

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7179578号

(P7179578)

(45)発行日 令和4年11月29日(2022.11.29)

(24)登録日 令和4年11月18日(2022.11.18)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 15/20 (2006.01)

G 0 2 B 15/20

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

G 0 2 B 13/18

請求項の数 13 (全25頁)

(21)出願番号	特願2018-199790(P2018-199790)	(73)特許権者	000001007
(22)出願日	平成30年10月24日(2018.10.24)		キヤノン株式会社
(65)公開番号	特開2020-67542(P2020-67542A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43)公開日	令和2年4月30日(2020.4.30)	(74)代理人	100126240
審査請求日	令和3年10月18日(2021.10.18)		弁理士 阿部 琢磨
		(74)代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72)発明者	木村 公平
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
			キヤノン株式会社内
		(72)発明者	畠田 隆弘
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
			キヤノン株式会社内
		審査官	堀井 康司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群、2つまたは3つのレンズ群からなる後群より構成されるズームレンズであって、

ズーミングに際して、前記第2レンズ群及び前記第3レンズ群が移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化し、

前記後群は、フォーカシングに際して移動する負の屈折力の第Nレンズ群を含み、

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 、広角端及び望遠端における前記第4レンズ群の横倍率をそれぞれ $4w$ 及び $4t$ 、広角端から望遠端へのズーミングに際しての前記第3レンズ群及び前記第4レンズ群の移動量をそれぞれ m_3 及び m_4 、前記第Nレンズ群の焦点距離を f_f 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするととき、

$$0.2 < f_2^2 / (f_3 \times f_4) < 1.0$$

$$2.0 < 4t / 4w < 10.0$$

$$0.3 < m_3 / m_4 < 1.0$$

$$-5.0 < f_f / f_w - 1.746$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とするととき、

$$-1.5 < f_2 / f_w < -0.5$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 3】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$2.0 < f_1 / f_w < 10.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

望遠端における前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

$$0.1 < f_4 / f_t < 0.7$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載のズームレンズ。 10

【請求項 5】

前記第 N レンズ群と前記第 N レンズ群よりも像側に配置された全てのレンズ群との広角端における合成焦点距離を f_{rw} 、広角端における最も像側のレンズ面から像面までの光軸上での距離を s_{kw} とするとき、

$$-10.0 < f_{rw} / s_{kw} < -1.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 N レンズ群の最も物体側のレンズ面の曲率半径を R_{f1} 、前記第 N レンズ群の最も像側のレンズ面の曲率半径を R_{f2} とするとき、 20

$$-7.0 < (R_{f2} + R_{f1}) / (R_{f2} - R_{f1}) < -0.5$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第 N レンズ群の望遠端における横倍率を f_t 、前記第 N レンズ群よりも像側に配置されたレンズ群の望遠端における合成横倍率を r_t とするとき、

$$-7.0 < (1 - f_t^2) \times r_t^2 < -1.0$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

広角端における最も像側のレンズ面から像面までの光軸上での距離を s_{kw} 、広角端における最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上での距離を T_{TDw} とするとき、 30

$$3.0 < T_{TDw} / s_{kw} < 20.0$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

前記第 N レンズ群は 2 枚以下のレンズから構成されることを特徴とする、請求項 1 乃至 8 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された前記第 N レンズ群、正の屈折力のレンズ群から構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 11】 40

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された前記第 N レンズ群、負の屈折力のレンズ群から構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された前記第 N レンズ群、負の屈折力のレンズ群、正の屈折力のレンズ群から構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 13】

請求項 1 乃至 12 の何れか一項に記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成される像を受光する撮像素子を有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】 50

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズに関し、例えばデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、監視カメラ、放送用カメラ等の撮像装置に用いる撮像光学系として好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、撮像素子を用いた撮像装置は高機能化され、かつ装置全体が小型化されている。これらの撮像装置に用いられる撮像光学系には、明るいFナンバーを有し、レンズ全長が短く、かつレンズ鏡筒径が小さく、ズーム全域で高解像力を有するズームレンズであることが望まれている。更に近年では、フォーカシング速度が速いことや、フォーカシングに際して光学性能の変動が少なく、かつ像倍率の変化が少ないこと等が求められている。

10

【0003】

近年、レンズ全長の短縮化と鏡筒径を小型化するために、バックフォーカスを短く設定し、レンズ最終面から像面までの間にメカニカルな部材を除いた、所謂ミラーレスタイプの撮像光学系が提案されている。レンズ全長が短く、且つ、大口径化が容易なズームレンズとして、最も物体側に、正の屈折力のレンズ群を配置したポジティブリード型のズームレンズが知られている（特許文献1）。

【0004】

特許文献1では、物体側より像側へ順に、正、負、正、負、正、負の屈折力の第1レンズ群乃至第6レンズ群より構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化し、フォーカシングに際して、第4レンズ群が移動するズームレンズを開示している。

20

【0005】

特許文献2では、物体側より像側へ順に、正、負、正、正、負、正の屈折力の第1レンズ群乃至第6レンズ群より構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化し、フォーカシングに際して、第2レンズ群が移動するズームレンズを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開2016-197257号公報

特開2011-39560号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

撮像装置に用いるズームレンズには、所定のズーム比を有し、レンズ系全体が小型であること、フォーカスレンズ群が小型軽量でフォーカシングに際して収差変動が少ないこと等が強く要望されている。

【0008】

ポジティブリード型のズームレンズにおいて、レンズ全長の短縮化とレンズ鏡筒径を小型化し、高いフォーカス性能を得るためには、各レンズ群の屈折力を高め、フォーカスレンズ群を適切に設定する必要がある。特に、フォーカスレンズ群の光学設計はレンズ鏡筒の径に大きく影響する。このためフォーカスレンズ群のレンズ径やフォーカシングによるレンズ群の移動量を小さくすることが重要となる。

40

【0009】

とりわけ、大口径比のズームレンズではフォーカスレンズ群の光軸方向の配置設定は外径や質量を決める重要な要素となる。更に、近年の動画撮影に対するニーズの高まりに伴い、フォーカシングによる撮像画界の変動、所謂像倍率の変動が少なくするようなフォーカスレンズ群の設定が重要となっている。

【0010】

フォーカスレンズ群の選定が不適切であると、フォーカシングに際して収差変動が大きくなり、遠距離から近距離までの物体距離全般にわたり良好な光学性能を得ることが難し

50

くなる。

【0011】

所定のズーム比を有し、フォーカシングに際しての収差変動が少なく、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有する小型のズームレンズを得るには、レンズ群の数や各レンズ群の屈折力等を適切に設定することが重要になってくる。

【0012】

本発明は、レンズ全長が短くレンズ有効径が小さく、全ズーム範囲及び物体距離全般にわたり高い光学性能が容易に得られるズームレンズの提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群、2つまたは3つのレンズ群からなる後群より構成されるズームレンズであって、ズーミングに際して、前記第2レンズ群及び前記第3レンズ群が移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化し、前記後群は、フォーカシングに際して移動する負の屈折力の第Nレンズ群を含み、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 、広角端及び望遠端における前記第4レンズ群の横倍率をそれぞれ w_4 及び t_4 、広角端から望遠端へのズーミングに際しての前記第3レンズ群及び前記第4レンズ群の移動量をそれぞれ m_3 及び m_4 、前記第Nレンズ群の焦点距離を f_N 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$$\begin{aligned} 0.2 < f_2^2 / (f_3 \times f_4) < 1.0 \\ 2.0 < t_4 / w_4 < 10.0 \\ 0.3 < m_3 / m_4 < 1.0 \\ -5.0 < f_N / f_w - 1.746 \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、レンズ全長が短くレンズ有効径が小さく、全ズーム範囲及び物体距離全般にわたり高い光学性能が容易に得られるズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】実施例1のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図2】実施例1のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図3】実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図4】実施例2のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図5】実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図6】実施例3のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図7】実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図8】実施例4のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図9】実施例5のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図10】実施例5のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図11】本発明の撮像装置の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下に、本発明の好ましい実施の形態を、添付の図面に基づいて説明する。本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群、負の屈折力の第Nレンズ群を含む後群LRより構成されている。ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化する。フォーカシングに際して、第Nレンズ群が移動する。

【0017】

10

20

30

40

50

図 1 は本発明の実施例 1 のズームレンズの広角端（短焦点距離端）におけるレンズ断面図である。図 2（A）、（B）、（C）は、それぞれ、実施例 1 の無限遠に合焦（フォーカス）した状態での、広角端、中間ズーム位置、望遠端（長焦点距離端）における収差図である。実施例 1 はズーム比 2.74、F ナンバー 2.91 のズームレンズである。

【0018】

図 3 は本発明の実施例 2 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図 4（A）、（B）、（C）は、それぞれ、実施例 2 の無限遠に合焦した状態での、広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例 2 はズーム比 2.75、F ナンバー 2.91 のズームレンズである。

【0019】

図 5 は本発明の実施例 3 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図 6（A）、（B）、（C）は、それぞれ、実施例 3 の無限遠に合焦した状態での、広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例 3 はズーム比 2.75、F ナンバー 2.91 のズームレンズである。

【0020】

図 7 は本発明の実施例 4 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図 8（A）、（B）、（C）は、それぞれ、実施例 4 の無限遠に合焦した状態での、広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例 4 はズーム比 4.13、F ナンバー 4.12 のズームレンズである。

【0021】

図 9 は本発明の実施例 5 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図 10（A）、（B）、（C）は、それぞれ、実施例 5 の無限遠に合焦した状態での、広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例 5 はズーム比 2.75、F ナンバー 2.91 のズームレンズである。図 11 は本発明の撮像装置の要部概略図である。

【0022】

各実施例のズームレンズはビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、TVカメラなどの撮像装置に用いられる撮像光学系である。尚、各実施例のズームレンズは投射装置（プロジェクタ）用の投射光学系として用いることもできる。レンズ断面図において、左方が物体側（前方）で、右方が像側（後方）である。また、レンズ断面図において、L0 はズームレンズである。i を物体側からのレンズ群の順番とすると、Li は第 i レンズ群を示す。LR は後群である。LN は後群 LR に含まれる負の屈折力のレンズ群である。

【0023】

SP は開放 F ナンバー（Fno）の光束を決定（制限）する開口絞りである。IS は防振群である。IP は像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮影光学系として使用する際には CCD センサや CMOS センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面が置かれる。矢印は広角端から望遠端へのズームングに際しての各レンズ群の移動軌跡を示す。

【0024】

FOCUS と付した図中の矢印は無限遠から近距離へのフォーカシングに際してのレンズ群の移動方向を示している。

【0025】

収差図において Fno は F ナンバー、 θ は半画角（度）であり、光線追跡値による画角である。球面収差図において、実線の d は d 線（波長 587.56 nm）、二点鎖線の g は g 線（波長 435.835 nm）である。非点収差図において実線の S は d 線におけるサジタル像面、破線の M は d 線におけるメリディオナル像面である。歪曲収差は d 線について示している。倍率色収差図において二点鎖線の g は g 線である。

【0026】

各実施例のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第 1 レンズ群 L1、負の屈折力の第 2 レンズ群 L2、正の屈折力の第 3 レンズ群 L3、正の屈折力の第 4 レンズ群 L4、1 つ以上のレンズ群からなる後群 LR より構成されている。後群 L

10

20

30

40

50

Rはフォーカシングに際して移動する負の屈折力の第Nレンズ群L Nを有している。

【0027】

各実施例のズームレンズは、第1レンズ群L 1、第2レンズ群L 2、第3レンズ群L 3、第4レンズ群L 4の移動により主に変倍を行っている。第1レンズ群L 1はズーミングに際し、物体側へ移動して広角端における前玉有効径を小型化しつつ、高ズーム比化を図っている。また、広角端から望遠端へのズーミングに際して第4レンズ群L 4以降のレンズ群を物体側へ移動させることで、高い変倍効果を得ている。全ズーム領域において、無限遠から近距離へフォーカスはフォーカス(FOCUS)の矢印に示す如く、負の屈折力の第Nレンズ群L Nを物体側へ繰り出すことで行っている。

【0028】

各実施例のズームレンズL 0は、物体側から像側へ順に配置された、次のレンズ群からなる。正の屈折力の第1レンズ群L 1、負の屈折力の第2レンズ群L 2、正の屈折力の第3レンズ群L 3、正の屈折力の第4レンズ群L 4、及び1つ以上の負の屈折力の第Nレンズ群を含む後群L Rからなる。フォーカシングに際して第Nレンズ群L Nが移動する。

【0029】

ポジティブリード型のズームレンズにおいて、バックフォーカスを有効に使い、レンズ全長を短くするには、開口絞りS Pより物体側に配置した負の屈折力のレンズ群の負の屈折力をある程度弱くするのが良い。更に開口絞りS Pより像側に配置した正の屈折力のレンズ群の正の屈折力を強くすることが良い。

【0030】

これによれば、ズーム全域で良好な光学性能を容易に確保することができる。また大口径比のズームレンズにおいて、フォーカシングに際して像倍率の変動を抑制し至近での光学性能を良好に確保しつつ全系の小型化を図るためには開口絞りより像側の第Nレンズ群でフォーカシングを行うことが有効である。特に開口比(Fナンバー)が2.8を超えるズームレンズでは有効である。

【0031】

また、主変倍レンズ群である第2レンズ群L 2の負の屈折力を比較的弱めに設定し、第3レンズ群と第4レンズ群の正の屈折力を強めに設定すると、その像側に設置するフォーカス用の第Nレンズ群L Nとの屈折力配分を高い光学性能を維持しつつ行える。そのため、フォーカシングに際して光学性能を良好に維持することが容易となる。

【0032】

次に各実施例のレンズ構成について説明する。

【0033】

実施例1は物体側から像側へ順に、配置された次のレンズ群よりなる。正の屈折力の第1レンズ群L 1、負の屈折力の第2レンズ群L 2、正の屈折力の第3レンズ群L 3、正の屈折力の第4レンズ群L 4、負の屈折力の第5レンズ群L 5、正の屈折力の第6レンズ群L 6からなる6群ズームレンズである。後群L Rは負の屈折力の第5レンズ群L 5と正の屈折力の第6レンズ群L 6より構成されている。また第5レンズ群は無遠から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する第Nレンズ群L Nである。

【0034】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群L 1が物体側に直線的に移動、第2レンズ群L 2が像側に凸状の軌跡で移動する。また第3レンズ群L 3と第4レンズ群L 4は間隔が狭まるように物体側に移動する。第3レンズ群L 3はレンズ群内に開口絞りS Pを有する。また第3レンズ群L 3の像側の負レンズと正レンズの2つのレンズは、各レンズを光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動することで、像ぶれ(手振れ)を補償する所謂防振群である。

【0035】

実施例2はレンズ群の数、各レンズ群の屈折力の符号、ズーミングに際しての各レンズ群の移動条件等のズームタイプは実施例1と同じである。フォーカシングに際して移動するレンズ群及び移動方向等のフォーカス方式は実施例1と同じである。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

実施例 3 は物体側から像側へ順に、配置された次のレンズ群よりなる。正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1、負の屈折力の第 2 レンズ群 L 2、正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3、正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4、負の屈折力の第 5 レンズ群 L 5、負の屈折力の第 6 レンズ群 L 6 からなる 6 群ズームレンズである。後群 L R は負の屈折力の第 5 レンズ群 L 5 と負の屈折力の第 6 レンズ群 L 6 より構成されている。また第 5 レンズ群 L 5 は無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する第 N レンズ群 L N である。

【 0 0 3 7 】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、第 1 レンズ群 L 1 が物体側に直線に移動、第 2 レンズ群 L 2 が像側に凸状の軌跡で移動する。また第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 は間隔が狭まるように物体側に移動する。第 3 レンズ群 L 3 はレンズ群内に開口絞り S P を有する。また第 3 レンズ群 L 3 の像側の負レンズと正レンズの 2 つのレンズは、各レンズを光軸に対しての垂直方向の成分を持つ方向に移動することで、像ぶれ（手振れ）を補償する所謂防振群である。

10

【 0 0 3 8 】

実施例 4 はズームタイプが実施例 3 と同じである。フォーカシングに際して移動するレンズ群及び移動方向等のフォーカス方式は実施例 3 と同じである。

【 0 0 3 9 】

実施例 5 は物体側から像側へ順に、配置された次のレンズ群よりなる。正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1、負の屈折力の第 2 レンズ群 L 2、正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3、正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4、負の屈折力の第 5 レンズ群 L 5、負の屈折力の第 6 レンズ群 L 6、正の屈折力の第 7 レンズ群 L 7 からなる 7 群ズームレンズである。後群 L R は負の屈折力の第 5 レンズ群 L 5 と負の屈折力の第 6 レンズ群 L 6 と正の屈折力の第 7 レンズ群より構成されている。また第 5 レンズ群 L 5 はフォーカシングに際して像側へ移動する第 N レンズ群 L N である。

20

【 0 0 4 0 】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、第 1 レンズ群 L 1 が物体側に直線に移動、第 2 レンズ群 L 2 が像側に凸状の軌跡で移動する。また第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 は間隔が狭まるように物体側に移動する。第 5 レンズ群 L 5 乃至第 7 レンズ群 L 7 はズーミングに際しそれぞれ異なった軌跡を描いて物体側へ移動する。第 3 レンズ群 L 3 は群内に開口絞り S P を有する。また第 3 レンズ群 L 3 の像側の負レンズと正レンズの 2 つのレンズは、各レンズを光軸に対しての垂直方向の成分を持つ方向に移動することで、像ぶれ（手振れ）を補償する所謂防振群である。

30

【 0 0 4 1 】

各実施例のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1、負の屈折力の第 2 レンズ群 L 2、正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3、正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4、負の屈折力の第 N レンズ群 L N を含む後群 L R より構成されている。そして、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。そしてズーミングに際して第 2 レンズ群 L 2 が移動し、フォーカシングに際して第 N レンズ群 L N が移動する。

【 0 0 4 2 】

第 2 レンズ群 L 2 の焦点距離を f_2 、第 3 レンズ群 L 3 の焦点距離を f_3 、第 4 レンズ群 L 4 の焦点距離を f_4 、広角端と望遠端における第 4 レンズ群 L 4 の横倍率をそれぞれ $4w$ 、 $4t$ とする。このとき、

40

$$0.2 < f_2^2 / (f_3 \times f_4) < 1.0 \quad \dots (1)$$

$$2.0 < 4t / 4w < 10.0 \quad \dots (2)$$

なる条件式を満足する。

【 0 0 4 3 】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【 0 0 4 4 】

条件式 (1) はレンズ全長の短縮化とフォーカス用の第 N レンズ群 L N の軽量化を図る

50

ために、第2レンズ群L2、第3レンズ群L3、第4レンズ群L4の焦点距離を設定したものである。

【0045】

条件式(1)の上限を超えて、負の焦点距離 f_2 が長くなると(負の焦点距離の絶対値が大きくなること)第2レンズ群L2の負の屈折力が弱まりすぎ、所望のバックフォーカスを確保することが困難となる。また第2レンズ群L2の負の屈折力が弱まりすぎると、レンズ全系のペッツバル和が大きな正の値をとり、像面湾曲や非点収差の補正が難しくなる。或いは、条件式(1)の上限を超えて、第3レンズ群L3の焦点距離 f_3 と第4レンズ群L4の焦点距離 f_4 が短くなると、第3レンズ群L3の正の屈折力と第4レンズ群L4の正の屈折力が強まりすぎ、ズーミングに際して像面の変動を補正することが困難となる。

10

【0046】

条件式(1)の下限を超えて、負の焦点距離 f_2 が短くなると(負の焦点距離の絶対値が小さくなると)第2レンズ群L2の負の屈折力が強まりすぎ、第3レンズ群L3での光束径が大きくなる。このため、とりわけ大口径比のズームレンズにおいては望遠端において高次の球面収差の補正が困難となってくる。また、第2レンズ群L2の負の屈折力が強まりすぎ、バックフォーカスが長くなる傾向にあり、ズームレンズの小型化の観点から好ましくない。

【0047】

或いは、条件式(1)の下限を超えて、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の焦点距離が長くなると、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の正の屈折力が弱まりすぎる。そうすると、所望のズーム比を得るためにはズーミングに際しての各レンズ群の移動量が大きくなり、レンズ全長の小型化の観点から好ましくない。

20

【0048】

条件式(2)はフォーカス用の第Nレンズ群LNの小径化を図るために、第4レンズ群L4の広角端における横倍率 $4w$ と望遠端における横倍率 $4t$ の比(所謂ズーミングの変倍分担値)を設定したものである。

【0049】

条件式(2)の上限を超えて、第4レンズ群L4の変倍分担比が大きくなると、後続するフォーカスレンズ群である第Nレンズ群LNの小径化には有利であるが、第4レンズ群L4の正の屈折力が強まりすぎる傾向にある。そうすると、球面収差の補正やズーミングに際する像面変動の抑制が困難になる傾向にあり、好ましくない。あるいは第4レンズ群L4のズーミングに際しての移動量が大きくなり、レンズ全長の小型化の観点から好ましくない。

30

【0050】

条件式(2)の下限を超えて、第4レンズ群L4の変倍分担比が小さくなると、第Nレンズ群LNの小径化が困難となる。また所望のズーム比を得るために、第3レンズ群L3などの他のレンズ群の変倍分担比を上げる必要があり、各レンズ群のレンズ群内での収差補正が困難になることから好ましくない。

【0051】

各実施例において好ましくは次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。

40

【0052】

第Nレンズ群LNの焦点距離を f_f 、広角端におけるズームレンズの焦点距離を f_w とする。第2レンズ群L2の焦点距離を f_2 とする。第1レンズ群L1の焦点距離を f_1 とする。望遠端におけるズームレンズの焦点距離を f_t とする。後群LRは第Nレンズ群LNより像側に1つ以上のレンズ群を有し、広角端における第Nレンズ群LNより像側に配置されているレンズ群の合成焦点距離を f_{rw} 、広角端における最終レンズ面から像面までの距離を s_{kw} とする。

【0053】

第Nレンズ群LNの最も物体側のレンズ面の曲率半径を R_{f1} 、最も像側のレンズ面の

50

曲率半径を R_{f2} とする。望遠端における第 N レンズ群 L_N の横倍率を f_t 、望遠端における第 N レンズ群 L_N より像側に位置するレンズ群の合成横倍率を r_t とする。広角端における最も物体側のレンズ面から像面までの距離を TTD_w とする。広角端から望遠端へのズーミングにおける第 3 レンズ群 L_3 の移動量を m_3 、第 4 レンズ群 L_4 の移動量を m_4 とする。

【0054】

ここで、広角端から望遠端へのズーミングにおけるレンズ群の移動量とは、広角端におけるレンズ群の光軸上の位置と望遠端におけるレンズ群の光軸上の位置の差をいう。移動量の符号は広角端に比べて望遠端においてレンズ群が像側に位置するときを正、物体側に位置するときを負とする。

【0055】

このとき次の条件式のうち 1 つ以上を満足するのが良い。

【0056】

$$\begin{aligned} -5.0 < f_f / f_w < -1.0 & \dots (3) \\ -1.5 < f_2 / f_w < -0.5 & \dots (4) \\ 2.0 < f_1 / f_w < 10.0 & \dots (5) \\ 0.1 < f_4 / f_t < 0.7 & \dots (6) \\ -10.0 < f_{rw} / s_{kw} < -1.0 & \dots (7) \\ -7.0 < (R_{f2} + R_{f1}) / (R_{f2} - R_{f1}) < -0.5 & \dots (8) \\ -7.0 < (1 - f_t^2) \times r_t^2 < -1.0 & \dots (9) \\ 3.0 < TTD_w / s_{kw} < 20.0 & \dots (10) \\ 0.3 < m_3 / m_4 < 1.0 & \dots (11) \end{aligned}$$

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0057】

条件式 (3) はズーミングの小型軽量化かつ高いフォーカス性能を得るために、フォーカスレンズ群である第 N レンズ群 L_N の焦点距離 f_f を設定するものである。条件式 (3) の上限を超えて、第 N レンズ群 L_N の焦点距離が短くなると、第 N レンズ群 L_N の屈折力が強くなりすぎ（負の屈折力の絶対値が大きくなりすぎ）、無限遠から至近までのすべての領域において満足な光学性能を得る事が困難となる。また第 N レンズ群 L_N の負の屈折力を強くするために第 N レンズ群 L_N のレンズ面の曲率半径が小さくなり、第 N レンズ群 L_N の質量が大きくなる傾向にあり好ましくない。

【0058】

或いは広角端におけるズームレンズの焦点距離 f_w が長くなりすぎ、所望の撮像画角を確保することが困難となり、好ましくない。条件式 (3) の下限を超えて第 N レンズ群 L_N の焦点距離が長くなるとフォーカシングに際する移動量が大きくなり、かつフォーカスレンズ群の径が大きくなる。これにより、レンズ全長の小型化が困難になるため好ましくない。或いは広角端におけるズームレンズの焦点距離 f_w が短くなりすぎ、広画角化のための開口絞り SP より物体側の負の屈折力の屈折力が強まり、光学性能が低下し、更に前玉有効径が増加するので好ましくない。

【0059】

条件式 (4) は主たる変倍レンズ群である負の屈折力の第 2 レンズ群 L_2 の焦点距離 f_2 を適切に設定し、レンズ全長の短縮化を図りつつ、高い光学性能を得るためのものである。

【0060】

条件式 (4) の下限を上回って、第 2 レンズ群 L_2 の負の焦点距離 f_2 が長くなりすぎると、バックフォーカスは短くなるが、所望のズーム比を得るために、第 2 レンズ群 L_2 の移動量が増加し、レンズ全長が増大してくる。また全系の負の屈折力も弱まるため、ペッツパール和が正の方向に強くなる傾向にあり、非点収差や像面湾曲が増加してくる。或いは、広角端におけるズームレンズの焦点距離 f_w が短くなると、広画角化のための開口絞り SP より物体側の負の屈折力の屈折力が強まり、光学性能が低下し、更に前玉有効径

10

20

30

40

50

が増加してくるので良くない。

【 0 0 6 1 】

条件式 (4) の上限を上回って、第 2 レンズ群 L 2 の負の焦点距離 f_2 が短くなりすぎると、第 2 レンズ群 L 2 の負の屈折力が強くなりすぎ、後続する第 3 レンズ群 L 3 のレンズ外径が大きくなり、ズームレンズの小型化が困難になる。また、第 2 レンズ群 L 2 の負の焦点距離が短くなると、広角端におけるレンズ全長を短縮化するために、第 3 レンズ群 L 3 以降の正の屈折力を必要以上に強くする必要があり、この結果、球面収差等の軸上の収差が増大し、この収差を補正することが難しくなる。或いは広角端におけるズームレンズの焦点距離 f_w が長くなり、広角端におけるズームレンズの焦点距離を短くするのが困難になる。

10

【 0 0 6 2 】

条件式 (5) は必要なズーム比を得るために、広角端におけるズームレンズの焦点距離 f_w と第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離 f_1 を規定している。条件式 (5) の上限を超えて、第 1 レンズ群 L 1 の正の焦点距離が長くなると、広角端において倍率色収差の補正、望遠端において軸上色収差の補正は容易となる。しかしながらズーミングに際して第 1 レンズ群 L 1 の移動量が大きくなり、レンズ全長が増大してくるため好ましくない。

【 0 0 6 3 】

条件式 (5) の下限値を超えて、第 1 レンズ群 L 1 の正の焦点距離が短くなると、ズームレンズの小型化は容易となるが、少ないレンズ枚数で球面収差やコマ収差等を良好に補正することが困難となる。更に、広角端におけるズームレンズの焦点距離が長くなってくると、所望のズーム比を確保することが困難となる。

20

【 0 0 6 4 】

条件式 (6) は必要なズーム比を得て、かつ、小型のフォーカスレンズ群を得るために、第 4 レンズ群 L 4 の焦点距離 f_4 を規定している。条件式 (6) の上限を超えて、第 4 レンズ群 L 4 の焦点距離が長くなると、第 4 レンズ群 L 4 の屈折力が弱くなりすぎ、後続する第 N レンズ群 L N への入射光束幅が大きくなり、第 N レンズ群 L N の小径化が難しくなり、好ましくない。また、所望のズーム倍率を得るために、第 4 レンズ群 L 4 のズーミングにおける移動量を長く確保する必要があり、レンズ全長の短縮の観点から好ましくない。或いは、望遠端におけるズームレンズの焦点距離 f_t が短くなり、望遠端での所望の撮像画界を得ることが難しくなり、好ましくない。

30

【 0 0 6 5 】

条件式 (6) の下限を超えて、第 4 レンズ群 L 4 の焦点距離が短くなると、第 4 レンズ群 L 4 の正の屈折力が強くなり、後続する第 N レンズ群 L N の小型化には寄与するものの、第 4 レンズ群 L 4 で発生する収差が大きくなる。とりわけ、球面収差を補正するために、第 4 レンズ群 L 4 のレンズ枚数を増やす必要があり、ズームレンズの小型化の観点から好ましくない。

【 0 0 6 6 】

条件式 (7) はレンズ全長の短縮化を図るために、第 N レンズ群 L N から像側のレンズ群の広角端における合成焦点距離 f_{rw} を規定したものである。条件式 (7) の下限を超えて、負の合成焦点距離 f_{rw} が長くなると、第 N レンズ群 L N より像側の負の屈折力が弱くなりすぎる。そうすると、望遠端におけるレンズ全体のテレフト屈折力配置の効果が減少する傾向にあるため、望遠端におけるレンズ全長の短縮化の観点から好ましくない。或いは、バックフォーカス s_{kw} が短くなりすぎ、レンズとカメラとの接続部のメカ的な配置が困難となる。

40

【 0 0 6 7 】

条件式 (7) の上限を超えて、負の合成焦点距離 f_{rw} が短くなると、第 N レンズ群 L N より像側の負の屈折力が強くなりすぎ、広角端におけるレンズ全体のレトロフォーカス効果が減少する屈折力配置になるため、広角端におけるレンズ全長の短縮化が困難になる。また、像面近傍に強い負の屈折力が配置されるため、撮像素子などの像面に配置される素子への光線の入射角度が大きくなり、テレセントリック性が損なわれるため、好ましく

50

ない。或いは、バックフォーカス s_{kw} が長くなりすぎ、レンズ全長の短縮の観点から好ましくない。

【0068】

条件式(8)は各物体距離において、良好なフォーカス性能を得るために、フォーカスレンズ群である第Nレンズ群LNの物体側のレンズ面と像側のレンズ面の形状を設定したものである。条件式(8)の上限を超えると、第Nレンズ群LNの形状は物体側と像側の曲率半径が近くなる両凹形状に近づく。結果、フォーカス時の球面収差の変動が大きくなる傾向にあり、良好なフォーカス性能を得る事が難しくなる。

【0069】

条件式(8)の下限を超えると、第Nレンズ群LNの形状は物体側に凸の強いメニスカス形状になる。結果、各物体距離に対する球面収差の変動の補正が過剰になり好ましくない。また強いメニスカス形状になることで第Nレンズ群LN群の体積が増加するため、ズームレンズの小型化の観点からも好ましくない。

【0070】

条件式(9)は望遠端における良好なフォーカス性能を得るために、第Nレンズ群LNの望遠端におけるフォーカス敏感度(光軸方向のフォーカス群の移動量に対する像面の移動量の比)を適切に設定するものである。条件式(9)の上限を超えて、負のフォーカス敏感度が低くなると、各物体距離における収差の物体距離の変動は少なくできる方向ではあるが、無限遠から至近までの移動量が大きくなりすぎ、第Nレンズ群LNが大型化してしまい好ましくない。条件式(9)の下限を超えて、負のフォーカス敏感度が高くなると、第NレンズLN群の細かな制御が難しくなり、結果として良好な光学性能を得る事が難しくなる。

【0071】

条件式(10)はレンズ全長が短いズームレンズを得るためにレンズ全長とバックフォーカスを適切に設定する条件式である。条件式(10)の上限を超えて、広角端のレンズ全長が長くなると、レンズ全長の短縮化が困難になる。或いは、バックフォーカス s_{kw} が短くなりすぎ、ズームレンズとカメラとの接続部のメカ的な配置が困難となる。

【0072】

条件式(10)の下限を超えて、広角端のレンズ全長が短くなると、レンズ全体の正の屈折力が高くなりすぎ、ベッツバール和のコントロールが困難となり、所望の光学性能を得る事が困難となる。或いはバックフォーカス s_{kw} が長くなりすぎ、レンズ全長の短縮の観点から好ましくない。

【0073】

条件式(11)はズーム全域で良好な光学性能を維持するために、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4のズーミングL4に際する移動量の比を規定している。条件式(11)の上限を超えて、第3レンズ群L3の移動量が長くなると、第3レンズL群L3と第4レンズ群L4が望遠端にかけて広がる方向に移動し、所望のズーム比を得るためには好ましくない。

【0074】

条件式(11)の下限を超えて、第3レンズ群L3の移動量が短くなると、ズーミングに際する像面湾曲の変動を制御しやすくなる。しかしながら、広角端において第3レンズ群L3と第4レンズ群L4を大きく離す必要があるため、広角端におけるレンズ全長の短縮化の観点から好ましくない。

【0075】

なお、各実施例において好ましくは、条件式(1)乃至条件式(11)の数値範囲を次の如く設定すると良い。

【0076】

$$\begin{aligned} 0.205 < f_2^2 / (f_3 \times f_4) < 0.500 & \dots (1a) \\ 2.0 < 4t / 4w < 9.0 & \dots (2a) \\ -4.0 < ff / fw < -1.3 & \dots (3a) \end{aligned}$$

10

20

30

40

50

$-5.0 < f f / f w - 1.746$	$\dots (3a')$
$-1.3 < f 2 / f w < -0.6$	$\dots (4a)$
$2.8 < f 1 / f w < 7.0$	$\dots (5a)$
$0.15 < f 4 / f t < 0.60$	$\dots (6a)$
$-9.0 < f r w / s k w < -1.2$	$\dots (7a)$
$-7.0 < (R f 2 + R f 1) / (R f 2 - R f 1) < -1.0$	$\dots (8a)$
$-6.5 < (1 - f t^2) \times r t^2 < -2.0$	$\dots (9a)$
$4.0 < T T D w / s k w < 17.0$	$\dots (10a)$
$0.4 < m 3 / m 4 < 0.9$	$\dots (11a)$

また、更に好ましくは、各実施例において、条件式(1a)乃至条件式(11a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0077】

$0.21 < f 2^2 / (f 3 \times f 4) < 0.35$	$\dots (1b)$
$2.35 < 4 t / 4 w < 8.50$	$\dots (2b)$
$-3.0 < f f / f w < -1.5$	$\dots (3b)$
$-1.2 < f 2 / f w < -0.7$	$\dots (4b)$
$3.2 < f 1 / f w < 5.0$	$\dots (5b)$
$0.2 < f 4 / f t < 0.5$	$\dots (6b)$
$-8.0 < f r w / s k w < -1.5$	$\dots (7b)$
$-4.5 < (R f 2 + R f 1) / (R f 2 - R f 1) < -1.5$	$\dots (8b)$
$-6.0 < (1 - f t^2) \times r t^2 < -2.5$	$\dots (9b)$
$6.0 < T T D w / s k w < 15.0$	$\dots (10b)$
$0.60 < m 3 / m 4 < 0.85$	$\dots (11b)$

各実施例において、フォーカスレンズ群である第Nレンズ群LNはフォーカシングスピードを速くするためできるだけ軽量であることが良い。そのため、第Nレンズ群LNは2枚以下のレンズよりなる接合レンズ、または1枚の負レンズで構成することが良い。

【0078】

また、ズームレンズを小型化しつつ広画角で高いズーム比を得るには、第1レンズ群L1のレンズ枚数が少ないほど良い。これによれば第1レンズ群L1を通る軸外光束の入射高さが低くなり、第1レンズ群L1の有効径を小さくすることができる。そのため、各実施例では、第1レンズ群L1のレンズ枚数は3枚以下の構成とするのが良い。

【0079】

また、第2レンズ群L2は広画角化を図るために、物体側より像側へ順に2枚の負レンズと、1枚の正レンズを有することが好ましい。第2レンズ群L2を負の屈折力とし、広画角化を容易にしている。

【0080】

また、本発明によれば、後群LRの屈折力を適切に設定することによって軸外諸収差、特に非点収差・歪曲収差を良好に補正している。更に広画角化及び高ズーム比化を図った際の球面収差、コマ収差の補正を効果的に行っている。

【0081】

各実施例では以上の様に各要素を構成することで、レンズ全長が短くレンズ有効径を小型にしつつ、高いフォーカス性能を有するズームレンズを得ている。

【0082】

なお、以上説明した各実施例では、後群LRが2または3のレンズ群からなるズームレンズを例に説明したが、本発明の適用範囲はこれに限られない。後群LRが第Nレンズ群としての特徴を満たす1つのレンズ群から構成されていてもよい。または、後群LRが4つ以上のレンズ群から構成されていてもよい。

【0083】

次に本発明のズームレンズを撮像光学系として用いたデジタルスチルカメラ(撮像装置)の実施例に関して図11を用いて説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 4 】

図 1 1 において、1 0 はカメラ本体、1 1 は本発明のズームレンズによって構成された撮像光学系である。1 2 はカメラ本体に内蔵され、撮像光学系 1 1 によって形成された被写体像を受光する C C D センサや C M O S センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。

【 0 0 8 5 】

以下に実施例 1 乃至 5 に対応する数値データ 1 乃至 5 を示す。各数値データにおいて i は物体側からの面の順番を示す。数値データにおいて r_i は物体側より順に第 i 番目のレンズ面の曲率半径、 d_i は物体側より順に第 i 番目のレンズ厚及び空気間隔、 nd_i と vd_i は各々物体側より順に第 i 番目のレンズの材料の屈折率とアッペ数である。B F はバックフォーカスである。非球面形状は光軸方向に X 軸、光軸と垂直方向に H 軸、光の進行方向を正とし、R を近軸曲率半径、K、A 2、A 4、A 6、A 8、A 1 0、A 1 2 を各々非球面係数とすると、

【 0 0 8 6 】

【 数 1 】

$$X = \frac{(1/R)}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(H/R)^2}} + A2 \times H^2 + A4 \times H^4 + A6 \times H^6 + A8 \times H^8 + A10 \times H^{10} + A12 \times H^{12}$$

【 0 0 8 7 】

で与えるものとする。

【 0 0 8 8 】

各非球面係数において「e - x」は「1 0^{-x}」を意味する。また、焦点距離、F ナンバー等のスペックに加え、ズームレンズの撮像半画角、像高は撮像半画角を決定する最大像高である。バックフォーカス B F は最終レンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離を示している。レンズ全長は、第 1 レンズ面から最終レンズ面までの光軸上の距離に、バックフォーカスを加えた長さを示している。また、各レンズ群データは各レンズ群とそれらの焦点距離を示している。

【 0 0 8 9 】

また、各光学面の間隔 d が（可変）となっている部分はズーミングに際して変化するものであり、別表に焦点距離に応じた面間隔を記している。尚、以下に記載する数値データ 1 乃至 5 のレンズデータに基づく各条件式の計算結果を表 1 に示す。

【 0 0 9 0 】

（数値データ 1）

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	211.125	2.10	1.80810	22.8
2	80.660	6.03	1.77250	49.6
3	248.854	0.15		
4	57.558	6.97	1.77250	49.6
5	160.440	(可変)		
6	66.217	1.40	1.88300	40.8
7	18.113	8.41		
8	-206.710	1.20	1.61800	63.4
9	22.688	4.36	1.85478	24.8
10	79.196	4.20		
11	-35.317	1.20	1.58313	59.4
12*	-312.513	0.43		

13	910.041	5.47	1.59270	35.3
14	-19.928	1.10	1.88300	40.8
15	-47.138	(可変)		
16(絞り)	0.40			
17	81.194	4.45	1.83481	42.7
18	-54.244	0.15		
19	41.217	7.25	1.49700	81.5
20	-32.257	1.10	2.00069	25.5
21	-293.896	2.41		
22*	-71.464	1.75	1.76802	49.2
23	64.990	1.91	1.80810	22.8
24	199.742	(可変)		
25	30.855	6.56	1.59522	67.7
26	-85.643	0.35		
27	38.493	1.20	1.73800	32.3
28	22.868	7.83	1.53775	74.7
29	-71.877	0.15		
30*	-4310.465	1.70	1.85400	40.4
31*	109.508	(可変)		
32	53.194	0.90	1.80400	46.6
33	22.891	(可変)		
34*	-42.821	1.70	1.58313	59.4
35*	-2156.781	0.15		
36	344.261	3.20	2.00100	29.1
37	-88.670	(可変)		

像面

非球面データ

第12面

K = 0.00000e+000 A 4=-5.69442e-006 A 6=-2.29053e-009 A 8=-4.72363e-011 A10= 4.65343e-013 A12=-1.99227e-015

第22面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.87606e-006 A 6= 1.45872e-009 A 8= 2.78338e-011 A10=-2.10980e-013 A12= 3.98590e-016

第30面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.01869e-005 A 6= 6.17344e-008 A 8=-2.64177e-010 A10=-2.98832e-013 A12= 2.64092e-015

第31面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.63774e-006 A 6= 9.32838e-008 A 8=-2.34772e-010 A10=-7.39973e-013 A12= 4.51086e-015

第34面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.51719e-005 A 6= 1.25180e-007 A 8=-5.32709e-010 A10= 5.08044e-013 A12= 7.30860e-016

第35面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.60571e-005 A 6= 1.26402e-007 A 8=-6.23562e-010 A10= 1.45147e-012 A12=-1.39940e-015

各種データ

ズーム比	2.74		
	広角	中間	望遠
焦点距離	24.72	43.75	67.65
Fナンバー	2.91	2.91	2.91

10

20

30

40

50

半画角 (度)	41.19	26.31	17.74
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	144.34	158.19	172.04
BF	14.31	25.73	35.97
d 5	0.80	17.81	28.91
d15	16.54	8.10	2.46
d24	11.55	5.41	3.56
d31	2.38	1.11	0.91
d33	12.58	13.85	14.04
d37	14.31	25.73	35.97

10

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	110.39
2	6	-18.97
3	16	57.70
4	25	28.23
5	32	-50.65
6	34	783.07

(数値データ 2)

単位 mm

20

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	161.515	2.10	1.80809	22.8
2	79.872	6.59	1.77250	49.6
3	333.053	0.15		
4	54.361	6.22	1.72916	54.7
5	156.778	(可変)		
6	130.015	1.35	1.88300	40.8
7	18.616	9.25		
8	-89.388	1.30	1.53775	74.7
9	23.767	4.12	1.85478	24.8
10	60.588	4.64		
11	-65.476	2.66	1.88300	40.8
12	-32.068	0.69		
13	-26.771	1.35	1.76802	49.2
14*	-50.891	(可変)		
15(絞り)		0.40		
16	91.577	2.48	1.88300	40.8
17	-304.082	0.15		
18	37.554	8.52	1.49700	81.5
19	-28.731	1.40	1.95375	32.3
20	-63.707	1.02		
21*	-96.704	1.90	1.76802	49.2
22	65.000	1.78	1.90366	31.3
23	132.291	(可変)		
24	27.626	6.95	1.49700	81.5
25	-102.616	0.35		
26	83.438	3.31	1.59522	67.7
27	-92.579	0.15		
28	74.322	5.83	1.53775	74.7

30

40

50

29 -29.356 1.45 1.85400 40.4
 30* 10000.000 (可変)
 31 69.619 0.88 1.95375 32.3
 32 26.524 (可変)
 33* -44.805 1.70 1.58313 59.4
 34* -3044.392 0.15
 35 -500.000 3.83 2.00069 25.5
 36 -56.199 (可変)

像面

非球面データ

10

第14面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.55372e-006 A 6=-4.44156e-009 A 8= 2.42864e-011 A10=-2.55074e-013 A12= 5.39868e-016

第21面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.70448e-006 A 6= 2.73805e-010 A 8= 3.65782e-011 A10=-2.55152e-013 A12= 4.67611e-016

第30面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.15407e-005 A 6= 3.68704e-010 A 8= 1.79757e-010 A10=-8.43371e-013 A12= 2.53994e-015

第33面

20

K = 0.00000e+000 A 4=-3.02830e-005 A 6= 4.59403e-008 A 8=-1.39878e-010 A10=-1.16192e-012 A12= 2.72442e-015

第34面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.07871e-005 A 6= 8.23526e-008 A 8=-3.67006e-010 A10= 5.94084e-013 A12=-2.60605e-016

各種データ

ズーム比 2.75

	広角	中間	望遠
焦点距離	24.72	44.00	67.90
Fナンバー	2.91	2.91	2.91
半画角(度)	41.19	26.18	17.67
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	145.95	153.27	160.58
BF	12.45	26.49	31.69
d 5	0.80	14.02	22.83
d14	22.28	9.96	2.40
d23	11.13	5.98	3.38
d30	3.14	1.60	1.50
d32	13.48	12.55	16.12
d36	12.45	26.49	31.69

30

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	90.00
2	6	-20.93
3	15	68.32
4	24	30.32
5	31	-45.38
6	33	267.26

(数値データ3)

単位 mm

40

50

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	200.000	2.10	1.80809	22.8
2	79.285	7.12	1.77250	49.6
3	418.295	0.15		
4	51.172	6.46	1.72916	54.7
5	115.687	(可変)		
6	104.876	1.35	1.88300	40.8
7	18.183	10.29		
8	-78.319	1.30	1.53775	74.7
9	25.899	4.28	1.85478	24.8
10	78.908	3.85		
11	245.224	4.38	1.88300	40.8
12	-43.197	1.35	1.76802	49.2
13*	182.315	(可変)		
14(絞り)		0.40		
15	52.693	2.82	1.88300	40.8
16	333.826	0.15		
17	40.931	9.18	1.49700	81.5
18	-29.811	1.40	1.95375	32.3
19	-115.074	1.02		
20*	-202.910	1.90	1.76802	49.2
21	65.000	1.56	1.90366	31.3
22	107.749	(可変)		
23	27.055	7.30	1.49700	81.5
24	-86.200	0.15		
25	78.034	3.24	1.59522	67.7
26	-103.467	0.15		
27	84.902	4.37	1.53775	74.7
28	-38.525	1.45	1.85400	40.4
29*	-1848.701	(可変)		
30	37.828	0.88	1.95375	32.3
31	21.967	(可変)		
32	218.008	4.67	1.66680	33.0
33	-40.214	1.70	1.55332	71.7
34*	55.356	(可変)		

10

20

30

像面

非球面データ

第13面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.73965e-006 A 6=-1.69162e-009 A 8=-2.49633e-011 A10= 3.44870e-014 A12=-9.82913e-017

40

第20面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.56342e-006 A 6= 4.17422e-009 A 8= 1.65347e-011 A10=-3.31421e-013 A12= 8.61220e-016

第29面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.39106e-005 A 6= 2.07325e-008 A 8= 5.03201e-011 A10= 9.52529e-014 A12= 4.59360e-016

第34面

K = 0.00000e+000 A 4=-6.17719e-006 A 6=-4.13751e-009 A 8=-5.99556e-011 A10= 2.95904e-013 A12=-5.94251e-016

50

各種データ

ズーム比	2.75		
	広角	中間	望遠
焦点距離	24.72	42.99	67.89
Fナンバー	2.91	2.91	2.91
半画角(度)	41.19	26.72	17.67
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	145.95	154.51	163.06
BF	17.52	24.59	30.66
d 5	0.80	15.29	26.19
d13	23.36	12.52	4.66
d22	7.61	3.55	1.51
d29	2.82	1.60	1.50
d31	8.87	11.97	13.57
d34	17.52	24.59	30.66

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	100.55
2	6	-22.21
3	14	79.75
4	23	28.50
5	30	-56.46
6	32	-250.65

(数値データ4)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	180.824	2.10	1.80809	22.8
2	85.891	5.95	1.77250	49.6
3	376.338	0.15		
4	57.750	5.66	1.72916	54.7
5	121.459	(可変)		
6	107.116	1.35	1.88300	40.8
7	18.976	9.66		
8	-74.468	1.30	1.53775	74.7
9	22.631	4.30	1.85478	24.8
10	52.540	2.08		
11	61.952	2.28	1.88300	40.8
12	205.264	(可変)		
13(絞り)		0.40		
14	63.944	2.58	1.88300	40.8
15	242.963	0.15		
16	32.864	5.51	1.49700	81.5
17	-26.177	1.40	1.95375	32.3
18	-152.899	1.26		
19*	-254.605	1.20	1.76802	49.2
20	65.000	0.00		
21	65.000	1.63	1.76182	26.5
22	336.267	(可変)		
23	35.515	5.72	1.49700	81.5

10

20

30

40

50

24	-32.768	0.15		
25	92.018	3.02	1.49700	81.5
26	-47.866	1.20	1.85400	40.4
27*	-69.489	(可変)		
28	39.516	0.88	1.95375	32.3
29	19.940	(可変)		
30	32.993	4.92	1.69895	30.1
31	112.565	1.70	1.55332	71.7
32*	21.166	(可変)		

像面

10

非球面データ

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 8.46983e-007 A 6=-2.67211e-009 A 8= 2.35466e-010 A10=-2.95314e-012 A12= 1.05704e-014

第27面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.15030e-005 A 6=-1.26345e-008 A 8= 1.98666e-010 A10=-1.31987e-012 A12= 3.82284e-015

第32面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.40648e-005 A 6=-1.36335e-009 A 8=-6.57029e-011 A10= 1.11094e-013 A12=-4.19164e-016

20

各種データ

ズーム比 4.13

	広角	中間	望遠
焦点距離	24.72	53.96	102.00
Fナンバー	4.12	4.12	4.12
半画角(度)	41.19	21.85	11.98
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	133.43	152.26	171.08
BF	18.51	32.77	43.74
d 5	0.80	23.06	41.96
d12	26.96	12.42	2.40
d22	7.90	4.36	3.25
d27	6.20	3.16	1.50
d29	6.51	9.93	11.69
d32	18.51	32.77	43.74

30

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	113.35
2	6	-27.36
3	13	95.41
4	23	26.70
5	28	-43.15
6	30	-250.35

40

(数値データ5)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	200.000	2.10	1.80809	22.8
2	92.909	5.94	1.77250	49.6
3	369.700	0.15		

50

4	58.021	7.51	1.72916	54.7
5	167.674	(可変)		
6	206.797	1.35	1.88300	40.8
7	18.816	9.65		
8	-106.150	1.30	1.53775	74.7
9	25.609	6.02	1.85478	24.8
10	70.006	2.45		
11	-221.640	2.95	1.85400	40.4
12*	-99.731	(可変)		
13(絞り)		0.40		
14	49.441	3.72	1.88300	40.8
15	163.827	0.15		
16	37.488	8.23	1.49700	81.5
17	-30.900	1.40	1.95375	32.3
18	-95.459	1.02		
19*	-155.610	1.90	1.76802	49.2
20	65.000	1.71	1.90366	31.3
21	123.887	(可変)		
22	28.654	6.65	1.49700	81.5
23	-77.933	0.15		
24	72.759	3.04	1.59522	67.7
25	-105.134	0.15		
26	58.408	5.30	1.53775	74.7
27	-29.821	1.45	1.85400	40.4
28*	168.702	(可変)		
29	100.707	1.90	1.88300	40.8
30	-200.000	0.90	1.72493	43.3
31	22.011	(可変)		
32	-30.000	2.00	1.58313	59.4
33*	-53.407	(可変)		
34	-1263.205	3.58	2.05090	26.9
35	-69.134	(可変)		

10

20

30

像面

非球面データ

第12面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.32723e-006 A 6=-8.11631e-009 A 8= 3.31457e-011 A10=-2.01651e-013 A12= 3.05887e-016

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.51660e-006 A 6=-6.19820e-009 A 8= 1.09651e-010 A10=-7.26807e-013 A12= 1.58997e-015

40

第28面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.27530e-005 A 6=-2.75454e-010 A 8= 5.08670e-010 A10=-3.58809e-012 A12= 1.05766e-014

第33面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.65611e-006 A 6=-7.97771e-009 A 8=-1.77502e-011 A10= 8.82983e-014 A12=-3.07075e-016

各種データ

ズーム比 2.75

広角	中間	望遠
----	----	----

焦点距離	24.72	44.00	67.90
------	-------	-------	-------

50

Fナンバー 2.91 2.91 2.91
 半画角（度） 41.19 26.18 17.67
 像高 21.64 21.64 21.64
 レンズ全長 147.28 154.72 162.16
 BF 10.83 15.81 20.79
 d 5 0.80 16.33 26.39
 d12 27.84 14.26 5.01
 d21 7.70 3.34 1.65
 d28 2.45 1.60 1.81
 d31 13.79 17.76 18.44
 d33 0.80 2.55 5.00
 d35 10.83 15.81 20.79

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1 1 100.55
 2 6 -23.82
 3 13 73.64
 4 22 30.68
 5 29 -43.61
 6 32 -121.20
 7 34 69.49

【 0 0 9 1 】

【 表 1 】

	条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
条件式 (1)	$0.2 < f_2^2 / (f_3 \times f_4) < 1.0$	0.221	0.211	0.217	0.294	0.251
条件式 (2)	$2.0 < \beta_4 t / \beta_4 w < 10.0$	2.981	5.617	2.399	2.050	8.376
条件式 (3)	$-5.0 < f f / f w < -1.0$	-2.049	-1.836	-2.284	-1.746	-1.764
条件式 (4)	$-1.5 < f_2 / f w < -0.5$	-0.768	-0.847	-0.898	-1.107	-0.964
条件式 (5)	$2.0 < f_1 / f w < 10.0$	4.466	3.641	4.067	4.585	4.067
条件式 (6)	$0.1 < f_4 / f t < 0.7$	0.417	0.447	0.420	0.262	0.452
条件式 (7)	$-10.0 < f r w / s k w < -1.0$	-4.004	-5.012	-2.500	-1.787	-7.402
条件式 (8)	$-7.0 < (R f_2 + R f_1) / (R f_2 - R f_1) < -0.5$	-2.511	-2.231	-3.770	-3.037	-1.559
条件式 (9)	$-7.0 < (1 - \beta f t^2) \beta r t^2 < -1.0$	-3.001	-3.059	-2.732	-5.522	-2.772
条件式 (10)	$3.0 < T T D w / s k w < 20.0$	10.088	11.722	8.331	7.208	13.594
条件式 (11)	$0.3 < m_3 / m_4 < 1.0$	0.631	0.617	0.676	0.819	0.690

【 符号の説明 】

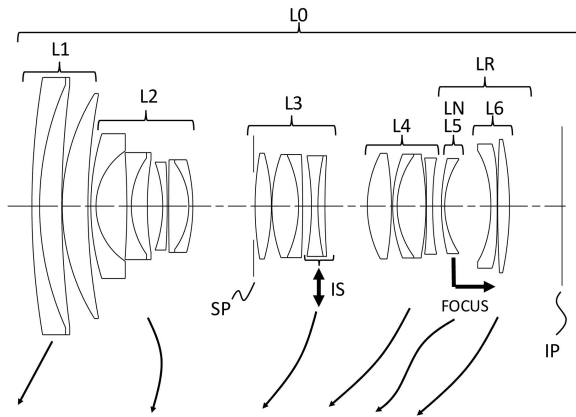
【 0 0 9 2 】

L 1 第 1 レンズ群 L 2 第 2 レンズ群 L 3 第 3 レンズ群
 L 4 第 4 レンズ群 L N 第 N レンズ群（フォーカシング群）

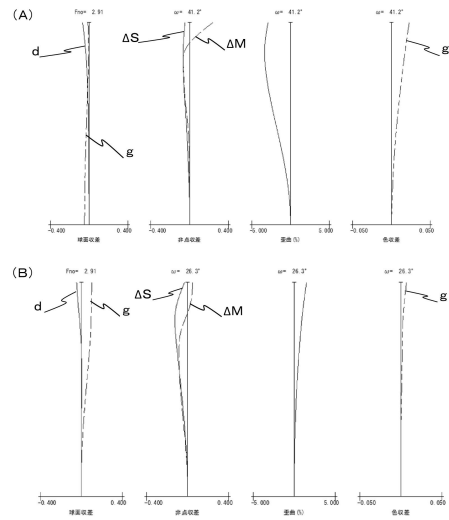
L 0 ズームレンズ

【図面】

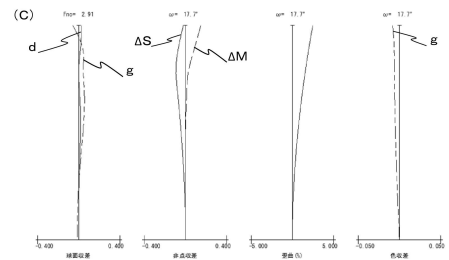
【図 1】



【図 2】

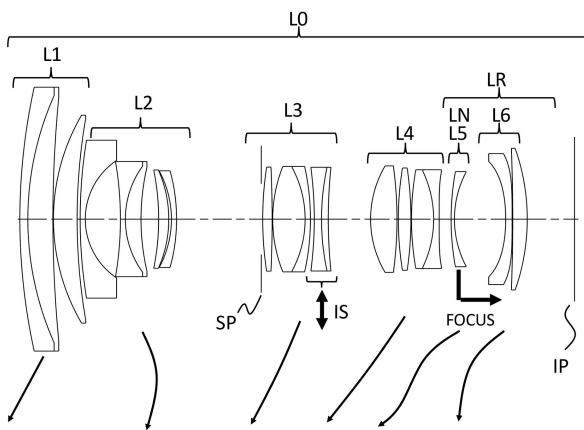


10

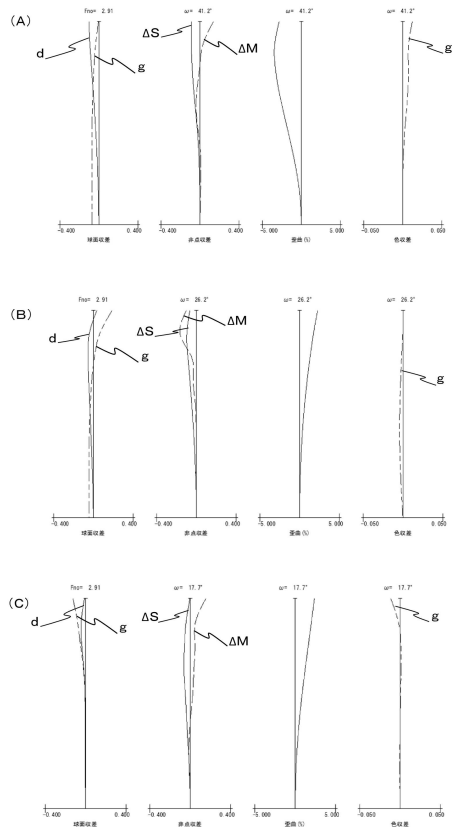


20

【図 3】



【図 4】

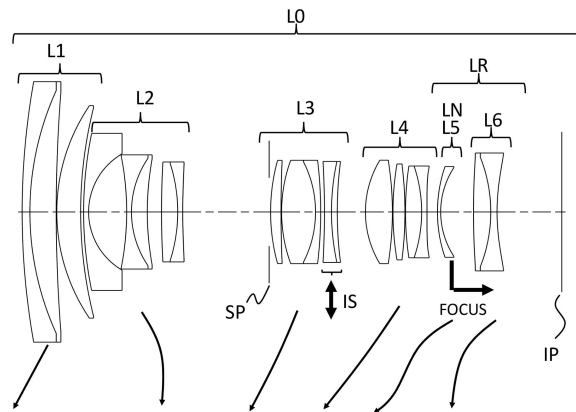


30

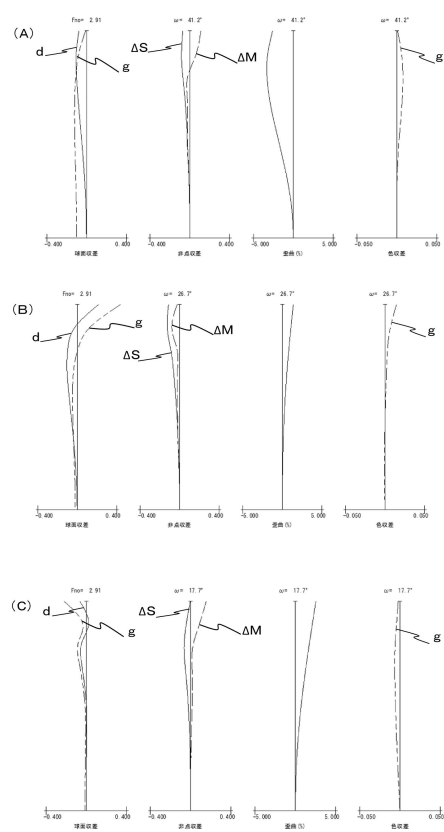
40

50

【図 5】



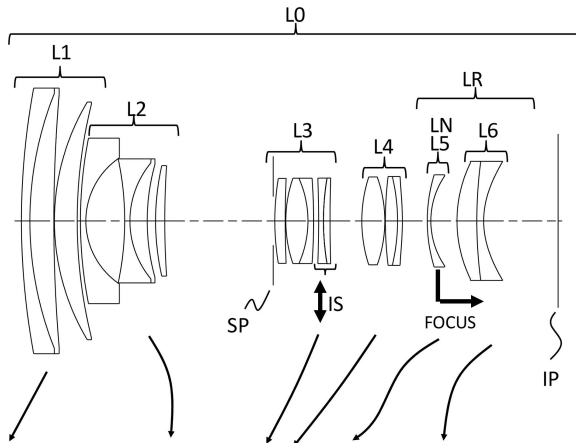
【図 6】



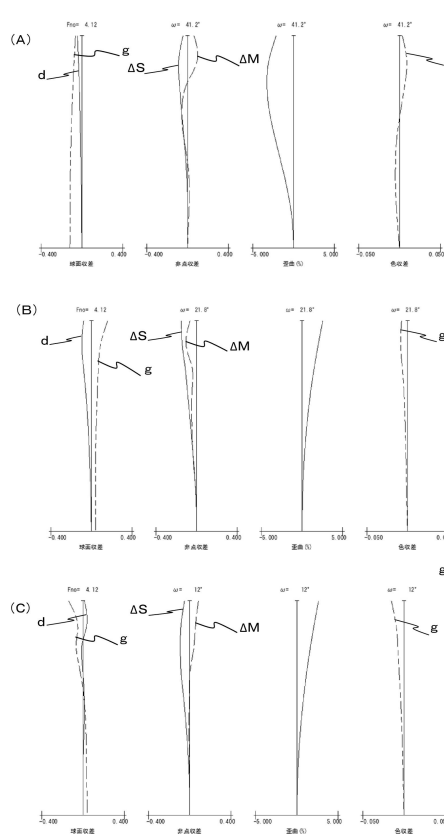
10

20

【図 7】



【図 8】

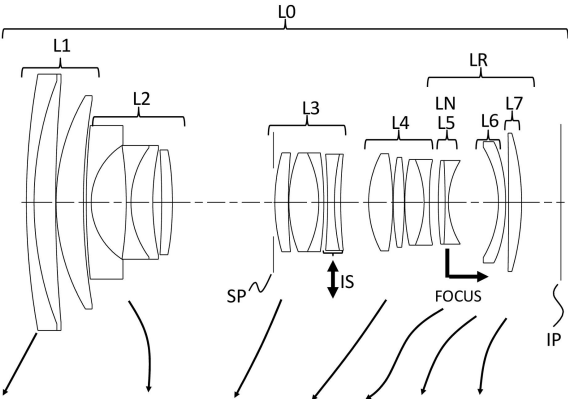


30

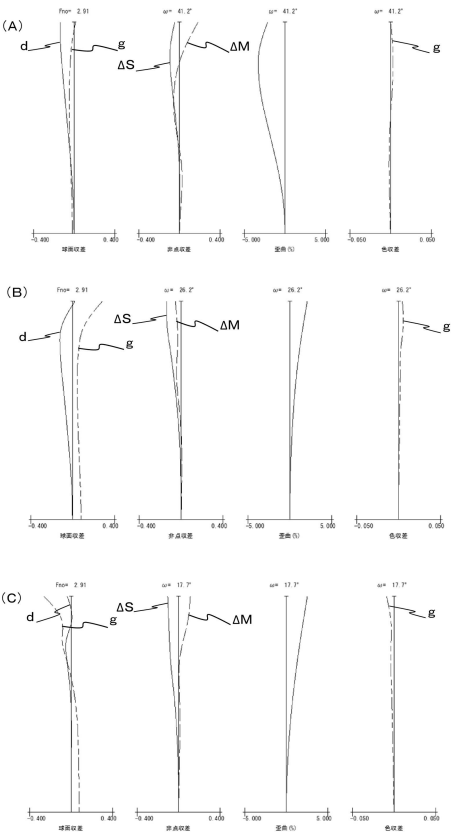
40

50

【図 9】



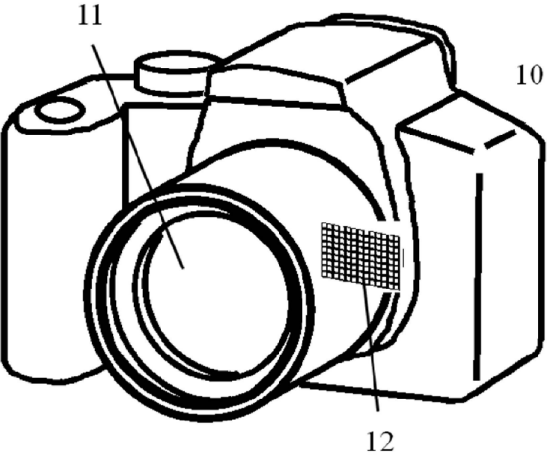
【図 10】



10

20

【図 11】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 8 - 1 6 9 5 6 3 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 1 3 4 1 0 4 (J P , A)
特開 2 0 1 8 - 0 5 4 9 8 0 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 1 6 8 9 3 3 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 1 0 2 3 2 3 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 0 8 0 8 2 4 (J P , A)
特開平 1 0 - 0 3 9 2 1 5 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 1 9 8 8 8 7 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 1 7 6 7 7 8 (U S , A 1)
中国特許出願公開第 1 0 2 7 5 9 7 9 2 (C N , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 2 B 9 / 0 0 - 1 7 / 0 8
G 0 2 B 2 1 / 0 2 - 2 1 / 0 4
G 0 2 B 2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 4
C O D E V