撮像装置。

【符号の説明】

【 0 1 1 3 】

G 1 ... 第 1 レンズ群、G 2 ... 第 2 レンズ群、G 3 ... 第 3 レンズ群、G 4 ... 第 4 レンズ群、S ... 開口絞り、S i m g ... 像面、Z 1 ... 光軸、1 , 2 , 3 , 4 ... 変焦点距離レンズ系、1 0 ... カメラブロック、1 1 ... レンズ系、1 2 ... 撮像素子、2 0 ... カメラ信号処理部、3 0 ... 画像処理部、4 0 ... L C D、5 0 ... R / W (リーダ / ライタ)、6 0 ... C P U、7 0 ... 入力部、8 0 ... レンズ駆動制御部、1 0 0 ... 撮像装置、1 0 0 0 ... メモリカード。

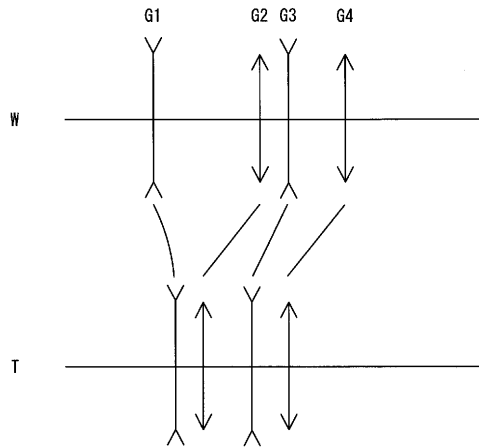
10

20

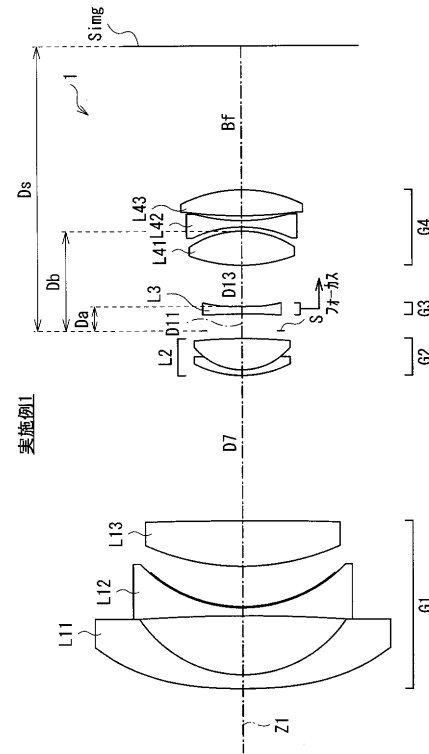
30

40

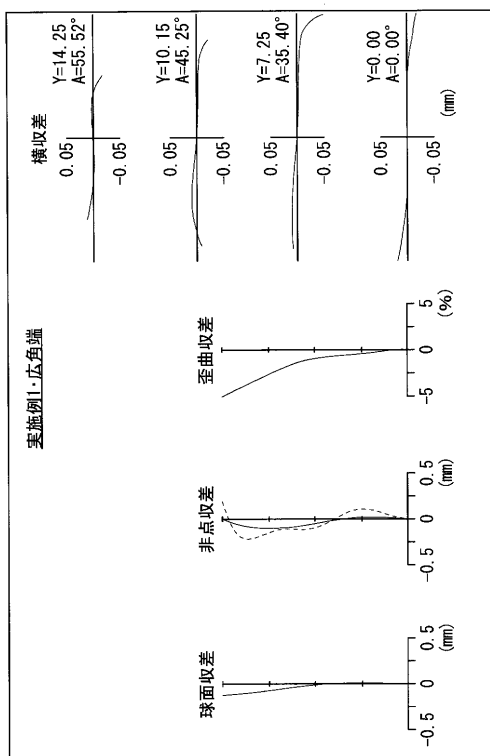
【図 1】



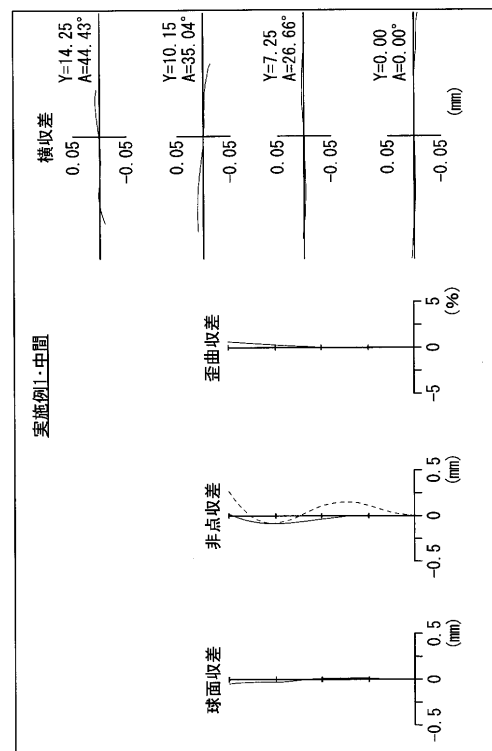
【図 2】



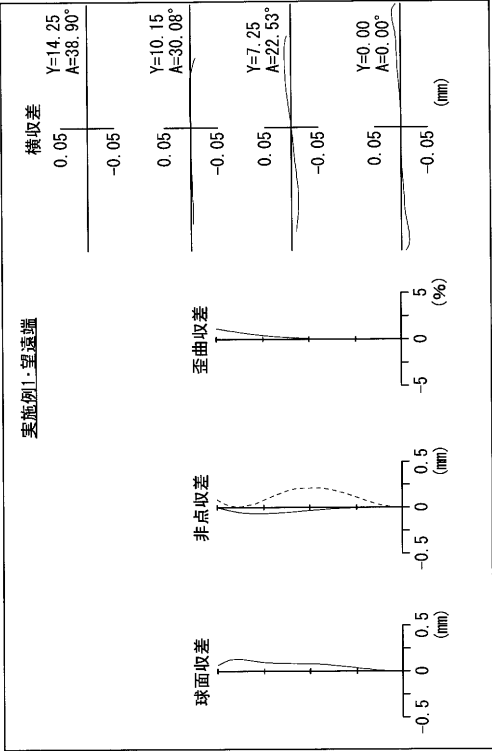
【図 3】



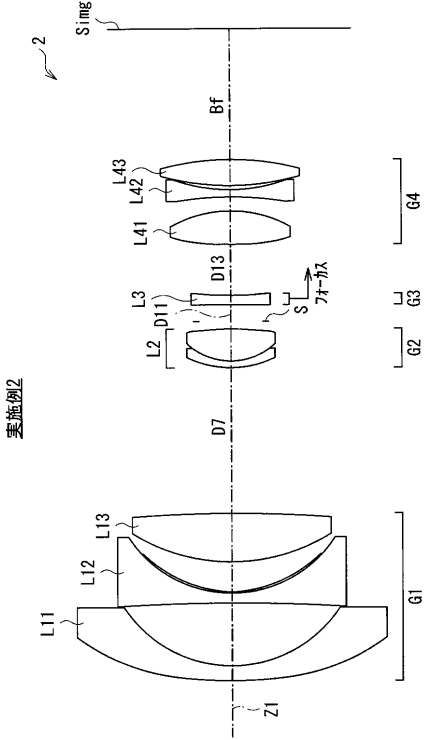
【図 4】



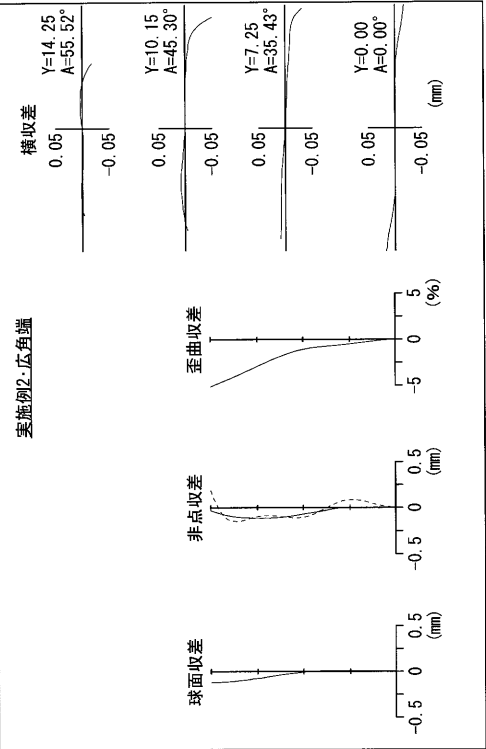
【図 5】



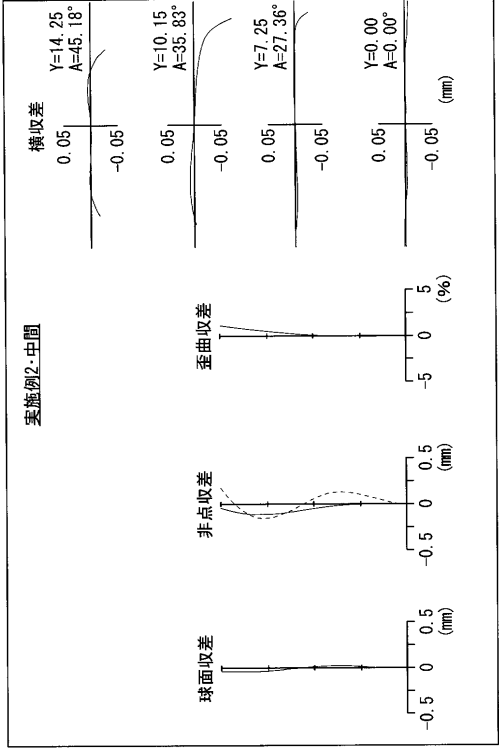
【図 6】



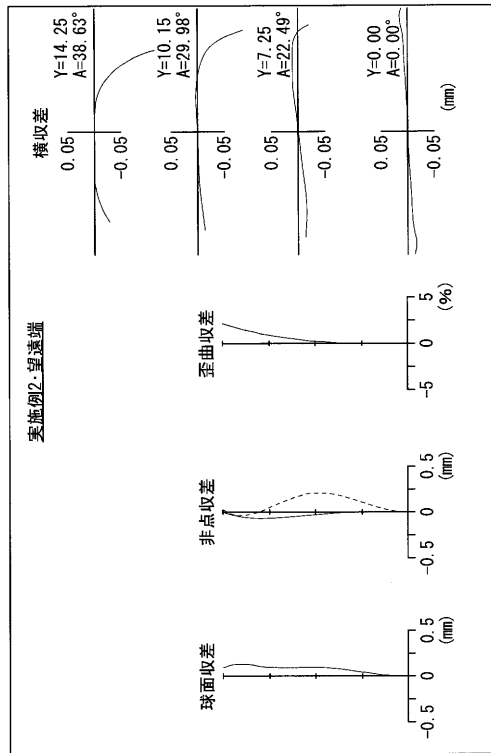
【図 7】



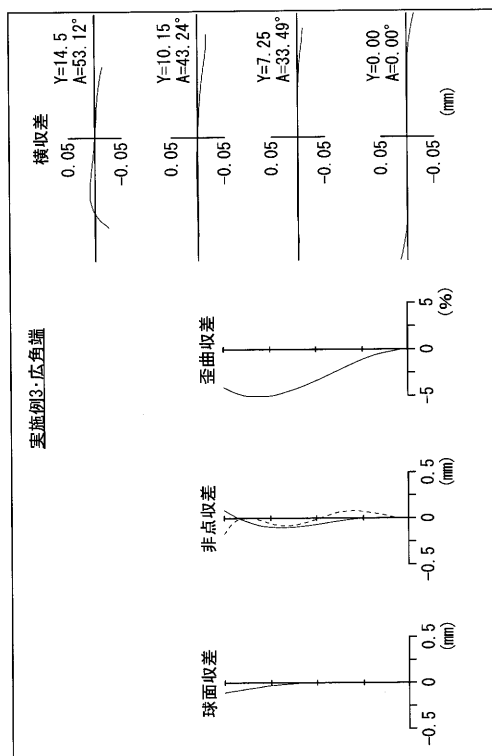
【図 8】



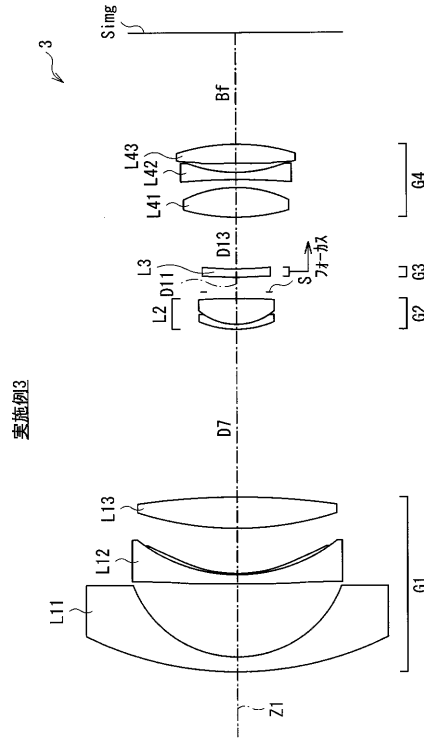
【図 9】



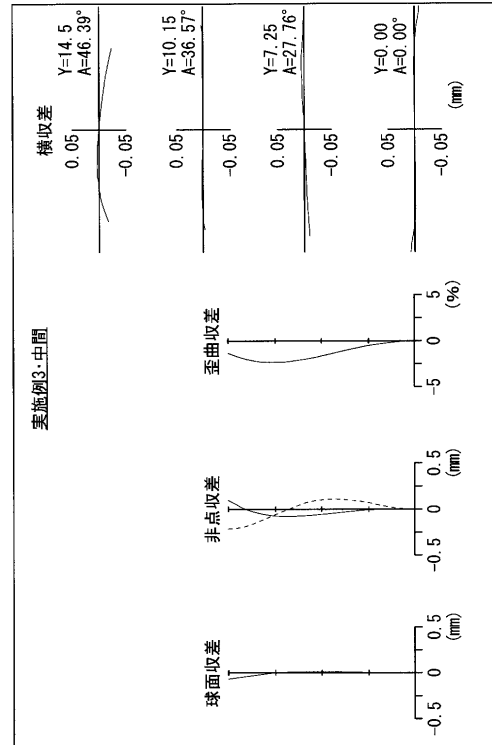
【図 11】



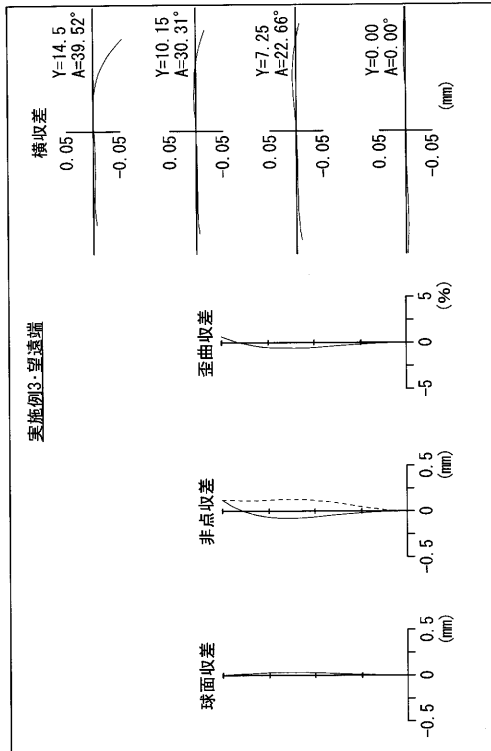
【図 10】



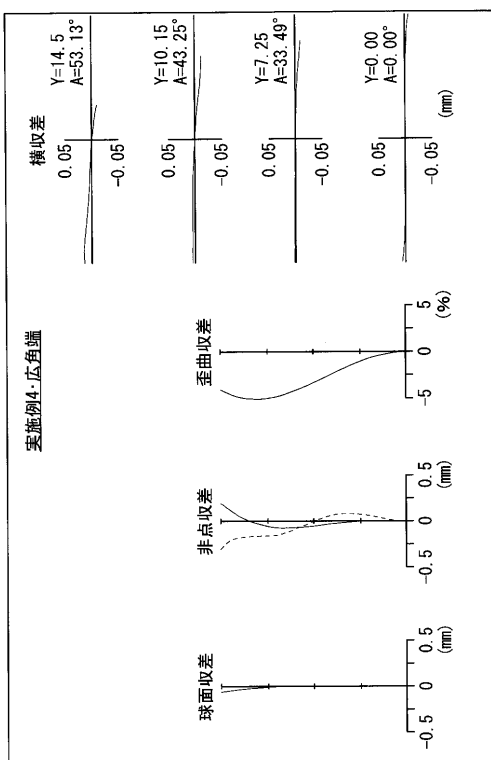
【図 12】



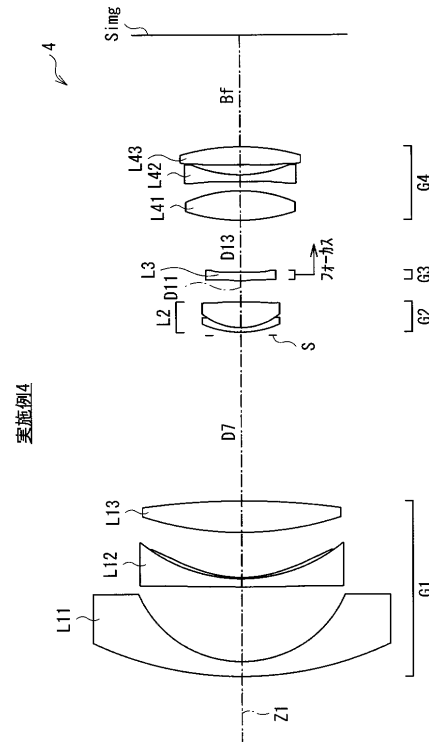
【図 13】



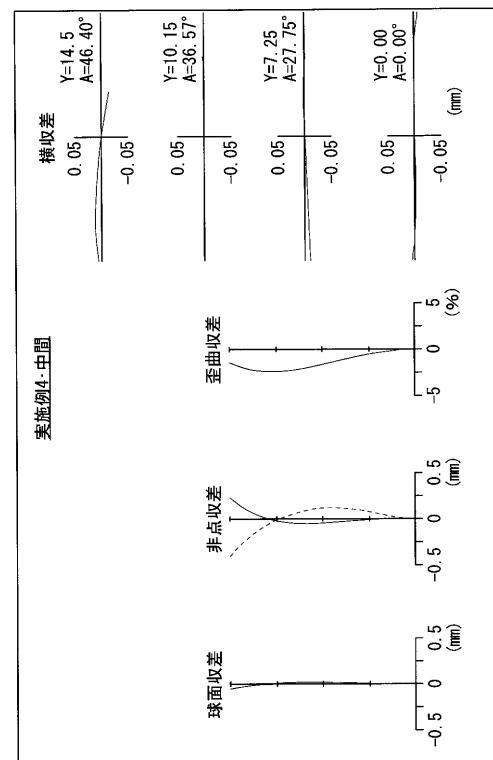
【図 15】



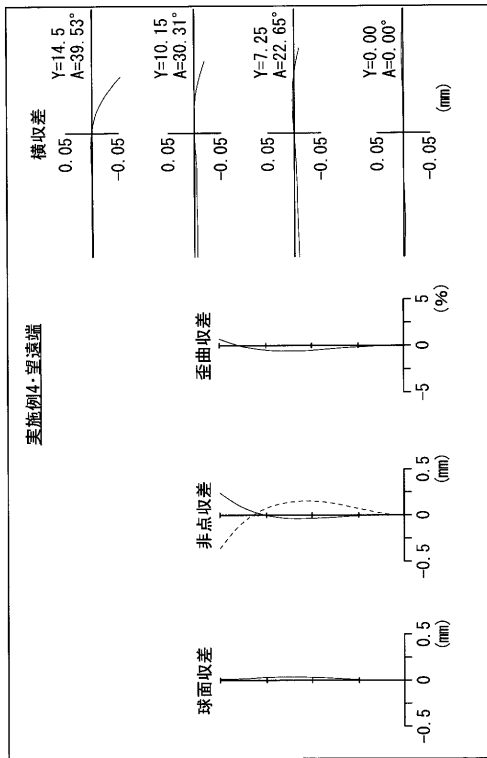
【図 14】



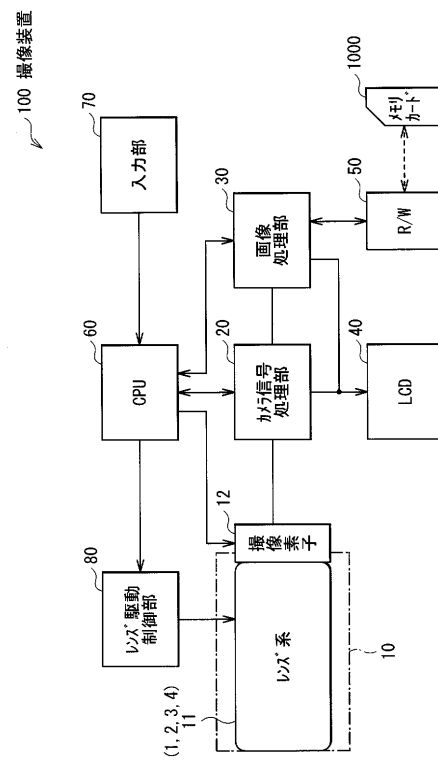
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2013-130675(JP,A)
特開2008-158321(JP,A)
特開2007-286601(JP,A)
特開2008-176271(JP,A)
特開2010-181787(JP,A)
特開2003-131135(JP,A)
米国特許出願公開第2003/0086181(US,A1)
米国特許出願公開第2010/0202064(US,A1)
米国特許出願公開第2013/0162884(US,A1)
米国特許出願公開第2012/0057246(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04