

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5504792号
(P5504792)

(45) 発行日 平成26年5月28日 (2014. 5. 28)

(24) 登録日 平成26年3月28日 (2014. 3. 28)

(51) Int. Cl.

F 1

G 0 2 B 15/15 (2006. 01)

G 0 2 B 15/15

G 0 3 B 21/14 (2006. 01)

G 0 3 B 21/14

Z

G 0 3 B 21/00 (2006. 01)

G 0 3 B 21/00

D

請求項の数 7 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2009-220334 (P2009-220334)
 (22) 出願日 平成21年9月25日 (2009. 9. 25)
 (65) 公開番号 特開2011-69957 (P2011-69957A)
 (43) 公開日 平成23年4月7日 (2011. 4. 7)
 審査請求日 平成24年9月18日 (2012. 9. 18)

(73) 特許権者 000001443
 カシオ計算機株式会社
 東京都渋谷区本町 1 丁目 6 番 2 号
 (72) 発明者 川上 悦郎
 東京都羽村市栄町 3 丁目 2 番 1 号 カシオ
 計算機株式会社羽村技術センター内

審査官 殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及び投射型表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

拡大側から順に、全体で正の屈折力を有する第1レンズ群、全体で負の屈折力を有する第2レンズ群、全体で正の屈折力を有する第3レンズ群、全体で負の屈折力を有する第4レンズ群及び全体で正の屈折力を有する第5レンズ群から構成され、広角端から望遠端へ変倍に際して前記第1レンズ群、前記第3レンズ群及び前記第5レンズ群は変倍動作中固定されており、前記第2レンズ群及び前記第4レンズ群は拡大側から縮小側方向へ一体として光軸に沿って移動し、この変倍で移動する前記第2レンズ群のパワーに関して下記条件式(1)を満足し、変倍中固定されている前記第3レンズ群の広角端における倍率に関して下記条件式(2)を満足し、光学系に全体の大きさが下記条件式(3)を満足し、前記第5レンズ群の縮小側に設定される空間に関して下記条件式(4)を満足していることを特徴とするズームレンズ。

$$(1) \quad -1.2 \quad f_w / f_{11} \quad -0.85$$

$$(2) \quad -0.95 \quad m_{111w} \quad -0.7$$

$$(3) \quad TL / f_w \quad 8.0$$

$$(4) \quad 1.75 \quad b_w / f_w$$

ただし、

 f_w : 広角端におけるレンズ全系の合成焦点距離

(第1レンズ群の最も拡大側の面からの物体距離1700mmに合焦の状態)

 f_{11} : 第2レンズ群の合成焦点距離

m_{111w} : 広角端における第 3 レンズ群の合成倍率

TL : 第 1 レンズ群の最も拡大側の面から像面までの距離

(ただし、第 1 レンズ群の最も拡大側の面からの物体距離 1 7 0 0 mm に合焦の状態であり、第 5 レンズ群の最も縮小側面から像面までは空気換算距離)

b_w : 第 5 レンズ群の最も縮小側の面から像面までの距離

(ただし、第 1 レンズ群の最も拡大側の面からの物体距離 1 7 0 0 mm に合焦の状態であり、第 5 レンズ群の最も縮小側面から像面までは空気換算距離)

【請求項 2】

前記請求項 1 記載のズームレンズにおいて、前記第 1 レンズ群は、正の屈折力を有するレンズ（以下正レンズ）1 枚にて構成されていることを特徴とする。

10

【請求項 3】

前記請求項 1 記載のズームレンズにおいて、前記第 2 レンズ群は、最も拡大側に、拡大側に凸のメニスカス形状で負の屈折力を有するレンズ（以下負レンズ）を配置し、全体で少なくとも二枚の負レンズを含む二乃至三枚のレンズにて構成され、最も拡大側に配置される前記負レンズのパワーに関して下記条件式（5）を満足し、縮小側面の形状の特徴に関して下記条件式（6）を満足していることを特徴とする。

$$(5) \quad -0.5 \leq f_w / f_{111} \leq -0.45$$

$$(6) \quad 0.85 \leq f_w / r_{112} \leq 1.2$$

ただし、

f_{111} : 第 2 レンズ群において最も拡大側に配置されるレンズの焦点距離

20

r_{112} : 第 2 レンズ群において最も拡大側に配置されるレンズの縮小側面の曲率半径

【請求項 4】

前記請求項 1 記載のズームレンズにおいて、前記第 3 レンズ群は、最も拡大側に正レンズを配置し、全体で二枚の正レンズ及び一枚の負レンズにて構成され、最も拡大側に配置される前記正レンズのパワーに関して下記条件式（7）を満足し、拡大側から二番目乃至三番目に配置されるレンズの分散特性の関係が下記条件式（8）を満足していることを特徴とする。

$$(7) \quad 0.2 \leq f_w / f_{1111} \leq 0.46$$

$$(8) \quad 4.2 \leq |v_{1112} - v_{1113}|$$

ただし、

f_{1111} : 第 3 レンズ群において最も拡大側に配置されるレンズの焦点距離

v_{1112} : 第 3 レンズ群の拡大側から二番目に配置されるレンズのアッベ数

v_{1113} : 第 3 レンズ群の拡大側から三番目に配置されるレンズのアッベ数

【請求項 5】

前記請求項 1 記載のズームレンズにおいて、前記第 4 レンズ群は、拡大側から順に負レンズ、正レンズ及び負レンズを配して構成され、群全体として有するパワーに関して下記条件式（9）を満足し、拡大側から二番目に配置されるレンズのパワーに関して下記条件式（10）を満足し、構成する前記負レンズと前記正レンズの分散特性の関係が下記条件式（11）を満足し、構成する前記正レンズの屈折率が下記条件式（12）を満足していることを特徴とする。

40

$$(9) \quad -0.95 \leq f_w / f_{1V} \leq -0.65$$

$$(10) \quad 0.75 \leq f_w / f_{1V2} \leq 1.25$$

$$(11) \quad 8.0 \leq V_{1Vn} - V_{1Vp}$$

$$(12) \quad 1.72 \leq n_{1Vp}$$

ただし、

f_{1V} : 第 4 レンズ群の合成焦点距離

f_{1V2} : 第 4 レンズ群において拡大側から二番目に配置されるレンズの焦点距離

V_{1Vn} : 第 4 レンズ群を構成する負レンズのアッベ数の平均値

V_{1Vp} : 第 4 レンズ群を構成する正レンズのアッベ数の平均値

n_{1Vp} : 第 4 レンズ群を構成する正レンズの d 線における屈折率

50

【請求項 6】

前記請求項 1 記載のズームレンズにおいて、前記第 5 レンズ群は、拡大側から順に正レンズ、負レンズ及び正レンズを配して構成され、群全体として有するパワーに関して下記条件式 (13) を満足し、構成する前記正レンズと前記負レンズの分散特性の関係が下記条件式 (14) を満足し、構成する前記負レンズの屈折率が下記条件式 (15) を満足していることを特徴とする。

$$(13) \quad 0.6 \leq f_w / f_v \leq 0.75$$

$$(14) \quad 2.5 \leq V_{vp} - V_{vn}$$

$$(15) \quad 1.78 \leq n_{vn}$$

ただし、

f_v : 第 5 レンズ群の合成焦点距離

V_{vp} : 第 5 レンズ群を構成する正レンズのアッペ数

V_{vn} : 第 5 レンズ群を構成する負レンズのアッペ数

n_{vn} : 第 5 レンズ群を構成する負レンズの d 線における屈折率

【請求項 7】

前記請求項 1 乃至前記請求項 6 の少なくともいずれかの一項に記載されるズームレンズを搭載していることを特徴とした投射型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主に DMD などの光の反射方向を変えて画像を形成するライトバルブからの画像をスクリーンその他に拡大投射するレンズ口径が小さくコンパクトなズームレンズに関するものである。

【背景技術】

【0002】

投射型表示装置においてライトバルブとして DMD (デジタルマイクロミラーデバイス) を用いる場合、使用する投射用レンズに関して、幾つかの DMD 特有の制約が発生する。第 1 の制約は小型の投射型表示装置を開発する上で最大の制約とも考えられる投射用レンズの F 値に関するものである。現在、DMD において、画像を生成する際にマイクロミラーの ON 及び OFF を表現するために旋回する角度は $\pm 12^\circ$ であり、これにより有効な反射光 (有効光) と無効な反射光 (無効光) とを切り替えている。

【0003】

従って、DMD をライトバルブとした投射型表示装置においては有効光をとらえる必要があると共に無効光を捉えないことが条件となり、この条件から投射用レンズの F 値を導くことが出来る。また、このような条件は投射用レンズのライトバルブ側の瞳の位置が一定という条件のもとで成立しているため、ズームレンズなどの瞳位置が移動する場合は、移動した分、光量のロスなどが生ずるため、一般的には明るさが問題となりやすい広角端で瞳位置を最適化するなどの配慮も必要となる。第 2 の制約は光源系との配置に関するものである。小型化の為に投射用レンズのイメージサークルはなるべく小さくしたい為に、DMD に投射用の光束を入力する光源系の配置は限られてしまう。

【0004】

前述の DMD からの有効光を投射用レンズに入力するには、光源系を投射用レンズとはほぼ同じ方向 (隣り合わせ) に設置することとなる。また投射用レンズの最もライトバルブ側レンズとライトバルブとの間 (すなわち一般的にはバックフォーカス) を投射系と光源系との両光学系で使用することになり、投射用レンズには大きなバックフォーカスを設けなければならないと同時に、光源からの導光スペースを確保するために、ライトバルブ側のレンズ系を小さく設計する必要が生ずる。このことは投射用レンズの光学設計の立場から考えると、投射用レンズの後方付近にライトバルブ側の瞳位置が来るように設計するという制約となる。その一方で、投射用レンズの性能を向上するためには、何枚ものレンズを組み合わせる必要があり、したがってレンズを配置すると投射用レンズの全長は有る程

10

20

30

40

50

度の長さが必要となり、投射用レンズの全長が長くなれば、入射瞳位置が後方にあるレンズでは当然のことながら前方のレンズ径が大きくなってしまいうという小型化とは相反する問題となる。

【0005】

この様に、開発を行う上の大きな制約はあるものの、ライトバルブとしてDMDを採用する投射型表示装置は、小型化の上で他の方式よりも有利とされており、現在ではプレゼンテーションを行う際に便利なデータプロジェクタを中心として、携帯可能なコンパクトなものが広く普及してきている。また装置自体をコンパクトに構成するためには、当然のことながら使用される投射用レンズに関しても、コンパクト化の要望は非常に強く、さらにズーム構成による変倍が可能というだけではなく、DMDの中心と投射レンズの光軸をずらして配設する、いわゆるシフト光学系を採用するためにイメージサークルが大きいものを要求するようになりレンズのその広角端の画角の大きい投射レンズが要望されている。またコスト面や生産面を考慮すると非球面レンズをなるべく採用したくない。

10

【0006】

しかしながら、携帯可能であることを前提とした投射型表示装置において厚さ寸法を小さくすることはノート型パーソナルコンピュータなどと共に持ち歩くことの多い使用方をとする投射型表示装置では、最も重要な要素であるとも言える。この問題を解決する手段として、例えば特開2007-140474号公報(特許文献1)に開示されているような投射用レンズのコンパクト化設計方法の一例があり、投射型表示装置の小型化に効果的であることが既に知られているが、この発明の実施例によれば非球面レンズを2枚使用しており、コスト面や生産性を考慮に入れると、製品を提供する上で全てに有効な設計手段であるとは言い難い。

20

【0007】

光学補正型ズームレンズは当初35mmスチルカメラ用望遠ズームとして、例えば特開昭56-114919号公報(特許文献2)で開示されている例があるが、焦点距離100から200mmでF4.5の中望遠から望遠クラスのズームレンズとして設計されている。また、ビデオカメラ若しくはスチルビデオカメラ用として特開昭63-210812号公報(特許文献3)で開示されているのは35mmスチルカメラに換算すると50から100(150)mmで標準から中望遠(望遠)域の設計例で、用途が異なるが広角化を実施し設計されている。さらに、特開平5-249377号公報(特許文献4)の例では35mmスチルカメラ用として35(40)から135mmでF4のものが設計されており、一段の広角化と高変倍化がなされているが、これは撮影用のズームレンズとして広角化、高変倍化、明るい光学系が要望されているからであるが、ズームカムを使用前提として設計された同技術分野のズームレンズに勝るものとはなっていない。光学系とそれを保持し、フォーカスや変倍動作を実現する鏡枠機構を含めた範囲でコストを考えた場合、機構部品として高価なズームカムの必要のない光学補正型ズームレンズの採用は有利である。

30

【0008】

しかしながら、薄型投射装置への採用は、前記特開昭56-114919号公報(特許文献2)の例では画角及びF値が達成できず、前記特開昭63-210812号公報(特許文献3)の例では画角が達成できず、前記特開平5-249377号(特許文献4)の例ではF値が達成できない。また、前記各例を通じて、変倍比はより少なくとも良いのであるが、より高解像でなければならず、また前玉径が大きすぎてこれらの開示例の範囲で設計されたレンズは薄型投射装置用の投射レンズとして採用できるものではない。さらに、前記開示例の全てが正パワーを有するレンズ群を移動群とし、これらの移動群に挟まれて負パワーを有するレンズ群を固定配置して変倍を成す構成となっており、本願の構成である負パワーを有するレンズ群を移動群とし、これら移動群に挟まれた正パワーを有するレンズ群を固定群とした開示例ではない。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 9 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 1 4 0 4 7 4 号公報

【特許文献 2】特開昭 5 6 - 1 1 4 9 1 9 号公報

【特許文献 3】特開昭 6 3 - 2 1 0 8 1 2 号公報

【特許文献 4】特開平 5 - 2 4 9 3 7 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

本発明は、前述した事情に鑑み、DMDなどの光の反射方向を変えて画像を形成するライトバルブの特性に適しており、ライトバルブからの画像をスクリーン上或いはその他の壁面等に拡大投射する用途において結像性能が高く、さらにレンズ口径が小さくコンパクトなズームレンズを安価に実現し、コンパクトで明るく、小さな会議室等の限られたスペースでも大きな画面を投射可能で高画質でありながら高価な非球面レンズや光学補正型を採用することによりズームカムを使用せずにコストや生産性をも考慮した薄型の投射型表示装置を安価に提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

請求項 1 記載の発明は、拡大側から順に、全体で正の屈折力を有する第 1 レンズ群、全体で負の屈折力を有する第 2 レンズ群、全体で正の屈折力を有する第 3 レンズ群、全体で負の屈折力を有する第 4 レンズ群及び全体で正の屈折力を有する第 5 レンズ群から構成され、広角端から望遠端へ変倍に際して前記第 1 レンズ群、前記第 3 レンズ群及び前記第 5 レンズ群は変倍動作中固定されており、前記第 2 レンズ群及び前記第 4 レンズ群は拡大側から縮小側方向へ一体として光軸に沿って移動し、この変倍で移動する前記第 2 レンズ群のパワーに関して下記条件式 (1) を満足し、変倍中固定されている前記第 3 レンズ群の広角端における倍率に関して下記条件式 (2) を満足し、光学系に全体の大きさが下記条件式 (3) を満足し、前記第 5 レンズ群の縮小側に設定される空間に関して下記条件式 (4) を満足していることを特徴とする。

$$(1) \quad -1.2 \quad f_w / f_{11} \quad -0.85$$

$$(2) \quad -0.95 \quad m_{11w} \quad -0.7$$

$$(3) \quad TL / f_w \quad 8.0$$

$$(4) \quad 1.75 \quad b_w / f_w$$

ただし、

f_w : 広角端におけるレンズ全系の合成焦点距離

(第 1 レンズ群の最も拡大側の面からの物体距離 1 7 0 0 mm に合焦の状態)

f_{11} : 第 2 レンズ群の合成焦点距離

m_{11w} : 広角端における第 3 レンズ群の合成倍率

TL : 第 1 レンズ群の最も拡大側の面から像面までの距離

(ただし、第 1 レンズ群の最も拡大側の面からの物体距離 1 7 0 0 mm に合焦の状態であり、第 5 レンズ群の最も縮小側面から像面までは空気換算距離)

b_w : 第 5 レンズ群の最も縮小側の面から像面までの距離

(ただし、第 1 レンズ群の最も拡大側の面からの物体距離 1 7 0 0 mm に合焦の状態であり、第 5 レンズ群の最も縮小側面から像面までは空気換算距離)

条件式 (1) は、第 2 レンズ群のパワーに関する条件である。本発明のズームレンズにおける第 2 レンズ群は強い負のパワーを有しており、変倍において光軸上を移動する構成要素となっており重要な役割を担っている。また、拡大側に位置する強い負のパワーを有するレンズ群として、前述の DMD 等のライトバルブを照明するための光学系を配する為の空間を第 5 レンズ群と DMD 等のライトバルブの構成部品であるカバーガラス CG との間隔を実際に確保するための光学的に必要な条件でもある。上限を超えると、第 2 レンズ群の負のパワーが小さくなり、間隔を必要量確保するのが困難になり、さらに変倍能力も低下し、下限を超えると負のパワーが大きくなり第 3 レンズ群以降の正レンズ群のパ

10

20

30

40

50

ワーを強めなければならず、諸収差のバランスを取ることが困難になる。条件式(2)は、本発明のズームレンズにあって最も特徴のある変倍を司る第3レンズ群の広角端配置における合成倍率に関する条件式である。本発明のズームレンズの変倍を担っているレンズ群は第2レンズ群乃至第4レンズ群で、正パワーの第3レンズ群を変倍中の固定群として当該レンズ群を挟んで負パワーを有する第2レンズ群及び第4レンズ群を一体で、拡大側(広角端)から縮小側(望遠端)へと光軸上を移動させることで実現している。従って広角端配置の場合、第2レンズ群と第3レンズ群の間には少なくとも変倍時に移動する為に使用する空気間隔が必要である。この空気間隔に関する設定は条件式(2)の数値と密接に関係する。この空気間隔の量は、変倍に関係する各レンズ群のパワー、倍率、収差変動などを考慮しバランスの上で決まるが、条件式(2)の上限を超えると(絶対値が小さいと)空気間隔としては大きく設定可能となるが、一方では光学系全体の大きさに影響を及ぼすため限界値はこれらのバランスで決まってくる。逆に下限を超えると(絶対値が大きいと)空気間隔が大きくとれず、倍率の低下を招き、或いは各群パワーを上げなければならず、諸収差が悪化する。条件式(3)は、光学系の全長に関する条件であり、すなわち小径化の条件となる。上限を超えると全長が大きくなり、したがってレンズが大口径になり、小型、薄型化を損ねてしまう。下限を超えると、諸収差のバランスを取ることが困難となる。条件式(4)は、第5レンズ群の縮小側に設定される空気間隔に関する条件である。いわゆるバックフォーカスに相当する部分であるがライトバルブを照明するための光学系との共用スペースである為、この間隔を確保することが必要となる。従って下限を超えると照明系のスペースが不足し投射型表示装置として設計困難となる。

【0012】

請求項2記載の発明は、前記第1レンズ群は、全体として正パワーを有するが、何枚ものレンズで構成することは前玉有効径を大きくすることに繋がるため、正の屈折力を有するレンズ(以下正レンズ)1枚にて構成されていることを特徴とする。

【0013】

請求項3記載の発明は、前記第2レンズ群は、最も拡大側に、拡大側に凸のメニスカス形状で負の屈折力を有するレンズ(以下負レンズ)を配置し、全体で少なくとも二枚の負レンズを含む二乃至三枚のレンズにて構成され、最も拡大側に配置される前記負レンズのパワーに関して下記条件式(5)を満足し、縮小側面の形状の特徴に関して下記条件式(6)を満足していることを特徴とする。

$$(5) \quad -0.5 \leq f_w / f_{111} \leq -0.45$$

$$(6) \quad 0.85 \leq f_w / r_{112} \leq 1.2$$

ただし、

f_{111} : 第2レンズ群において最も拡大側に配置されるレンズの焦点距離

r_{112} : 第2レンズ群において最も拡大側に配置されるレンズの縮小側面の曲率半径

条件式(5)は、第2レンズ群の最も拡大側に配置されるレンズのパワーに関する条件である。前述のように第2レンズ群は、全体として強い負パワーを有するレンズ群で特に画角を確保するために重要な場所に配置されているといえる。したがって、最も拡大側に配置されるレンズに関しても大きな負のパワーを有しており、このことは光学系に要求される画角とバックフォーカスに密接に関係しているためであり、本発明のズームレンズでいえば第2レンズ群の最も拡大側に配置されるレンズの負パワーを増大することは、第5レンズ群とDMD等のライトバルブの構成部品であるカバーガラスCGとの空気間隔を確保した上で要求画角を実現し、かつ小型化に有効であるが、条件式(5)の上限を超えるとレンズの負パワーが強くなり色収差と像面湾曲が発生し、収差の補正が困難になり、下限を超えるとレンズの負パワーが弱くなり第5レンズ群とDMD等のライトバルブの構成部品であるカバーガラスCGとの空気間隔、いわゆるバックフォーカスに相当する部分を長く取ることが困難になる。条件式(6)は、レンズ全系の歪曲収差とコマ収差補正のための条件式である。前述の第2レンズ群の最も拡大側に配置されるレンズの縮小側の面形状に関するもので、強いパワーを持たせながら、拡大側の光線束に対して概ね同心的形状とすることで、根本的に収差の発生を抑えた形状としている。したがって上限を超えると

、球面収差、コマ収差が補正不足となり、下限を超えると逆に補正過剰になる。

【 0 0 1 4 】

請求項 4 記載の発明は、前記第 3 レンズ群は、最も拡大側に正レンズを配置し、全体で二枚の正レンズ及び一枚の負レンズにて構成され、最も拡大側に配置される前記正レンズのパワーに関して下記条件式 (7) を満足し、拡大側から二番目乃至三番目に配置されるレンズの分散特性の関係が下記条件式 (8) を満足していることを特徴とする。

$$(7) \quad 0.2 \leq f_w / f_{III1} \leq 0.46$$

$$(8) \quad 4.2 \leq |v_{III2} - v_{III3}|$$

ただし、

f_{III1} : 第 3 レンズ群において最も拡大側に配置されるレンズの焦点距離

v_{III2} : 第 3 レンズ群の拡大側から二番目に配置されるレンズのアップ数

v_{III3} : 第 3 レンズ群の拡大側から三番目に配置されるレンズのアップ数

第 3 レンズ群の構成の特徴を詳しくみると、拡大側に有効径の大きい正レンズを配置して、やや大きめの空気間隔を設けるのが望ましく、その後全体として正パワーを有する負レンズ、正レンズの順番の色消し系、或いは正レンズ、負レンズの順番の色消し系を配置しており、拡大側の正レンズを前群、色消し系を後群とすると、第 3 レンズ群前群は、第 2 レンズ群の強い負パワーで跳ね上げられたマージナル光線を略平行光束に戻しておいて、第 3 レンズ群後群でさらに集光光束として続く第 4 レンズ群に網いている。その際前群と後群の間の空気間隔は大きいことは望ましいものの他の条件等との兼ね合いで大きく取れない場合もある。第 3 レンズ群前群と後群の間の空気間隔は一般的な各レンズのパワーを下げて基本的な収差発生を抑制する作用を有している一方、前群の位置では軸上光束と周辺光束が分離気味にレンズに入射しているため周辺光束の光線高が大きい、空気間隔を設けることによって後群の位置では周辺光束の光線高が小さくして、続く第 4 レンズ群内において周辺光束の主光線が光軸と交わるための準備をしている。条件式 (7) は第 3 レンズ群前群のパワーに関するものであるが、基本的に第 2 レンズ群で跳ね上げられたマージナル光線を略平行光束に戻すに必要なパワーである。上限を超えると単レンズであるため色収差を始め各収差の悪化を招くこととなり、下限を超えると後群の負担が大きくなることにより第 3 レンズ群としての収差バランスを崩す結果となる。続く条件式 (8) は第 3 レンズ群後群における分散係数に関するものであるが、前群での発生を含め第 3 レンズ群の色消しに関するものである。従って下限未満では十分な色消しを得ることが出来なくなる。

【 0 0 1 5 】

請求項 5 記載の発明は、前記第 4 レンズ群は、拡大側から順に負レンズ、正レンズ及び負レンズを配して構成され、群全体として有するパワーに関して下記条件式 (9) を満足し、拡大側から二番目に配置されるレンズのパワーに関して下記条件式 (10) を満足し、構成する前記負レンズと前記正レンズの分散特性の関係が下記条件式 (11) を満足し、構成する前記正レンズの屈折率が下記条件式 (12) を満足していることを特徴とする。

$$(9) \quad -0.95 \leq f_w / f_{IV} \leq -0.65$$

$$(10) \quad 0.75 \leq f_w / f_{IV2} \leq 1.25$$

$$(11) \quad 8.0 \leq V_{IVn} - V_{IVp}$$

$$(12) \quad 1.72 \leq n_{IVp}$$

ただし、

f_{IV} : 第 4 レンズ群の合成焦点距離

f_{IV2} : 第 4 レンズ群において拡大側から二番目に配置されるレンズの焦点距離

V_{IVn} : 第 4 レンズ群を構成する負レンズのアップ数の平均値

V_{IVp} : 第 4 レンズ群を構成する正レンズのアップ数の平均値

n_{IVp} : 第 4 レンズ群を構成する正レンズの d 線における屈折率

条件式 (9) は、第 4 レンズ群のパワーに関するものである。第 4 レンズ群は変倍を主に担っているために強い負のパワーが付与されている。従って上限を超えるような (絶

10

20

30

40

50

対値の小さい)パワーでは変倍量を小さくするか或いは光学系全体の大きさも大きくなるためコンパクトなズームレンズとはならない。逆に下限を超えるような(絶対値の大きい)パワーを与えてしまうと、続く第5レンズ群の正のパワーを増大しなければならなくなるため、全体の収差バランスが悪化してしまう。一方本来このような光学補正型の変倍光学系では移動群となるレンズ群のパワーが略等しいことが変倍中のフォーカス移動を無くする(無視しうる量とする)ための条件であるが、このことはカメラなどの交換レンズにおいて変倍時のフォーカス移動量が最大でも焦点深度内に収めなければならないための条件であり、本発明のズームレンズのように投射型表示装置に採用する場合にはその条件をそのままあてはめなくとも良い。投射型表示装置用の光学系としてはフォーカス移動を必ずしも無視し得る量にする必要はなく、変倍によるフォーカス移動での投射画像のボケが微小であれば、再度フォーカス調整をすること至極簡単であるため問題にはならない。それよりもズームカムを省略できるというコスト的な利点、サイズの利点の方が優位な条件である。このような制約の中では条件式(1)で表現されている第2レンズ群のパワー、条件式(9)で表現されている第4レンズのパワーの関係は問題ではなくフォーカス移動を良好な範囲で維持することが可能である。条件式(10)は、第4レンズ群において拡大側から二番目に配置される正レンズのパワーに関するものであるが、第4レンズ群として強い負のパワーを有する中で、正パワーの強いレンズが配置されているのはレンズ系全体でのペッツバル和のバランスを良好に維持することが目的である。従って上限、下限のどちらを超えてもバランスとしては望ましくなく周辺性能の悪化を招くこととなるが上限を超えた場合には、加えて第4レンズ群全体の負パワーの損出を招き易く、変倍比を下げざるを得なくなる。条件式(11)は、第4レンズ群としての色消し条件であり、下限を超えると変倍時における色収差変動が大きくなりズーム全域について良好な性能を維持することが出来ない。数値自身が一般的な光学ガラスの範囲を考えると小さくみえるが、それは第4レンズ群に使用される硝材が正レンズ、負レンズに関係なく一応に屈折率が高いことが理由である。条件式(12)は、第4レンズ群の中程に配置される正レンズの屈折率を示している。前述のように、第4レンズ群では高屈折率を有する負、正、負のレンズがやや大きい空気間隔を保ちつつ配されている。これはペッツバル和を改善するための像面湾曲に有利な構成方法であるとともに、周辺像点に対する主光線が第4レンズ群内で光軸と交差することから、コマ収差や特に球面収差に大きな影響を及ぼすためこれらについても有利な形状を保持する必要がある、これらの要件を鑑みると当該レンズの屈折率は高い方が望ましく、条件式(12)の下限を超えるとこれらの良好な特性が維持出来なくなる。

【0016】

請求項6記載の発明は、前記第5レンズ群は、拡大側から順に正レンズ、負レンズ及び正レンズを配して構成され、群全体として有するパワーに関して下記条件式(13)を満足し、構成する前記正レンズと前記負レンズの分散特性の関係が下記条件式(14)を満足し、構成する前記負レンズの屈折率が下記条件式(15)を満足していることを特徴とする。

$$(13) \quad 0.6 \leq f_w / f_v \leq 0.75$$

$$(14) \quad 2.5 \leq V_{vp} - V_{vn}$$

$$(15) \quad 1.78 \leq n_{vn}$$

ただし、

f_v : 第5レンズ群の合成焦点距離

V_{vp} : 第5レンズ群を構成する正レンズのアッベ数

V_{vn} : 第5レンズ群を構成する負レンズのアッベ数

n_{vn} : 第5レンズ群を構成する負レンズのd線における屈折率

条件式(13)は、第5レンズ群のパワーに関するものである。第5レンズ群は、レンズ群としては最も縮小側に配置され変倍動作中固定されているため、マスター系或いはリレー系に準ずる役割を担っている。すなわち変倍に関係なく第1レンズ群乃至第4レンズ群で発生し、補正不十分な収差を最終的に補正すると共に所定の寸法、仕様に合わせる機

能を有する。従がって上限を超えると所定の仕様とするには各群のパワーも増大することになり性能を維持することが出来ない。あるいは逆に性能を維持するためには光学系の構成枚数を増やす必要が生ずる。また、下限を超えると第5レンズ群による最終的な性能調整効果が不十分となってしまう。条件式(14)は、第5レンズ群の色補正条件である。単色収差を補正するには、各レンズのパワーが過大とならないことが必要で、そのためには条件式(14)を満たす正レンズ、負レンズのアップ数であることが必要な条件となり、下限を超えると色収差の補正が困難となる。条件式(15)は、第5レンズ群を構成する負レンズに用いられる硝材の屈折率に関する条件である。第5レンズ群を構成する負レンズは拡大側から二番目、すなわち中央に配置されるが、縮小側の正レンズと接合の状態

10

【0017】

請求項7記載の発明は、このように本発明によるズームレンズを投射型表示装置に搭載することにより装置全体を小型化することが可能となり、携帯にも便利な薄型の投射型表示装置を提供することが出来、さらにコストを低く維持することに効果的である。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、DMDなどのライトバルブの特性に適した結像性能が高くコンパクトでコスト面や生産面でも効果的なズームレンズを実現し、コンパクトで高画質の投射型表示装置を安価に提供することが出来る。

20

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明によるズームレンズの参考例1のレンズ構成図

【図2】参考例1のレンズの諸収差図

【図3】本発明によるズームレンズの参考例2のレンズ構成図

【図4】参考例2のレンズの諸収差図

【図5】本発明によるズームレンズの参考例3のレンズ構成図

【図6】参考例3のレンズの諸収差図

30

【図7】本発明によるズームレンズの第1実施例のレンズ構成図

【図8】第1実施例のレンズの諸収差図

【図9】本発明によるズームレンズの第2実施例のレンズ構成図

【図10】第2実施例のレンズの諸収差図

【図11】本発明によるズームレンズの参考例4のレンズ構成図

【図12】参考例4のレンズの諸収差図

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明のズームレンズは、拡大側から順に、全体で正の屈折力を有する第1レンズ群、全体で負の屈折力を有する第2レンズ群、全体で正の屈折力を有する第3レンズ群、全体で負の屈折力を有する第4レンズ群及び全体で正の屈折力を有する第5レンズ群から構成され、広角端から望遠端へ変倍に際して前記第1レンズ群、前記第3レンズ群及び前記第5レンズ群は変倍動作中固定されており、前記第2レンズ群及び前記第4レンズ群は拡大側から縮小側方向へ一体として光軸に沿って移動し、この変倍で移動する前記第2レンズ群のパワーに関して下記条件式(1)を満足し、変倍中固定されている前記第3レンズ群の広角端における倍率に関して下記条件式(2)を満足し、光学系に全体の大きさが下記条件式(3)を満足し、前記第5レンズ群の縮小側に設定される空間に関して下記条件式(4)を満足していることを特徴とする。

40

$$(1) \quad -1.2 \leq f_w / f_{ll} \leq 0.85$$

$$(2) \quad -0.95 \leq m_{llw} \leq 0.7$$

50

$$(3) \quad TL / f_w = 8.0$$

$$(4) \quad 1.75 \leq b_w / f_w$$

ただし、

f_w : 広角端におけるレンズ全系の合成焦点距離

(第1レンズ群の最も拡大側の面からの物体距離 1700mmに合焦の状態)

f_{II} : 第2レンズ群の合成焦点距離

m_{IIIw} : 広角端における第3レンズ群の合成倍率

TL : 第1レンズ群の最も拡大側の面から像面までの距離

(ただし、第1レンズ群の最も拡大側の面からの物体距離 1700mmに合焦の状態であり、第5レンズ群の最も縮小側面から像面までは空気換算距離)

b_w : 第5レンズ群の最も縮小側の面から像面までの距離

(ただし、第1レンズ群の最も拡大側の面からの物体距離 1700mmに合焦の状態であり、第5レンズ群の最も縮小側面から像面までは空気換算距離)

条件式(1)は、第2レンズ群のパワーに関する条件である。本発明のズームレンズにおける第2レンズ群は強い負のパワーを有しており、変倍において光軸上を移動する構成要素となっており重要な役割を担っている。また、拡大側に位置する強い負のパワーを有するレンズ群として、前述のDMD等のライトバルブを照明するための光学系を配する為の空間を第5レンズ群とDMD等のライトバルブの構成部品であるカバーガラスCGとの間隔を実際に確保するための光学的に必要な条件でもある。上限を超えると、第2レンズ群の負のパワーが小さくなり、間隔を必要量確保するのが困難になり、さらに変倍能力も低下し、下限を超えると負のパワーが大きくなり第3レンズ群以降の正レンズ群のパワーを強めなければならず、諸収差のバランスを取ることが困難になる。条件式(2)は、本発明のズームレンズにあって最も特徴のある変倍を司る第3レンズ群の広角端配置における合成倍率に関する条件式である。本発明のズームレンズの変倍を担っているレンズ群は第2レンズ群乃至第4レンズ群で、正パワーの第3レンズ群を変倍中の固定群として当該レンズ群を挟んで負パワーを有する第2レンズ群及び第4レンズ群を一体で、拡大側(広角端)から縮小側(望遠端)へと光軸上を移動させることで実現している。従って広角端配置の場合、第2レンズ群と第3レンズ群の間には少なくとも変倍時に移動する為に使用する空気間隔が必要である。この空気間隔に関する設定は条件式(2)の数値と密接に関係する。この空気間隔の量は、変倍に関係する各レンズ群のパワー、倍率、収差変動などを考慮しバランスの上で決まるが、条件式(2)の上限を超えると(絶対値が小さいと)空気間隔としては大きく設定可能となるが、一方では光学系全体の大きさに影響を及ぼすため限界値はこれらのバランスで決まってくる。逆に下限を超えると(絶対値が大きいと)空気間隔が大きくとれず、倍率の低下を招き、或いは各群パワーを上げなければならず、諸収差が悪化する。条件式(3)は、光学系の全長に関する条件であり、すなわち小径化の条件となる。上限を超えると全長が大きくなり、したがってレンズが大口径になり、小型、薄型化を損ねてしまう。下限を超えると、諸収差のバランスを取ることが困難となる。条件式(4)は、第5レンズ群の縮小側に設定される空気間隔に関する条件である。いわゆるバックフォーカスに相当する部分であるがライトバルブを照明するための光学系との共用スペースである為、この間隔を確保することが必要となる。従って下限を超えると照明系のスペースが不足し投射型表示装置として設計困難となる。

【0021】

また、前記第1レンズ群は、全体として正パワーを有するが、何枚ものレンズで構成することは前玉有効径を大きくすることに繋がるため、正の屈折力を有するレンズ(以下正レンズ)1枚にて構成されていることが望ましい。

【0022】

また、前記第2レンズ群は、最も拡大側に、拡大側に凸のメニスカス形状で負の屈折力を有するレンズ(以下負レンズ)を配置し、全体で少なくとも二枚の負レンズを含む二乃至三枚のレンズにて構成され、最も拡大側に配置される前記負レンズのパワーに関して下記条件式(5)を満足し、縮小側面の形状の特徴に関して下記条件式(6)を満足してい

ることが望ましい。

$$(5) \quad -0.5 \quad f_w / f_{111} \quad -0.45$$

$$(6) \quad 0.85 \quad f_w / r_{112} \quad 1.2$$

ただし、

f_{111} : 第2レンズ群において最も拡大側に配置されるレンズの焦点距離

r_{112} : 第2レンズ群において最も拡大側に配置されるレンズの縮小側面の曲率半径

条件式(5)は、第2レンズ群の最も拡大側に配置されるレンズのパワーに関する条件である。前述のように第2レンズ群は、全体として強い負パワーを有するレンズ群で特に画角を確保するために重要な場所に配置されているといえる。したがって、最も拡大側に配置されるレンズに関しても大きな負のパワーを有しており、このことは光学系に要求される画角とバックフォーカスに密接に関係しているためであり、本発明のズームレンズでいえば第2レンズ群の最も拡大側に配置されるレンズの負パワーを増大することは、第5レンズ群とDMD等のライトバルブの構成部品であるカバーガラスCGとの空気間隔を確保した上で要求画角を実現し、かつ小型化に有効であるが、条件式(5)の上限を超えるとレンズの負パワーが強くなり色収差と像面湾曲が発生し、収差の補正が困難になり、下限を超えるとレンズの負パワーが弱くなり第5レンズ群とDMD等のライトバルブの構成部品であるカバーガラスCGとの空気間隔、いわゆるバックフォーカスに相当する部分を長く取ることが困難になる。条件式(6)は、レンズ全系の歪曲収差とコマ収差補正のための条件式である。前述の第2レンズ群の最も拡大側に配置されるレンズの縮小側の面形状に関するもので、強いパワーを持たせながら、拡大側の光線束に対して概ね同心的形状とすることで、根本的に収差の発生を抑えた形状としている。したがって上限を超えると、球面収差、コマ収差が補正不足となり、下限を超えると逆に補正過剰になる。

【0023】

また、前記第3レンズ群は、最も拡大側に正レンズを配置し、全体で二枚の正レンズ及び一枚の負レンズにて構成され、最も拡大側に配置される前記正レンズのパワーに関して下記条件式(7)を満足し、拡大側から二番目乃至三番目に配置されるレンズの分散特性の関係が下記条件式(8)を満足していることが望ましい。

$$(7) \quad 0.2 \quad f_w / f_{111} \quad 0.46$$

$$(8) \quad 4.2 \quad |v_{112} - v_{113}|$$

ただし、

f_{111} : 第3レンズ群において最も拡大側に配置されるレンズの焦点距離

v_{112} : 第3レンズ群の拡大側から二番目に配置されるレンズのアッベ数

v_{113} : 第3レンズ群の拡大側から三番目に配置されるレンズのアッベ数

第3レンズ群の構成の特徴を詳しくみると、拡大側に有効径の大きい正レンズを配置して、やや大きめの空気間隔を設けるのが望ましく、その後全体として正パワーを有する負レンズ、正レンズの順番の色消し系、或いは正レンズ、負レンズの順番の色消し系を配置しており、拡大側の正レンズを前群、色消し系を後群とすると、第3レンズ群前群は、第2レンズ群の強い負パワーで跳ね上げられたマージナル光線を略平行光束に戻しておいて、第3レンズ群後群でさらに集光光束として続く第4レンズ群に綱いている。その際前群と後群の間の空気間隔は大きいことは望ましいものの他の条件等との兼ね合いで大きく取れない場合もある。第3レンズ群前群と後群の間の空気間隔は一般的な各レンズのパワーを下げて基本的な収差発生を抑制する作用を有している一方、前群の位置では軸上光束と周辺光束が分離気味にレンズに入射しているため周辺光束の光線高が大きい、空気間隔を設けることによって後群の位置では周辺光束の光線高が小さくして、続く第4レンズ群内において周辺光束の主光線が光軸と交わるための準備をしている。条件式(7)は第3レンズ群前群のパワーに関するものであるが、基本的に第2レンズ群で跳ね上げられたマージナル光線を略平行光束に戻すに必要なパワーである。上限を超えると単レンズであるため色収差を始め各収差の悪化を招くこととなり、下限を超えると後群の負担が大きくなることにより第3レンズ群としての収差バランスを崩す結果となる。続く条件式(8)は第3レンズ群後群における分散係数に関するものであるが、前群での発生を含め第3

レンズ群の色消しに関するものである。従がって下限未満では十分な色消しを得ることが出来なくなる。

【 0 0 2 4 】

また、前記第 4 レンズ群は、拡大側から順に負レンズ、正レンズ及び負レンズを配して構成され、群全体として有するパワーに関して下記条件式 (9) を満足し、拡大側から二番目に配置されるレンズのパワーに関して下記条件式 (1 0) を満足し、構成する前記負レンズと前記正レンズの分散特性の関係が下記条件式 (1 1) を満足し、構成する前記正レンズの屈折率が下記条件式 (1 2) を満足していることが望ましい。

$$(9) \quad - 0 . 9 5 \leq f_w / f_{IV} \leq - 0 . 6 5$$

$$(1 0) \quad 0 . 7 5 \leq f_w / f_{IV2} \leq 1 . 2 5$$

$$(1 1) \quad 8 . 0 \leq V_{IVn} - V_{IVp}$$

$$(1 2) \quad 1 . 7 2 \leq n_{IVp}$$

ただし、

f_{IV} : 第 4 レンズ群の合成焦点距離

f_{IV2} : 第 4 レンズ群において拡大側から二番目に配置されるレンズの焦点距離

V_{IVn} : 第 4 レンズ群を構成する負レンズのアッペ数の平均値

V_{IVp} : 第 4 レンズ群を構成する正レンズのアッペ数の平均値

n_{IVp} : 第 4 レンズ群を構成する正レンズの d 線における屈折率

条件式 (9) は、第 4 レンズ群のパワーに関するものである。第 4 レンズ群は変倍を主に担っているために強い負のパワーが付与されている。従がって上限を超えるような（絶対値の小さい）パワーでは変倍量を小さくするか或いは光学系全体の大きさも大きくなるためコンパクトなズームレンズとはならない。逆に下限を超えるような（絶対値の大きい）パワーを与えてしまうと、続く第 5 レンズ群の正のパワーを増大しなければならなくなるため、全体の収差バランスが悪化してしまう。一方本来このような光学補正型の変倍光学系では移動群となるレンズ群のパワーが略等しいことが変倍中のフォーカス移動を無くする（無視しうる量とする）ための条件であるが、このことはカメラなどの交換レンズにおいて変倍時のフォーカス移動量が最大でも焦点深度内に収めなければならないための条件であり、本発明のズームレンズのように投射型表示装置に採用する場合にはその条件をそのままあてはめなくとも良い。投射型表示装置用の光学系としてはフォーカス移動を必ずしも無視し得る量にする必要はなく、変倍によるフォーカス移動での投射画像のボケが微小であれば、再度フォーカス調整をすること至極簡単であるため問題にはならない。それよりもズームカムを省略できるというコスト的な利点、サイズ的な利点の方が優位な条件である。このような制約の中では条件式 (1) で表現されている第 2 レンズ群のパワー、条件式 (9) で表現されている第 4 レンズのパワーの関係は問題ではなくフォーカス移動を良好な範囲で維持することが可能である。条件式 (1 0) は、第 4 レンズ群において拡大側から二番目に配置される正レンズのパワーに関するものであるが、第 4 レンズ群として強い負のパワーを有する中で、正パワーの強いレンズが配置されているのはレンズ系全体でのベッツパール和のバランスを良好に維持することが目的である。従がって上限、下限のどちらを超えてもバランスとしては望ましくなく周辺性能の悪化を招くこととなるが上限を超えた場合には、加えて第 4 レンズ群全体の負パワーの損出を招き易く、変倍比を下げざるを得なくなる。条件式 (1 1) は、第 4 レンズ群としての色消し条件であり、下限を超えると変倍時における色収差変動が大きくなりズーム全域について良好な性能を維持することが出来ない。数値自身が一般的な光学ガラスの範囲を考えると小さくみえるが、それは第 4 レンズ群に使用される硝材が正レンズ、負レンズに関係なく一応に屈折率が高いことが理由である。条件式 (1 2) は、第 4 レンズ群の中程に配置される正レンズの屈折率を示している。前述のように、第 4 レンズ群では高屈折率を有する負、正、負のレンズがやや大きい空気間隔を保ちつつ配されている。これはベッツパール和を改善するための像面湾曲に有利な構成方法であるとともに、周辺像点に対する主光線が第 4 レンズ群内で光軸と交差することから、コマ収差や特に球面収差に大きな影響を及ぼすためこれらについても有利な形状を保持する必要がある、これらの要件を鑑みると当該レンズの屈

10

20

30

40

50

折率は高い方が望ましく、条件式(12)の下限を超えるとこれらの良好な特性が維持出来なくなる。

【0025】

また、前記第5レンズ群は、拡大側から順に正レンズ、負レンズ及び正レンズを配して構成され、群全体として有するパワーに関して下記条件式(13)を満足し、構成する前記正レンズと前記負レンズの分散特性の関係が下記条件式(14)を満足し、構成する前記負レンズの屈折率が下記条件式(15)を満足していることが望ましい。

$$(13) \quad 0.6 \leq f_w / f_v \leq 0.75$$

$$(14) \quad 2.5 \leq V_{vp} - V_{vn}$$

$$(15) \quad 1.78 \leq n_{vn}$$

ただし、

f_v : 第5レンズ群の合成焦点距離

V_{vp} : 第5レンズ群を構成する正レンズのアッベ数

V_{vn} : 第5レンズ群を構成する負レンズのアッベ数

n_{vn} : 第5レンズ群を構成する負レンズのd線における屈折率

条件式(13)は、第5レンズ群のパワーに関するものである。第5レンズ群は、レンズ群としては最も縮小側に配置され変倍動作中固定されているため、マスター系或いはリレー系に準ずる役割を担っている。すなわち変倍に関係なく第1レンズ群乃至第4レンズ群で発生し、補正不十分な収差を最終的に補正すると共に所定の寸法、仕様に合わせる機能を有する。従がって上限を超えると所定の仕様とするには各群のパワーも増大することになり性能を維持することが出来ない。あるいは逆に性能を維持するためには光学系の構成枚数を増やす必要が生ずる。また、下限を超えると第5レンズ群による最終的な性能調整効果が不十分となってしまう。条件式(14)は、第5レンズ群の色補正条件である。単色収差を補正するには、各レンズのパワーが過大とならないことが必要で、そのためには条件式(14)を満たす正レンズ、負レンズのアッベ数であることが必要な条件となり、下限を超えると色収差の補正が困難となる。条件式(15)は、第5レンズ群を構成する負レンズに用いられる硝材の屈折率に関する条件である。第5レンズ群を構成する負レンズは拡大側から二番目、すなわち中央に配置されるが、縮小側の正レンズと接合の状態 で用いるのが望ましい。これはこの部分系において、接合レンズに屈折率差をあたえることで、接合面での球面収差補正能力を維持しつつ像面湾曲補正の効果をも期待できるからである。従がって条件式(15)で下限を超える硝材の選択をするとこのような効果を期待出来なくなり、像面湾曲が過剰補正され、さらに球面収差がアンダーとなり易い。

【0026】

このように本発明によるズームレンズを投射型表示装置に搭載することにより装置全体を小型化することが可能となり、携帯にも便利な薄型の投射型表示装置を提供することが出来、さらにコストを低く維持することに効果的である。

【0027】

以下、具体的な数値実施例について、本発明を説明する。以下の第1実施例、第2実施例、参考例1-4のズームレンズでは拡大側から順に、全体で正の屈折力を有する第1レンズ群(各図におけるレンズ群名称LG1)、全体で負の屈折力を有する第2レンズ群(レンズ群名称LG2)、全体で正の屈折力を有する第3レンズ群(レンズ群名称LG3)、全体で負の屈折力を有する第4レンズ群(レンズ群名称LG4)及び全体で正の屈折力を有する第5レンズ群(レンズ群名称LG5)から構成され、前記第1レンズ群LG1は、正レンズ(レンズ名称をL11、拡大側面の面番号を101、縮小側面の面番号を102とする)1枚にて構成され、前記第2レンズ群LG2は、最も拡大側に、拡大側に凸のメニスカス形状の負レンズ(レンズ名称をL21、拡大側面の面番号を201、縮小側面の面番号を202とする)を配置し、全体で少なくとも二枚の負レンズを含む二乃至三枚のレンズにて構成され(L21以降順次レンズ名称をL22、L23などとし、面番号を順次203、204、205、206などとする)、前記第3レンズ群LG3は、最も拡大側に正レンズ(レンズ名称をL31、拡大側面の面番号を301、縮小側面の面番号を

302とする)を配置し、全体で二枚の正レンズ及び一枚の負レンズにて構成され(L31以降順次レンズ名称をL32、L33などとし、面番号を順次303、304、305、306などとし、接合面の場合には重なる後の面番号を欠番とする)、前記第4レンズ群LG4は、拡大側から順に負レンズ(レンズ名称をL41、拡大側面の面番号を401、縮小側面の面番号を402とする)、正レンズ(レンズ名称をL42、拡大側面の面番号を403、縮小側面の面番号を404とする)、及び負レンズ(レンズ名称をL43、拡大側面の面番号を405、縮小側面の面番号を406とする)を配して構成され、前記第5レンズ群LG5は、拡大側から順に正レンズ(レンズ名称をL51、拡大側面の面番号を501、縮小側面の面番号を502とする)、負レンズ(レンズ名称をL52、拡大側面の面番号を503、縮小側面の面番号を504とする)及び正レンズ(レンズ名称をL53、拡大側面は接合のため面番号を同じく504、縮小側面の面番号を505とする)を配して構成されており、前記第5レンズ群LG5の縮小側には、大きな空気間隔を設け、その後に照明光学系との関連において第6レンズ群(レンズ群名称LG6)を、正レンズ(レンズ名称をL61、拡大側面の面番号を601、縮小側面の面番号を602とする)にて構成しても良く、続いて前記第6レンズ群LG6の縮小側とライトバルブ面との間には僅かな空気間隔をおいて配置されるDMD等のライトバルブの構成部品であるカバーガラスCG(拡大側面をC01、縮小側面をC02)を配置し構成される。広角端から望遠端への変倍動作は、前記第1レンズ群LG1、前記第3レンズ群LG3及び前記第5レンズ群LG5は変倍動作中固定されており、前記第2レンズ群LG2及び前記第4レンズ群LG4は拡大側から縮小側方向へ一体として光軸に沿って移動させ変倍を行う。

10

20

【0028】

[参考例1]

本発明のズームレンズの参考例1について数値例を表1に示す。また図1は、そのレンズ構成図、図2はその諸収差図である。

表中の上段で、 f はズームレンズ全系の焦点距離、 Fno はFナンバー、 2° はズームレンズの全画角を表し、 d と括弧付の数値で表している、例えば $d(102)$ であるが、これは102面が変倍に伴い空気間隔が変化する面であり、その変化する数値を表すものである。また下段の r は曲率半径、 d はレンズ厚またはレンズ間隔、 nd は d 線に対する屈折率、 d は d 線のアッペ数を示す。諸収差図中の球面収差図における $CA1$ 、 $CA2$ 、 $CA3$ はそれぞれ $CA1 = 550\text{ nm}$ 、 $CA2 = 450\text{ nm}$ 、 $CA3 = 620\text{ nm}$ の波長における収差曲線である。非点収差図における S はサジタル、 M はメリディオナルを示している。また、全般に亘り特別に記載のない限り、諸値の計算に使用している波長は $CA1 = 550.0\text{ nm}$ である。また、物体及び像の関係は101面からの物体距離を1700mmとした合焦状態を表しているものとする。

30

【0029】

【表 1】

f	18.45 ~ 23.41 ~ 26.73
F_{no}	2.40 ~ 2.54 ~ 2.62
2ω	58.56 ~ 46.82 ~ 41.20
d(102)	1.781 ~ 5.448 ~ 7.467
d(206)	7.587 ~ 3.900 ~ 1.902
d(306)	1.500 ~ 5.154 ~ 7.247
d(406)	7.850 ~ 4.190 ~ 2.090

連番	面番号	r	d	n_d	ν_d	
1	101	42.299	4.16	1.64000	60.20	10
2	102	152.930	d(102)	—	—	
3	201	41.238	1.40	1.80420	46.50	
4	202	16.903	4.60	—	—	
5	203	276.077	1.40	1.84666	23.78	
6	204	25.038	12.07	—	—	
7	205	-24.427	7.16	1.80420	46.50	
8	206	-28.942	d(206)	—	—	
9	301	194.213	2.95	1.80001	29.84	
10	302	-62.852	21.70	—	—	20
11	303	30.822	5.77	1.49700	81.61	
12	304	-26.580	1.40	1.80518	25.46	
13	306	-40.874	d(306)	—	—	
14	401	-48.594	1.40	1.77250	49.62	
15	402	21.411	0.69	—	—	
16	403	22.190	4.31	1.80518	25.46	
17	404	-36.724	2.83	—	—	
18	405	-29.645	4.00	1.80518	25.46	
19	406	35.159	d(406)	—	—	
20	501	132.644	3.23	1.71300	53.94	30
21	502	-38.011	0.20	—	—	
22	503	66.272	1.40	1.84666	23.78	
23	504	19.973	5.05	1.69680	55.46	
24	505	-73.790	34.00	—	—	
25	601	-100.000	3.00	1.77250	49.62	
26	602	-44.000	0.63	—	—	
27	C01	∞	1.05	1.50997	62.71	
28	C02	∞	—	—	—	

【0030】

[参考例 2]

本発明のズームレンズの参考例 2 について数値例を表 2 に示す。また図 3 は、そのレンズ構成図、図 4 はその諸収差図である。

【0031】

10

20

30

40

【表 2】

f	18.44 ~ 23.42 ~ 26.76
F_{no}	2.40 ~ 2.77 ~ 3.02
2ω	58.58 ~ 46.85 ~ 41.22
d(102)	2.120 ~ 5.995 ~ 8.148
d(206)	37.948 ~ 34.043 ~ 31.923
d(306)	5.168 ~ 9.019 ~ 11.232
d(406)	8.154 ~ 4.307 ~ 2.084

連番	面番号	r	d	n_d	v_d	
1	101	65.367	3.32	1.71300	53.94	10
2	102	219.967	d(102)	—	—	
3	201	80.046	1.40	1.80420	46.50	
4	202	20.033	6.54	—	—	
5	203	-58.515	2.43	1.80001	29.84	
6	204	-35.575	0.20	—	—	
7	205	-49.772	1.40	1.49700	81.61	
8	206	31.651	d(206)	—	—	
9	301	55.723	3.98	1.56907	71.30	
10	302	-52.698	0.20	—	—	20
11	303	23.114	1.40	1.80518	25.46	
12	304	16.055	0.80	—	—	
13	305	16.219	4.53	1.49700	81.61	
14	306	138.969	d(306)	—	—	
15	401	-70.906	1.40	1.77250	49.62	
16	402	23.012	2.54	—	—	
17	403	26.230	3.66	1.80518	25.46	
18	404	-61.747	4.21	—	—	
19	405	-40.228	2.84	1.80100	35.00	
20	406	35.369	d(406)	—	—	30
21	501	115.101	3.47	1.77250	49.62	
22	502	-36.399	0.20	—	—	
23	503	44.212	1.40	1.84666	23.78	
24	504	18.531	5.12	1.56907	71.30	
25	505	-101.120	34.00	—	—	
26	601	-100.000	3.00	1.77250	49.62	
27	602	-44.000	0.63	—	—	
28	C01	∞	1.05	1.50997	62.71	
29	C02	∞	—	—	—	

【0032】

40

[参考例 3]

本発明のズームレンズの参考例 3 について数値例を表 3 に示す。また図 5 は、そのレンズ構成図、図 6 はその諸収差図である。

【0033】

【表 3】

f	18.60 ~ 23.39 ~ 26.63
F_{no}	2.40 ~ 2.75 ~ 2.95
2ω	58.63 ~ 46.79 ~ 41.32
d(102)	2.065 ~ 5.914 ~ 7.948
d(204)	35.762 ~ 31.874 ~ 29.887
d(306)	3.373 ~ 7.186 ~ 9.322
d(406)	8.051 ~ 4.247 ~ 2.094

連番	面番号	r	d	n_d	ν_d	
1	101	50.373	3.99	1.77250	49.62	10
2	102	179.222	d(102)	—	—	
3	201	50.771	1.40	1.80420	46.50	
4	202	17.330	5.08	—	—	
5	203	-1479.558	1.40	1.65160	58.40	
6	204	26.031	d(204)	—	—	
7	301	85.057	3.42	1.65160	58.40	
8	302	-66.887	9.23	—	—	
9	303	25.905	1.40	1.80518	25.46	
10	304	17.831	0.80	—	—	20
11	305	18.022	4.81	1.49700	81.61	
12	306	-96.897	d(306)	—	—	
13	401	-71.128	1.40	1.69350	53.54	
14	402	21.906	2.09	—	—	
15	403	24.481	3.89	1.80518	25.46	
16	404	-57.775	3.22	—	—	
17	405	-36.752	1.40	1.80610	33.27	
18	406	34.330	d(406)	—	—	
19	501	102.077	3.52	1.71300	53.94	
20	502	-35.834	0.20	—	—	
21	503	60.680	1.40	1.84666	23.78	30
22	504	18.393	5.08	1.65160	58.40	
23	505	-115.891	34.00	—	—	
24	601	-100.000	3.00	1.77250	49.62	
25	602	-44.000	0.63	—	—	
26	C01	∞	1.05	1.50997	62.71	
27	C02	∞	—	—	—	

【0034】

[実施例 1]

本発明のズームレンズの第1実施例について数値例を表4に示す。また図7は、そのレ 40
ンズ構成図、図8はその諸収差図である。

【0035】

【表 4】

f	18.40 ~ 23.35 ~ 26.53
F_{no}	2.40 ~ 2.61 ~ 2.81
2ω	58.59 ~ 46.57 ~ 41.12
d(102)	2.038 ~ 5.924 ~ 7.953
d(204)	31.885 ~ 27.979 ~ 25.987
d(306)	1.684 ~ 5.543 ~ 7.662
d(406)	7.864 ~ 4.021 ~ 1.871

連番	面番号	r	d	n_d	ν_d	
1	101	50.648	4.14	1.71300	53.94	10
2	102	222.317	d(102)	—	—	
3	201	65.381	1.40	1.80420	46.50	
4	202	18.383	4.91	—	—	
5	203	-4754.170	1.40	1.71300	53.94	
6	204	29.492	d(204)	—	—	
7	301	104.410	3.40	1.69350	53.54	
8	302	-59.782	17.65	—	—	
9	303	24.529	1.40	1.84666	23.78	
10	304	17.749	0.80	—	—	20
11	305	17.955	4.45	1.49700	81.61	
12	306	-83.051	d(306)	—	—	
13	401	-56.619	1.40	1.71300	53.94	
14	402	21.718	1.37	—	—	
15	403	24.294	3.62	1.80518	25.46	
16	404	-69.314	1.39	—	—	
17	405	-52.272	3.05	1.83400	37.34	
18	406	37.135	d(406)	—	—	
19	501	68.865	3.73	1.62000	62.25	
20	502	-36.791	0.20	—	—	
21	503	45.650	1.40	1.84666	23.78	30
22	504	18.500	4.90	1.59240	68.30	
23	505	-117.750	37.00	—	—	
24	C01	∞	1.05	1.50997	62.71	
25	C02	∞	—	—	—	

【0036】

[実施例 2]

本発明のズームレンズの第2実施例について数値例を表5に示す。また図9は、そのレンズ構成図、図10はその諸収差図である。

【0037】

【表 5】

f	18.34 ~ 28.11 ~ 31.69
F_{no}	2.39 ~ 2.85 ~ 3.04
2ω	58.73 ~ 38.93 ~ 34.57
d(102)	1.792 ~ 8.205 ~ 9.923
d(206)	10.215 ~ 3.825 ~ 2.114
d(306)	1.500 ~ 7.917 ~ 9.797
d(406)	10.283 ~ 3.869 ~ 1.973

連番	面番号	r	d	n_d	ν_d	
1	101	42.533	4.34	1.71300	53.94	10
2	102	154.207	d(102)	—	—	
3	201	59.347	1.40	1.80420	46.50	
4	202	17.942	4.89	—	—	
5	203	499.056	1.40	1.80420	46.50	
6	204	28.838	5.72	—	—	
7	205	-40.400	10.00	1.80518	25.46	
8	206	-45.561	d(206)	—	—	
9	301	253.422	3.51	1.71300	53.94	20
10	302	-55.891	19.32	—	—	
11	303	29.603	4.76	1.49700	81.61	
12	304	-26.007	1.40	1.84666	23.78	
13	306	-38.631	d(306)	—	—	
14	401	-49.942	1.40	1.80420	46.50	
15	402	19.738	0.40	—	—	
16	403	20.432	4.36	1.76182	26.61	
17	404	-27.140	0.75	—	—	
18	405	-25.661	6.96	1.74950	35.04	
19	406	38.932	d(406)	—	—	
20	501	114.000	3.23	1.61800	63.38	30
21	502	-37.657	0.20	—	—	
22	503	50.207	1.40	1.84666	23.78	
23	504	19.425	4.65	1.69680	55.46	
24	505	-116.690	37.00	—	—	
25	C01	∞	1.05	1.50997	62.71	
26	C02	∞	—	—	—	

【 0 0 3 8 】

[参考例 4]

本発明のズームレンズの参考例 4 について数値例を表 6 に示す。また図 1 1 は、そのレンズ構成図、図 1 2 はその諸収差図である。

【 0 0 3 9 】

10

20

30

40

【表 6】

f	18.45 ~ 23.42 ~ 26.68
F _{no}	2.40 ~ 2.76 ~ 2.98
2 ω	58.55 ~ 46.58 ~ 41.05
d(102)	2.053 ~ 5.759 ~ 7.745
d(206)	35.367 ~ 31.616 ~ 29.674
d(306)	5.394 ~ 9.079 ~ 11.154
d(406)	7.825 ~ 4.149 ~ 2.055

連番	面番号	r	d	n _d	v _d	
1	101	56.928	3.95	1.71300	53.94	10
2	102	315.289	d(102)	—	—	
3	201	49.787	1.40	1.80420	46.50	
4	202	17.621	5.10	—	—	
5	203	-288.567	1.40	1.71300	53.94	
6	204	18.866	1.00	—	—	
7	205	20.346	2.78	1.77250	49.62	
8	206	31.186	d(206)	—	—	
9	301	115.968	3.41	1.64000	60.20	20
10	302	-57.121	5.97	—	—	
11	303	23.789	1.40	1.80001	29.84	
12	304	16.251	0.20	—	—	
13	305	16.244	5.53	1.49700	81.61	
14	306	-118.235	d(306)	—	—	
15	401	-56.786	1.40	1.80420	46.50	
16	402	22.146	0.81	—	—	
17	403	23.449	3.78	1.84666	23.78	
18	404	-68.695	4.10	—	—	
19	405	-50.540	1.40	1.80001	29.84	
20	406	32.654	d(406)	—	—	30
21	501	84.960	3.57	1.71300	53.94	
22	502	-36.717	0.20	—	—	
23	503	57.038	1.40	1.84666	23.78	
24	504	18.609	5.00	1.65160	58.40	
25	505	-127.230	34.00	—	—	
26	601	-100.000	3.00	1.77250	49.62	
27	602	-44.000	0.63	—	—	
28	C01	∞	1.05	1.50997	62.71	
29	C02	∞	—	—	—	

【0040】

40

次に第1実施例、第2実施例、参考例1-4に関して条件式(1)から条件式(15)に対応する値を、まとめて表7に示す。

【0041】

【表 7】

	参考例1	参考例2	参考例3	実施例1	実施例2	参考例4
条件式(1)	-1.08	-0.93	-1.11	-1.10	-1.03	-1.12
条件式(2)	-0.81	-0.78	-0.84	-0.83	-0.81	-0.82
条件式(3)	7.72	7.73	7.59	7.77	7.78	7.73
条件式(4)	2.06	2.07	2.05	2.11	2.12	2.07
条件式(5)	-0.51	-0.55	-0.56	-0.57	-0.57	-0.54
条件式(6)	1.09	0.92	1.07	1.00	1.02	1.05
条件式(7)	0.31	0.38	0.32	0.33	0.29	0.31
条件式(8)	56.15	56.15	56.15	57.83	57.83	51.77
条件式(9)	-0.82	-0.81	-0.73	-0.73	-0.77	-0.80
条件式(10)	1.05	0.80	0.86	0.82	1.16	0.88
条件式(11)	12.08	16.85	17.95	20.18	14.16	14.39
条件式(12)	1.81	1.81	1.81	1.81	1.76	1.85
条件式(13)	0.69	0.68	0.65	0.64	0.66	0.67
条件式(14)	30.92	36.68	32.39	41.50	35.64	32.39
条件式(15)	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85

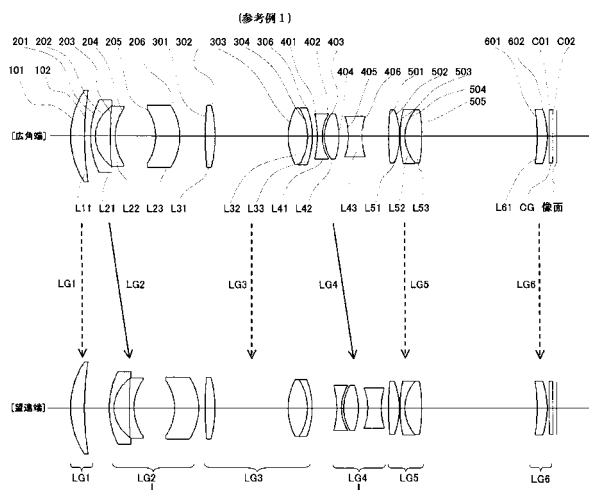
10

【0042】

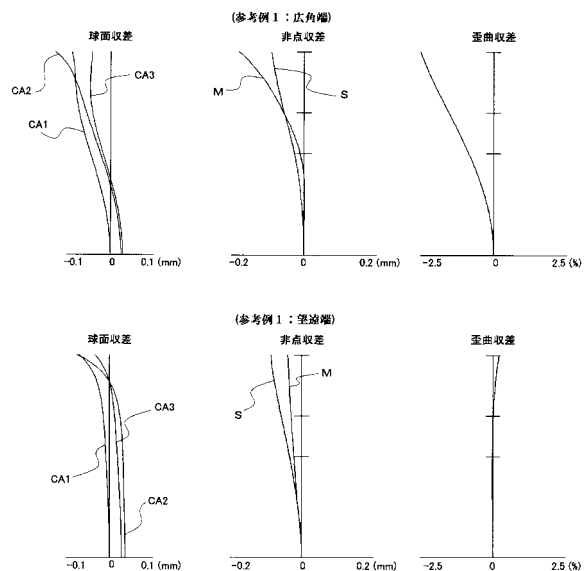
20

表 7 から明らかなように、第 1 実施例、第 2 実施例、参考例 1 - 4 に関する数値は条件式 (1) から条件式 (15) の条件式を満足しているとともに、各実施例における収差図からも明らかなように、各収差とも良好に補正されている。

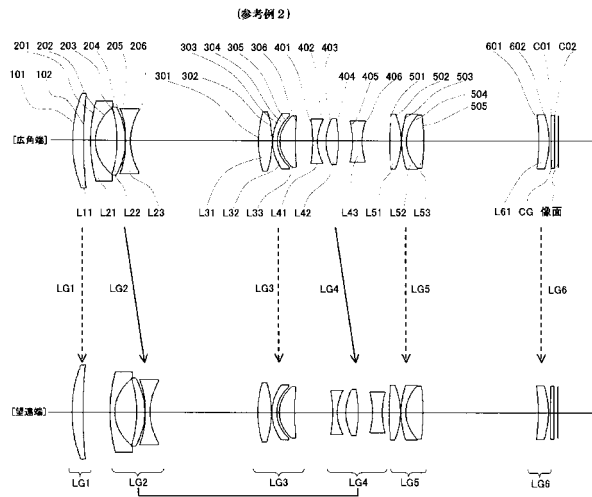
【図 1】



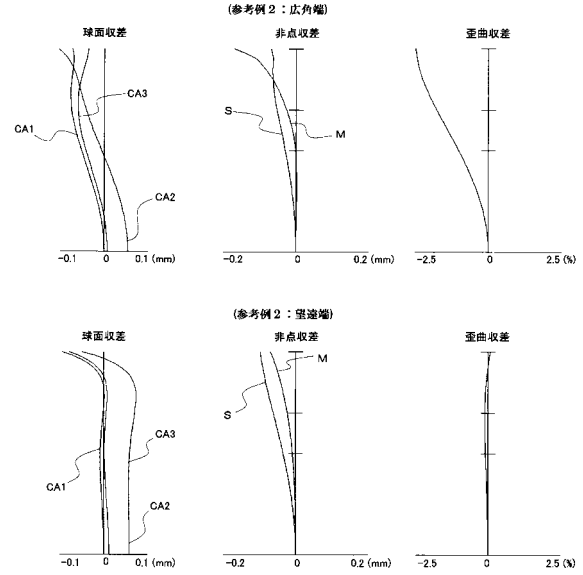
【図 2】



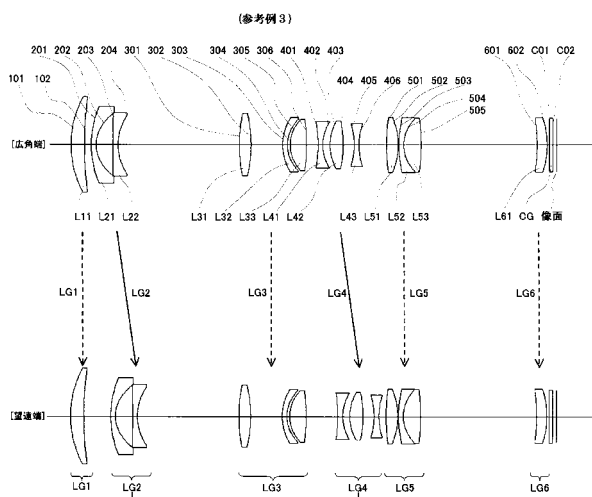
【図 3】



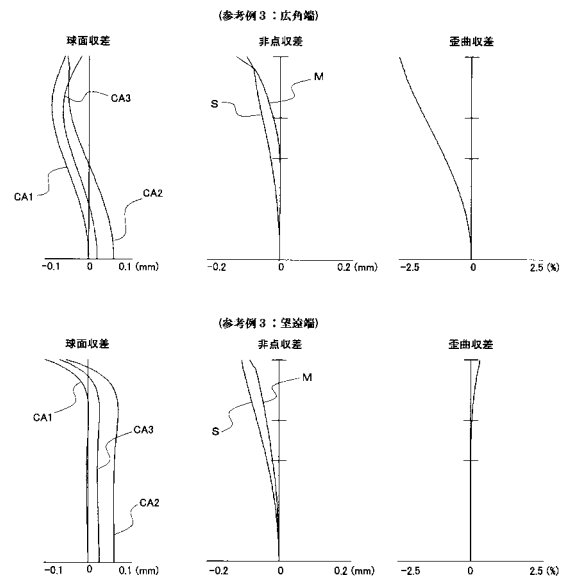
【図 4】



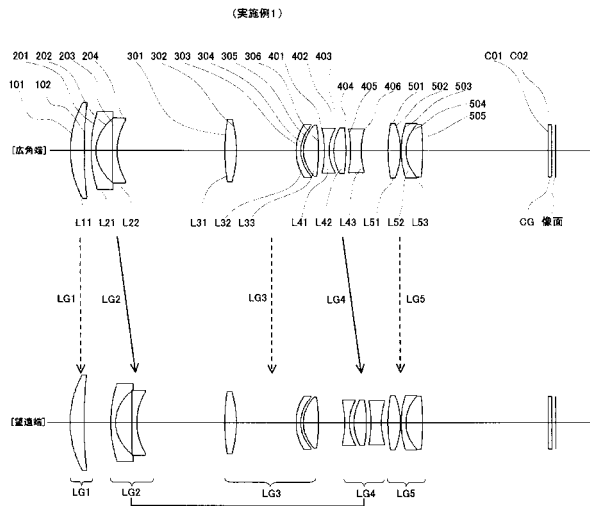
【図 5】



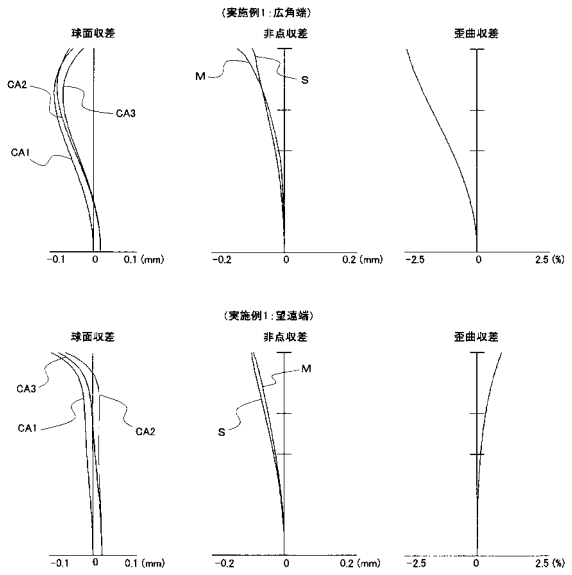
【図 6】



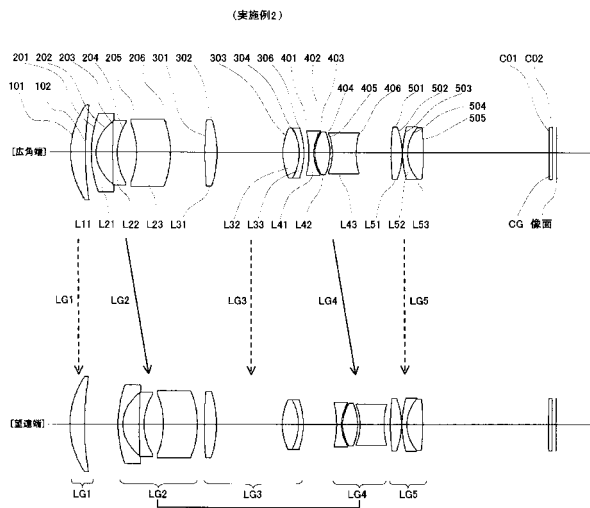
【図7】



【図8】

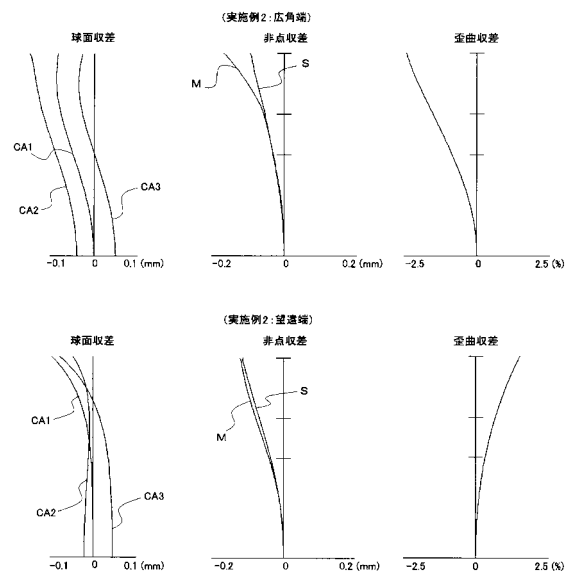


【図9】

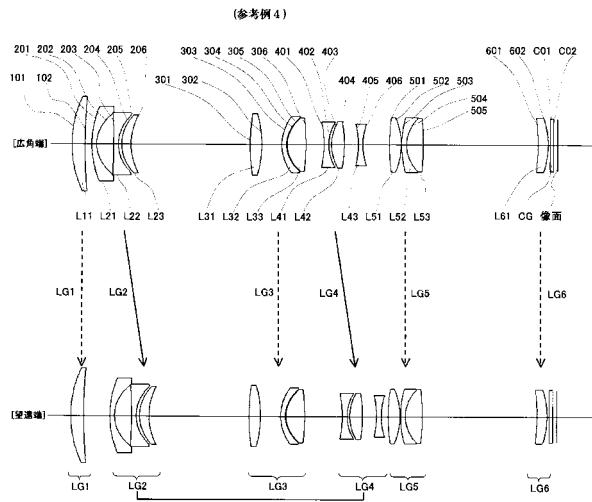


【図10】

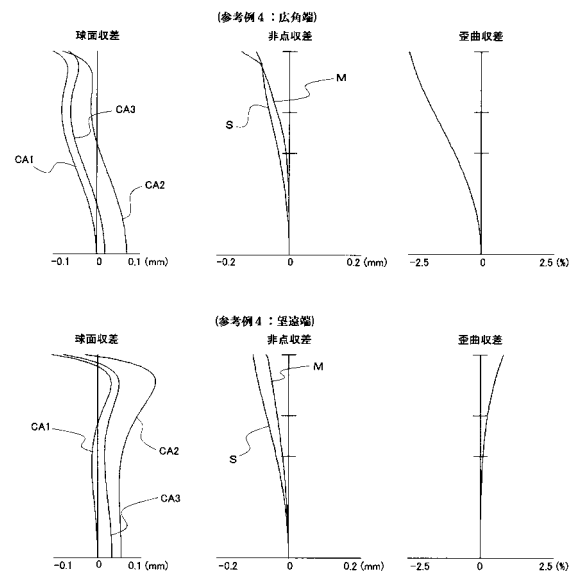
2



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭55-038559(JP,A)
特公昭38-024628(JP,B1)
特開2007-171456(JP,A)
特開2008-152190(JP,A)
特開平07-077656(JP,A)
特開2007-219315(JP,A)
特開2007-219040(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB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