

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成29年12月28日(2017.12.28)

【公開番号】特開2016-102886(P2016-102886A)

【公開日】平成28年6月2日(2016.6.2)

【年通号数】公開・登録公報2016-034

【出願番号】特願2014-240825(P2014-240825)

【国際特許分類】

G 02 B 15/20 (2006.01)

G 02 B 13/18 (2006.01)

G 03 B 5/00 (2006.01)

【F I】

G 02 B 15/20

G 02 B 13/18

G 03 B 5/00 J

【手続補正書】

【提出日】平成29年11月16日(2017.11.16)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側より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、負の屈折力の第4レンズ群、又は負の屈折力の第5レンズ群からなり、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ズームレンズであって、

前記第2レンズ群は4枚以下のレンズからなり、

前記第3レンズ群は4枚以上のレンズからなり、

前記第3レンズ群における最も像側に配置されたレンズと像側から数えて2番目のレンズのうち、一方は正レンズで他方は負レンズであり、

前記第2レンズ群の焦点距離をf2、前記第3レンズ群の焦点距離をf3、前記第4レンズ群の焦点距離をf4、望遠端における全系の焦点距離をft、広角端における全系の焦点距離をfw、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の移動量をM1とし、広角端に比べて望遠端においてレンズ群が物体側に位置するときの移動量の符号を負、像側に位置するときの移動量の符号を正とするとき、

-1.9 < f3 / f2 < -1.2

-0.8 < M1 / ft < -0.4

-15.00 < f4 / fw - 4.327

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5レンズ群は正の屈折力を有し、前記第2レンズ群は3枚又は4枚のレンズからな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3レンズ群における像側から数えて2番目のレンズと3番目のレンズは、互いに空気を隔てて配置されていることを特徴とする請求項1又は2に記載のズームレンズ。

【請求項4】

1 . 5 < f 3 / f w < 2 . 3

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 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

- 1 . 5 < f 2 / f w < - 0 . 9

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 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 4 レンズ群と前記第 5 レンズ群はいずれも 2 枚以下のレンズからなることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第 1 レンズ群は 4 枚以下のレンズからなることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

像ぶれ補正に際して、前記第 3 レンズ群における最も像側に配置されたレンズと像側から数えて 2 番目のレンズは、光軸に対して垂直な方向の成分を持つ方向に移動することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

フォーカシングに際して前記第 4 レンズ群が移動することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 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。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズに関するものであり、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、銀塩フィルム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、固体撮像素子を用いた撮像装置は、高機能化され、又装置全体が小型化されている。そしてそれに用いる撮像光学系として明るくかつ高ズーム比で、しかも全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有したズームレンズであること等が要求されている。

【0003】

これらの要求を満足するズームレンズの 1 つとして、物体側より像側へ順に、正、負、正、負、正の屈折力の第 1 レンズ群乃至第 5 レンズ群よりなる 5 群ズームレンズが知られている（特許文献 1，2）。特許文献 1、2 では各レンズ群を移動させてズーミングを行ったズームレンズを開示している。特に特許文献 2 では第 4 レンズ群を移動させてフォーカシングを行った小型のズームレンズを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2007-225821 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 237588 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

前述した屈折力配置の 5 群ズームレンズは全系の小型化を図りつつ、高ズーム比化を図りつつ高い光学性能を得ることが比較的容易である。しかしながら望遠端での焦点距離を長くしつつ、高ズーム比化を図ろうとすると球面収差、非点収差、そして色収差等の諸収差が増大してきて、高い光学性能を維持するのが難しくなってくる。また望遠端における F ナンバーを小さくして、明るくしようとすると、望遠端において球面収差、コマ収差等の諸収差の発生が増大してくる。

【0006】

5 群ズームレンズにおいて、全系の小型化を図りつつ、高ズーム比化を図り、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るには、各レンズ群の屈折力やレンズ構成、そして各レンズ群のズーミングに伴う移動条件等を適切に設定することが重要となる。例えば、ズーミングの際の第 1 レンズ群の移動量を適切に設定することが重要になってくる。これらの要素を適切に設定しないと全系の小型化を図り、かつ高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能を得るのが大変困難になってくる。

【0007】

特許文献 1 のズームレンズでは第 1 レンズ群の屈折力が弱い為に第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の間隔変化による変倍作用が小さく、変倍比（ズーム比）3 度程ながら広角端に比べて望遠端で第 1 レンズ群が大きく物体側に移動している。このためズーム比を大きくしようとすると、レンズ全長が長くなってくる。特許文献 2 では第 1 レンズ群の屈折力は強く、変倍比 10 度程を有している。しかしながら望遠端において球面収差が多いため、望遠端での F 値が F 7 度程である。F 値を明るくしようとすると第 1 レンズ群のレンズ枚数が増加し、全系が大型化してくる。

【0008】

本発明は、高ズーム比で全ズーム範囲にわたり高い光学性能が容易に得られる全系が小型のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のズームレンズは、物体側より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、負の屈折力の第 4 レンズ群、正又は負の屈折力の第 5 レンズ群からなり、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ズームレンズであって、

前記第 2 レンズ群は 4 枚以下のレンズからなり、

前記第 3 レンズ群は 4 枚以上のレンズからなり、

前記第 3 レンズ群における最も像側に配置されたレンズと像側から数えて 2 番目のレンズのうち、一方は正レンズで他方は負レンズであり、

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 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第 1 レンズ群の移動量を M_1 とし、広角端に比べて望遠端においてレンズ群が物体側に位置するときの移動量の符号を負、像側に位置するときの移動量の符号を正とするとき、

$$\begin{aligned} & -1.9 < f_3 / f_2 < -1.2 \\ & -0.8 < M_1 / f_t < -0.4 \\ & -15.00 < f_4 / f_w - 4.327 \end{aligned}$$

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】

【0010】

本発明によれば、高ズーム比で全ズーム範囲にわたり高い光学性能が容易に得られる全

系が小型のズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【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】(A)、(B)、(C) 実施例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における諸収差図

【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】(A)、(B)、(C) 実施例2のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における諸収差図

【図5】参考例1のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図6】(A)、(B)、(C) 参考例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における諸収差図

【図7】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8】(A)、(B)、(C) 実施例3のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における諸収差図

【図9】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10】(A)、(B)、(C) 実施例4のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における諸収差図

【図11】(A)、(B)、(C) 参考例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における光路図

【図12】撮像装置の一例としての要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0012】

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詳細に説明する。本発明のズームレンズは、物体側より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、負の屈折力の第4レンズ群、正又は負の屈折力の第5レンズ群からなる。そして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。

【0013】

図1は本発明での実施例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、図2(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端（長焦点距離端）における収差図である。実施例1のズームレンズはズーム比9.64、Fナンバー2.88～5.77である。

【0014】

図3は本発明での実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図4(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例2のズームレンズはズーム比9.55、Fナンバー2.88～5.77である。

【0015】

図5は本発明での参考例1のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図6(A)、(B)、(C)はそれぞれ参考例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。参考例1のズームレンズはズーム比3.80、Fナンバー2.40～3.89である。

【0016】

図7は本発明での実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図8(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例3のズームレンズはズーム比3.80、Fナンバー2.88～4.58である。

【0017】

図9は本発明での実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図10(A)

)、(B)、(C)はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例4のズームレンズはズーム比3.80、Fナンバー2.40～3.84である。

【0018】

図11(A)、(B)、(C)は参考例1のズームレンズの広角端と中間のズーム位置、望遠端における光路図である。図12は本発明の撮像装置の要部概略図である。

【0019】

各実施例と参考例1のズームレンズは、ビデオカメラ、デジタルカメラ、監視用カメラ、TVカメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系である。レンズ断面図において、左方が被写体側(物体側)(前方)で、右方が像側(後方)である。レンズ断面図において、L1は正の屈折力(光学的パワー=焦点距離の逆数)の第1レンズ群、L2は負の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群、L4は負の屈折力の第4レンズ群、L5は正又は負の屈折力の第5レンズ群である。

【0020】

実施例1、2、参考例1、実施例3は第5レンズ群L5の屈折力は正である。実施例4は第5レンズ群L5の屈折力は負である。各実施例と参考例1のレンズ断面図において、SPは解放Fナンバーの光束を決定する開口絞りであり、第3レンズ群L3の物体側又は第3レンズ群L3中に位置している。Pは光学フィルター、フェースプレート等に相当する光学ブロックである。Iは像面であり、ビデオカメラやデジタルカメラの撮像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)の撮像面に相当し、銀塩フィルム用カメラの撮像光学系として使用する際にはフィルム面に相当する。

【0021】

収差図において、FnoはFナンバー、 θ は半画角(度)である。球面収差において、dはd線(実線)、gはg線(点線)を表示し、非点収差において、Mはd線におけるメリジオナル像面、Sはサジタル像面 Sを表示し、歪曲収差においてはd線を表示し、倍率色収差においてはd線に対するg線の収差を表示している。

【0022】

レンズ断面図において矢印は広角端から望遠端へのズーミングに際しての各レンズ群と無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングをするときの移動方向を示している。尚、以下の各実施例と参考例1において広角端と望遠端は変倍レンズ群が機構上光軸上移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。

【0023】

実施例1、2では、ズーミングに際して矢印のように、第1レンズ群L1乃至第4レンズ群L4が移動する。第5レンズ群L5は不動である。参考例1、実施例3、4ではズーミングに際して矢印のように第1レンズ群L1乃至第5レンズ群L5が移動する。

【0024】

実施例1、2、参考例1、実施例3、4では、第4レンズ群L4を光軸上、移動させてフォーカシングを行うリアフォーカス式を採用している。第4レンズ群L4に関する実線の曲線4aと点線の曲線4bは、各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの変倍に伴う像面変動を補正するための移動軌跡である。また、望遠端において無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合には、矢印4cに示すように第4レンズ群L4を像側に繰り込むことで行っている。

【0025】

本発明のズームレンズでは、物体側から像側へ順に、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、負の屈折力の第4レンズ群、正又は負の屈折力の第5レンズ群より構成されている。このような構成により、全系の小型化と高ズーム比を達成している。

【0026】

ズーミングに際し各レンズ群の間隔を変化させている。ズーミングに際して、第1レン

ズ群 L 1 を不動にすると、第 2 レンズ群 L 2 以降のレンズ群の移動が規制されてしまう。その結果、第 1 レンズ群の正の屈折力を強くして、第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 の間隔変化で主に変倍を行なう事になる。一方で、第 1 レンズ群 L 1 の正の屈折力が強い場合、少ない構成レンズ枚数では望遠端において軸上色収差と球面収差の補正が困難になる。

【 0 0 2 7 】

そこで、本発明ではズーミングに際し第 1 レンズ群 L 1 を移動させる事により、第 1 レンズ群 L 1 と同じ正の屈折力を有する第 3 レンズ群 L 3 に正の屈折力を分担している。そして第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 の間隔変化と、第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 の間隔変化の両方で効率的に変倍を行なっている。また、全系の小型化の為には全体的に各レンズ群の屈折力を強くするのが効果的であるが、収差補正の為に構成レンズ枚数が増加してくる。特に、有効径が大きいレンズ群では大きさや質量が増大してくる。

【 0 0 2 8 】

そこで本発明では、レンズ有効径が比較的小さい第 3 レンズ群 L 3 の構成レンズ枚数を 4 枚以上とし、第 3 レンズ群 L 3 より有効径が大きくなり易い第 2 レンズ群 L 2 を 4 枚以下のレンズとしている。具体的には 3 枚又は 4 枚とする事により、大きさや質量の増大を抑制しながら諸収差の補正を良好に行なっている。なお、第 5 レンズ群 L 5 を正の屈折力より構成すると、像面湾曲の補正が有利になる為、第 2 レンズ群 L 2 のレンズ枚数を 3 枚又は 4 枚のレンズで構成するのが容易になる。

【 0 0 2 9 】

第 3 レンズ群 L 3 の像側から数えた 2 枚のレンズは物体側から像側へ順に、正レンズ、負レンズ、または、物体側から像側へ順に負レンズ、正レンズより構成している。第 3 レンズ群 L 3 で軸外光線の入射高さが高くなる像側から 1 枚目のレンズまたは 2 枚目のレンズには負レンズを配して倍率色収差を補正している。但し、第 3 レンズ群 L 3 で像側に負の屈折力のレンズを配置すると、第 3 レンズ群 L 3 の物体側で正の屈折力が強くなり球面収差やコマ収差が増大してくる。

【 0 0 3 0 】

そこで本発明では、第 3 レンズ群 L 3 の最も像側に配置されたレンズと、像側から数えて 2 番目に配置されたレンズのうち、一方は正レンズで、他方は負レンズとし、第 3 レンズ群 L 3 で物体側に正の屈折力が寄るのを抑制している。

【 0 0 3 1 】

図 11 の光路図における各光線は、参考例 1を例としてとったときの軸上光束と最軸外光束を表している。光束を示す各線は光束の最周辺の光線と光束中心の光線である。図 11 から、本発明のズームレンズでは第 3 レンズ群 L 3 に入射する軸上光束はズーム全域で太く、第 3 レンズ群 L 3 中の物体側のレンズは球面収差やコマ収差の補正に大きく寄与するのが分かる。

【 0 0 3 2 】

その為、第 3 レンズ群 L 3 中で像側に負の屈折力のレンズを配置して第 3 レンズ群 L 3 中の物体側で正の屈折力が強くなると、球面収差やコマ収差の補正が困難となる。また、第 3 レンズ群 L 3 から像側に行く程、軸上光束と軸外光束が分離されて軸外光束の光線の入射高さが高くなる為、倍率色収差への寄与率が上がるのが分かる。

【 0 0 3 3 】

本発明のズームレンズでは前述の如く構成して、第 3 レンズ群 L 3 中の負の屈折力が像側に配置されるのを抑制しながら倍率色収差を良好に補正している。また第 3 レンズ群 L 3 の像側から数えて 2 番目に配置されたレンズと 3 番目に配置されたレンズは空気間隔を隔てて配置して倍率色収差を有効に補正している。

【 0 0 3 4 】

以上の理由により、本発明のズームレンズは第 2 レンズ群 L 2 が 4 枚以下のレンズより構成し、第 3 レンズ群 L 3 は 4 枚以上のレンズからなっている。そして第 3 レンズ群 L 3 における最も像側に配置されたレンズと、像側から数えて 2 番目のレンズのうち、一方は

正レンズで、他方は負レンズより構成している。そして第2レンズ群L2の焦点距離をf2、第3レンズ群L3の焦点距離をf3、第4レンズ群L4の焦点距離をf4、広角端における全系の焦点距離をfw、望遠端における全系の焦点距離をftとする。広角端から望遠端へのズーミングにおける第1レンズ群L1の移動量をM1(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物体側に位置するときを負、像側に位置するときを正とする。)とする。)とする。

【0035】

このとき、

$$\begin{aligned} -1.9 < f3 / f2 < -1.2 & \dots (1) \\ -0.8 < M1 / ft < -0.4 & \dots (2) \\ -15.00 < f4 / fw - 4.327 & \dots (5) \end{aligned}$$

なる条件式を満足するようにしている。

【0036】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(1)は第2レンズ群L2の焦点距離と第3レンズ群L3の焦点距離の比を規定する。条件式(1)の上限を超えると、ズーム全域で主に球面収差の補正が困難となる。逆に下限値を超えると、広角端において非点収差の補正が困難となる。

【0037】

条件式(2)は望遠端における全系の焦点距離と広角端から望遠端までのズーミングに際しての第1レンズ群L1の移動量の比を規定する。条件式(2)の上限値を超えると、高ズーム比を保つ為に第1レンズ群L1の正の屈折力が強くなり、望遠端において軸上色収差と球面収差の補正が困難になる。逆に下限値を超えると、望遠端においてレンズ全長(第1レンズ面から最終レンズ面までの距離に空気換算のバックフォーカスを加えた値)が長くなり好ましくない。

【0038】

もしくは、広角端において第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔を短くしながら所望の画角を得る為に、第1レンズ群L1の正の屈折力に対する第2レンズ群L2の負の屈折力が強くなり、広角端において像面湾曲や倍率色収差の補正が困難となる。

条件式(5)は第4レンズ群L4の焦点距離と広角端における全系の焦点距離の比を規定する。条件式(5)の上限値を超えると、望遠側において歪曲収差が増大し、この収差の補正が困難となる。逆に下限値を超えると、変倍に伴う像面変動の補正の為に第4レンズ群L4が移動する量が大きくなりレンズ全長が増大していく。

【0039】

本発明のズームレンズにおいて更に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。

$$\begin{aligned} 1.5 < f3 / fw < 2.3 & \dots (3) \\ -1.5 < f2 / fw < -0.9 & \dots (4) \end{aligned}$$

【0040】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(3)は第3レンズ群L3の焦点距離と広角端における全系の焦点距離の比を規定する。条件式(3)の上限値を超えると、ズーミングに際して第3レンズ群L3の移動量が大きくなり、レンズ全長が増加していく。逆に下限値を超えると、ズーム全域で主に球面収差を良好に補正するのが困難となる。

【0041】

条件式(4)は第2レンズ群L2の焦点距離と広角端における全系の焦点距離の比を規定する。条件式(4)の上限値を超えると、広角端において非点収差の補正が困難となる。逆に下限値を超えると、広角端において撮影画角を広くする為に第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔が広がり易く、入射瞳が長くなり、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の有効径が大きくなってくる。

【0042】

なお、条件式(1)乃至(5)の数値範囲は以下の如く特定するのが更に望ましい。

【0043】

- 1.90 < f3 / f2 < -1.24 . . . (1a)
- 0.73 < M1 / ft < -0.40 . . . (2a)
- 1.62 < f3 / fw < 2.06 . . . (3a)
- 1.38 < f2 / fw < -1.00 . . . (4a)
- 14.60 < f4 / fw -4.327 . . . (5a)

【0044】

本発明のズームレンズにおいて、更に好ましくは第3レンズ群L3の像側から数えた2番目のレンズと3番目のレンズは、互いに空気を隔てて配置するのが良い。第3レンズ群L3の像側の正レンズと負レンズにより、第3レンズ群L3の負の屈折力が像側に配置されるのを抑制しながら倍率色収差を良好に補正している。倍率色収差を良好に補正する為には、軸外の光線の入射高さが高くなる様に像側から2番目のレンズと3番目のレンズを離す構成が望ましい。

【0045】

本発明のズームレンズにおいて第4レンズ群L4と第5レンズ群L5はいずれも2枚以下のレンズより構成する事が望ましい。第4レンズ群L4より像側のレンズ群の有効径は第3レンズ群L3の有効径より大きくなり易く、構成レンズ枚数が増加し、質量が増大してくる。また第4レンズ群L4と第5レンズ群L5は第2レンズ群L2に比べズーミングに際しての収差変動への寄与率が小さい。このため2枚以下のレンズでも収差補正を良好に行なう事が容易となる。また、本発明のズームレンズにおいて、第1レンズ群L1は4枚以下のレンズより構成する事が望ましい。

【0046】

第1レンズ群L1は諸収差の補正において重要であるが、最も有効径が大きなレンズ群である。この為、明るいレンズでも4枚以下に抑えないと、全系の小型化が困難となる。また、本発明のズームレンズにおいて、第3レンズ群L3における最も像側に配置されたレンズと、像側から数えて2番目の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させて手振れ補正（像ぶれ補正）をするのが望ましい。

【0047】

手持ちでも高画質な撮影結果を得る為には手振れ補正を行なうのが望ましいが、撮像素子が大きいカメラではレンズ系全体も大きくなり、手振れ補正用のレンズが重くなってしまう。第3レンズ群L3の有効径は小さくなり易く、また、第3レンズ群L3の像側の2枚のレンズは正レンズと負レンズからなっている。このため手振れ補正時の偏芯による倍率色収差の変化が抑制できる最少構成のレンズ枚数としている。また、本発明のズームレンズにおいてフォーカシングに際して第4レンズ群L4が移動する。

【0048】

本発明のズームレンズではフォーカシングの為だけに移動するレンズ群は設けず、変倍時の像面移動を補正するレンズ群と兼ねて、機構を簡略化している。また、フォーカシングに際して撮影画角の変化が小さい方が好ましく、本発明のズームレンズでは、変倍作用が小さい第3レンズ群L3より像側に配されるレンズ群でフォーカスを行なうのが良い。フォーカスレンズ群の軽量化も考えれば、第3レンズ群L3に近いと有効径が小さくなり易い為、第4レンズ群L4でフォーカスを行なうのが望ましい。

【0049】

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の実施例を図12を用いて説明する。図12において、10はカメラ本体、11は各実施例と参考例1で説明したいずれか1つのズームレンズによって構成された撮像光学系である。12はカメラ本体に内蔵され、撮像光学系11によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。

【0050】

13は固体撮像素子12によって光電変換された被写体像に対応する情報を記録するメ

モリである。14は液晶ディスプレイパネル等によって構成され、固体撮像素子12上に形成された被写体像を観察するためのファインダである。

【0051】

本発明のズームレンズを撮像光学系として用いたビデオカメラ（撮像装置）にも同様に適用することができる。このように本発明のズームレンズをデジタルスチルカメラやビデオカメラ等の撮像装置に適用することにより、小型で高い光学性能を有する撮像装置を実現している。

【0052】

なお、撮像素子にCCD等の電子撮像素子を用いれば、電子的に収差補正をする事で出力画像を更に高画質化する事ができる。

【0053】

以下に本発明の実施例1、2、参考例1、実施例3、4に対応する数値実施例1乃至5を示す。各数値実施例において i は物体側からの光学面の順序を示す。 r_i は第*i*番目の光学面の曲率半径、 d_i は第*i*番目の面間隔、 $n_{d,i}$ と d_i はそれぞれ d 線に対する第*i*番目の光学部材の材料の屈折率とアッベ数を示す。バックフォーカス（BF）は、最終レンズ面から近軸像面までの空気換算での距離である。レンズ全長は、第1レンズ面から最終レンズ面までの距離にバックフォーカス（BF）を加えた値である。

【0054】

数値実施例において最後の2つの面はフィルター、フェースプレート等の光学ブロックの面である。またKを離心率、A4、A6、A8を非球面係数、光軸からの高さHの位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にしてxとするとき、非球面形状は、

【0055】

【数1】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + A4H^4 + A6H^6 + A8H^8$$

【0056】

で表示される。但しRは曲率半径である。また例えば「e-Z」の表示は「10^-z」を意味する。また、各数値実施例における上述した条件式との対応を表1に示す。半画角は光線トレースにより求めた値である。非球面は面番号の後に*を附加して示す。前述の各条件式と数値実施例における諸数値の関係を表1に示す。

【0057】

[数値実施例1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	60.515	1.40	1.90366	31.3
2	33.620	4.81	1.59522	67.7
3	213.334	0.17		
4	39.550	3.95	1.59522	67.7
5	344.053	(可変)		
6	428.645	0.80	1.88300	40.8
7	9.873	4.70		
8	-27.499	0.70	1.62299	58.2
9	37.697	0.39		
10	19.346	2.11	1.95906	17.5

11	91.549	0.65	1.83481	42.7
12	42.465	(可变)		
13*	9.580	2.37	1.69350	53.2
14*	493.816	1.49		
15	27.070	0.70	1.85478	24.8
16	8.227	0.55		
17	14.036	1.17	1.91082	35.3
18	31.141	2.86		
19(絞り)		5.99		
20*	21.347	2.70	1.58313	59.4
21	-13.971	0.20		
22	-14.044	0.60	1.69895	30.1
23	-43.495	(可变)		
24	-27.858	0.60	1.49700	81.5
25	67.925	(可变)		
26	15.819	3.66	1.49700	81.5
27	112.668	3.09		
28		2.39	1.51633	64.1
29		1.00		

像面

【 0 0 5 8 】

非球面データ

第13面

K = -3.80870e-001 A 4=-1.93618e-005

第14面

K = 3.79865e+003 A 4= 7.61748e-006

第20面

K = -4.63980e+000 A 4= 3.70395e-005

各種データ

ズーム比	9.64		
	広角	中間	望遠
焦点距離	9.17	35.39	88.38
Fナンバー	2.88	4.95	5.77
半画角(度)	41.5	12.6	5.05
像高	6.68	8.00	8.00
レンズ全長	76.89	97.29	113.20
BF	5.66	5.66	5.66

d 5	0.65	18.71	33.11
d12	20.00	5.24	0.32
d23	4.57	11.69	11.79
d25	3.43	13.41	19.73

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	61.90
2	6	-9.80

3	13	18.01
4	24	-39.67
5	26	36.57
6	28	

【 0 0 5 9 】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	57.391	1.38	1.90366	31.3
2	34.868	4.72	1.49700	81.5
3	338.436	0.17		
4	38.971	3.96	1.59522	67.7
5	346.082	(可変)		
6	5606.902	0.79	1.83481	42.7
7	9.859	4.71		
8	-25.716	0.60	1.59522	67.7
9	27.539	0.17		
10	18.412	1.80	1.95906	17.5
11	52.663	(可変)		
12*	12.985	1.96	1.76802	49.2
13*	-555.243	0.43		
14	8.824	2.16	1.49700	81.5
15	39.535	0.75	1.69895	30.1
16	7.000	3.37		
17(絞り)		0.00		
18		5.50		
19*	19.968	2.56	1.58313	59.4
20	-13.966	0.60	2.00100	29.1
21	-24.109	(可変)		
22	-25.072	0.60	1.49700	81.5
23	152.545	(可変)		
24	16.123	3.54	1.49700	81.5
25	120.207	2.64		
26		2.93	1.51633	64.1
27		1.00		

像面

【 0 0 6 0 】

非球面データ

第12面

K = -8.45227e-001 A 4= 1.39440e-005

第13面

K = -8.68505e+003 A 4= 4.10606e-006

第19面

K = -3.85528e+000 A 4= 4.55958e-005

各種データ

ズーム比	9.55	広角	中間	望遠
焦点距離	9.47	36.55	90.38	
Fナンバー	2.88	4.86	5.77	
半画角(度)	40.5	12.2	4.94	
像高	6.72	8.00	8.00	
レンズ全長	74.30	95.52	110.92	
BF	5.57	5.57	5.57	
d5	0.87	19.89	33.37	
d11	19.84	5.60	0.34	
d21	4.54	10.71	11.13	
d23	3.71	13.97	20.74	

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	62.22
2	6	-10.05
3	12	17.83
4	22	-43.28
5	24	37.05
6	26	

【0061】

[数値実施例3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	62.193	1.40	2.00069	25.5
2	47.392	2.52	1.49700	81.5
3	109.856	0.17		
4	38.294	4.00	1.49700	81.5
5	331.033	(可変)		
6	631.611	0.79	2.00330	28.3
7	11.601	4.61		
8	-24.385	0.71	1.53775	74.7
9	34.914	0.31		
10	24.629	2.42	1.95906	17.5
11	-963.250	(可変)		
12(絞り)		2.72		
13*	14.084	2.69	1.88300	40.8
14*	141.550	2.89		
15	35.983	0.63	1.84666	23.8
16	11.001	0.81		
17	13.593	2.85	1.56907	71.3
18	-23.624	0.18		
19	-40.946	0.75	1.54814	45.8
20	18.323	0.61		

21*	69.056	1.24	1.88300	40.8
22	202.744	1.51		
23	18.844	2.99	1.56907	71.3
24	-11.886	0.74	1.74400	44.8
25	-28.652	(可変)		
26	-104.517	0.75	1.74400	44.8
27	20.890	2.67		
28	87.830	0.88	1.95906	17.5
29	180.104	(可変)		
30	21.402	2.13	1.59282	68.6
31	69.451	(可変)		
32		3.80	1.51633	64.1
33		1.00		

像面

【0 0 6 2】

非球面データ

第13面

K = 2.53248e-001 A 4=-2.53982e-005 A 6=-1.06214e-007 A 8=-3.09056e-009

第14面

K = 2.10348e+002 A 4= 1.67348e-005 A 6=-8.65891e-008 A 8=-3.32223e-009

第21面

K = -6.39018e+001 A 4=-8.25182e-006 A 6= 3.65207e-008 A 8=-7.72772e-009

各種データ	ズーム比	3.80	
	広角	中間	望遠
焦点距離	9.72	18.49	36.92
Fナンバー	2.40	3.23	3.89
半画角(度)	40.8	24.3	12.0
像高	6.80	8.00	8.00
レンズ全長	79.56	79.60	98.94
BF	8.49	7.51	7.80
d 5	0.89	7.78	26.98
d11	22.20	8.69	3.27
d25	2.01	4.93	5.65
d29	2.00	6.70	11.28
d31	4.98	4.00	4.29

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	80.36
2	6	-12.78
3	12	16.61
4	26	-27.27
5	30	51.34
6	32	

【 0 0 6 3 】

[数値実施例 4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	57.507	1.39	1.95906	17.5
2	48.745	2.25	1.49700	81.5
3	100.054	0.17		
4	36.804	4.41	1.45600	90.3
5	60665.398	(可変)		
6	-273.625	0.69	1.95375	32.3
7	11.228	5.20		
8	-22.616	0.69	1.59282	68.6
9	32.413	0.18		
10	24.039	1.93	1.95906	17.5
11	-1004.470	(可変)		
12(絞り)		2.55		
13*	14.613	2.26	1.88300	40.8
14*	160.938	3.06		
15	25.798	0.75	1.92286	20.9
16	10.948	1.67		
17	14.455	2.21	1.56907	71.3
18	-21.884	1.13		
19	-66.695	0.60	1.54814	45.8
20	22.552	0.45		
21*	115.159	1.41	1.74100	52.6
22	76.806	1.75		
23	26.058	0.60	1.72000	50.2
24	13.919	2.46	1.59282	68.6
25	-98.855	(可変)		
26	-73.670	0.74	1.60323	42.5
27	31.284	0.77		
28	72.974	1.05	2.00100	29.1
29	372.494	(可変)		
30	16.692	3.28	1.49700	81.5
31	78.357	(可変)		
32		3.80	1.51633	64.1
33		1.00		

像面

【 0 0 6 4 】

非球面データ

第13面

K = -3.84955e-001 A 4= 6.19189e-006 A 6= 1.39029e-007 A 8=-4.48947e-009

第14面

K = 4.06610e+002 A 4= 2.81417e-005 A 6= 4.04992e-008 A 8=-8.33981e-009

第21面

K = -1.04071e+002 A 4=-2.47251e-005 A 6= 9.50983e-008 A 8=-8.10456e-009

各種データ

ズーム比	3.80	広角	中間	望遠
焦点距離	10.35	27.13	39.33	
Fナンバー	2.88	3.98	4.58	
半画角(度)	39.2	17.0	11.5	
像高	6.80	8.00	8.00	
レンズ全長	76.88	93.54	104.31	
BF	8.87	11.96	10.11	
d5	1.40	17.99	24.60	
d11	16.50	4.72	3.13	
d25	2.97	7.76	7.55	
d29	3.49	7.46	15.25	
d31	5.36	8.45	6.61	

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	68.72
2	6	-10.94
3	12	18.17
4	26	-61.51
5	30	41.93
6	32	

【0 0 6 5】

[数値実施例 5]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	61.699	1.29	2.00069	25.5
2	48.638	2.22	1.49700	81.5
3	115.615	0.17		
4	39.550	3.44	1.49700	81.5
5	345.681	(可変)		
6	-530.324	0.80	2.00330	28.3
7	12.541	4.90		
8	-28.125	0.68	1.53775	74.7
9	41.668	0.29		
10	25.897	2.27	1.95906	17.5
11	-1354.956	(可変)		
12(絞り)		2.55		
13*	14.421	2.60	1.88300	40.8
14*	124.769	3.35		
15	37.704	0.60	1.84666	23.8
16	10.974	0.30		
17	13.112	2.88	1.56907	71.3

18	-24.623	0.17		
19	-56.698	0.75	1.54814	45.8
20	17.421	0.81		
21*	73.621	1.49	1.88300	40.8
22	71.695	1.51		
23	16.259	3.32	1.56907	71.3
24	-12.559	0.34		
25	-11.758	0.75	1.78590	44.2
26	-29.598	(可変)		
27	679.067	0.60	1.75700	47.8
28	21.577	1.59		
29	46.498	1.37	1.90366	31.3
30	-141.491	(可変)		
31	-174.010	0.58	1.69895	30.1
32	711.809	(可変)		
33		3.80	1.51633	64.1
34		1.00		

像面

【 0 0 6 6 】

非球面データ

第13面

K = 3.97031e-001 A 4=-2.96707e-005 A 6= 7.00951e-008 A 8=-2.29304e-009

第14面

K = 1.63357e+001 A 4= 2.62704e-005 A 6= 2.77825e-007 A 8=-2.52376e-009

第21面

K = -7.55889e+001 A 4= 2.32380e-006 A 6= 2.61899e-007 A 8=-6.88004e-009

各種データ

ズーム比	3.80		
	広角	中間	望遠
焦点距離	10.31	22.74	39.16
Fナンバー	2.40	3.33	3.84
半画角(度)	38.9	19.8	11.5
像高	6.80	8.00	8.00
レンズ全長	79.06	82.15	96.51
BF	6.52	10.89	19.45
d 5	0.85	12.05	26.34
d11	23.17	7.01	2.53
d26	1.82	2.64	1.82
d30	5.08	7.94	4.74
d32	3.01	7.39	15.95

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	78.66
2	6	-14.03
3	12	17.96

4 27 -149.42
 5 31 -200.00
 6 33

【0 0 6 7】

【表1】

条件式	実施例1	実施例2	参考例1	実施例3	実施例4
(1)	-1.838	-1.775	-1.300	-1.661	-1.281
(2)	-0.411	-0.405	-0.525	-0.697	-0.446
(3)	1.964	1.883	1.710	1.755	1.742
(4)	-1.069	-1.061	-1.315	-1.057	-1.360
(5)	-4.327	-4.571	-2.807	-5.942	-14.492

【符号の説明】

【0 0 6 8】

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 5 第5レンズ群	S P 絞り
P フィルター類	I 像面	