(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3706827号
(P3706827)
(45)発行日　平成17年10月19日(2005.10.19)　(24)登録日　平成17年8月5日(2005.8.5)

(51)Int.Cl.[7]	F I
G02B 15/20	G02B 15/20
G02B 13/22	G02B 13/22
G02B 15/163	G02B 15/163

請求項の数 15　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願2001-344506(P2001-344506)
(22)出願日　平成13年11月9日(2001.11.9)
(65)公開番号　特開2003-149553(P2003-149553A)
(43)公開日　平成15年5月21日(2003.5.21)
審査請求日　平成15年4月1日(2003.4.1)

(73)特許権者　000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号
(74)代理人　100086818
弁理士　高梨　幸雄
(72)発明者　難波　則廣
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　森内　正明

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光学機器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

物体側より順に、負の屈折力の第１レンズ群、正の屈折力の第２レンズ群、正の屈折力の第３レンズ群から成り、広角端に対し望遠端での第１レンズ群と第２レンズ群との間隔が小さく、第２レンズ群と第３レンズ群との間隔が大きくなるズームレンズにおいて、

該第１レンズ群は、像側に凹面を向けたメニスカス状の負レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを有し、

該第２レンズ群は、物体側に凸面を向けたレンズ又は物体側に凸面を向けた接合レンズ、その像側に配置された開口絞り、該開口絞りの像側に配置された２枚以下のレンズで構成されると共に、該第２レンズ群を構成するレンズは、像側のレンズ面が凹面であるレンズＧ２ａを含み、

広角端における前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群の間隔を各々Ｄ１２Ｗ，Ｄ２３Ｗ、望遠端における前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔、前記第２レンズ群と第３レンズ群の間隔を各々Ｄ１２Ｔ，Ｄ２３Ｔ、前記レンズＧ２ａの像側のレンズ面の曲率半径をＲｎ、前記第２レンズ群の焦点距離をｆ２、前記第２レンズ群の最も物体側のレンズ面頂点から前記開口絞りまでの距離をＤ２ｓｐとするとき、

０．６＜(Ｄ１２Ｗ－Ｄ１２Ｔ)／(Ｄ２３Ｔ－Ｄ２３Ｗ)＜２．０

０．２＜Ｒｎ／ｆ２≦０．３６８

０．１＜Ｄ２ｓｐ／ｆ２＜０．４

の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レンズ群の最も物体側には、両レンズ面が凸面の正レンズが配置されていることを特徴とする請求項１記載のズームレンズ。
【請求項３】
前記第２レンズ群の最も物体側には、物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズからなる接合レンズが配置されていることを特徴とする請求項１記載のズームレンズ。
【請求項４】
前記第２レンズ群の最も物体側には、物体側に凸面を向け、像側に凹面を向けた単レンズが配置されていることを特徴とする請求項１記載のズームレンズ。
【請求項５】
前記第２レンズ群の開口絞りより像側には、単レンズもしくは１組の接合レンズが配置されていることを特徴とする請求項１～４いずれかに記載のズームレンズ。
【請求項６】
物体側より順に、前記第２レンズ群は、両レンズ面が凸面の正レンズ、前記開口絞り、両レンズ面が凸面の正レンズと両レンズ面が凹面の負レンズとの接合レンズより成っていることを特徴とする請求項１記載のズームレンズ。
【請求項７】
物体側より順に、前記第２レンズ群は、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズとの接合レンズ、前記開口絞り、両レンズ面が凸面の正レンズより成っていることを特徴とする請求項１記載のズームレンズ。
【請求項８】
物体側より順に、前記第２レンズ群は、物体側の凸面を向けたメニスカス状のレンズ、前記開口絞り、両レンズ面が凸面の正レンズと物体側に凹面を向けた負レンズとの接合レンズより成っていることを特徴とする請求項１記載のズームレンズ。
【請求項９】
物体側より順に、前記第２レンズ群は、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズとの接合レンズ、前記開口絞り、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズと、両レンズ面が凸面の正レンズとの接合レンズより成っていることを特徴とする請求項１記載のズームレンズ。
【請求項１０】
物体側より順に、前記第１レンズ群は、両レンズ面が凸面の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、両レンズ面が凹面の負レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズより成っていることを特徴とする請求項１記載のズームレンズ。
【請求項１１】
物体側より順に、前記第１レンズ群は、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズより成っていることを特徴とする請求項１記載のズームレンズ。
【請求項１２】
物体側より順に、前記第３レンズ群は、両レンズ面が凸面の正レンズと、物体側に凹面を向けた負レンズとの接合レンズより成っていることを特徴とする請求項１記載のズームレンズ。
【請求項１３】
前記第３レンズ群は、両レンズ面が凸面の正レンズより成っていることを特徴とする請求項１記載のズームレンズ。
【請求項１４】
撮像素子上に像を形成するための光学系である事を特徴とする請求項１～１３いずれかに記載のズームレンズ。
【請求項１５】

請求項１～１４のいずれか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た像を受光する撮像素子を有していることを特徴とするカメラ。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ズームレンズ及びそれを用いた光学機器に関し、特に負の屈折力のレンズ群が先行する全体としての３つのレンズ群を有し、これらの各レンズ群のレンズ構成を適切に設定することにより、レンズ系全体の小型化を図ったフィルム用のスチルカメラやビデオカメラ、そしてデジタルスチルカメラ等に好適なものである。

【０００２】

【従来の技術】

最近、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等、光学機器（カメラ）の高機能化にともない、それに用いる光学系には高性能化と小型化のズームレンズが求められている。

【０００３】

この種のカメラには、レンズ最後部と撮像素子との間に、ローパスフィルターや色補正フィルターなどの各種光学部材を配置する為、それに用いる光学系には、比較的バックフォーカスの長いレンズ系が要求される。さらに、カラー画像用の撮像素子を用いたカラーカメラの場合、色シェーディングを避けるため、それに用いる光学系には像側のテレセントリック特性の良いものが望まれている。

【０００４】

従来より、負の屈折力の第１レンズ群と正の屈折力の第２レンズ群の２つのレンズ群より成り、双方のレンズ間隔を変えて変倍を行う、所謂ショートズームタイプの広角の２群ズームレンズが種々提案されている。これらのショートズームタイプの光学系では、正の屈折力の第２レンズ群を移動することで変倍を行い、負の屈折力の第１レンズ群を移動することで変倍に伴う像点位置の補正を行っている。

【０００５】

さらに高い変倍比を有しつつレンズ全体をコンパクトな形状にまとめるため、例えば特公平７－３５０７号公報や、特公平６－４０１７０号公報等には２群ズームレンズの像側に負または正の屈折力の第３レンズ群を配置し、高倍化に伴って発生する諸収差の補正を行っている、所謂３群ズームレンズが提案されている。しかしながら、これらの３群ズームレンズは主として３５ｍｍフィルム写真用に設計されているため、固体撮像素子を用いた光学系に求められるバックフォーカスの長さと、良好なテレセントリック特性を両立したものとは言い難かった。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】

バックフォーカスとテレセントリック特性を満足する３群ズームレンズ系が、例えば特開昭６３－１３５９１３号公報や、特開平７－２６１０８３号公報等で提案されている。また、特開平３－２８８１１３号公報には、３群ズームレンズにおいて負の屈折力の第１群を固定とし、正の屈折力の第２群と正の屈折力の第３群を移動させて変倍を行う光学系も開示されている。これらの従来例においては、各レンズ群の構成枚数が比較的多く、レンズ全長が長くなる傾向があった。

【０００７】

また、特開平７－２６１０８３号公報に記載される例では、負の屈折力の第１群のもっとも物体側に凸レンズ（正レンズ）が配置されており、特に広角化した場合、レンズ外径が増大する傾向があった。さらに、この例では負の屈折力の第１群を移動させて近距離物体へのフオーカシングを行うため、ズーミングでの移動とあいまってメカ構造が複雑化する傾向があった。

【０００８】

また、米国特許第４，９９９，００７号公報には、負、正、正の屈折力の３つのレンズ群

より成る３群ズームレンズにおいて、第１レンズ群、第２レンズ群をそれぞれ１枚の単レンズで構成したものも開示されている。ところが、広角端でのレンズ全長が比較的大きく、さらに広角端での第１群と絞りが大きく離れているため軸外光線の入射高が大きく第１群を構成するレンズの径が増大してしまうため、レンズ系全体が大きくなってしまう傾向があった。また、第１群と、第２群は構成レンズ枚数が１枚のためレンズ群内における収差補正が難しい。特に変倍時の倍率色収差の変動は軸外光線の光絋からの高さの変動が大きい第１群内にて発生しやすいが、第１群を凹レンズ１枚としているのでレンズ群内での補正が十分でなく、全系においても倍率色収差の変動が増加する傾向があった。

【０００９】

また、米国特許第４，８２４，２２３号公報には負一正一正の３群構成のプロジェクター用光学系が開示されている。このレンズでは第１群が負レンズ１枚のためレンズ群内の収差補正が必ずしも十分でなく、変倍比が１．７程度であった。

【００１０】

本出願人は特願平１０－３０１６８４号において負一正一正の屈折力の３つのレンズ群を有した３群ズームレンズを提案した。このズームレンズではレンズ群の後方にフィルター等を挿入するために必要な長さのバックフォーカスの確保と、固体撮像素子用として必要なテレセントリック特性の双方を両立した上で、変倍比２以上としながら極力レンズ全長を短縮しコンパクトなズームレンズを達成している。

【００１１】

特開平１１－８４２４３号公報では負、正、正の屈折力の３つのレンズ群より成る３群ズームレンズにおいて第２レンズ群中に絞りを配置した構成が開示されているが、広角端から望遠端への変倍において第３レンズ群は第２レンズ群との間隔をあまり変化させずに物体側に大きく移動する構成としている。第３レンズ群を第２レンズ群とは独立して鏡筒内にて保持する場合は第３レンズ群の移動量相当のシャフト長が必要となるため、特に光軸方向における鏡筒の小型化の点で不利である。

【００１２】

また、第３レンズ群を第２レンズ群の鏡筒内に保持させる構成とすると第３レンズ群のシャフト長は短縮できるが、変倍時移動する第２レンズ群内にさらに第３レンズ群の駆動手段を配置するためメカ構成が複雑化する傾向がある。また第２レンズ群の鏡筒には絞りユニットも配置する必要があるため、第２レンズ群の鏡筒が大型化するという傾向がある。

【００１３】

同様に第２レンズ群と第３レンズ群の間隔をあまり変化させずに変倍するズームレンズが米国特許第５，２７０，８６３号で提案されている。

【００１４】

また、負、正、正の屈折力の３つのレンズ群より成る３群ズームレンズにおいて、第２レンズ群の最も物体側のレンズの像側に絞りを配置したズームレンズが米国特許第５，０３５，４９２号、米国特許第４，８４４，５９９号、米国特許第５，２６２，８９７号等で提案されているが、いずれも第２レンズ群の絞りより像側の構成枚数が３枚以上あり第２レンズ群のコンパクト化の点で課題があった。

【００１５】

本発明はコンパクトで優れた光学性能を有するズームレンズ及びそれを用いた光学機器の提供を目的とする。

【００１６】

この他本発明は、負、正、正の屈折力のレンズ群を有する３群ズームレンズにおいて望遠端におけるレンズ全長を短縮し、かつ第２レンズ群の構成枚数が少なく第２レンズ群のレンズ鏡筒が小型で、全系としてコンパクトでありながら射出瞳を像面から十分離して固体撮像素子を用いた光学機器に好適なズームレンズの提供を目的とする。

【００１７】

【課題を解決するための手段】

請求項１の発明のズームレンズは、

物体側より順に、負の屈折力の第１レンズ群、正の屈折力の第２レンズ群、正の屈折力の第３レンズ群から成り、広角端に対し望遠端での第１レンズ群と第２レンズ群との間隔が小さく、第２レンズ群と第３レンズ群との間隔が大きくなるズームレンズにおいて、

該第１レンズ群は、像側に凹面を向けたメニスカス状の負レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを有し、

該第２レンズ群は、物体側に凸面を向けたレンズ又は物体側に凸面を向けた接合レンズ、その像側に配置された開口絞り、該開口絞りの像側に配置された２枚以下のレンズで構成されると共に、該第２レンズ群を構成するレンズは、像側のレンズ面が凹面であるレンズＧ２ａを含み、

広角端における前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群の間隔を各々Ｄ１２Ｗ，Ｄ２３Ｗ、望遠端における前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔、前記第２レンズ群と第３レンズ群の間隔を各々Ｄ１２Ｔ，Ｄ２３Ｔ、前記レンズＧ２ａの像側のレンズ面の曲率半径をＲｎ、前記第２レンズ群の焦点距離をｆ２、前記第２レンズ群の最も物体側のレンズ面頂点から前記開口絞りまでの距離をＤ２ｓｐとするとき、

０．６ ＜(Ｄ１２Ｗ－Ｄ１２Ｔ)／(Ｄ２３Ｔ－Ｄ２３Ｗ)＜ ２．０

０．２＜Ｒｎ／ｆ２≦０．３６８

０．１＜Ｄ２ｓｐ／ｆ２＜０．４

の条件式を満足することを特徴としている。

【００１８】

請求項２の発明は、請求項１の発明において、

前記第２レンズ群の最も物体側には、両レンズ面が凸面の正レンズが配置されていることを特徴としている。

【００１９】

請求項３の発明は、請求項１の発明において、

前記第２レンズ群の最も物体側には、物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズからなる接合レンズが配置されていることを特徴としている。

【００２０】

請求項４の発明は、請求項１の発明において、

前記第２レンズ群の最も物体側には、物体側に凸面を向け、像側に凹面を向けた単レンズが配置されていることを特徴としている。

【００２１】

請求項５の発明は、請求項１～４のいずれか１項の発明において、

前記第２レンズ群の開口絞りより像側には、単レンズもしくは１組の接合レンズが配置されていることを特徴としている。

【００２２】

請求項６の発明は、請求項１の発明において、

物体側より順に、前記第２レンズ群は、両レンズ面が凸面の正レンズ、前記開口絞り、両レンズ面が凸面の正レンズと両レンズ面が凹面の負レンズとの接合レンズより成っていることを特徴としている。

【００２３】

請求項７の発明は、請求項１の発明において、

物体側より順に、前記第２レンズ群は、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズとの接合レンズ、前記開口絞り、両レンズ面が凸面の正レンズより成っていることを特徴としている。

【００２４】

請求項８の発明は、請求項１の発明において、

物体側より順に、前記第２レンズ群は、物体側の凸面を向けたメニスカス状のレンズ、前記開口絞り、両レンズ面が凸面の正レンズと物体側に凹面を向けた負レンズとの接合レンズより成っていることを特徴としている。

【００２５】
請求項９の発明は、請求項１の発明において、
物体側より順に、前記第２レンズ群は、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズとの接合レンズ、前記開口絞り、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズと、両レンズ面が凸面の正レンズとの接合レンズより成っていることを特徴としている。
【００２６】
請求項１０の発明は、請求項１の発明において、
物体側より順に、前記第１レンズ群は、両レンズ面が凸面の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、両レンズ面が凹面の負レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズより成っていることを特徴としている。
【００２７】
請求項１１の発明は、請求項１の発明において、
物体側より順に、前記第１レンズ群は、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズより成っていることを特徴としている。
【００２８】
請求項１２の発明は、請求項１の発明において、
物体側より順に、前記第３レンズ群は、両レンズ面が凸面の正レンズと、物体側に凹面を向けた負レンズとの接合レンズより成っていることを特徴としている。
【００２９】
請求項１３の発明は、請求項１の発明において、
前記第３レンズ群は、両レンズ面が凸面の正レンズより成っていることを特徴としている。
【００３０】
請求項１４の発明は、請求項１～１３のいずれか１項の発明において、
撮像素子上に像を形成するための光学系である事を特徴としている。
【００３１】
請求項１５の発明のカメラは、
請求項１～１４のいずれか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た像を受光する撮像素子を有していることを特徴としている。
【００３４】
【発明の実施の形態】
図１は本発明の実施形態１のズームレンズのレンズ断面図である。図２～図４は実施形態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。
【００３５】
図５は本発明の実施形態２のズームレンズのレンズ断面図である。図６～図８は実施形態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。
【００３６】
図９は本発明の実施形態３のズームレンズのレンズ断面図である。図１０～図１２は実施形態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。
【００３７】
図１３は本発明の実施形態４のズームレンズのレンズ断面図である。図１４～図１６は実施形態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。
【００３８】
図１７は本発明の光学機器の要部概略図である。
【００３９】
各実施形態のレンズ断面図において、Ｌ１は負の屈折力の第１群（第１レンズ群）、Ｌ２は正の屈折力の第２群（第２レンズ群）、Ｌ３は正の屈折力の第３群（第３レンズ群）、ＳＰは開口絞り、ＩＰは像面である。Ｇはフィルターや色分解プリズム等に相当するガラスブロックである。

【００４０】
各実施形態のズームレンズでは、物体側より順に、負の屈折力の第１群Ｌ１、正の屈折力の第２群Ｌ２、そして正の屈折力の第３群Ｌ３の３つのレンズ群を有しており、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第１群Ｌ１は像側に凸の往復運動もしくはこの一部の運動、第２群Ｌ２は物体側に移動し、第３群Ｌ３は移動もしくは固定である。さらに第２レンズ群Ｌ２中に開口絞りＳＰを有している。各レンズ群の間隔は広角端に対して望遠端での第１レンズ群Ｌ１と第２レンズ群Ｌ２間が小さくなり、第２レンズ群Ｌ２と第３レンズ群Ｌ３間は大きくなるよう構成されている。
【００４１】
各実施形態のズームレンズは、基本的には負の屈折力の第１群Ｌ１と正の屈折力の第２群Ｌ２とで所謂広角ショートズーム系を構成しており、正の屈折力の第２群Ｌ２の移動により変倍を行い、負の屈折力の第１群Ｌ１の往復移動によって変倍に伴う像点の移動を補正している。
【００４２】
各実施形態において第３群Ｌ３は正の屈折力を有し、これにより、特に固体撮像素子等を用いた撮影装置に必要な像側のテレセントリックな結像を、第３群Ｌ３にフィールドレンズの役割を持たせることで達成している。
【００４３】
また、第２群Ｌ２中の最も物体側のレンズＧ２１は第１群Ｌ１を射出した軸外主光線が大きく屈折して軸外諸収差が発生しないよう物体側に凸の形状にしている。また、第１群Ｌ１を発散状態で射出した軸上光束に対して球面収差の発生量を抑えるためにも物体側に凸の形状が好ましい。
【００４４】
各実施形態において、開口絞りＳＰを第２群Ｌ２中に配置しているため、第２群Ｌ２の物体側に絞りを配置するのに比べ望遠端での第１群Ｌ１と第２群Ｌ２の間隔を短縮することができる。これは前者では第１群Ｌ１と絞りユニットとの物理的干渉を避けるために、光軸から離れた周辺部に至るまで接触しないように間隔をあける必要があるのに対して、後者では第２群Ｌ２の最も物体側のレンズ面が凸面であるために光軸上の必要な間隔のみを確保すればよいからである。
【００４５】
特に第１群Ｌ１の最も像側のレンズ面を凹面とすると第２群Ｌ２の最も物体側のレンズ面頂点を前者のレンズ面外周部より物体側に設定することも可能となるため望遠端におけるレンズ全長を極力短縮することができる。
【００４６】
しかしながら開口絞りを像側に設定するほど前玉径の増大を招くので、各実施形態では開口絞りＳＰを第２群Ｌ２の最も物体側のレンズ又は接合レンズの直後に配置することで前玉径の増大を最小限におさえつつ望遠端のレンズ全長短縮を図っている。
【００４７】
さらに各実施形態では第２群Ｌ２中に像側に凹面を向けたレンズを配置している。各実施形態では第３群Ｌ３にフィールドレンズの作用を持たせているが、射出瞳を像面から十分に遠ざけるためには軸外光束を光軸からある程度離れた状態で第３群Ｌ３に入射させたのち第３群Ｌ３にて屈曲させる必要がある。望遠端では絞りＳＰと第３群Ｌ３の間隔が大きくなるため軸外光束は光軸から離れて第３群Ｌ３に入射させやすいが、広角端では絞りＳＰと第３群Ｌ３との間隔が小さいために第２群Ｌ２に軸外光束を光軸から離すような作用を持たせることが必要である。
【００４８】
各実施形態では第２群Ｌ２中に像側に凹面を向けたレンズを配置することで、この凹面により軸外光束を光軸から離している。これにより変倍全域にて射出瞳を像面から遠ざけられる。
【００４９】

各実施形態において、広角端において第１レンズ群と第２レンズ群の間隔、第２レンズ群と第３レンズ群の間隔を各々Ｄ１２Ｗ、Ｄ２３Ｗ、望遠端において第１レンズ群と第２レンズ群の間隔、第２レンズ群と第３レンズ群の間隔を各々Ｄ１２Ｔ、Ｄ２３Ｔ、第２レンズ群は、像側のレンズ面が凹面であるレンズＧ２ａを有し、前記レンズＧ２ａの像側に向けた凹面の曲率半径をＲｎ、第２レンズ群の焦点距離をｆ２、第２レンズ群の最も物体側のレンズ面頂点から前記開口絞りまでの距離をＤ２ｓｐとするとき、

０．６＜(Ｄ１２Ｗ－Ｄ１２Ｔ)／(Ｄ２３Ｔ－Ｄ２３Ｗ)＜２．０　・・・（１）

０．２＜Ｒｎ／ｆ２≦０．３６８　・・・（２）

０．１＜Ｄ２ｓｐ／ｆ２＜０．４　・・・（３）

の条件式を満足している。

【００５０】

条件式（１）は変倍時の各レンズ群の移動を規定する式である。第１群Ｌ１は変倍に際して往復運動をするため広角端と望遠端の光軸方向の位置はそれほど大きな差はない。このとき条件式（１）は、特に第３群Ｌ３の移動を規定する式となる。

【００５１】

例えば第１群Ｌ１の広角端と望遠端の光軸方向の位置が一致する場合においては、加えて第３群Ｌ３の広角端、望遠端の位置が同じときに条件式（１）は１となる。よって条件式（１）の値を挟んだ範囲である条件式（１）内にあるとき、第３群Ｌ３は広角端と望遠端の位置変動があまり大きくない構成となる。条件式（１）の上限を超えて第３群Ｌ３が広角端から望遠端に向かって物体方向に大きく移動する場合は、第３群Ｌ３は変倍のための移動と望遠端での至近合焦のための繰り出し量の和の移動量を要する。よって第３群Ｌ３を光軸方向に駆動させるためのシャフト長さが増大するため鏡筒の小型化の点で不利である。

【００５２】

また下限を超えて第３群Ｌ３が広角端から望遠端に向かって像側方向に大きく移動する場合は射出瞳の変動が大きくなるため、固体撮像素子を用いた場合、変倍全域にて良好な画像を得ることができなくなるので良くない。

【００５３】

条件式（２）は第２群Ｌ２中のレンズＧ２ａの像側に向けた凹面の曲率半径を規定する式である。上限を超えて曲率半径が大きすぎる場合、すなわち曲率が緩い場合は軸外光束を光軸から離す作用が弱まるため広角端における射出瞳を像面から十分遠ざけることができなくなるため良くない。また下限を超えて曲率半径が小さい場合、すなわち曲率がきつい場合はこの面における軸外光束の上側マージナル光線と下側マージナル光線の入射角度の差が大きくなりコマ収差が顕著となるため良くない。

【００５４】

条件式（３）は開口絞りＳＰの光軸方向の位置を規定する式である。上限を超えて絞りＳＰの位置が像側すぎると前玉径の増大を招きコンパクト化が難しくなるのでよくない。下限を超える場合は第２群Ｌ２の最も物体側のレンズの中心肉厚が薄くこれに隣接して開口絞りが配置されるような場合である。この場合は第２群Ｌ２の最も物体側のレンズの曲率が緩くなるため第１群Ｌ１から発散状態にて射出される光束に対して収斂作用が弱く球面収差が補正不足となるためよくない。

【００５５】

尚、各実施形態において、更に好ましくは条件式（１）～（３）の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【００５６】

０．７＜(Ｄ１２Ｗ－Ｄ１２Ｔ)／(Ｄ２３Ｔ－Ｄ２３Ｗ)＜１．８　・・・（１ａ）

０．２５＜Ｒｎ／ｆ２≦０．３６８　・・・（２ａ）

０．１５＜Ｄ２ｓｐ／ｆ２＜０．３７　・・・（３ａ）

実施形態１のズームレンズは、物体側より順に、第１レンズ群は両レンズ面が凸面の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、両レンズ面が凹面の負レンズ、

物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズより成っている。第２レンズ群は、両レンズ面が凸面の正レンズ、絞り、両レンズ面が凸面の正レンズと両レンズ面が凹面の負レンズとの接合レンズより成っている。第３レンズ群は両レンズ面が凸面の正レンズと、物体側に凹面を向けた負レンズとの接合レンズより成っている。

【００５７】

実施形態２のズームレンズは、物体側より順に、第１レンズ群は両レンズ面が凸面の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、両レンズ面が凹面の負レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズより成っている。第２レンズ群は物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズとの接合レンズ、絞り、両レンズ面が凸面の正レンズより成っている。第３レンズ群は両レンズ面が凸面の正レンズと、物体側に凹面を向けた負レンズとの接合レンズより成っている。

【００５８】

実施形態３のズームレンズは、物体側より順に、第１レンズ群は両レンズ面が凸面の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、両レンズ面が凹面の負レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズより成っている。第２レンズ群は物体側に凸面を向けたレンズ、絞り、両レンズ面が凸面の正レンズと、物体側に凹面を向けた負レンズとの接合レンズより成っている。第３レンズ群は両レンズ面が凸面の正レンズと、物体側に凹面を向けた負レンズとの接合レンズより成っている。

【００５９】

実施形態４のズームレンズは、物体側より順に、前記第１レンズ群は物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズより成っている。第２レンズ群は、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズとの接合レンズ、絞り、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズと両レンズ面が凸面の正レンズとの接合レンズより成っている。第３レンズ群は両レンズ面が凸面の正レンズより成っている。

【００６０】

以下に、各実施形態１～４の数値実施例１～４を示す。各数値実施例において、ｉは物体側からの面の順序を示し、Ｒｉはレンズ面の曲率半径、Ｄｉは第ｉ面と第ｉ＋１面との間のレンズ肉厚および空気間隔、Ｎｉ、νｉはそれぞれ第ｉ番目の光学部材のｄ線に対する屈折率、アッベ数を示す。また、もっとも像側の２面は水晶ローパスフィルター、赤外カットフィルター等のフィルター部材である。また、Ｂ，Ｃ，Ｄ，Ｅ，Ｆは非球面係数である。非球面形状は光軸からの高さ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、

【００６１】

【数１】

$$X=\frac{(1/R)H^2}{1+\sqrt{1-(1+K)(H/R)^2}}+BH^4+CH^6+DH^8+EH^{10}$$

【００６２】

で表される。但しＲは曲率半径、Ｋは円錐定数である。

【００６３】

又、「ｅ－Ｘ」は「×１０$^{-X}$」を意味している。

【００６４】

又、前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表１に示す。ｆは焦点距離、ＦｎｏはＦナンバー、ωは撮影半画角である。

【００６５】

【外１】

【数値実施例１】

ｆ＝1～ 2.87　Ｆｎｏ＝ 2.87 ～ 4.80　２ω＝62.7°　～ 23.9°

R 1 =　8.517　D 1 =　0.41　N 1 = 1.712995　ν 1 = 53.9
R 2 = -48.127　D 2 =　0.07
R 3 =　7.281　D 3 =　0.15　N 2 = 1.834000　ν 2 = 37.2
R 4 =　1.733　D 4 =　0.47
R 5 =　44.462　D 5 =　0.15　N 3 = 1.531717　ν 3 = 48.8
R 6 =　1.527　D 6 =　0.38
R 7 =　1.959　D 7 =　0.33　N 4 = 1.846660　ν 4 = 23.9
R 8 =　3.985　D 8 =　可変
R 9 =　4.079　D 9 =　0.29　N 5 = 1.743300　ν 5 = 49.3
R10 = -4.160　D10 =　0.09
R11 =　絞り　D11 =　0.09
R12 =　0.937　D12 =　0.40　N 6 = 1.712995　ν 6 = 53.9
R13 = -2.335　D13 =　0.10　N 7 = 1.672700　ν 7 = 32.1
R14 =　0.654　D14 =　可変
R15 =　3.035　D15 =　0.36　N 8 = 1.517417　ν 8 = 52.4
R16 = -1.479　D16 =　0.09　N 9 = 1.846660　ν 9 = 23.9
R17 = -2.372　D17 =　可変
R18 =　∞　D18 =　0.36　N10 = 1.516330　ν10 = 64.1
R19 =　∞

焦点距離 / 可変間隔	1.00	2.12	2.87
D 8	3.54	0.93	0.31
D14	0.74	1.84	2.64
D17	0.50	0.61	0.69

非球面係数

R10 k=-8.43033e-01 B=1.94116e-02 C=-3.81432e-03 D=1.00799e-01 E=-1.81189e-01

【００６６】
【外２】

【数値実施例２】

ｆ＝1～ 2.88　Ｆｎｏ＝ 2.87 ～ 4.80　２ω＝62.8°　～ 23.9°

R 1 =　5.137　D 1 =　0.44　N 1 = 1.772499　ν 1 = 49.6
R 2 = -53.451　D 2 =　0.07
R 3 =　8.156　D 3 =　0.15　N 2 = 1.712995　ν 2 = 53.9
R 4 =　1.815　D 4 =　0.53
R 5 =　-6.491　D 5 =　0.15　N 3 = 1.670029　ν 3 = 47.2
R 6 =　1.561　D 6 =　0.38
R 7 =　1.931　D 7 =　0.33　N 4 = 1.846660　ν 4 = 23.9
R 8 =　3.509　D 8 =　可変
R 9 =　0.842　D 9 =　0.40　N 5 = 1.740130　ν 5 = 49.2
R10 =　2.563　D10 =　0.10　N 6 = 1.805181　ν 6 = 25.4
R11 =　0.774　D11 =　0.18
R12 =　絞り　D12 =　0.09
R13 =　3.209　D13 =　0.25　N 7 = 1.772499　ν 7 = 49.6
R14 =　-3.092　D14 =　可変
R15 =　8.080　D15 =　0.30　N 8 = 1.772499　ν 8 = 49.6
R16 =　-2.321　D16 =　0.09　N 9 = 1.846660　ν 9 = 23.9
R17 =　-5.875　D17 =　可変
R18 =　∞　D18 =　0.36　N10 = 1.516330　ν10 = 64.1
R19 =　∞

焦点距離 / 可変間隔	1.00	2.09	2.88
D 8	2.83	0.80	0.28
D14	0.83	2.14	3.09
D17	0.52	0.52	0.52

非球面係数

R9 k=1.32227e-01 B=-1.14740e-01 C=-1.04956e-01 D=-1.71620e-01 E=-2.26487e-01

【００６７】
【外３】

【数値実施例３】

ｆ＝1～ 2.87　Ｆｎｏ＝ 2.79 ～ 4.80　２ω＝62.7°　～ 23.9°

R 1 =　5.422　D 1 =　0.73　N 1 = 1.603112　ν 1 = 60.6
R 2 = -24.867　D 2 =　0.07
R 3 =　3.755　D 3 =　0.15　N 2 = 1.712995　ν 2 = 53.9
R 4 =　1.790　D 4 =　0.53
R 5 =　-5.084　D 5 =　0.15　N 3 = 1.670029　ν 3 = 47.2
R 6 =　1.447　D 6 =　0.38
R 7 =　1.789　D 7 =　0.33　N 4 = 1.805181　ν 4 = 25.4
R 8 =　2.775　D 8 =　可変
R 9 =　0.885　D 9 =　0.40　N 5 = 1.743300　ν 5 = 49.3
R10 =　0.836　D10 =　0.18
R11 =　絞り　D11 =　0.09
R12 =　3.946　D12 =　0.36　N 6 = 1.696797　ν 6 = 55.5
R13 =　-1.178　D13 =　0.09　N 7 = 1.846660　ν 7 = 23.9
R14 =　-2.204　D14 =　可変
R15 =　5.136　D15 =　0.30　N 8 = 1.772499　ν 8 = 49.6
R16 =　-2.284　D16 =　0.09　N 9 = 1.846660　ν 9 = 23.9
R17 =　-7.559　D17 =　可変
R18 =　∞　D18 =　0.36　N10 = 1.516330　ν10 = 64.1
R19 =　∞

可変間隔＼焦点距離	1.00	2.09	2.87
D 8	2.62	0.84	0.39
D14	0.66	2.30	3.49
D17	0.75	0.75	0.75

非球面係数

R9 k=1.03774e-01 B=-8.83951e-02 C=-1.06559e-01 D=1.06695e-01 E=-5.49767e-01

【００６８】
【外４】

【数値実施例４】

ｆ＝1～ 3.02　Ｆｎｏ＝ 2.76 ～ 4.80　2ω=62.9°　～ 22.9°

R 1 =　19.057　　D 1 =　0.29　　N 1 = 1.802380　　ν 1 = 40.7
R 2 =　0.967　　D 2 =　0.34
R 3 =　1.809　　D 3 =　0.38　　N 2 = 1.846660　　ν 2 = 23.9
R 4 =　6.158　　D 4 =　可変
R 5 =　0.883　　D 5 =　0.40　　N 3 = 1.740130　　ν 3 = 49.2
R 6 =　2.228　　D 6 =　0.11　　N 4 = 1.647689　　ν 4 = 33.8
R 7 =　0.757　　D 7 =　0.29
R 8 =　絞り　　D 8 =　0.09
R 9 =　1.966　　D 9 =　0.09　　N 5 = 1.846660　　ν 5 = 23.9
R10 =　1.101　　D10 =　0.33　　N 6 = 1.603112　　ν 6 = 60.6
R11 =　-3.172　　D11 =　可変
R12 =　2.504　　D12 =　0.27　　N 7 = 1.487490　　ν 7 = 70.2
R13 =　-14.081　　D13 =　可変
R14 =　∞　　D14 =　0.37　　N 8 = 1.516330　　ν 8 = 64.1
R15 =　∞

可変間隔＼焦点距離	1.00	2.13	3.02
D 4	3.05	0.80	0.21
D11	0.74	2.30	3.44
D13	0.73	0.59	0.49

非球面係数

R2 k=-1.93649e+00 B=1.63156e-01 C=-6.26538e-02 D=2.90381e-02 E=-7.44152e-03
R5 k=-1.16109e-01 B=-4.82655e-02 C=-2.15781e-02 D=-8.13904e-02 E=1.42574e-02

【００６９】
【表１】

表－１

	数値実施例			
	1	2	3	4
条件式（１）	1.696	1.127	0.788	1.053
条件式（２）	0.287	0.356	0.368	0.322
条件式（３）	0.167	0.312	0.256	0.342

【００７０】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたデジタルカメラの実施形態を図１７を用いて説明する。

【００７１】

図１７において、１０はカメラ本体、１１は本発明のズームレンズによって構成された撮影光学系、１２はカメラ本体に内蔵されたストロボ、１３は外部式ファインダー、１４はシャッターボタンである。

【００７２】

このように本発明のズームレンズをデジタルカメラ等の光学機器に適用することにより、小型で高い光学性能を有する光学機器を実現している。

【００７３】

【発明の効果】

本発明によれば、コンパクトで優れた光学性能を有するズームレンズ及びそれを用いた光学機器を達成することができる。

【００７４】

この他本発明によれば、負、正、正の屈折力のレンズ群を有する３群ズームレンズにおいて望遠端におけるレンズ全長を短縮し、かつ第２レンズ群の構成枚数が少なく第２レンズ群のレンズ鏡筒が小型で、全系としてコンパクトでありながら射出瞳を像面から十分離して固体撮像素子を用いた光学機器を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明のズームレンズの実施形態１の光学断面図である。

【図２】　実施形態１の広角端における収差図である。

【図３】　実施形態１の中間のズーム位置における収差図である。

【図４】　実施形態１の望遠端における収差図である。

【図５】　本発明のズームレンズの実施形態２の光学断面図である。

【図６】　実施形態２の広角端における収差図である。

【図７】　実施形態２の中間のズーム位置における収差図である。

【図８】　実施形態２の望遠端における収差図である。

【図９】　本発明のズームレンズの実施形態３の光学断面図である。

【図１０】　実施形態３の広角端における収差図である。

【図１１】　実施形態３の中間のズーム位置における収差図である。

【図１２】　実施形態３の望遠端における収差図である。

【図１３】　本発明のズームレンズの実施形態４の光学断面図である。

【図１４】　実施形態４の広角端における収差図である。

【図１５】　実施形態４の中間のズーム位置における収差図である。

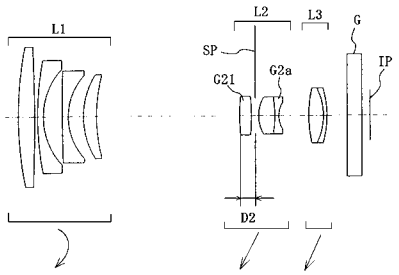
【図１６】　実施形態４の望遠端における収差図である。

【図１７】　本発明の光学機器の概略図である。

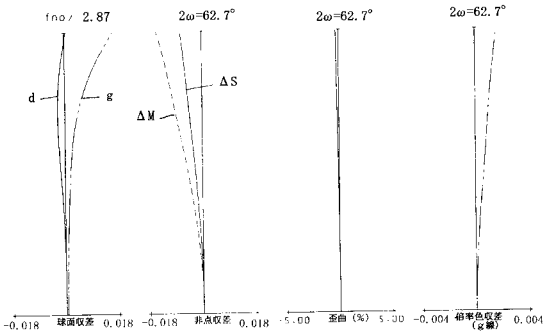
【符号の説明】

Ｌ１　　第１群
Ｌ２　　第２群
Ｌ３　　第３群
ＳＰ　　絞り
ＩＰ　　像面
ｄ　　ｄ線
ｇ　　ｇ線
ΔＳ　　サジタル像面
ΔＭ　　メリディオナル像面

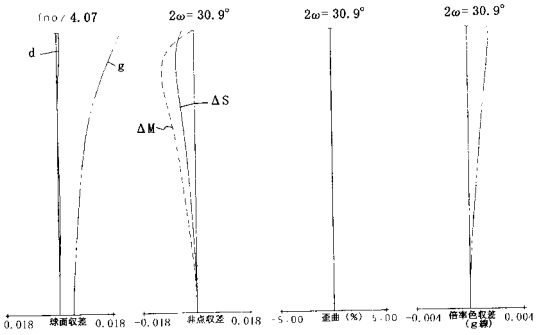
【図１】



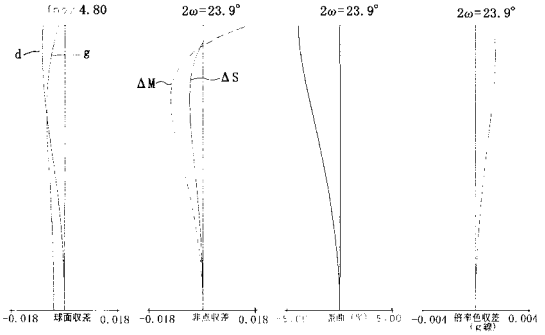
【図２】



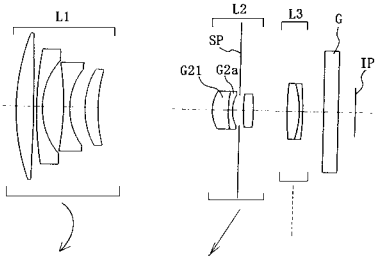
【図３】



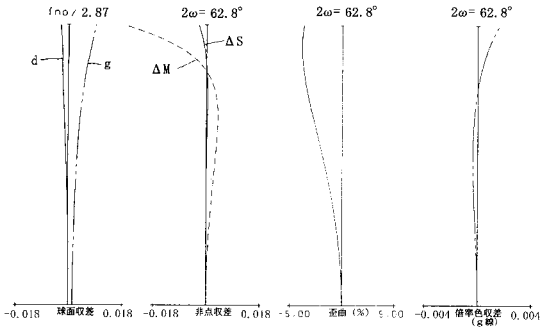
【図４】



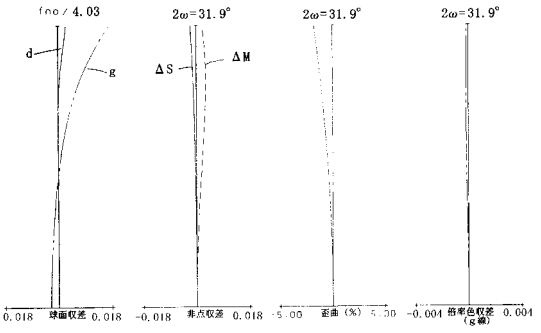
【図５】



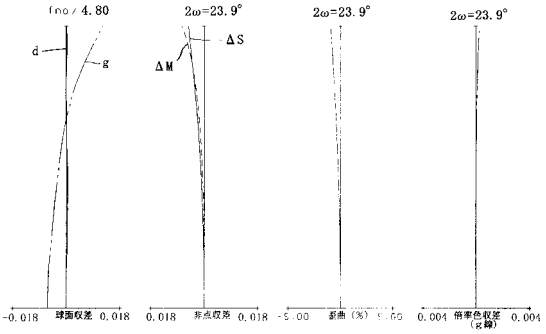
【図６】



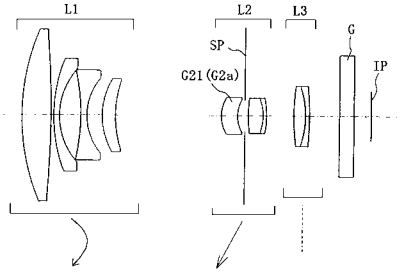
【図７】



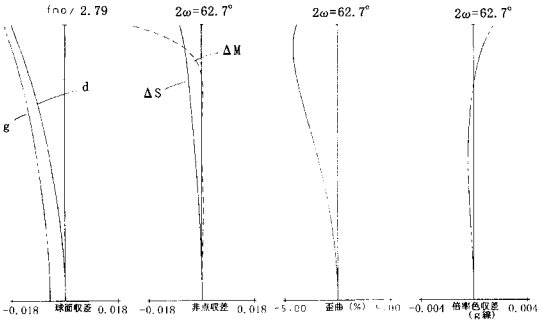
【図８】



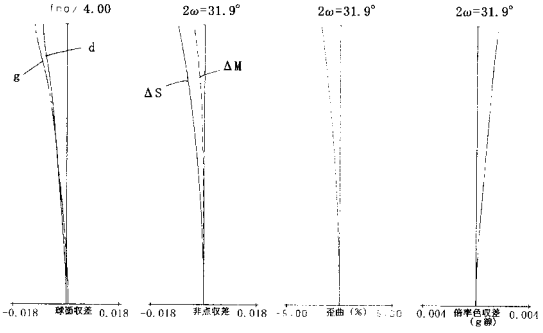
【図９】



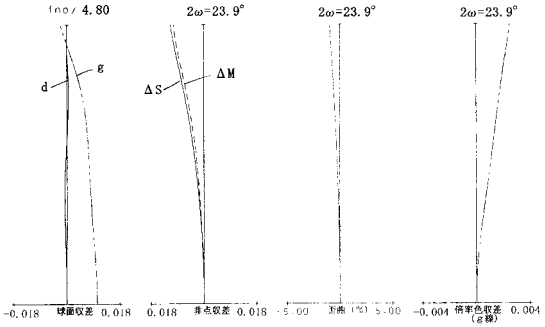
【図１０】



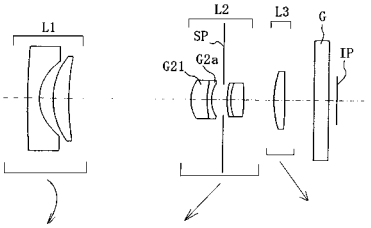
【図１１】



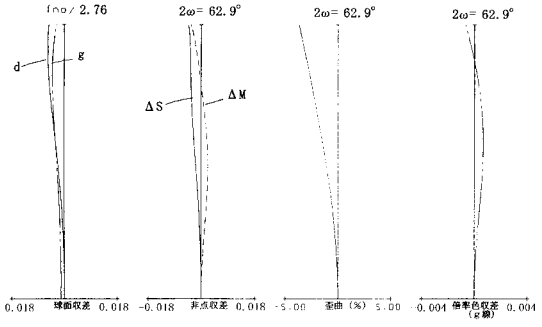
【図１２】



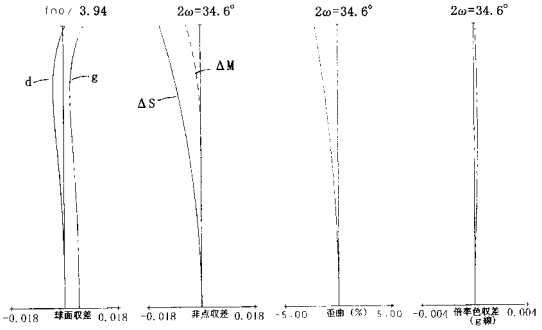
【図１３】



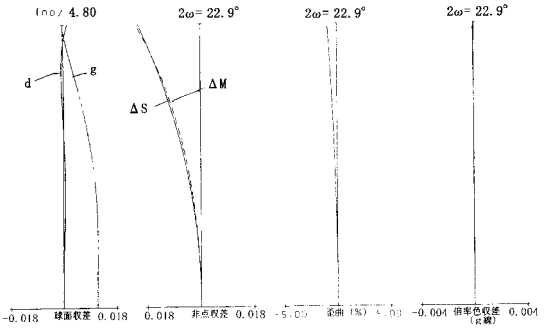
【図１４】



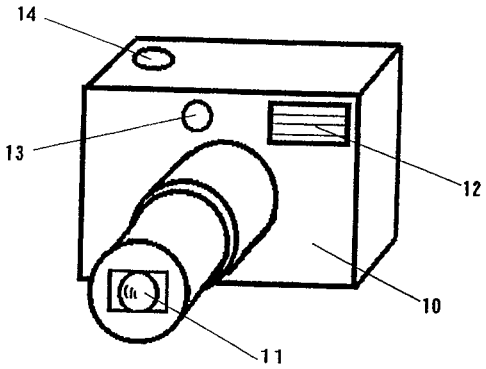
【図１５】



【図１６】



【図１７】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平１０－１７０８２６（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－１１１７９８（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２９６４７６（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２７２６０２（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－ ６６５０３（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－１４７３８１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04