

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-19985
(P2013-19985A)

(43) 公開日 平成25年1月31日(2013.1.31)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G02B 15/20 (2006.01)	G02B 15/20	2H087
G03B 21/14 (2006.01)	G03B 21/14	2K103

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2011-151678 (P2011-151678)
(22) 出願日 平成23年7月8日 (2011.7.8)

(71) 出願人 306037311
富士フイルム株式会社
東京都港区西麻布2丁目26番30号
(74) 代理人 100073184
弁理士 柳田 征史
(74) 代理人 100090468
弁理士 佐久間 剛
(72) 発明者 天野 賢
埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
番地 富士フイルム株式会社内

最終頁に続く

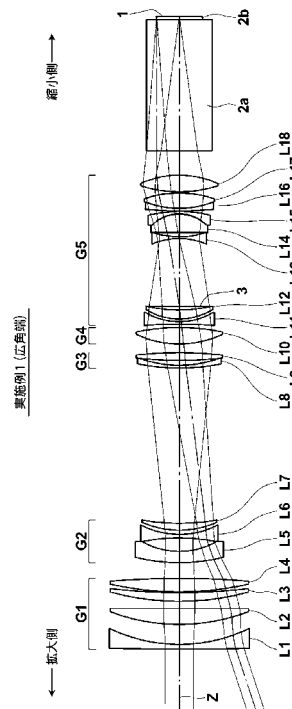
(54) 【発明の名称】 投写用変倍光学系および投写型表示装置

(57) 【要約】

【課題】 投写用変倍光学系において、適切なバックフォーカスを有し、広角化が容易で大きな変倍比を有し、全系の大型化が抑制され、変倍の際にFナンバーが一定であり、縮小側がテレセントリックに構成され、良好な投写像を得る。

【解決手段】 最も拡大側に配置されて変倍時に固定の正の第1レンズ群G1、最も縮小側に配置されて変倍時に固定の正の最終レンズ群、第1レンズ群G1と最終レンズ群との間に配置されて変倍時に移動する複数のレンズ群からなる。縮小側がテレセントリックとされる。最終レンズ群中に絞りが配設され、変倍の全範囲にわたり開口数が一定である。各レンズの波長440nmと460nmにおける内部透過率、各レンズの中心厚、全系のバックフォーカス、変倍比、レンズ全厚、縮小側における最大有効像円直径に関する所定の条件式を満足する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

最も拡大側に配置されて変倍の際に固定されている正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、最も縮小側に配置されて変倍の際に固定されている正の屈折力を有する最終レンズ群と、前記第 1 レンズ群と前記最終レンズ群との間に配置されて変倍の際に移動する複数のレンズ群とから実質的に構成されており、

縮小側がテレセントリックであり、

前記最終レンズ群中に絞りが配設され、変倍の全範囲にわたって開口数が一定となるように設定されており、

下記条件式 (1)、(2) を満足することを特徴とする投写用変倍光学系。

10

【数 1】

$$1.50 < \frac{\left\{ \prod_{i=1}^k (T440i^{Di}) \right\}^{\frac{10}{Bfw}} + \left\{ \prod_{i=1}^k (T460i^{Di}) \right\}^{\frac{10}{Bfw}}}{2} \times Zr \quad \dots (1)$$

$$L / Im < 15.0 \quad \dots (2)$$

ただし、

20

k : 全系が有するレンズの数

T440i : 拡大側から i 番目のレンズの材質の波長 440 nm における厚さ 1.0 mm のときの内部透過率

Di : 拡大側から i 番目のレンズの中心厚

Bfw : 広角端における全系の縮小側のバックフォーカス (空気換算距離)

T460i : 拡大側から i 番目のレンズの材質の波長 460 nm における厚さ 1.0 mm のときの内部透過率

Zr : 広角端に対する望遠端の変倍比

L : 投写距離無限遠時の最も拡大側のレンズ面から最も縮小側のレンズ面までの光軸上の距離

30

Im : 縮小側における最大有効像円直径

【請求項 2】

下記条件式 (3) を満足することを特徴とする請求項 1 記載の投写用変倍光学系。

【数 2】

$$1.50 < \left\{ \prod_{i=1}^k \left(1.05 \times 0.998^{\frac{20 \times Ndi^2}{\log_{10} vdi}} \right)^{Di} \right\}^{\frac{10}{Bfw}} \times Zr \quad \dots (3)$$

40

ただし、

Ndi : 拡大側から i 番目のレンズの d 線における屈折率

di : 拡大側から i 番目のレンズの d 線におけるアッベ数

【請求項 3】

下記条件式 (4) を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の投写用変倍光学系。

$$enPt / ft + ft / Bft < 4.0 \quad \dots (4)$$

ただし、

50

$e n P t$: 拡大側を入射側としたときの、投写距離無限遠時の望遠端における最も拡大側のレンズ面から入射瞳位置までの光軸上の距離

$f t$: 望遠端における全系の焦点距離

$B f t$: 望遠端における全系の縮小側のバックフォーカス(空気換算距離)

【請求項 4】

下記条件式(5)を満足することを特徴とする請求項 1 から 3 のうちいずれか 1 項記載の投写用変倍光学系。

$$1.3 < B f w / f w < 3.0 \quad \dots \quad (5)$$

$f w$: 広角端における全系の焦点距離

【請求項 5】

前記変倍の際に移動する複数のレンズ群が、実質的に 3 群のレンズ群からなることを特徴とする請求項 1 から 4 のうちいずれか 1 項記載の投写用変倍光学系。

【請求項 6】

前記変倍の際に移動する複数のレンズ群は、拡大側から、負の屈折率を有する第 2 レンズ群と正の屈折率を有する第 3 レンズ群と、正の屈折率を有する第 4 レンズ群とからなることを特徴とする請求項 1 から 5 のうちいずれか 1 項記載の投写用変倍光学系。

【請求項 7】

下記条件式(6)を満足することを特徴とする請求項 1 から 6 のうちいずれか 1 項記載の投写用変倍光学系。

$$30.0 < | e x P | / I m \quad \dots \quad (6)$$

ただし、

$e x P$: 縮小側を射出側としたときの、投写距離無限遠時の広角端における縮小側の結像面から近軸射出瞳位置までの光軸上の距離

【請求項 8】

前記第 1 レンズ群より縮小側の全てのレンズが単レンズにより構成されていることを特徴とする請求項 1 から 7 のうちいずれか 1 項記載の投写用変倍光学系。

【請求項 9】

レンズ群の間隔のみを変更することでズームレンズとなるように構成されていることを特徴とする請求項 1 から 8 のうちいずれか 1 項記載の投写用変倍光学系。

【請求項 10】

前記投写用変倍光学系がズームレンズであるとき、フォーカシングは、前記第 1 レンズ群の最も縮小側に配置されたレンズを含む前記第 1 レンズ群の一部のみを光軸方向に移動させるインナーフォーカス方式により行うように構成されていることを特徴とする請求項 1 から 9 のうちいずれか 1 項記載の投写用変倍光学系。

【請求項 11】

下記条件式(7)を満足することを特徴とする請求項 1 から 10 のうちいずれか 1 項記載の投写用変倍光学系。

$$1.6 < Z r < 3.0 \quad \dots \quad (7)$$

【請求項 12】

光源と、該光源からの光が入射するライトバルブと、該ライトバルブにより光変調された光による光学像をスクリーン上に投写する投写用変倍光学系としての請求項 1 から 11 のうちいずれか 1 項記載の投写用変倍光学系とを備えたことを特徴とする投写型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、投写用変倍光学系および投写型表示装置に関し、特に、映画館等において大画面スクリーン上に投写するのに好適な投写用変倍光学系およびこれを用いた投写型表示装置に関するものである。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

従来、液晶表示素子やDMD（デジタル・マイクロミラー・デバイス：登録商標）等のライトバルブを用いた投写プロジェクタ装置（投写型表示装置）が広く普及している。また、近年、映画館等においては、このような投写型表示装置であって、大画面に適用し得る、より高精細な画像を映出し得るようにしたものも利用されつつある。このような利用に供される投写型表示装置では、各原色用に3つのライトバルブを配設して、光源からの光束を色分離光学系により3原色に分離し、各ライトバルブを経由した後、色合成光学系により合成して投写する3板方式が採用されていることから、長いバックフォーカスと良好なテレセントリック性を有することが求められている。

【 0 0 0 3 】

一般的に投写距離をスクリーン横幅で割った値をスローレシオという。スクリーンサイズとスクリーンから映写室までの距離、すなわち投写距離は映画館毎にまちまちである。したがって映画館毎に適した大きさの映像を投写するには、それぞれに適したスローレシオに対応するレンズが必要になるが、それらを個々に用意することはコスト面から考えると得策ではない。そこで、変倍光学系を用い、対応できるスローレシオに幅を持たせることが考えられる。投写用の変倍光学系としては、例えば下記特許文献1に記載のものが知られている。

【 0 0 0 4 】

しかし、従来の投写用の変倍光学系の多くは変倍の際に開口数（以下「Fナンバー」で代用することがある）が変化する。通常はワイド側よりもテレ側の方がFナンバーが大きいため、そのような変倍光学系では、同じスクリーンサイズの映画館でもスローレシオの大きい映画館の方が、映像が暗くなってしまう。映画館用途としては、変倍の際にFナンバーが一定であることが好ましく、下記特許文献2では、変倍の際にFナンバーが一定となるように設定された投写用ズームレンズが提案されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特許 3 3 8 2 6 9 6 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 9 - 1 2 8 6 8 3 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

ところで、スローレシオの幅を広くとるためには、変倍光学系は高変倍比であることが望まれる。従来の投写用ズームレンズにおいて、高変倍比と上述した要望を達成しながら映画館用途に好適なイメージサークル径（以下、最大有効像円直径ともいう）を得ようとすると、変倍時の性能劣化や光学系の大型化を招くという問題が生じる。

【 0 0 0 7 】

一方、仮に広角端において全く同一の諸元、性能のレンズ系であれば、変倍比が高いほど変倍全域での性能を良好に保つためにより多くのレンズ枚数が必要とされる。しかしながら、レンズ枚数が多くなるほど全系の透過率を高く保つことは難しくなる。良好な投写像を得るためにはレンズ系は可視域で透過率の均一性が高いことが好ましい。特に、映画館用途の投写レンズは約400～700nmの波長範囲で透過率の値そのものが高く、かつ均一性も高いことが求められる。レンズ全系で透過率の均一性が図られるような特性のコーティングを各構成レンズに施すことにより、均一性の高い透過率を実現することは可能であるが、透過率の値そのものを高くするためには内部透過率の高い材質を使用する必要がある。一般にレンズに使用される光学材質は、約400～700nmの波長範囲では短波長側ほど内部透過率が低い。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記事情に鑑みなされたものであり、適切なバックフォーカスを有し、広角化が容易で大きな変倍比を有しながらも、全系の大型化が抑制されて、変倍の際にFナン

10

20

30

40

50

バーが一定であり、縮小側がテレセントリックに構成され、良好な投写像を得ることが可能な投写用変倍光学系および投写型表示装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明に係る投写用変倍光学系は、最も拡大側に配置されて変倍の際に固定されている正の屈折力を有する第1レンズ群と、最も縮小側に配置されて変倍の際に固定されている正の屈折力を有する最終レンズ群と、第1レンズ群と最終レンズ群との間に配置されて変倍の際に移動する複数のレンズ群とから実質的に構成されており、縮小側がテレセントリックであり、最終レンズ群中に絞りが配設され、変倍の全範囲にわたって開口数が一定となるように設定されており、下記条件式(1)、(2)を満足することを特徴とするものである。

10

【数1】

$$1.50 < \frac{\left\{ \prod_{i=1}^k (T_{440} i^{D_i}) \right\}^{\frac{10}{Bfw}} + \left\{ \prod_{i=1}^k (T_{460} i^{D_i}) \right\}^{\frac{10}{Bfw}}}{2} \times Z_r \quad \dots (1)$$

$$L / I_m < 15.0 \quad \dots (2)$$

20

ただし、

k：全系が有するレンズの数

T₄₄₀_i：拡大側からi番目のレンズの材質の波長440nmにおける厚さ1.0mmのときの内部透過率

D_i：拡大側からi番目のレンズの中心厚

Bfw：広角端における全系の縮小側のバックフォーカス(空気換算距離)

T₄₆₀_i：拡大側からi番目のレンズの材質の波長460nmにおける厚さ1.0mmのときの内部透過率

Z_r：広角端に対する望遠端の変倍比

L：投写距離無限遠時の最も拡大側のレンズ面から最も縮小側のレンズ面までの光軸上の距離

30

I_m：縮小側における最大有効像円直径

【0010】

上記本発明に係る投写用変倍光学系においては、下記条件式(3)~(7)のいずれか1つ、あるいは任意の組合せを満足することが好ましい。

【数2】

$$1.50 < \left\{ \prod_{i=1}^k \left(1.05 \times 0.998^{\frac{20 \times N d_i^2}{\log_{10} v d_i}} \right)^{D_i} \right\}^{\frac{10}{Bfw}} \times Z_r \quad \dots (3)$$

40

$$e n P t / f t + f t / B f t < 4.0 \quad \dots (4)$$

$$1.3 < B f w / f w < 3.0 \quad \dots (5)$$

$$30.0 < | e x P | / I m \quad \dots (6)$$

$$1.6 < Z r < 3.0 \quad \dots (7)$$

ただし、

N_{d_i}：拡大側からi番目のレンズのd線における屈折率

d_i：拡大側からi番目のレンズのd線におけるアッペ数

50

e n P t : 拡大側を入射側としたときの、投写距離無限遠時の望遠端における最も拡大側のレンズ面から入射瞳位置までの光軸上の距離

f t : 望遠端における全系の焦点距離

B f t : 望遠端における全系の縮小側のバックフォーカス(空気換算距離)

f w : 広角端における全系の焦点距離

e x P : 縮小側を射出側としたときの、投写距離無限遠時の広角端における縮小側の結像面から近軸射出瞳位置までの光軸上の距離

【0011】

また、上記本発明に係る投写用変倍光学系においては、変倍の際に移動する複数のレンズ群は、実質的に3群のレンズ群からなるように構成することができる。

10

【0012】

また、上記本発明に係る投写用変倍光学系においては、変倍の際に移動する複数のレンズ群は、拡大側から、負の屈折率を有する第2レンズ群と正の屈折率を有する第3レンズ群と、正の屈折率を有する第4レンズ群とからなることが好ましい。

【0013】

また、上記本発明に係る投写用変倍光学系においては、第1レンズ群より縮小側の全てのレンズが単レンズにより構成されていることが好ましい。

【0014】

また、上記本発明に係る投写用変倍光学系においては、レンズ群の間隔のみを変更することでズームレンズとなるように構成されていることが好ましい。

20

【0015】

また、上記本発明に係る投写用変倍光学系がズームレンズであるとき、フォーカシングは、第1レンズ群の最も縮小側に配置されたレンズを含む第1レンズ群の一部のみを光軸方向に移動させるインナーフォーカス方式により行うように構成されていることが好ましい。

【0016】

本発明に係る投写型表示装置は、光源と、該光源からの光が入射するライトバルブと、該ライトバルブにより光変調された光による光学像をスクリーン上に投写する投写用変倍光学系として上述した本発明の投写用変倍光学系とを備えたことを特徴とするものである。

30

【0017】

なお、本発明の投写用変倍光学系としては、ズームレンズでもよく、バリフォーカルレンズでもよい。

【0018】

なお、上記「拡大側」とは、被投写側(スクリーン側)を意味し、縮小投写する場合も、便宜的にスクリーン側を拡大側と称するものとする。一方、上記「縮小側」とは、原画像表示領域側(ライトバルブ側)を意味し、縮小投写する場合も、便宜的にライトバルブ側を縮小側と称するものとする。

【0019】

なお、上記「～から実質的に構成されており」や「実質的に2群または3群のレンズ群からなる」とは、構成要素として挙げたレンズ群以外に、実質的にパワーを有さないレンズやレンズ群、絞りやカバーガラス等レンズ以外の光学要素等を持つものも含むことを意味する。

40

【0020】

なお、上記「レンズ群」とは、必ずしも複数のレンズから構成されるものだけでなく、1枚のレンズのみで構成されるものも含むものとする。

【0021】

なお、上記「縮小側がテレセントリック」とは、縮小側の像面の任意の点に集光する光束の断面において上側の最大光線と下側の最大光線との二等分角線が光軸と平行に近い状態を指すものであり、完全にテレセントリックな場合、すなわち前記2等分角線が光軸に

50

対して完全に平行な場合に限るものではなく、多少の誤差がある場合をも含むものを意味する。ここで多少の誤差がある場合とは、光軸に対する前記 2 等分角線の傾きが $\pm 3^\circ$ の範囲内の場合である。

【0022】

なお、上記「 l_m 」は、例えば、投写用変倍光学系の仕様や、投写用変倍光学系が搭載される装置における仕様によって求めることができる。

【0023】

なお、上記「単レンズ」とは、接合されていない 1 枚のレンズからなるものを意味する。

【発明の効果】

10

【0024】

本発明に係る投写用変倍光学系は、拡大側から順に、変倍の際に固定とされる正の屈折力を有する第 1 レンズ群、変倍の際に移動する複数のレンズ群、変倍の際に固定とされる正の屈折力を有する最終レンズ群が配列され、縮小側がテレセントリックであり、最終レンズ群中に絞りを配設し、変倍の全範囲に亘って開口数が一定となるように設定されており、所定の条件式を満足するように構成されている。これにより、広角化が容易で、適切なバックフォーカスを確保しつつ、全系の大型化を抑制しながら高変倍比を有することができ、投写倍率が同じであれば、投写距離に関係なく投写画面の明るさを一定とすることができ、例えば映画館用途として好適な投写用変倍光学系を提供することができる。

【0025】

20

特に、本発明に係る投写用変倍光学系は、バックフォーカスと変倍比に加え、レンズの材質の短波長側の透過率が考慮された条件式(1)を満足するように構成されるため、適切な長さのバックフォーカスと高変倍比を確保しつつ、レンズ全系の透過率特性を好適なものとすることができ、良好な投写像を得ることができる。また、本発明に係る投写用変倍光学系は、レンズ系の光軸方向の長さイメージサークル径に関する条件式(2)を満足するように構成されるため、レンズ系の大型化を抑制しながら、例えば映画館用途として好適なイメージサークル径を確保することができる。

【0026】

また、本発明に係る投写型表示装置は、本発明の投写用変倍光学系を備えているため、広角での投写が容易となり、装置を極端に大型化させることなく、大きな変倍比を有し汎用性が高いものとすることができ、変倍の全範囲にわたって良好な投写像を取得可能で、例えば映画館用途等に好適なものとするすることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図 1】本発明の実施例 1 に係る投写用変倍光学系のレンズ構成および光線軌跡を示す断面図

【図 2】本発明の実施例 1 に係る投写用変倍光学系の、変倍時の各位置におけるレンズ群の配置および光線軌跡を示す図

【図 3】本発明の実施例 2 に係る投写用変倍光学系のレンズ構成および光線軌跡を示す断面図

40

【図 4】本発明の実施例 2 に係る投写用変倍光学系の、変倍時の各位置におけるレンズ群の配置および光線軌跡を示す図

【図 5】本発明の実施例 3 に係る投写用変倍光学系のレンズ構成および光線軌跡を示す断面図

【図 6】本発明の実施例 3 に係る投写用変倍光学系の、変倍時の各位置におけるレンズ群の配置および光線軌跡を示す図

【図 7】本発明の実施例 4 に係る投写用変倍光学系のレンズ構成および光線軌跡を示す断面図

【図 8】本発明の実施例 4 に係る投写用変倍光学系の、変倍時の各位置におけるレンズ群の配置および光線軌跡を示す図

50

【図 9】図 9 (A) ~ 図 9 (L) は本発明の実施例 1 に係る投写用変倍光学系の各収差図
 【図 10】図 10 (A) ~ 図 10 (L) は本発明の実施例 2 に係る投写用変倍光学系の各収差図

【図 11】図 11 (A) ~ 図 11 (L) は本発明の実施例 3 に係る投写用変倍光学系の各収差図

【図 12】図 12 (A) ~ 図 12 (L) は本発明の実施例 4 に係る投写用変倍光学系の各収差図

【図 13】本発明の一実施形態に係る投写型表示装置の概略構成図

【図 14】本発明の別の実施形態に係る投写型表示装置の概略構成図

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。まず、図 1、図 2 を参照しながら、本発明の一実施形態に係る投写用変倍光学系について説明する。図 1 は本発明の実施例 1 に係る投写用変倍光学系の広角端におけるレンズ構成を示す断面図であり、図 2 は図 1 に示す投写用変倍光学系を変倍操作させたときの広角端、中間焦点位置および望遠端における、各レンズ群の移動位置を示すものである。図 2 では、広角端から中間焦点位置、中間焦点位置から望遠端へ変化する際の移動するレンズ群の移動方向を各位置の間の矢印で概略的に示している。図 1、図 2 とともに、軸上および最軸外に関する光線軌跡を合わせて示している。以下、図 1、図 2 に示す構成例を代表例として本発明の実施形態を説明する。

【0029】

この投写用変倍光学系は、映画館等で用いられるデジタル映像を映出するための投写型表示装置に搭載可能なものであり、例えばライトバルブに表示された画像情報をスクリーンへ投写する投写レンズとして使用可能である。図 1 および図 2 では、図の左側を拡大側、右側を縮小側とし、投写型表示装置に搭載される場合を想定して、色合成プリズム（フィルタ類を含む）等のガラスブロック 2 a、2 b と、ガラスブロック 2 b の縮小側の面に位置するライトバルブの画像表示面 1 も合わせて図示している。

【0030】

投写型表示装置においては、画像表示面 1 で画像情報を与えられた光束が、ガラスブロック 2 a、2 b を介して、この投写用変倍光学系に入射され、この投写用変倍光学系により紙面左側方向に配置されるスクリーン（不図示）上に拡大投写されるようになる。

【0031】

なお、図 1 および図 2 では、ガラスブロック 2 b の縮小側の面の位置と画像表示面 1 の位置とが一致した例を示しているが、必ずしもこれに限定されない。また、図 1 および図 2 には、1 枚の画像表示面 1 のみを記載しているが、投写型表示装置において、光源からの光束を色分離光学系により 3 原色に分離し、各原色用に 3 つのライトバルブを配設して、フルカラー画像を表示可能とするように構成してもよい。

【0032】

本実施形態に係る投写用変倍光学系は、最も拡大側に配置されて変倍の際に固定されている正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、最も縮小側に配置されて変倍の際に固定されている正の屈折力を有する最終レンズ群と、第 1 レンズ群 G 1 と最終レンズ群との間に配置されて変倍の際に移動する複数のレンズ群（以下、変倍時移動レンズ群という）のみを実質的なレンズ群として有し、縮小側がテレセントリックとなるように構成されている。

【0033】

このように、最も拡大側の第 1 レンズ群 G 1 を正レンズ群とすることで、高倍率化を図りやすい。

【0034】

例えば図 1、図 2 に示す例では、拡大側から順に、第 1 レンズ群 G 1 と、第 2 レンズ群 G 2 と、第 3 レンズ群 G 3 と、第 4 レンズ群 G 4 と、第 5 レンズ群 G 5 の 5 つのレンズ群

10

20

30

40

50

が配列されて構成されている。このうち、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4の3つのレンズ群が、変倍時移動レンズ群に対応し、第5レンズ群G5が最終レンズ群に対応する。

【0035】

なお、本発明の投写用変倍光学系の変倍時移動レンズ群の数を3つのレンズ群で構成すれば、全系の大型化および変倍時の収差変動の両方を抑制することが容易となる。

【0036】

なお、図1、図2に示す例の変倍時移動レンズ群は、拡大側から順に、負、正、正のパワー配列となっており、このように構成することにより、変倍時の収差の変動、特に球面収差の変動を抑制することが容易になる。全系を5群構成とし、拡大側から順に、正、負、正、正、正のパワー配列とした場合には、長いバックフォーカスと大きな変倍比を有する、広角レンズ系から望遠レンズ系までを幅広く実現することが容易になる。

【0037】

図1、図2に示す例では、各レンズ群を構成するレンズは、第1レンズ群G1は4枚のレンズ(第1レンズL1~第4レンズL4)からなり、第2レンズ群G2は3枚のレンズ(第5レンズL5~第7レンズL7)からなり、第3レンズ群G3は2枚のレンズ(第8レンズL8、第9レンズL9)からなり、第4レンズ群G4は1枚のレンズ(第10レンズL10)からなり、第5レンズ群G5は絞り3と8枚のレンズ(第11レンズL11~第18レンズL18)からなる。ただし、本発明の投写用変倍光学系の各レンズ群を構成するレンズの枚数は必ずしも図1、図2に示す例に限定されない。

【0038】

本実施形態の投写用変倍光学系は、最終レンズ群中に絞り3が配設され、変倍の全範囲にわたって開口数が一定となるように設定されている。絞り3は、例えば開口絞りとして機能するものを用いることができる。

【0039】

絞り3を変倍時に移動する全てのレンズ群よりも縮小側に配置することで、絞り3が絞り径が変化しない簡素な固定開口により構成されている固定絞りであっても、変倍の際に開口数が一定となり、投写倍率が同じであれば、投写距離に関係なく同じ明るさでスクリーン上に投写することができる。例えば映画館等の室内空間の大きさや形状等に応じて投写距離が変更される際に有効である。なお、絞り3として、絞り径が可変の可変絞りを用いることも勿論可能である。

【0040】

また、本実施形態の投写用変倍光学系は、下記条件式(1)、(2)を満足するように構成されている。

【数3】

$$1.50 < \frac{\left\{ \prod_{i=1}^k (T_{440i}^{Di}) \right\}^{\frac{10}{Bfw}} + \left\{ \prod_{i=1}^k (T_{460i}^{Di}) \right\}^{\frac{10}{Bfw}}}{2} \times Zr \quad \dots \quad (1)$$

$$L / Im < 15.0 \quad \dots \quad (2)$$

ただし、

k：全系が有するレンズの数

T440i：拡大側からi番目のレンズの材質の波長440nmにおける厚さ10mmのときの内部透過率

Di：拡大側からi番目のレンズの中心厚

Bfw：広角端における全系の縮小側のバックフォーカス(空気換算距離)

10

20

30

40

50

T_{460i} : 拡大側から i 番目のレンズの材質の波長 460 nm における厚さ 10 mm のときの内部透過率

Z_r : 広角端に対する望遠端の変倍比

L : 投写距離無限遠時の最も拡大側のレンズ面から最も縮小側のレンズ面までの光軸上の距離

I_m : 縮小側における最大有効像円直径

【0041】

条件式(1)は、全系を構成する各レンズの波長 440 nm と波長 460 nm における厚さ 10 mm のときの内部透過率とバックフォーカスに関する2つの項の平均値に変倍比を乗算したものとなっている。条件式(1)の下限を下回ると、波長 $400\sim 700\text{ nm}$ の波長範囲のうち短波長側の全系の透過率が低くなる、適切な長さのバックフォーカスが得られない、高変倍比が得られない、の少なくとも1つの不具合が生じることになる。

10

【0042】

より詳しくは、波長 $400\sim 700\text{ nm}$ の波長範囲のうち短波長側の透過率が低いと、光学材質の一般的特性から、透過率の値そのものが低くなるだけでなく、波長 $400\sim 700\text{ nm}$ の波長範囲での透過率の均一性も低下することになり、良好な投写像を得ることが困難になる。また、適切な長さのバックフォーカスが得られないと、ビームスプリッタや、クロスダイクロイックプリズム、TIRプリズム等の色合成手段としてのガラスブロック等を挿入する適切なスペースを確保できなくなる。そして、所望の高変倍比が得られないと、汎用性が低いものとなり、本発明が目的とする映画館等の用途の投写用変倍光学系として必要な機能を備えることが困難になる。

20

【0043】

仮に広角端において全く同一の諸元、性能のレンズ系では、変倍比が高いほど変倍全域での性能を良好に保つためには、より多くのレンズ枚数が必要とされる。しかしながら、レンズ枚数が多くなるほど全系の透過率は低い値となる。条件式(1)を満たすことで、全系の透過率特性を好適なものとして良好な投写像を取得可能としながら、適切な長さのバックフォーカスと高変倍比を実現することができる。

【0044】

条件式(2)は、最大有効像円直径、いわゆるイメージサークルの大きさと、投写距離無限遠時の最も拡大側のレンズ面から最も縮小側のレンズ面までの光軸上の距離(以下、レンズ全厚という)との関係を規定するものである。条件式(2)の上限を上回ると、所望のイメージサークルの大きさが得られず、本発明が目的とする映画館等の用途の投写用変倍光学系として必要な機能を備えることが困難になるか、またはレンズ全厚が大きくなりすぎる。

30

【0045】

また、本実施形態にかかる投写用変倍光学系はさらに以下に述べる構成を適宜選択的に有することが好ましい。なお、好ましい態様としては、以下に述べる構成の1つを有するものでもよく、あるいは任意の組合せを有するものでもよい。

【0046】

本実施形態の投写用変倍光学系は、下記条件式(3)~(7)のいずれか1つ、または任意の組合せを満足することが好ましい。

40

【数4】

$$1.50 < \left\{ \prod_{i=1}^k \left(1.05 \times 0.998^{\frac{20 \times N d_i^2}{\log_{10} v d_i}} \right)^{D_i} \right\}^{\frac{10}{B f_w}} \times Z_r \quad \dots \quad (3)$$

$$e n P t / f t + f t / B f t < 4 . 0 \quad \dots \quad (4)$$

50

$$1.3 < Bfw / fw < 3.0 \quad \dots \quad (5)$$

$$30.0 < |exP| / Im \quad \dots \quad (6)$$

$$1.6 < Zr < 3.0 \quad \dots \quad (7)$$

ただし、

k : 全系が有するレンズの数

Ndi : 拡大側から i 番目のレンズの d 線における屈折率

di : 拡大側から i 番目のレンズの d 線におけるアッペ数

Di : 拡大側から i 番目のレンズの中心厚

Bfw : 広角端における全系の縮小側のバックフォーカス (空気換算距離)

Zr : 広角端に対する望遠端の変倍比

enPt : 拡大側を入射側としたときの、投写距離無限遠時の望遠端における最も拡大側のレンズ面から入射瞳位置までの光軸上の距離

ft : 望遠端における全系の焦点距離

Bft : 望遠端における全系の縮小側のバックフォーカス (空気換算距離)

fw : 広角端における全系の焦点距離

exP : 縮小側を射出側としたときの、投写距離無限遠時の広角端における縮小側の結像面から近軸射出瞳位置までの光軸上の距離

Im : 縮小側における最大有効像円直径

【0047】

条件式(3)は、全系を構成する各レンズの屈折率とアッペ数とバックフォーカスに関する項に変倍比を乗算したものとなっている。仮に広角端において全く同一の諸元、性能のレンズ系では、変倍比が高いほど変倍全域での性能を良好に保つためには、より多くのレンズ枚数が必要とされる。また、レンズの材質も高屈折率であるものほど収差補正に有用である。さらに、色収差補正のためには、高屈折率、高分散の材質を用いると効果的なことがある。

【0048】

しかしながら、レンズ枚数が多くなるほど全系の透過率は低い値となる。また、一般には高屈折率なものほど、特に高屈折率で高分散なものほど内部透過率の特性が悪い。

【0049】

条件式(3)の下限を下回ると、全系の透過率の値が低くなるとともに波長400~700nmの波長範囲での透過率の均一性が低下する、適切な長さのバックフォーカスが得られない、高変倍比が得られない、の少なくとも1つの不具合が生じることになる。条件式(3)を満たすことで、全系の透過率特性を好適なものとして良好な投写像を取得可能としながら、適切な長さのバックフォーカスと高変倍比を実現することができる。

【0050】

条件式(4)は、入射瞳位置とバックフォーカスに関するものである。条件式(4)の上限を上回ると、最も拡大側のレンズ面から入射瞳位置までの距離が長くなり、第1レンズ群G1の拡大側のレンズ径が大きくなるか、または適切なバックフォーカスが得られない。

【0051】

条件式(5)は、広角端におけるバックフォーカスと焦点距離の比に関するものである。条件式(5)は、所望の焦点距離を得ながら、ビームスプリッタや、クロスダイクロイックプリズム、TIRプリズム等の色合成手段としてのガラスブロック等を挿入する適切なスペースを確保することを可能とするものである。すなわち、この条件式(5)の下限を下回ると、レンズ系の縮小側に色合成手段としてのガラスブロック等を挿入することが困難となる。条件式(5)の上限を上回ると、レンズ全長が長くなり、レンズ系が大型化してしまう。

【0052】

条件式(6)は、射出瞳位置とイメージサークルの大きさに関するものである。条件式(6)の下限を下回ると、所望のイメージサークルの大きさを得ながらテレセントリック

10

20

30

40

50

性を確保することが困難になる。

【0053】

条件式(7)は、変倍比を規定するものである。条件式(7)の下限を下回ると、高変倍比が得られず、投写用変倍光学系として使用可能な範囲が狭くなりコストメリットが低下してしまい、本発明が目的とする映画館等の用途の投写用変倍光学系として好適なものと言えなくなる。条件式(7)の上限を上回ると、投写用変倍光学系が必要とされる以上の変倍比を備えたものとなりレンズ全長が長くなってしまふ。結果として、レンズ系が大型化してしまふ。

【0054】

上記事情から、上記条件式(1)~(8)それぞれに代えて下記条件式(1-1)~(8-1)それぞれを満たすことがより好ましい。

【数5】

$$1.55 < \frac{\left\{ \prod_{i=1}^k (T440i^{Di}) \right\}^{\frac{10}{Bfw}} + \left\{ \prod_{i=1}^k (T460i^{Di}) \right\}^{\frac{10}{Bfw}}}{2} \times Zr \quad \dots (1-1)$$

$$L / Im < 12.0 \quad \dots (2-1)$$

【数6】

$$1.55 < \left\{ \prod_{i=1}^k \left(1.05 \times 0.998^{\frac{20 \times Ndi^2}{\log_{10} vdi}} \right)^{Di} \right\}^{\frac{10}{Bfw}} \times Zr \quad \dots (3-1)$$

$$enPt / ft + ft / Bft < 3.7 \quad \dots (4-1)$$

$$1.4 < Bfw / fw < 2.0 \quad \dots (5-1)$$

$$35.0 < |exp| / Im \quad \dots (6-1)$$

$$1.7 < Zr < 2.5 \quad \dots (7-1)$$

【0055】

また、本実施形態の投写用変倍光学系においては、第1レンズ群より縮小側の全てのレンズを、接合レンズではなく単レンズにより構成することが好ましい。第1レンズ群より縮小側では軸上光束と軸外光束が重なる部分が多いため、投写用変倍光学系が投写型表示装置に搭載されて高出力の光源と併用されたとき、強力な光によってレンズを接合するための接合剤が著しく変質、劣化し、レンズ性能の低下を招くおそれがあるが、接合レンズを用いないことで、このような問題の発生を回避することができる。また、このような問題の発生を極力回避するためには、全系の全てのレンズを、接合レンズではなく単レンズにより構成することがより好ましい。

【0056】

なお、本実施形態の投写用変倍光学系においては、図1に示す例のように、各レンズ面を全て球面とした非球面を用いない構成が可能であり、このようにした場合は、コスト的に有利となる。勿論、本実施形態の投写用変倍光学系において、非球面を用いる構成も可能であり、その場合はより良好に収差補正を行うことができる。

【0057】

また、本実施形態の投写用変倍光学系においては、レンズ群の間隔のみを変更することでズームレンズとなるように構成してもよい。すなわち、レンズ群の間隔のみを変更する

10

20

30

40

50

ことで、ズームレンズからバリフォーカルレンズへ、あるいはバリフォーカルレンズからズームレンズへ変換可能であるように構成してもよい。このような構成によれば、最小限の機構構造変更で異なるフォーカス方式の装置に使用可能となり、コストメリットの高いものとすることができる。

【0058】

なお、この投写用変倍光学系がズームレンズである場合、投写距離が変化したときのフォーカシングは、第1レンズ群1の最も縮小側に配置されたレンズを含む第1レンズ群G1の一部のみを光軸方向に移動させることによって行なうインナーフォーカス方式とすることが好ましい。

【0059】

例えば図1に示す例では、第1レンズ群G1の最も縮小側の2枚のレンズL4、L5を光軸方向に移動させることによりフォーカシングを行うことが可能である。インナーフォーカス方式を採用することで、径が大きく重量の大きな拡大側のレンズを駆動させなくてよいため駆動機構の負担を少なくできるとともに、フォーカス時にレンズ全厚を一定に保つことができる。

【0060】

なお、本発明の投写用変倍光学系においては、フォーカシングを、第1レンズ群G1の全体または縮小側以外の一部を移動させることによって行うことも可能であり、あるいは第1レンズ群G1以外のレンズ群の全体または一部を移動させることによって行なうことも可能である。

【0061】

なお、本発明の目的とする投写用変倍光学系としては、全変倍域でFナンバーが3.0よりも小さな光学系であることが好ましい。また、本発明の目的とする投写用変倍光学系としては、全変倍域でディストーション（歪曲収差）が約2%以下に抑えられていることが好ましい。

【0062】

次に、本発明に係る投写型表示装置の実施形態について、図13および図14を用いて説明する。図13は本発明の一実施形態に係る投写型表示装置の一部を示す概略構成図であり、図14は本発明の別の実施形態に係る投写型表示装置の一部を示す概略構成図である。

【0063】

図13に示す投写型表示装置は、各色光に対応したライトバルブとしての反射型表示素子11a~11cと、色分解のためのダイクロイックミラー12、13と、色合成のためのクロスダイクロイックプリズム14と、光路偏向のための全反射ミラー18と、偏光分離プリズム15a~15cを有する照明光学系10を備えている。なお、ダイクロイックミラー12の前段には、図示を省略された光源が配されている。

【0064】

この光源からの白色光はダイクロイックミラー12、13により3つの色光光束（G光、B光、R光）に分解される。分解後の各色光光束はそれぞれ偏光分離プリズム15a~15cを経て、各色光光束それぞれに対応する反射型表示素子11a~11cに入射して光変調され、クロスダイクロイックプリズム14により色合成された後、上述の実施形態に係る投写用変倍光学系19に入射する。この入射光による光学像が投写用変倍光学系19により、図示されないスクリーン上に投写される。

【0065】

一方、図14に示す他の実施形態に係る投写型表示装置は、各色光に対応したライトバルブとしての反射型表示素子21a~21cと、色分解および色合成のためのTIR（Total Internal Reflection）プリズム24a~24cと、偏光分離プリズム25を有する照明光学系20を備えている。なお、偏光分離プリズム25の前段には、図示を省略された光源が配されている。

【0066】

10

20

30

40

50

この光源からの白色光は偏光分離プリズム 25 を経た後、TIRプリズム 24a ~ 24c により 3 つの色光光束 (G 光、B 光、R 光) に分解される。分解後の各色光光束はそれぞれ対応する反射型表示素子 21a ~ 21c に入射して光変調され、再び TIRプリズム 24a ~ 24c を逆向きに進行して色合成された後、偏光分離プリズム 25 を透過して、上述の実施形態に係る投写用変倍光学系 29 に入射する。この入射光による光学像が投写用変倍光学系 29 により、図示されないスクリーン上に投写される。

【0067】

なお、反射型表示素子 11a ~ 11c、21a ~ 21c としては、例えば反射型液晶表示素子や DMD 等を用いることができる。図 13 および図 14 ではライトバルブとして反射型液晶表示素子を用いた例を示したが、本発明の投写型表示装置が備えるライトバルブは、これに限られるものではなく、透過型液晶表示素子等の透過型表示素子を用いてもよい。

10

【0068】

次に、本発明の投写用変倍光学系の具体的な実施例について説明する。以下に述べる実施例 1 ~ 4 はパフォーカルレンズとして構成されているが、実施例 1 は後で変形例として説明するように、レンズ群の間隔のみを変更することでズームレンズとして使用できるように構成されている。実施例 1 ~ 4 をパフォーカルレンズとして使用する際は、変倍時または投写距離が変化したときのフォーカシングは、全系を一体的に光軸方向に移動させることによって行う全体繰り出し方式により行われる。

【0069】

20

<実施例 1 >

図 1、図 2 にそれぞれ実施例 1 の投写用変倍光学系の広角端におけるレンズ構成および光線軌跡、変倍時の各位置におけるレンズ群の配置および光線軌跡を示す。なお、図 1 および図 2 に示す構成は、縮小倍率が -0.002 倍のときのものである。図 1、図 2 についての詳細な説明は上述した通りであるのでここでは重複説明を一部省略する。

【0070】

実施例 1 の投写用変倍光学系は、拡大側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G4 と、正の屈折力を有する第 5 レンズ群 G5 が配列された 5 群構成であり、縮小側がテレセントリックとされており、第 5 レンズ群 G5 の縮小側には、反射型液晶表示パネル等からなるライトバルブの画像表示面 1 および色合成プリズム (赤外線カットフィルタやローパスフィルタ等のフィルタを含む) 等のガラスブロック 2a、2b が配置されている。

30

【0071】

変倍時には、第 1 レンズ群 G1 と第 5 レンズ群 G5 は固定されており、第 2 レンズ群 G2 と第 3 レンズ群 G3 と第 4 レンズ群 G4 は可動とされ、その可動態様は図 2 に表されている。また、変倍の全範囲にわたって開口数が一定となるように設定されている。

【0072】

第 1 レンズ群 G1 は、拡大側より順に、縮小側に凹面を向けた負のメニスカスレンズよりなる第 1 レンズ L1 と、拡大側に凸面を向けた平凸レンズよりなる第 2 レンズ L2 と、拡大側に凸面を向けた正のメニスカスレンズよりなる第 3 レンズ L3 と、両凸レンズよりなる第 4 レンズ L4 とから構成されている。

40

【0073】

第 2 レンズ群 G2 は、拡大側より順に、拡大側に凸面を向けた負のメニスカスレンズよりなる第 5 レンズ L5 と、両凹レンズよりなる第 6 レンズ L6 と、拡大側に凸面を向けた正のメニスカスレンズよりなる第 7 レンズ L7 とから構成されている。第 3 レンズ群 G3 は、拡大側より順に、拡大側に凸面を向けた負のメニスカスレンズよりなる第 8 レンズ L8 と、両凸レンズよりなる第 9 レンズ L9 とから構成されている。第 4 レンズ群 G4 は、両凸レンズよりなる第 10 レンズ L10 から構成されている。

【0074】

50

第5レンズ群G5は、拡大側より順に、両凹レンズよりなる第11レンズL11と、拡大側に凸面を向けた正のメニスカスよりなる第12レンズL12と、絞り（開口および可変絞りを含む）3と、両凹レンズよりなる第13レンズL13と、縮小側に凸面を向けた平凸レンズよりなる第14レンズL14と、縮小側に凸面を向けた負のメニスカスレンズよりなる第15レンズL15と、拡大側に凸面を向けた負のメニスカスレンズよりなる第16レンズL16と、両凸レンズよりなる第17レンズL17と、両凸レンズよりなる第18レンズL18とから構成されている。

【0075】

実施例1の投写用変倍光学系は、全てのレンズが接合されていない単レンズからなる。また、全てのレンズ面が球面とされており、非球面を用いていないので、コスト的に有利である。

10

【0076】

表1の上段の表に、実施例1の投写用変倍光学系の基本レンズデータを示す。表1には絞り3、ガラスブロック2a、2bも含めて示している。表1において、面番号の欄には最も拡大側の構成要素の拡大側の面を1番目として縮小側に向かうに従い順次増加するように構成要素に面番号を付したときの面番号を示す。Rの欄には各面の曲率半径を示し、Dの欄には隣り合う面の光軸Z上の面間隔を示している。

【0077】

基本レンズデータのNd_iの欄には最も拡大側の構成要素を1番目として縮小側に向かうに従い順次増加するi番目(j=1、2、3、...)の構成要素のd線(波長587.6nm)に対する屈折率を示し、d_iの欄にはi番目の構成要素のd線に対するアッペ数を示している。また、T440_iの欄には、i番目の構成要素の材質の波長440nmにおける厚さ1.0mmのときの内部透過率を示し、T460_iの欄には、i番目の構成要素の材質の波長460nmにおける厚さ1.0mmのときの内部透過率を示している。

20

【0078】

ただし、基本レンズデータにおいて、曲率半径の符号は、面形状が拡大側に凸の場合を正、縮小側に凸の場合を負としている。また、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の間隔、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間隔、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間隔、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5の間隔は、変倍時に変化する可変間隔であり、これらの間隔に相当する欄にはそれぞれ(可変1)、(可変2)、(可変3)、(可変4)と記入している。

30

【0079】

表1の下段の表に、広角端、中間焦点位置、望遠端における全系の焦点距離、各可変間隔(可変1)、(可変2)、(可変3)、(可変4)の値をそれぞれ示す。また、表1の一番上に、実施例1の投写用変倍光学系のFナンバーFno.と全画角2θを示す。

【0080】

【表 1】

実施例1

Fno.=2.50, 2 ω =36.0° ~18.0°

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj	T440j	T460j
1	408.7408	0.6748	1.75520	27.51	0.962	0.973
2	22.7534	2.8455				
3	27.1751	2.3217	1.61800	63.33	0.990	0.992
4	∞	0.9785				
5	36.9152	1.2372	1.60311	60.64	0.994	0.995
6	82.2389	0.1109				
7	43.7245	1.9393	1.60738	56.71	0.994	0.994
8	-121.3167	(可変1)				
9	25.8248	1.6067	1.62041	60.29	0.993	0.994
10	10.6271	1.9377				
11	-26.2435	0.5013	1.65160	58.55	0.995	0.996
12	11.7689	0.5800				
13	12.9717	1.0058	1.80518	25.42	0.955	0.970
14	29.6117	(可変2)				
15	27.8132	0.4161	1.80518	25.42	0.955	0.970
16	16.5256	0.6989				
17	52.8765	1.1215	1.79950	42.34	0.986	0.990
18	-52.8765	(可変3)				
19	14.0579	2.3796	1.49700	81.61	0.996	0.998
20	-29.3559	(可変4)				
21	-69.1558	0.3374	1.51742	52.43	0.996	0.997
22	9.4567	0.3840				
23	8.8065	1.2774	1.73800	32.26	0.986	0.988
24	20.4635	0.5093				
25(絞り)	∞	9.7240				
26	-10.0250	0.2571	1.51742	52.43	0.996	0.997
27	11.6643	0.5993				
28	∞	2.6463	1.49700	81.61	0.996	0.998
29	-5.5431	0.0562				
30	-5.4013	0.3374	1.61772	49.81	0.982	0.987
31	-18.0578	0.0643				
32	55.6278	0.3567	1.73800	32.26	0.986	0.988
33	12.8775	0.0096				
34	13.0141	2.2012	1.49700	81.61	0.996	0.998
35	-15.4118	0.1735				
36	18.1194	2.3661	1.49700	81.61	0.996	0.998
37	-13.3639	3.5174				
38	∞	18.7185	1.51633	64.14		
39	∞	0.4820	1.50847	61.19		
40	∞					

10

20

30

	焦点距離	(可変1)	(可変2)	(可変3)	(可変4)
広角端	10.00	2.2567	22.1899	1.2207	0.4808
中間位置	15.20	7.5679	15.7340	0.4390	2.4074
望遠端	20.10	10.2696	11.5375	0.2400	4.1011

40

【0081】

なお、表1のデータは、広角端における投写用変倍光学系の全系の焦点距離を10.0として規格化したときの値である。また、表1では所定の桁でまるめた数値を記載している。

【0082】

図9(A)~図9(D)にそれぞれ、広角端における実施例1の投写用変倍光学系の球面収差、非点収差、ディストーション(歪曲収差)、倍率色収差(倍率の色収差)の各収差図を示す。図9(E)~図9(H)にそれぞれ、中間焦点位置における実施例1の投写

50

用変倍光学系の球面収差、非点収差、ディストーション（歪曲収差）、倍率色収差（倍率の色収差）の各収差図を示す。図9（I）～図9（L）にそれぞれ、望遠端における実施例1の投写用変倍光学系の球面収差、非点収差、ディストーション（歪曲収差）、倍率色収差（倍率の色収差）の各収差図を示す。

【0083】

図9（A）～図9（L）の各収差図は、d線を基準としたものであるが、球面収差図では、F線（波長486.1nm）、C線（波長656.3nm）に関する収差も示しており、倍率色収差図では、F線、C線に関する収差を示している。また、非点収差図ではサジタル方向、タンジェンシャル方向に関する収差をそれぞれ実線、破線で示している。球面収差図の縦軸上方に記載のFはFナンバー、その他の収差図の縦軸上方に記載のは半画角を意味する。なお、図9（A）～図9（L）の収差図は、縮小倍率が-0.002倍のときのものである。

10

【0084】

上述した実施例1のレンズ構成図、レンズ群配置図、表および収差図の記号、意味、記載方法は、特に断りがない限り、以下の実施例2～4のものについても基本的に同様である。また、上述した実施例1のレンズ構成図、レンズ群配置図、収差図が縮小倍率-0.002倍のときのものである点、基本レンズデータが焦点距離が10.0で規格化されている点も以下の実施例2～4のものについても同様である。

【0085】

<実施例2>

図3、図4にそれぞれ実施例2の投写用変倍光学系の広角端におけるレンズ構成および光線軌跡、変倍時の各位置におけるレンズ群の配置および光線軌跡を示す。

20

【0086】

第1レンズ群G1は、拡大側より順に、拡大側に凸面を向けた負のメニスカスレンズよりなる第1レンズL1と、拡大側に凸面を向けた正のメニスカスレンズよりなる第2レンズL2と、両凸レンズよりなる第3レンズL3とから構成されている。

【0087】

第2レンズ群G2は、拡大側より順に、拡大側に凸面を向けた負のメニスカスレンズよりなる第4レンズL4と、両凹レンズよりなる第5レンズL5と、拡大側に凸面を向けた正のメニスカスレンズよりなる第6レンズL6とから構成されている。第3レンズ群G3は、拡大側より順に、拡大側に凸面を向けた負のメニスカスレンズよりなる第7レンズL7と、両凸レンズよりなる第8レンズL8とから構成されている。第4レンズ群G4は、両凸レンズよりなる第9レンズL9から構成されている。

30

【0088】

第5レンズ群G5は、拡大側より順に、両凹レンズよりなる第10レンズL10と、拡大側に凸面を向けた正のメニスカスレンズよりなる第11レンズL11と、絞り（開口および可変絞りを含む）3と、両凹レンズよりなる第12レンズL12と、両凸レンズよりなる第13レンズL13と、縮小側に凸面を向けた負のメニスカスレンズよりなる第14レンズL14と、拡大側に凸面を向けた負のメニスカスレンズよりなる第15レンズL15と、両凸レンズよりなる第16レンズL16と、両凸レンズよりなる第17レンズL17とから構成されている。

40

【0089】

実施例2に係る投写用変倍光学系は、実施例1に係る投写用変倍光学系と略同様の構成とされている。ただし、第1レンズ群G1について、実施例1では4枚のレンズにより構成されているところ、実施例2では3枚のレンズにより構成されている。また、第5レンズ群G5について、拡大側から4番目のレンズ（実施例1における第14レンズL14と実施例2における第13レンズL13）のレンズ構成が相違している。

【0090】

実施例2の投写用変倍光学系のFナンバーFno.と全画角 2θ を表2の一番上に示し、基本レンズデータを表2の上段の表に示し、広角端、中間焦点位置、望遠端における全

50

系の焦点距離、各可変間隔の値を表 2 の下段の表にそれぞれ示す。また、図 10 (A) ~ 図 10 (L) にそれぞれ、実施例 2 の投写用変倍光学系の各収差図を示す。

【表 2】

実施例 2

Fno.=2.50, 2 ω =36.0° ~18.2°

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj	T440j	T460j
1	258.2896	0.6749	1.71736	29.52	0.971	0.978
2	22.0847	3.1883				
3	26.3944	2.4328	1.61800	63.33	0.990	0.992
4	675.5693	0.0484				
5	32.2166	2.3027	1.58913	61.14	0.995	0.996
6	-116.7746	(可変1)				
7	32.3505	1.6067	1.62041	60.29	0.993	0.994
8	11.4329	1.8893				
9	-27.2818	0.4177	1.51633	64.14	0.995	0.995
10	11.2819	1.0293				
11	12.8889	1.0451	1.80518	25.42	0.955	0.970
12	22.9320	(可変2)				
13	34.4945	0.4177	1.80518	25.42	0.955	0.970
14	16.8108	0.5868				
15	40.2763	1.2209	1.78590	44.20	0.984	0.989
16	-53.5688	(可変3)				
17	14.0663	2.3713	1.49700	81.61	0.996	0.998
18	-28.5189	(可変4)				
19	-78.9052	0.3374	1.51742	52.43	0.996	0.997
20	8.8124	0.0482				
21	8.2458	1.8802	1.73800	32.26	0.986	0.988
22	20.2586	0.0481				
23(絞り)	∞	8.2394				
24	-10.9888	0.2571	1.51742	52.43	0.996	0.997
25	10.7522	0.6816				
26	173.3735	3.3740	1.49700	81.61	0.996	0.998
27	-5.6231	0.0500				
28	-5.4848	0.6427	1.72000	50.23	0.988	0.991
29	-17.1468	0.0482				
30	69.5238	0.3535	1.80610	33.27	0.964	0.972
31	14.6004	0.0095				
32	14.7771	2.2005	1.49700	81.61	0.996	0.998
33	-13.1125	0.1607				
34	20.0189	2.5524	1.49700	81.61	0.996	0.998
35	-13.0810	3.4846				
36	∞	18.7177	1.51633	64.14		
37	∞	0.4820	1.50847	61.19		
38	∞					

10

20

30

40

	焦点距離	(可変1)	(可変2)	(可変3)	(可変4)
広角端	10.00	3.0907	22.5705	1.2228	0.4818
中間位置	15.20	9.0744	15.3762	0.4707	2.4443
望遠端	20.00	12.0916	10.8374	0.2404	4.1963

【 0 0 9 1 】

< 実施例 3 >

図 5、図 6 にそれぞれ実施例 3 の投写用変倍光学系の広角端におけるレンズ構成および光線軌跡、変倍時の各位置におけるレンズ群の配置および光線軌跡を示す。実施例 3 に係る投写用変倍光学系は、実施例 2 に係る投写用変倍光学系と略同様の構成とされているが、第 5 レンズ群 G 5 についてのみレンズ構成が異なる。第 5 レンズ群 G 5 は、実施例 2 に

50

おいては 8 枚のレンズにより構成されているところ、実施例 3 においては 9 枚のレンズにより構成されている。第 5 レンズ群 G 5 の詳細なレンズ構成を以下に示す。

【 0 0 9 2 】

第 5 レンズ群 G 5 は、拡大側より順に、両凹レンズよりなる第 1 0 レンズ L 1 0 と、拡大側に凸面を向けた正のメニスカスレンズよりなる第 1 1 レンズ L 1 1 と、絞り（開口および可変絞りを含む）3 と、両凹レンズよりなる第 1 2 レンズ L 1 2 と、両凸レンズよりなる第 1 3 レンズ L 1 3 と、縮小側に凸面を向けた正のメニスカスレンズよりなる第 1 4 レンズ L 1 4 と、縮小側に凸面を向けた負のメニスカスレンズよりなる第 1 5 レンズ L 1 5 と、拡大側に凸面を向けた正のメニスカスレンズよりなる第 1 6 レンズ L 1 6 と、両凸レンズよりなる第 1 7 レンズ L 1 7 と、両凸レンズからなる第 1 8 レンズ L 1 8 とから構成されている。

10

【 0 0 9 3 】

実施例 3 の投写用変倍光学系の F ナンバー $F_{no.}$ と全画角 2θ を表 3 の一番上に示し、基本レンズデータを表 3 の上段の表に示し、広角端、中間焦点位置、望遠端における全系の焦点距離、各可変間隔の値を表 3 の下段の表にそれぞれ示す。また、図 1 1 (A) ~ 図 1 1 (L) にそれぞれ、実施例 3 の投写用変倍光学系の各収差図を示す。

【 0 0 9 4 】

【表 3】

実施例3

Fno.=2.50, 2 ω =36.0° ~19.0°

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj	T440j	T460j
1	187.2397	0.6749	1.74000	28.30	0.964	0.975
2	21.9752	3.2043				
3	26.2266	2.4756	1.61800	63.33	0.990	0.992
4	693.8277	0.0694				
5	30.3812	2.3129	1.61272	58.72	0.995	0.996
6	-142.4831	(可変1)				
7	30.1309	1.6069	1.60311	60.64	0.994	0.995
8	11.1181	1.8437				
9	-32.9230	0.4339	1.58913	61.14	0.995	0.996
10	11.2571	0.8303				
11	12.6858	1.1149	1.80518	25.42	0.955	0.970
12	23.9906	(可変2)				
13	36.3611	0.4178	1.80518	25.42	0.955	0.970
14	17.2154	0.5894				
15	39.3246	1.2113	1.79952	42.22	0.979	0.985
16	-58.9692	(可変3)				
17	14.3403	2.8922	1.49700	81.61	0.996	0.998
18	-28.2078	(可変4)				
19	-79.4285	0.3374	1.51742	52.43	0.996	0.997
20	8.9377	0.0482				
21	8.3521	2.2495	1.80610	33.27	0.964	0.972
22	17.3995	0.0484				
23(絞り)	∞	8.3119				
24	-10.0055	0.2571	1.51742	52.43	0.996	0.997
25	10.3646	0.5626				
26	1329.8286	1.5733	1.71300	53.87	0.991	0.994
27	-26.2825	0.1554				
28	-45.4821	1.8823	1.49700	81.61	0.996	0.998
29	-5.6319	0.0640				
30	-5.4781	0.3535	1.80400	46.57	0.988	0.992
31	-20.1459	0.0482				
32	55.2539	0.3535	1.80100	34.97	0.954	0.968
33	15.3483	0.0177				
34	15.5865	2.3070	1.49700	81.61	0.996	0.998
35	-11.0668	0.0483				
36	22.4055	2.3476	1.49700	81.61	0.996	0.998
37	-12.3193	3.4692				
38	∞	18.7200	1.51633	64.14		
39	∞	0.4821	1.50847	61.19		
40	∞					

10

20

30

	焦点距離	(可変1)	(可変2)	(可変3)	(可変4)
広角端	10.00	2.4101	22.8280	1.1254	0.4820
中間位置	15.30	8.2269	15.6762	0.3828	2.5595
望遠端	19.00	10.4713	12.2147	0.2409	3.9186

40

【 0 0 9 5 】

< 実施例 4 >

図 7、図 8 にそれぞれ実施例 4 の投写用変倍光学系の広角端におけるレンズ構成および光線軌跡、変倍時の各位置におけるレンズ群の配置および光線軌跡を示す。実施例 4 に係る投写用変倍光学系は、実施例 3 に係る投写用変倍光学系と略同様の構成とされているが、第 1 レンズ群 G 1 および第 5 レンズ群 G 5 のレンズ構成が異なる。

【 0 0 9 6 】

詳細には、実施例 4 の第 1 レンズ群 G 1 は、第 1 レンズ群 G 1 の第 2 レンズ L 2 が両凸

50

レンズよりなる点、第1レンズ群G1の第3レンズL3が拡大側に凸面を向けた正のメニスカスレンズよりなる点において、実施例3の第1レンズ群G1と相違している。また、第5レンズ群G5は、拡大側より順に、両凹レンズよりなる第10レンズL10と、拡大側に凸面を向けた正のメニスカスレンズよりなる第11レンズL11と、絞り（開口および可変絞りを含む）3と、拡大側に凸面を向けた負のメニスカスレンズよりなる第12レンズL12と、両凹レンズよりなる第13レンズL13と、両凸よりなる第14レンズL14と、両凹レンズよりなる第15レンズL15と、両凸レンズよりなる第16レンズL16と、縮小側に凸面を向けた正のメニスカスレンズよりなる第17レンズL17と、両凸レンズからなる第18レンズL18とから構成されている。

【0097】

実施例4の投写用変倍光学系のFナンバーFno.と全画角 2ω を表4の一番上に示し、基本レンズデータを表4の上段の表に示し、広角端、中間焦点位置、望遠端における全系の焦点距離、各可変間隔の値を表4の下段の表にそれぞれ示す。また、図12(A)~図12(L)にそれぞれ、実施例4の投写用変倍光学系の各収差図を示す。

【0098】

【表4】

実施例4

Fno.=2.50, 2 ω =36.0° ~19.0°

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj	T440j	T460j
1	135.4293	0.7182	1.62588	35.70	0.984	0.987
2	18.3928	1.7352				
3	20.0717	4.0069	1.61800	63.33	0.990	0.992
4	-114.1520	0.0695				
5	25.0200	0.9540	1.71300	53.87	0.991	0.994
6	30.9814	(可変1)				
7	30.0024	0.5792	1.61800	63.33	0.990	0.992
8	13.9771	2.6002				
9	-96.6870	0.8341	1.61800	63.33	0.990	0.992
10	12.5347	0.7996				
11	14.0483	1.2766	1.80610	33.27	0.964	0.972
12	27.1163	(可変2)				
13	123.8157	0.7808	1.69895	30.13	0.964	0.974
14	14.9176	0.3224				
15	15.5424	1.7744	1.48749	70.23	0.999	0.999
16	-31.7723	(可変3)				
17	25.1179	1.6246	1.74320	49.34	0.990	0.993
18	-31.1848	(可変4)				
19	-28.0919	0.4022	1.58144	40.75	0.991	0.993
20	8.4803	0.2680				
21	8.1644	1.0227	1.84666	23.78	0.927	0.948
22	26.5805	0.0429				
23(絞り)	∞	6.3225				
24	15.0072	0.4025	1.58144	40.75	0.991	0.993
25	9.6507	1.2239				
26	-7.5339	0.3218	1.58144	40.75	0.991	0.993
27	20.5357	0.3757				
28	16.8537	2.2914	1.49700	81.61	0.996	0.998
29	-6.2892	0.0297				
30	-6.1928	0.4022	1.83400	37.16	0.972	0.980
31	39.2699	0.0345				
32	45.5112	2.0420	1.49700	81.61	0.996	0.998
33	-8.8107	0.0483				
34	-176.2569	1.4550	1.74400	44.78	0.983	0.987
35	-12.7849	0.0483				
36	15.8635	1.5318	1.49700	81.61	0.996	0.998
37	-65.1695	3.4202				
38	∞	18.7445	1.51633	64.14		
39	∞	0.4827	1.50847	61.19		
40	∞					

10

20

30

	焦点距離	(可変1)	(可変2)	(可変3)	(可変4)
広角端	10.00	0.6790	26.8735	0.4017	3.3189
中間位置	15.40	9.5006	16.4397	0.3972	4.9357
望遠端	19.00	13.0978	11.3786	0.8418	5.9551

40

【0099】

表5の上段の表に、上記実施例1~4の上記各条件式(1)~(7)に対応する値を示す。表14の下段の表に、上記実施例1~4の条件式に関連する値を示す。なお、 $e \times P$ の符号は、縮小側の結像面よりも近軸射出瞳位置が拡大側にある場合を負、縮小側にある場合を正としている。表14の下段の表における440、460、Nはこの下段の表の下に記載したものである。実施例1~4の投写用変倍光学系は、表5に示すように、条件式(1)~(7)を全て満足している。

【0100】

50

【表 5】

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
条件式(1)	1.77	1.75	1.60	1.61
条件式(2)	10.5	10.5	10.5	10.5
条件式(3)	1.73	1.71	1.56	1.59
条件式(4)	3.37	3.36	3.30	3.68
条件式(5)	1.62	1.61	1.61	1.61
条件式(6)	64.64	72.71	75.76	260.99
条件式(7)	2.007	2.000	1.900	1.909

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
fw	10.00	10.00	10.00	10.00
ft	20.07	20.00	19.00	19.09
Bfw	16.18	16.15	16.13	16.10
Bft	16.12	16.09	16.08	16.11
L	67.80	67.48	67.49	67.61
Imφ	6.43	6.43	6.43	6.44
exP	-415.46	-467.26	-486.95	-1679.73
enPt	42.68	42.42	40.33	47.60
Π440	0.79	0.78	0.72	0.73
Π460	0.85	0.84	0.80	0.79
ΠNν	0.79	0.78	0.73	0.74

10

20

$$\Pi 440 = \prod_{i=1}^k (T 440 i^{Di})$$

$$\Pi 460 = \prod_{i=1}^k (T 460 i^{Di})$$

$$\Pi N\nu = \prod_{i=1}^k \left(1.05 \times 0.998^{\frac{20 \times Ndi^2}{\log_{10} vdi}} \right)^{Di}$$

30

【0101】

上述の実施例1～4は、縮小側がテレセントリックとされ、長いバックフォーカスを有し、非球面を採用せずに、広角端から望遠端の全変倍範囲に亘りFナンバーが約2.5と小さく、変倍比が1.90～2.01と大きな変倍比を有しながらも、その変倍時における収差の変動が抑制されており、各収差が良好に補正されて高い光学性能を有するものである。

【0102】

< 実施例1の変形例 >

40

上記実施例1はレンズ群の間隔のみを変更することでズームレンズとなるように構成されている。表6に上記実施例1をレンズ群の間隔のみを変更してズームレンズとして使用する際の、投写距離が無限遠のときの広角端、中間焦点位置および望遠端における全系の焦点距離と、各可変間隔の距離を示す。この実施例1の変形例をズームレンズとして使用する際は、投写距離が変動した際のフォーカシングを第1レンズ群G1の第3レンズL3および第4レンズL4を光軸方向に移動させることによって行うインナーフォーカス方式を採用している。表6では、このフォーカシングの際に変化する面間隔、すなわち、第2レンズL2と第3レンズL3の間隔をD4として示している。

【0103】

【表 6】

	焦点距離	D4	(可変1)	(可変2)	(可変3)	(可変4)
広角端	9.86	1.3711	1.8641	22.1899	1.2207	0.4808
中間位置	14.94	1.3711	7.1753	15.7340	0.4390	2.4074
望遠端	19.71	1.3711	9.8770	11.5375	0.2400	4.1011

【0104】

以上、実施形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明の投写用変倍光学系としては、上記実施例のものに限られるものではなく種々の態様の変更が可能であり、例えば各レンズの曲率半径、面間隔、屈折率、アッペ数を適宜変更することが可能である。

10

【0105】

また、本発明の投写型表示装置としても、上記構成のものに限られるものではなく、例えば、用いられるライトバルブや、光束分離または光束合成に用いられる光学部材は、上記構成に限定されず、種々の態様の変更が可能である。

【符号の説明】

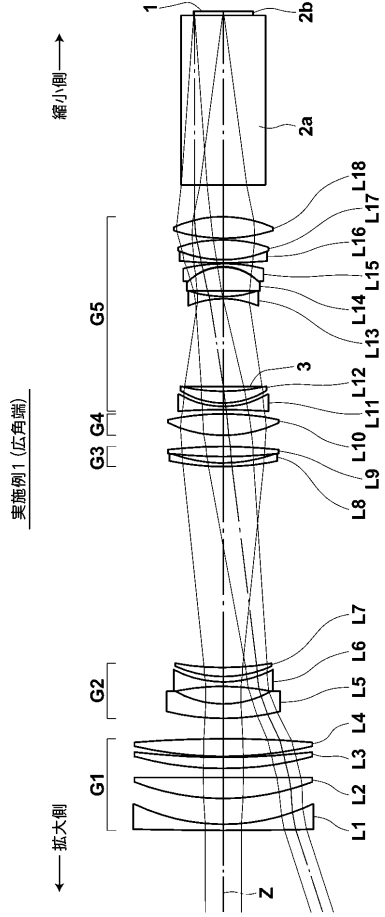
【0106】

- 1 画像表示面
- 2 a、2 b ガラスブロック
- 3 絞り
- 10、20 照明光学系
- 11 a ~ 11 c、21 a ~ 21 c 反射型表示素子
- 12、13 ダイクロイックミラー
- 14 クロスダイクロイックプリズム
- 15 a ~ 15 c、25 偏光分離プリズム
- 18 全反射ミラー
- 19、29 投写用変倍光学系
- 24 a ~ 24 c TIRプリズム
- G1 第1レンズ群
- G2 第2レンズ群
- G3 第3レンズ群
- G4 第4レンズ群
- G5 第5レンズ群
- Z 光軸

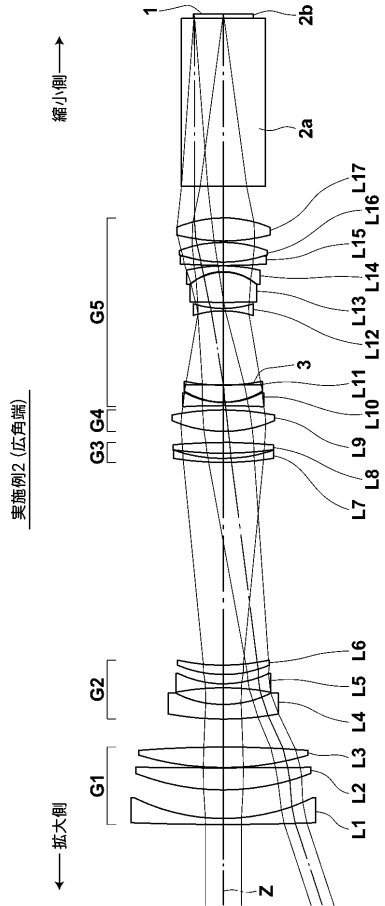
20

30

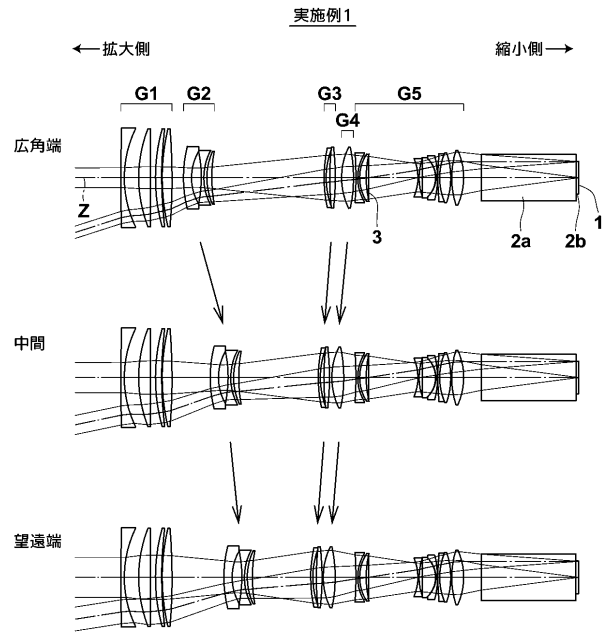
【 図 1 】



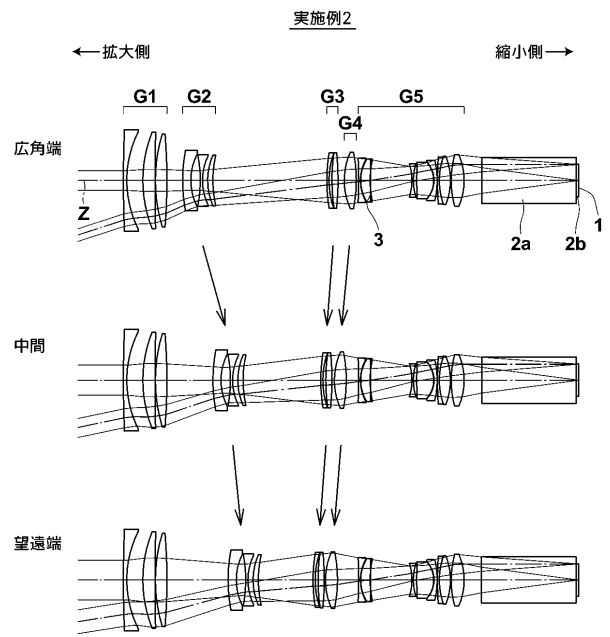
【 図 3 】



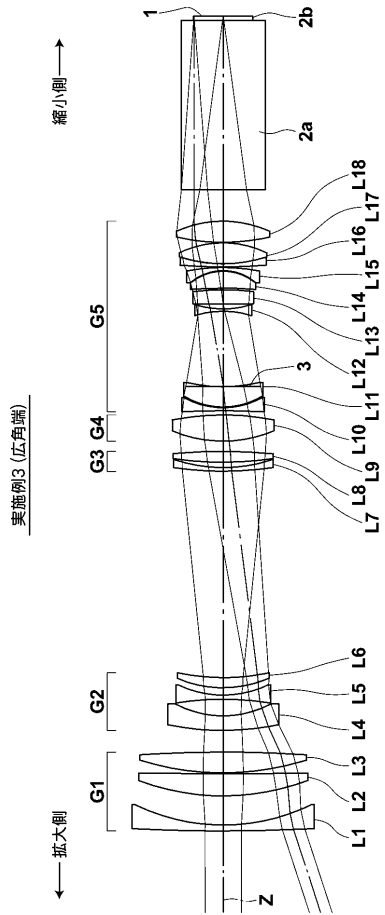
【 図 2 】



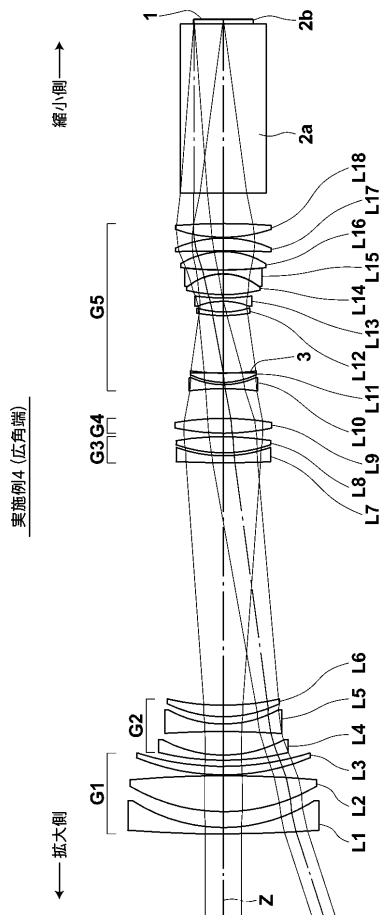
【 図 4 】



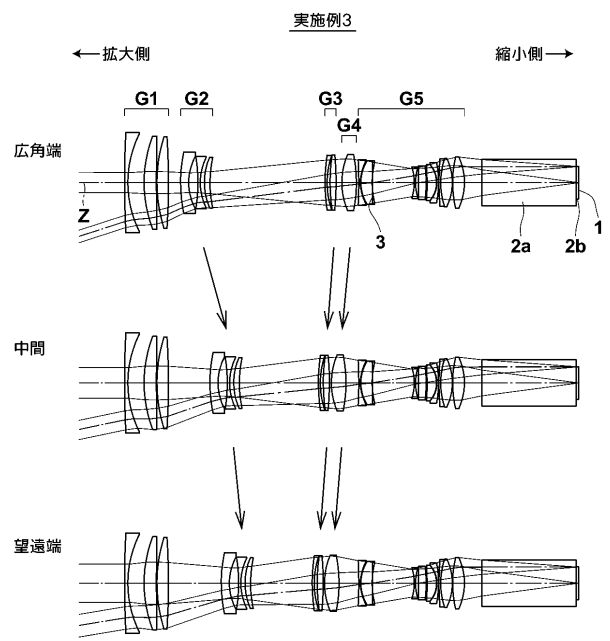
【 図 5 】



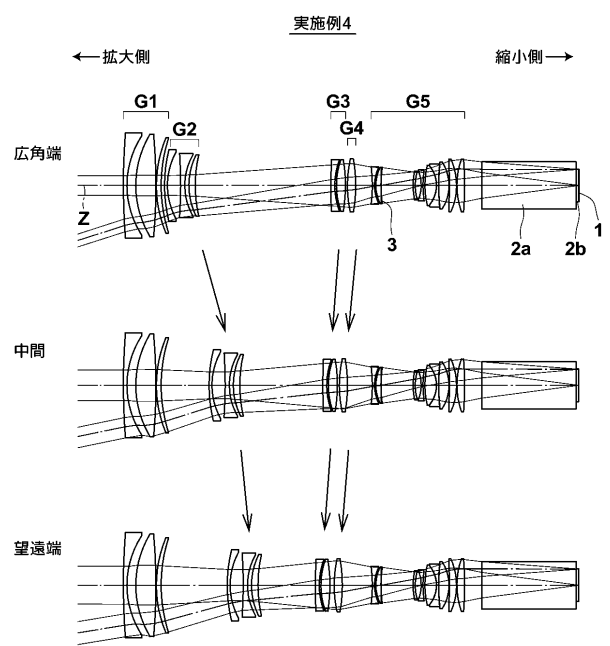
【 図 7 】



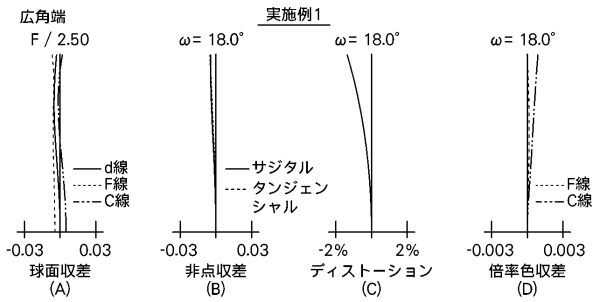
【 図 6 】



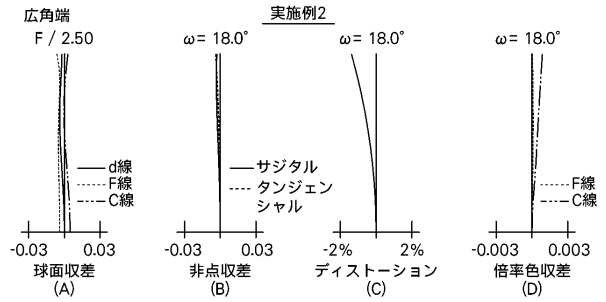
【 図 8 】



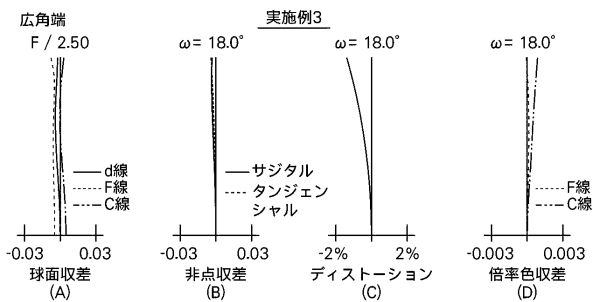
【 図 9 】



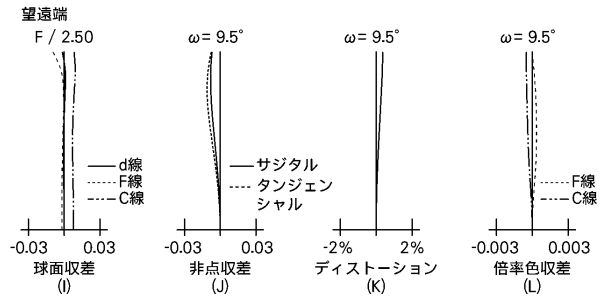
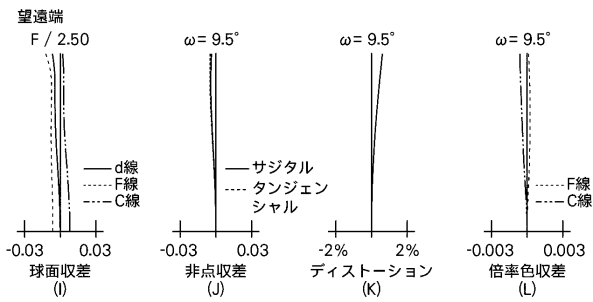
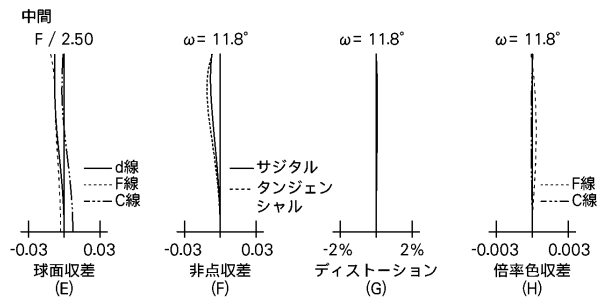
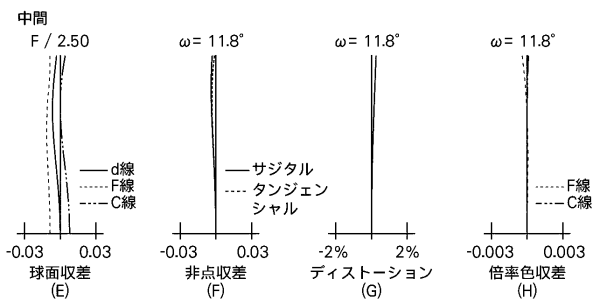
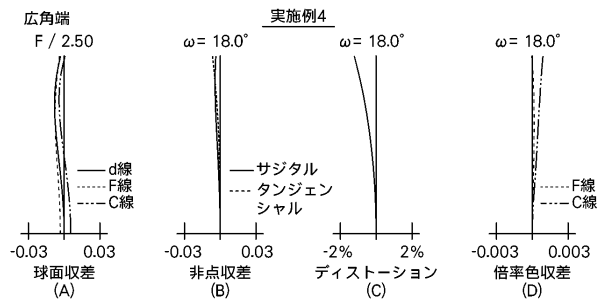
【 図 10 】



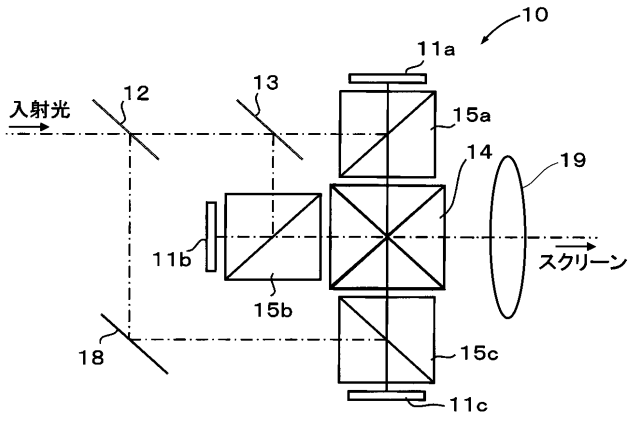
【 図 11 】



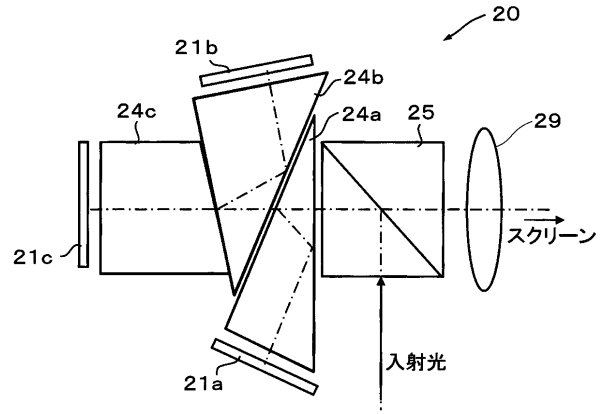
【 図 12 】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA06 LA01 MA18 NA02 PA15 PA17 PB17 PB18 QA02 QA07
QA17 QA21 QA25 QA34 QA41 QA45 QA46 RA32 RA41 RA43
SA43 SA47 SA49 SA52 SA55 SA63 SA64 SA65 SA72 SA76
SB04 SB05 SB14 SB23 SB32 SB41
2K103 AA01 AA05 AA07 AA11 AA14 AB01 AB07 BC19 BC23 BC27
BC28 BC43 BC44 BC47 BC48 CA15 CA76