(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3548517号
(P3548517)
(45)発行日　平成16年7月28日(2004.7.28)　(24)登録日　平成16年4月23日(2004.4.23)

(51)Int.Cl.[7]	F I	
G02B 15/20	G02B 15/20	
G02B 13/16	G02B 13/16	
G02B 13/18	G02B 13/18	
G02F 1/13	G02F 1/13	505
G02F 1/1335	G02F 1/1335	

請求項の数 20　(全 26 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2000-325608(P2000-325608)
(22)出願日　平成12年10月25日(2000.10.25)
(65)公開番号　特開2002-131641(P2002-131641A)
(43)公開日　平成14年5月9日(2002.5.9)
審査請求日　平成14年6月19日(2002.6.19)

(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　和智　史仁
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

(56)参考文献　特開２０００－　１９４００（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－　３９２１１（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ズームレンズ及びそれを用いた投影装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
距離の長い方の第１共役点側から順に、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、負の屈折力の第４レンズ群、正の屈折力の第５レンズ群、正の屈折力の第６レンズ群から成り、広角端の焦点距離から望遠端の焦点距離に変倍する際に、該第２～第５レンズ群中のうちの３つ以上のレンズ群を動かし、該第１レンズ群と第６レンズ群は、変倍中固定であるズームレンズにおいて、該複数のレンズ群のうちの１以上のレンズ群は、１枚以上の光軸に対して回転対称な回折型光学素子を有すると共に、バックフォーカスをｂｆ、第ｉレンズ群の焦点距離をｆｉとしたとき、
０．３＜ｂｆ／ｆ６＜２．５
０．９＜｜ｆ１｜／ｂｆ＜１．６
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レンズ群の屈折力をφ２、全系の広角端の屈折力をφｗとしたとき、
０＜φ２／φｗ＜１．５
を満足することを特徴とする請求項１のズームレンズ。
【請求項３】
前記第１レンズ群は最も物体側に、像面側に比べ物体側に強い屈折力の凸面を持った正レンズを有することを特徴とする請求項２のズームレンズ。
【請求項４】

前記第１レンズ群は、そのレンズ群内に配された正レンズのうち最も小さなアッベ数を持つレンズのアッベ数をν１ｐ、そのレンズ群内に配された負レンズのうち最も大きなアッベ数を持つレンズのアッベ数をν１ｎとしたとき、
ν１ｎ－ν１ｐ＞１０
を満足することを特徴とする請求項３のズームレンズ。
【請求項５】
広角端における第２レンズ群と第３レンズ群の合成屈折力をφ２３ｗ、広角端における全系の屈折力をφｗとしたとき、
０＜φ２３ｗ／φｗ＜１．５
を満足することを特徴とする請求項４のズームレンズ。
【請求項６】
前記第４レンズ群の屈折力をφ４ｗ、広角端における全系の屈折力をφｗとしたとき、
０＜｜φ４ｗ／φｗ｜＜１．５
を満足することを特徴とする請求項５のズームレンズ。
【請求項７】
前記第２レンズ群は、１枚以上の正レンズと１枚以上の負レンズで構成され、該正レンズのうち最も大きなアッベ数を持つ正レンズのアッベ数をν２ｐ、該負レンズのうち最も小さなアッベ数を持つ負レンズのアッベ数をν２ｎ、としたとき、
ν２ｐ－ν２ｎ＞１０
を満足することを特徴とする請求項６のズームレンズ。
【請求項８】
第２群または第３群は、絞りを有することを特徴とする請求項７のズームレンズ。
【請求項９】
前記第６レンズ群の屈折力をφ６ｗ、広角端における全系の屈折力をφｗとするとき、
０＜φ６ｗ／φｗ＜１．５
を満足することを特徴とする請求項８のズームレンズ。
【請求項１０】
全系の広角端の焦点距離をｆｗ、変倍中、最終レンズ面から絶対値で最も短い射出瞳長をｔｋとしたとき、
｜ｔｋ｜／ｆｗ＞１．５
を満足することを特徴とする請求項１から９のいずれか１項のズームレンズ。
【請求項１１】
バックフォーカスをｂｆ、全系の広角端の焦点距離をｆｗとするとき、
０．９＜ｂｆ／ｆｗ
を満足することを特徴とする請求項１から１０のいずれか１項のズームレンズ。
【請求項１２】
前記第６レンズ群を構成する任意の正レンズの材質のアッベ数をν６ｐとしたとき、
ν６ｐ＞３０
を満足することを特徴とする請求項１から１１のいずれか１項のズームレンズ。
【請求項１３】
前記第６レンズ群は１つの正レンズより成り、該正レンズの材質のアッベ数をν６ｐとしたとき、
ν６ｐ＞３５
を満足することを特徴とする請求項１から１１のいずれか１項のズームレンズ。
【請求項１４】
広角端の全系の焦点距離をｆｗ、望遠端の全系の焦点距離をｆｔ、第ｉレンズ群の焦点距離をｆｉとしたとき、
１．１＜｜ｆ１／ｆ２｜＜２．３

【数１】

$$0.5<f2/\sqrt{(fw\times ft)}<1.5$$

を満足することを特徴とする請求項１から１３のいずれか１項のズームレンズ。

【請求項１５】

第１レンズ群の焦点距離をｆ１、全系の広角端の焦点距離をｆｗとしたとき、

１＜｜ｆ１｜／ｆｗ＜２．５

を満足することを特徴とする請求項１から１４のいずれか１項のズームレンズ。

【請求項１６】

前記第２レンズ群の広角端と望遠端の横倍率を各々β２ｗ、β２ｔ、全系の広角端と望遠端の焦点距離を各々ｆｗ、ｆｔ、第２レンズ群の横倍率β２の変化β２ｔ／β２ｗをＺ２、全系の焦点距離の変化ｆｔ／ｆｗをＺとし、第２レンズ群と第５レンズ群の全変倍での移動量をそれぞれＭ２、Ｍ５としたとき、

０．８＜Ｚ２／Ｚ＜１．１

１．０＜｜Ｍ２／Ｍ５｜＜１１．０

０．４＜Ｍ２／（ｆｔ－ｆｗ）＜１．３

を満足することを特徴とする請求項１から１５のいずれか１項のズームレンズ。

【請求項１７】

第ｉレンズ群の焦点距離をｆｉとしたとき、

０．０１＜ｆ２／ｆ５＜０．９

を満足することを特徴とする請求項１から１６のいずれか１項のズームレンズ。

【請求項１８】

第６レンズ群の焦点距離をｆ６、全系の広角端の焦点距離をｆｗとしたとき、

０．５＜ｆ６／ｆｗ＜３．５

を満足することを特徴とする請求項１から１７のいずれか１項のズームレンズ。

【請求項１９】

第ｉレンズ群の焦点距離をｆｉ、全系の広角端と望遠端の焦点距離を各々ｆｗ、ｆｔとしたとき、

【数２】

$$0.7<|f1|/\sqrt{(fw\times ft)}<2.1$$

$$0.6<|f4|/\sqrt{(fw\times ft)}<20.0$$

$$0.1<|f5|/\sqrt{(fw\times ft)}<10.0$$

$$0.5< f6 /\sqrt{(fw\times ft)}<3.0$$

を満足することを特徴とする請求項１から１８のいずれか１項のズームレンズ。

【請求項２０】

請求項１から１９のいずれか１項のズームレンズを用いて投影像原画をスクリーン面上に投影していることを特徴とする投影装置。

【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投影装置に関し、例えば表示体の画像を固定した有限距離にて、該画像をスクリーンに拡大投射するプロジェクション装置に好適なものであり、特に表示体に各色光毎に複数の液晶等を用い、各色光を色合成した後に、１本の投射レンズを介してスクリーン上に高精細な画像投射を行うのに好適な簡易な構成で小型なテレセントリック性能を有したズームレンズ及びそれを用いた投影装置に関するもので

ある。
【０００２】
【従来の技術】
負の屈折力のレンズ群が先行するネガティブリード型のズームレンズは比較的広画角化が容易で、かつ近接撮影距離での性能が維持できる等の特長を有しているが、反面、変倍の為の移動量が増大し、又高変倍化が難しく、又倍率色収差の変動が大きい等の欠点を有している。
【０００３】
これらの欠点を改善し、レンズ系全体の小型化及び高変倍化を図ったズームレンズが例えば特公昭４９－２３９１２号公報、特開昭５３－３４５３９号公報、特開昭５７－１６３２１３号公報、特開昭５８－４１１３号公報、特開昭６３－２４１５１１号公報、そして特開平２－２０１３１０号公報等で提案されている。
【０００４】
これらの各公報ではズームレンズを物体側より順に負、正、負、そして正の屈折力のレンズ群の全体として４つのレンズ群より構成し、このうち所定のレンズ群を適切に移動させて変倍を行っている。
【０００５】
しかしながら、これらのズームレンズは射出瞳位置が有限であり、またバックフォーカスも十分に長いとは言い難く、また倍率色収差についても完全に補正しきれていなかった。
【０００６】
液晶プロジェクション用のズームレンズとして、本出願人は特願平９－２７２２４５号において、負、正、正、正の屈折力の４つのレンズ群より成る４群タイプのテレセントリックなズームレンズを提案している。そこでは、各レンズ群の働きは広角端から望遠端への変倍に関して第１～３レンズ群は大きな共役（物体）側へ、又第４レンズ群は小さな共役（像面）側に移動することを特徴としており、ＸＧＡパネルに対応する歪曲・色収差を良好に補正したテレセントリックなズームレンズを提案している。
【０００７】
又、本出願人は特開平１１－１９０８２１号公報で距離の長い共役点側より順に負の屈折力の第１群、正の屈折力の第２群、負の屈折力の第３群、正の屈折力の第４群、そして正の屈折力の第５群を有し、該第２群と第４群を距離の長い共役点側へ移動させて広角端から望遠端への変倍を行い、距離の短い共役点側が略テレセントリックとなっているズームレンズを提案している。
【０００８】
【発明が解決しようとする課題】
光学系で表示画像をスクリーンに拡大投射する際、特に液晶表示体を複数の色光ごとに分けて用い、各色光を合成して１本の投射レンズにて投射する場合、以下の条件を満足することが必要となる。
【０００９】
（ア－１）液晶の配光特性、又は複数の色光を合成する時の色合成ダイクロイックミラーの角度依存の影響を排除する為に、パネル側の瞳（射出瞳）が遠方にある所謂テレセントリック光学系であること。
【００１０】
（ア－２）表示体と投射レンズの間に介在する色合成素子のスペースを確保する為に、長いバックフォーカスを必要とする。
【００１１】
（ア－３）通常、表示画像をスクリーン上に上方に投射する為に、投射レンズの光軸に対し、表示体はその中心位置がシフトした状態で用いられ、結果として前玉付近は使用する有効領域が光軸対称ではなく、上方に偏り、前玉径が大きくなるので改善手段が必要である。
【００１２】

（ア－４）複数の色光を合成するのでレンズで発生する倍率色収差を極力小さくしておく必要がある。

【００１３】

（ア－５）投影された画像に関して、輪郭部が歪んで見苦しくならない様に、歪曲収差を十分に補正しておく必要がある。特に周辺部および中間部での急激な歪曲収差変化は、画像品位を著しく低下させて、望ましくない。

【００１４】

上記、要求事項に対応した液晶プロジェクター用の投影レンズが、たとえば、特開平１０－１８６２３５号公報や特開平１０－２６８１９３号公報で提案されている。これらの公報に公開された投影レンズは、拡大側から順に負、正、正、負、正の光学的屈折力のレンズ群を配置した５つのレンズ群からなり、広角端から望遠端への変倍に際して第１レンズ群および第５レンズ群を固定とし、レンズ系内部の第２レンズ群から第４レンズ群をすべて拡大側へ移動させている。

【００１５】

最も拡大側に配された第１レンズ群、最も縮小側に配された第５レンズ群がズーミングの際、固定なので、変倍に際して全長は一定に保たれている。また、これらの光学系は一定長のバックフォーカスを有しつつ、歪曲収差、倍率色収差を少なく実現したテレセントリックなズームレンズを構成している。

【００１６】

しかし、近年液晶プロジェクターの本体の小型化、液晶パネルの小型化、高精細化が更に進み、投影レンズに求められる事項としてはさらなる小型化、高解像度化、低倍率色収差化である。液晶パネルを小型化した状態で従来と同等の解像力を求めようとすると液晶表示装置の開口率の低下、および被照明領域と発光光源の大きさとの比（＝被照明領域の大きさ／光源の大きさ）が小さくなっていく為、照明効率は一般的には低下してしまい、装置の小型化は実現できても、明るさは従来よりも下回る。

【００１７】

このような問題に対して、通常の明るさのある場所でも実用的に問題のないスクリーン照度を確保するために、投影レンズの広角端の開放Ｆナンバーは、２．０前後に設定することが望ましい。

【００１８】

しかし、Ｆナンバーを２．０　前後、もしくはさらに明るくすると、収差補正、特に球面収差の補正が困難となり、光学性能が劣化する可能性がある。

この問題に対して、レンズ系の構成枚数を増やして収差補正を良好に行うことは可能であるが、光学系の大型化を招き、商品価値を低くしてしまう。

【００１９】

本発明は、明るく、小型化、高変倍化を狙い、更に倍率の色収差を良好に補正したプロジェクターに好適なズームレンズ及びそれを用いた投影装置の提供を目的とする。

【００２０】

この他本発明は、全体として６つのレンズ群より成り、レンズ型としてネガティブリード型を採用し、各レンズ群を適切に構成することにより、レンズ系全体の小型化を図りつつ、変倍範囲全体にわたりテレセントリック条件を良好に維持し、画面全体にわたり良好なる光学性能を有した液晶プロジェクター用に好適なズームレンズ及びそれを用いた投影装置の提供を目的とする。

【００２１】

【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、距離の長い方の第１共役点側から順に、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、負の屈折力の第４レンズ群、正の屈折力の第５レンズ群、正の屈折力の第６レンズ群から成り、広角端の焦点距離から望遠端の焦点距離に変倍する際に、該第２～第５レンズ群中のうちの３つ以上のレンズ群を動かし、該第１レンズ群と第６レンズ群は、変倍中固定であるズームレン

ズにおいて、該複数のレンズ群のうちの１以上のレンズ群は、１枚以上の光軸に対して回転対称な回折型光学素子を有すると共に、バックフォーカスをｂｆ、第ｉレンズ群の焦点距離をｆｉとしたとき、

０．３＜ｂｆ／ｆ６＜２．５

０．９＜｜ｆ１｜／ｂｆ＜１．６

を満足することを特徴としている。

【００２２】

請求項２の発明は請求項１の発明において、

前記第２レンズ群の屈折力をφ２、全系の広角端の屈折力をφｗとしたとき、

０　＜　φ２／φｗ　＜　１．５

を満足することを特徴としている。

【００２３】

請求項３の発明は請求項２の発明において、

前記第１レンズ群は最も物体側に、像面側に比べ物体側に強い屈折力の凸面を持った正レンズを有することを特徴としている。

【００２４】

請求項４の発明は請求項３の発明において、

前記第１レンズ群は、そのレンズ群内に配された正レンズのうち最も小さなアッベ数を持つレンズのアッベ数をν１ｐ、そのレンズ群内に配された負レンズのうち最も大きなアッベ数を持つレンズのアッベ数をν１ｎとしたとき、

ν１ｎ－ν１ｐ＞　１０

を満足することを特徴としている。

【００２５】

請求項５の発明は請求項４の発明において、

広角端における第２レンズ群と第３レンズ群の合成屈折力をφ２３ｗ、広角端における全系の屈折力をφｗとしたとき、

０　＜　φ２３ｗ　／　φｗ　＜　１．５

を満足することを特徴としている。

【００２６】

請求項６の発明は請求項５の発明において、

前記第４レンズ群の屈折力をφ４ｗ、広角端における全系の屈折力をφｗ　としたとき、

０　＜　｜φ４ｗ　／　φｗ｜　＜　１．５

を満足することを特徴としている。

【００２７】

請求項７の発明は請求項６の発明において、

前記第２レンズ群は、１枚以上の正レンズと１枚以上の負レンズで構成され、該正レンズのうち最も大きなアッベ数を持つ正レンズのアッベ数をν２ｐ、該負レンズのうち最も小さなアッベ数を持つ負レンズのアッベ数をν２ｎ、としたとき、

ν２ｐ－ν２ｎ＞　１０

を満足することを特徴としている。

【００２８】

請求項８の発明は請求項７の発明において、

第２群または第３群は、絞りを有することを特徴としている。

【００２９】

請求項９の発明は請求項８の発明において、

前記第６レンズ群の屈折力をφ６ｗ、広角端における全系の屈折力をφｗ　とするとき、

０　＜　φ６ｗ　／　φｗ　＜　１．５

を満足することを特徴としている。

【００３０】

請求項１０の発明は請求項１から９のいずれか１項の発明において、

全系の広角端の焦点距離をｆｗ、変倍中、最終レンズ面から絶対値で最も短い射出瞳長をｔｋとしたとき、
｜ｔｋ｜／ｆｗ＞　１．５
を満足することを特徴としている。
【００３１】
請求項１１の発明は請求項１から１０のいずれか１項の発明において、
バックフォーカスをｂｆ、全系の広角端の焦点距離をｆｗとするとき、
０．９　＜　ｂｆ／ｆｗ
を満足することを特徴としている。
【００３２】
請求項１２の発明は請求項１から１１のいずれか１項の発明において、
前記第６レンズ群を構成する任意の正レンズの材質のアッベ数をν６ｐとしたとき、
ν６ｐ＞３０
を満足することを特徴としている。
【００３３】
請求項１３の発明は請求項１から１１のいずれか１項の発明において、
前記第６レンズ群は１つの正レンズより成り、該正レンズの材質のアッベ数をν６ｐとしたとき、
ν６ｐ＞３５
を満足することを特徴としている。
【００３４】
請求項１４の発明は請求項１から１３のいずれか１項の発明において、
広角端の全系の焦点距離をｆｗ、望遠端の全系の焦点距離をｆｔ、第ｉレンズ群の焦点距離をｆｉ　としたとき、
１．１　＜　｜ｆ１／ｆ２｜　＜　２．３
【００３５】
【数３】

$$0.5 < f2/\sqrt{(fw \times ft)} < 1.5$$

【００３６】
を満足することを特徴としている。
【００３７】
請求項１５の発明は請求項１から１４のいずれか１項の発明において、
第１レンズ群の焦点距離をｆ１、全系の広角端の焦点距離をｆｗ　としたとき、
１　＜　｜ｆ１｜／ｆｗ　＜　２．５
を満足することを特徴としている。
【００３８】
請求項１６の発明は請求項１から１５のいずれか１項の発明において、
前記第２レンズ群の広角端と望遠端の横倍率を各々β２ｗ、β２ｔ、全系の広角端と望遠端の焦点距離を各々ｆｗ、ｆｔ、第２レンズ群の横倍率β２の変化β２ｔ／β２ｗをＺ２、全系の焦点距離の変化ｆｔ／ｆｗ　をＺとし、第２レンズ群と第５レンズ群の全変倍での移動量をそれぞれ、Ｍ２、Ｍ５としたとき、
０．８　＜　Ｚ２／Ｚ　＜　１．１
１．０　＜　｜Ｍ２／Ｍ５｜　＜　１１．０
０．４　＜　Ｍ２／（ｆｔ－ｆｗ）＜　１．３
を満足することを特徴としている。
【００３９】
請求項１７の発明は請求項１から１６のいずれか１項の発明において、
第ｉレンズ群の焦点距離をｆｉとしたとき、

０．０１＜ｆ２／ｆ５＜０．９
を満足することを特徴としている。
【００４１】
請求項１８の発明は請求項１から１７のいずれか１項の発明において、
第６レンズ群の焦点距離をｆ６、全系の広角端の焦点距離をｆｗとしたとき、
０．５＜ｆ６／ｆｗ＜３．５
を満足することを特徴としている。
【００４２】
請求項１９の発明は請求項１から１８のいずれか１項の発明において、
第ｉレンズ群の焦点距離をｆｉ、全系の広角端と望遠端の焦点距離を各々ｆｗ、ｆｔとしたとき、
【００４３】
【数４】

$$0.7 < |f1| / \sqrt{(fw \times ft)} < 2.1$$

$$0.6 < |f4| / \sqrt{(fw \times ft)} < 20.0$$

$$0.1 < |f5| / \sqrt{(fw \times ft)} < 10.0$$

$$0.5 < f6 / \sqrt{(fw \times ft)} < 3.0$$

【００４４】
を満足することを特徴としている。
【００４５】
請求項２０の発明の投影装置は請求項１から１９のいずれか１項のズームレンズを用いて投影像原画をスクリーン面上に投影していることを特徴としている。
【００４６】
【発明の実施の形態】
図１、図４、図５は本発明の数値実施例１のレンズ断面図、数値実施例の数値をｍｍで表示したときの物体距離２．５ｍのときの広角端と望遠端の収差図である。
【００４７】
図２、図６、図７は本発明の数値実施例２のレンズ断面図、数値実施例の数値をｍｍで表示したときの物体距離２．５ｍのときの広角端と望遠端の収差図である。
【００４８】
図３、図８、図９は本発明の数値実施例３のレンズ断面図、数値実施例の数値をｍｍで表示したときの物体距離２．５ｍのときの広角端と望遠端の収差図である。
【００４９】
レンズ断面図において、ＰＬはズームレンズである。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は正の屈折力の弱い第３群（第３レンズ群）、Ｌ４は負の屈折力の第４群（第４レンズ群）、Ｌ５は第５群（第５レンズ群）、Ｌ６は正の屈折力の第６群（第６レンズ群）である。ＳＰは絞りであり、第２群又は第３群に含まれており、変倍とともに移動している。
【００５０】
Ｓはスクリーン面（投影面）で物体側に相当している。ＬＣＤは液晶パネル（液晶表示素子）等の原画像（被投影面）であり、像面ＩＰ上に配置している。スクリーン面Ｓと原画像ＬＣＤとは共役関係にあり、一般にはスクリーン面Ｓは距離の長い方の共役点（第１共役点）に、原画像ＬＣＤは距離の短い方の共役点（第２共役点）に相当している。
【００５１】
ＧＢは色合成プリズムや偏光フィルター、そしてカラーフィルター等のガラスブロックである。

【００５２】
ズームレンズＰＬは接続部材（不図示）を介して液晶ビデオプロジェクター本体に装着されている。ガラスブロックＧＢ以降の液晶表示素子ＬＣＤ側はプロジェクター本体に含まれている。
【００５３】
本実施形態のズームレンズＰＬは表示面の画像（ＬＣＤ）を、スクリーン（Ｓ）に拡大投射する略テレセントリックなレンズ系より成っている。
【００５４】
本実施形態では第１群を光軸上移動させてフォーカスを行なっている。尚、フォーカスは第１群と第２群を同時に、又は第３群又は第５群又は全体を移動させて行なっても良い。又、表示パネルを移動させて行なっても良い。
【００５５】
本発明の投影装置は、ＬＣＤの原画をズームレンズＰＬを用いて投影像原画をスクリーン面上に投影している。
【００５６】
（尚、以下の説明は、プロジェクターとしての使い方とは逆の縮小系として展開している。しかしながら光学的には光線は可逆的であるために、評価している場所が違うだけで問題はない）
本発明のズームレンズは、広角端の焦点距離から望遠端の焦点距離に遷移する際に、少なくとも３つの群を動かし、第１レンズ群と第６レンズ群は、ズーミング中固定である。又、レンズ群の少なくとも１つの群には、少なくとも１枚の光軸に対して回転対称な回折型光学素子を設けている。
【００５７】
又、本発明のズームレンズを構成しているレンズ群のうち、少なくとも３つのレンズ群を可動とすることにより、光学系全体の大きさを従来の光学系と同等以下に維持しつつ、Ｆナンバーを明るくする際の光学性能の劣化を防ぎ、各種収差、特に球面収差を良好に補正している。
【００５８】
また、変倍の際、第１レンズ群と第６レンズ群を固定していることから、重量のバランスの変化が少なく、稼動群がむき出しになっていないので故障しにくい、と機構面で有利に作用している。
【００５９】
尚、コンパクト化、高性能化の為に、光学系内に非球面を導入して良い。この非球面は、ガラスモールドタイプやレプリカ非球面タイプ、研削非球面レンズ等が考えられる。また、敏感殿低い面に非球面を投入する場合は、プラスチック非球面レンズでもよい。
【００６０】
また、最も物体側に配した、物体側に強い凸面を持つ正レンズは、球面収差、歪曲収差を良好に補正している。
【００６１】
本発明において、簡易なレンズ構成で小型化を図りつつ、効果的に変倍させ、その変倍群の動き量も小さくして、更に色収差の発生・変動を小さくするためには、広角端の焦点距離時に対し、望遠端の焦点距離時には、前記第３レンズ群と前記第４レンズ群の間隔は増大し、前記第５レンズと前記第６レンズ群の間隔は増大するように各群を移動させるのが良い。
【００６２】
ここで第２レンズ群は主変倍レンズ群であり、このレンズ群が移動することにより変倍し、第４レンズ群がそれに伴って移動することによりズーミングにより移動する結像位置の変動を補正する。
【００６３】
また第２レンズ群と第４レンズ群と第５レンズ群をズーミングに際しスクリーン側に別な

速度で移動し、第３レンズ群をズーミングにより移動する結像位置の変動を補正するように移動させてもよい。

【００６４】

また、ズーミングに際して第３レンズ群は固定し、第２レンズ群、第４レンズ群、第５レンズ群のみで変倍させても良い。

【００６５】

主変倍群である第２レンズ群は少なくとも、１枚の正レンズと１枚の負レンズで構成され、第３レンズ群は少なくとも１枚の正レンズ、第４レンズ群は少なくとも１枚の負レンズで構成されることが簡易な構成を達成するのに好ましい。

【００６６】

第６レンズ群は、表示体であるパネルに最も近く、比較的強い正の屈折力を与えることにより、テレセントリックな系を実現している。さらにスクリーン側に凸面を向けた正レンズ１枚で第５レンズ群を構成し、軸外像面湾曲の補正と構成の簡易化の両立を達成することが望ましい。

【００６７】

第２レンズ群、前記第５レンズ群を同一方向に移動して変倍することで、各群の移動量及び移動スペースを減らしつつも、高変倍率なズームレンズを達成することができ、全長を短縮すると共に、全長がズーミングで変動しない、また入射瞳位置から前玉までの距離を短くし、軸外斜光束で決まる前玉径の小型化を可能とした。

【００６８】

前記第１レンズ群は、負の屈折力を有し、色合成素子のスペースのために、長いバックフォーカスを確保している。特にバックフォーカスを長くするために、第１レンズ群にスクリーン側に凸面を有する負メニスカスレンズを配置するのが良い。

【００６９】

さらに各群の屈折力を適切に配置し、前記第１レンズ群をズーミング中、固定とすることで、軸外斜光束の位置の変動をへらし、構成の簡易化と共に全長一定なレンズ系が達成できる。

【００７０】

また広角端での歪曲の低減のために第１レンズ群の最も物体側には凸レンズを配置して最も軸外光束を通る位置での歪曲補正を行うことも望ましい。特にこの凸レンズはスクリーン側に凸面を有する正レンズであるのが好ましい。

【００７１】

また光学系に非球面を配して、球面収差や歪曲収差を補正することも望ましい。

【００７２】

図１の実施例１のズームレンズは物体側（スクリーン側）より順に、負、正、正、負、正、正の６群構成であり、広角端から望遠端へのズーミング（変倍）で、第１レンズ群と第６レンズ群が固定で全長を一定とし、第２レンズ群、第３レンズ群、第４レンズ群、第５レンズ群がスクリーン側Ｓへ独立に移動するものである。この際第２レンズ群と第４レンズ群は増倍し、第３レンズ群と第５レンズ群は、ズーム域全体では減倍している。第６レンズ群には、回折光学素子を配し、主に倍率色収差の補正を行っている。

【００７３】

本実施例では、第１レンズ群でフォーカスを行っている。

【００７４】

第２レンズ群は主たる変倍群であり、大きなパワー（屈折力）が与えられている。そのため、凸レンズ（正レンズ）には屈折率の高い硝材を使うとペッツバール和を小さくすることができて好ましい。また、変倍による球面収差の変動を小さくすることができて好ましい。

【００７５】

本実施例では、第１レンズ群で発生した歪曲収差を第２レンズ群で補正している。また、絞りは第３レンズ群の物体側に配し、変倍時、第３レンズ群と共に移動しており、これに

よって変倍時の軸外収差の変動を抑えている。

【００７６】

第４レンズ群は、負のパワーを有し、変倍に伴うピント面（像面変動）の移動を補正する役割をになっている。

【００７７】

第５レンズ群は、正のパワーを有し、最もスクリーン側に像面側に比べ物体側に強い負の屈折力をもつ負レンズを配している。この負レンズによって、ペッツバール和を効率よく小さくしている。さらに、後ろ側主点位置を制御し、良好なテレセントリック性を確保し、必要な長さのバックフォーカスを得ている。

【００７８】

尚、第５レンズ群は負のパワーであっても後述する条件式（１７）を満足すれば、本発明の目的を達成することができる。

【００７９】

本発明で用いている回折型光学素子面は以下の式で表せられるものである。

【００８０】

位相　φ（ｈ）として

【数７】

$$\phi(h)=\frac{2\pi}{\lambda}\left(C1\cdot h^{2}+C2\cdot h^{4}+C3\cdot h^{6}+\cdots\cdots\cdots+Ci\cdot h^{2i}\right)\qquad\cdots\cdots(a)$$

但し、　　λ：波長

Ｃｉ：位相を表す係数　　ｈ　：光軸からの高さ

上記（ａ）式において判ることは光軸からの距離ｈによって位相を調節できることが判る。レンズ径が大きければ大きいほど高次の係数の影響を大きくできる。

【００８１】

回折型光学素子はかなり狭い幅の溝（数ミクロンあるいはサブミクロンのオーダーの幅の溝）で構成されており、ゴミ等が該回折光学素子の表面に付着するのを防止する為に回折光学素子は最も物体側の面以外に設けるのが良い。

【００８２】

上述したように、第６群内に配置された回折型光学素子により、各群で発生する倍率色収差を小さく抑え、第２群の移動による倍率色収差のズーミングによる変動も小さく抑えている。

【００８３】

本発明で用いる回折光学素子は、ホログラフィック光学素子（ＨＯＥ）の製作手法であるリソグラフィック手法で、２値的に製作した光学素子であるバイナリーオプティクス（ＢＩＮＡＲＹ　ＯＰＴＩＣＳ）で製作しても良い。この場合更に回折効率を上げるためにキノフォームと呼ばれる鋸状の形状にしても良い。

【００８４】

また、これらの方法で作成した型によって成形製造しても良い。

【００８５】

これらの回折型光学素子は、光学面の上に施されるのであるが、そのベースは球面もしくは平面あるいは非球面でも良い。

【００８６】

また、それらの光学面にプラスチック等の膜を上記回折光学面として添付する方法（いわゆるレプリカ非球面）で作成しても良い。

【００８７】

図２のズームレンズは物体側（スクリーン側）より順に、負、正、正、負、正、正の６群構成であり、広角端から望遠端へのズーミングで、第１レンズ群と第６レンズ群が固定で全長を一定とし、第２レンズ群、第３レンズ群、第４レンズ群、第５レンズ群がスクリー

ン側Ｓへ独立に移動するものである。この際第２レンズ群と第４レンズ群は増倍し、第３レンズ群と第５レンズ群は、ズーム域全体では減倍している。第２レンズ群には、回折光学素子を配し、倍率色収差の補正を行っている。

【００８８】

本実施例では、第１レンズ群でフォーカスを行っている。

【００８９】

第２レンズ群は主たる変倍群であり、大きなパワーが与えられている。そのため、凸レンズには屈折率の高い硝材を使うとペッツバール和を小さくすることができて好ましい。また、変倍による球面収差の変動を小さくするためにも望ましい。

本実施例では、第１レンズ群で発生した歪曲収差を第２レンズ群で補正している。

また、絞りは第３レンズ群の物体側に配し、変倍時、第３レンズ群と共に移動しており、これによって変倍時の軸外収差の変動を抑えている。

第４レンズ群は、負のパワーを有し、変倍に伴うピント面の移動を補正する役割をになっている。

第５レンズ群は、正のパワーを有し、最もスクリーン側に像面側に比べ物体側に強い負の屈折力をもつ負レンズを配している。この負レンズによって、ペッツバール和を効率よく小さくしている。さらに、後ろ側主点位置を制御し、良好なテレセントリック性を確保し、必要なバックフォーカスを得ている。

【００９０】

また、前記回折型光学素子面は前述の式（ａ）で表せられるものである。

【００９１】

上述したように、第２群内に配置された回折型光学素子により、各群で発生する倍率色収差を小さく抑え、第２群の移動による倍率色収差のズーミングによる変動も小さく抑えている。

【００９２】

本実施例の回折光学素子は、実施例１で述べたのと同様のものが適用できる。

【００９３】

図３のズームレンズは物体側（スクリーン側）より順に、負、正、正、負、正、正の６群構成であり、広角端から望遠端へのズーミングで、第１レンズ群と第６レンズ群が固定で全長を一定とし、第２レンズ群、第３レンズ群、第４レンズ群、第５レンズ群がスクリーン側へ独立に移動するものである。この際第２レンズ群と第４レンズ群は増倍し、第３レンズ群と第５レンズ群は、ズーム域全体では減倍している。第５レンズ群には、回折光学素子を配し、倍率色収差の補正を行っている。

【００９４】

本実施例では、第１レンズ群でフォーカスを行っている。

【００９５】

第２レンズ群は主たる変倍群であり、大きなパワーが与えられている。そのため、凸レンズには屈折率の高い硝材を使うとペッツバール和を小さくすることができて好ましい。また、変倍による球面収差の変動を小さくするためにも望ましい。

本実施例では、第１レンズ群で発生した歪曲収差を第２レンズ群で補正している。

また、絞りは第３レンズ群の物体側に配し、変倍時、第３レンズ群と共に移動しており、これによって変倍時の軸外収差の変動を抑えている。

第４レンズ群は、負のパワーを有し、変倍に伴うピント面の移動を補正する役割をになっている。

第５レンズ群は、正のパワーを有し、最もスクリーン側に像面側に比べて物体側に強い負の屈折力をもつ負レンズを配している。この負レンズによって、ペッツバール和を効率よく小さくしている。さらに、後ろ側主点位置を制御し、良好なテレセントリック性を確保し、必要なバックフォーカスを得ている。

【００９６】

また、前記回折型光学素子面は前述の式（ａ）で表せられるものである。

【００９７】
上述したように、第５群内に配置された回折光学素子により、各群で発生する倍率色収差を小さく抑え、第２群の移動による倍率色収差のズーミングによる変動も小さく抑えられるような構成となる。
【００９８】
ここまで述べてきた本実施例の回折光学素子は、実施例１で述べたのと同様のものが適用できる。
【００９９】
尚、本発明において更に所定の変倍比を確保しつつ全変倍範囲にわたり収差変動が少なく、画面全体にわたり高い光学性能を得るには次の条件のうち、１つ以上を満足させるのが良い。尚、２以上の条件を満足させるときは、その組合わせは任意で良い。
【０１００】
（ア－１）前記第２レンズ群の屈折力をφ２、全系の広角端の屈折力をφｗとしたとき、
０　＜　φ２／φｗ　＜　１．５　・・・・（１）
を満足することである。
【０１０１】
（１）式は、変倍に最も寄与する第２群のパワーを規定するものである。この条件式（２）の下限を超えるとレンズ全長が長くなり小型化できなくなり望ましくない。また、この条件式（１）の上限を超えると小型化には有利な構成となるが、変倍時の収差変動がおおきくなり望ましくない。
【０１０２】
（ア－２）前記第１レンズ群は最も物体側に、像面側に比べ物体側に強い屈折力の凸面を持った正レンズを有することである。
【０１０３】
（ア－３）前記第１レンズ群は、そのレンズ群内に配された正レンズのうち最も小さなアッベ数を持つレンズのアッベ数をν１ｐ、そのレンズ群内に配された負レンズのうち最も大きなアッベ数を持つレンズのアッベ数をν１ｎとしたとき、
ν１ｎ－ν１ｐ＞　１０　・・・・（２）
を満足することである。
【０１０４】
（２）式は光学系内で最も軸外光線高の高い第１レンズ群で発生する色収差を抑える為の条件式である。この際このレンズ系の瞳（絞り）は第２レンズ群または第３レンズ群近傍にあるのがこの好ましく、具体的には第２レンズ群の最もスクリーン側の面、あるいは最もパネル側の面、または第３レンズ群の最もスクリーン側の面、あるいは最もパネル側の面に一致させるのがよく、特に複数のレンズにて第２レンズ群または第３レンズ群を構成するときはレンズ群の内部にあってもよい。そうすることにより第１レンズ群において軸外光の通る位置が光軸からさほど離れず倍率色収差の発生にも有効である。更に第１レンズ群の有効径も小さくでき小型で簡易な構成のズームレンズを達成できる。
【０１０５】
（ア－４）広角端における第２レンズ群と第３レンズ群の合成屈折力をφ２３ｗ、広角端における全系の屈折力をφｗとしたとき、
０　＜　φ２３ｗ　／　φｗ　＜　１．５　・・・・（３）
を満足することである。
【０１０６】
（３）式は、広角端での変倍群の倍率を規定するものである。この条件式（３）の下限を超えるとレンズ全長が長くなり小型化できなくなり望ましくない。また、この条件式（３）の上限を超えると小型化には有利な構成となるが、変倍時の収差変動がおおきくなり望ましくない。
【０１０７】
（ア－５）前記第４レンズ群の屈折力をφ４ｗ、広角端における全系の屈折力をφｗ　と

したとき、
０　＜　｜φ４ｗ　／　φｗ｜　＜　１．５　　・・・・（４）
を満足することである。
【０１０８】
（４）式は、広角端での像面位置補正（コンペンセーター）群の倍率を規定するものである。この条件式（４）の下限を超えると第４レンズ群の屈折力が弱くなりペッツバール和が３次収差係数で正の方向に大きくなり像面湾曲が大きくなって望ましくない。さらに、所望のバックフォーカスを得ることも難しくなり望ましくない。さらに、変倍時の像面位置補正の為の第４レンズ群の移動量が増加し、変倍時に発生する収差変動が大きくなり望ましくない。また、この条件式（４）の上限を超えると第４レンズ群の屈折力が強くなり、バックフォーカスが必要以上に長くなり、小型が難しくなり望ましくない。
【０１０９】
（ア－６）前記第２レンズ群は、１枚以上の正レンズと１枚以上の負レンズで構成され、該正レンズのうち最も大きなアッベ数を持つ正レンズのアッベ数をν２ｐ、該負レンズのうち最も小さなアッベ数を持つ負レンズのアッベ数をν２ｎ、としたとき、
ν２ｐ－ν２ｎ＞　１０　　・・・・（５）
を満足することである。
【０１１０】
（５）式は主変倍系である第２レンズ群で発生する色収差を抑えるだけでなく、補正しきれず残っている第１レンズ群で発生した倍率色収差をキャンセルする方向に働く。
【０１１１】
（ア－７）前記絞りを第２群または第３群は、絞りを有することである。
【０１１２】
レンズ系の瞳（絞り）は第２レンズ群または第３レンズ群近傍にあるのがこの好ましく、具体的には第２レンズ群の最もスクリーン側の面、あるいは最もパネル側の面、または第３レンズ群の最もスクリーン側の面、あるいは最もパネル側の面に一致させるのがよく、特に複数のレンズにて第２レンズ群または第３レンズ群を構成するときはレンズ群の内部にあってもよい。そうすることにより第１レンズ群、第２レンズ群において軸外光の通る位置が光軸からさほど離れず倍率色収差の発生にも有効である。更に第１レンズ群の有効径も小さくでき小型で簡易な構成のズームレンズを達成できる。
【０１１３】
絞りは、変倍時にレンズ群とは独立に移動するのが良い。これによれば、変倍に伴う収差変動を良好に抑えることができる。又、絞りを第２レンズ群または第３レンズ群と一体で移動させても良い。これによれば、簡易な鏡筒構成とすることができる。
【０１１４】
（ア－８）前記第６レンズ群の屈折力をφ６ｗ、広角端における全系の屈折力をφｗ　とするとき、
０　＜　φ６ｗ　／　φｗ　＜　１．５　　・・・・（６）
を満足することである。
【０１１５】
（６）式は、第６レンズ群の屈折力を規定するものである。第６レンズ群を像面近傍に配置することにより、第１レンズ群から第５レンズ群までの合成屈折力を弱める作用をし、広角化および大口径化に有利な作用をする。
【０１１６】
条件式（６）の下限を超えると第６レンズ群の屈折力が強くなり、歪曲収差、内向性コマフレアがおおきくなり望ましくない。また条件式（６）の上限を超えると第６レンズ群の屈折力が弱くなり、第１レンズ群から第５レンズ群までの合成屈折力を弱める作用の効果が少なくなり、広角化および大口径化に不利な作用をするので望ましくない。
【０１１７】
（ア－９）全系の広角端の焦点距離をｆｗ、変倍中、最終レンズ面から絶対値で最も短い

射出瞳長をｔｋとしたとき、
｜ｔｋ｜／ｆｗ＞　１．５　　・・・・（７）
を満足することである。
【０１１８】
表示パネルである液晶の配光特性、または複数の色光を合成する時の色合成ダイクロイックミラー膜の角度依存の影響を排除する為に、パネル側の瞳（射出瞳）が遠方にある所謂テレセントリック光学系であることが効率の良い照明手段としてのレンズに有効である。特に表示パネル側（縮小側）のレンズの瞳（射出瞳）が遠方にあること必要である。具体的にはその角度依存性を排するためには、本発明のズームレンズにおいて、条件式（７）を満たしていることが好ましい。
【０１１９】
この際このレンズ系の瞳（絞り）は第２レンズ群または第３レンズ群近傍にあるのがこの好ましく、具体的には第２レンズ群の最もスクリーン側の面、あるいは最もパネル側の面、または第３レンズ群の最もスクリーン側の面、あるいは最もパネル側の面に一致させるのがよく、特に複数のレンズにて第２レンズ群または第３レンズ群を構成するときはレンズ群の内部にあってもよい。
【０１２０】
カラー液晶プロジェクションＴＶ用の投射レンズとして用いる場合には、像面側にダイクロイックミラー等を配置する必要上から長いバックフォーカスが必要である。この他非常に短い投射距離での投射を可能とする為に投射レンズ全系の屈折力を強くするのが良い。この両方の条件を達成するには条件式（７）を満足するのが良い。
【０１２１】
（ア－１０）バックフォーカスをｂｆ、全系の広角端の焦点距離をｆｗとするとき、
０．９　＜　ｂｆ／ｆｗ　　・・・・（８）
を満足することである。
【０１２２】
本発明のズームレンズをカラー液晶プロジェクションＴＶ用の投射レンズとして用いる場合には、像面側にダイクロイックミラー等を配置する必要上から長いバックフォーカスが必要である。又、本発明では非常に短い投射距離を達成する為に投射レンズ全系の屈折力を強くしている。条件式（８）はこの両方の条件を達成する為のものである。
【０１２３】
（ア－１１）前記第６レンズ群を構成する任意の正レンズの材質のアッベ数をν６ｐとしたとき、
ν６ｐ＞３０　　・・・・（９）
を満足することである。
【０１２４】
表示パネルに最も近く、軸外光束が第１レンズ群のほかで最もレンズの外側を通る第６レンズ群において、波長によってテレセントリックな関係が壊れるのは良くない。そのためには、第６レンズ群を構成する任意の正レンズの材質のアッベ数をν６ｐとすると、第６レンズ群を構成する正レンズの少なくとも１枚は条件式（９）を満足させるのが好ましい。
【０１２５】
（ア－１２）前記第６レンズ群は１つの正レンズより成り、該正レンズの材質のアッベ数をν６ｐとしたとき、
ν６ｐ＞３５　　・・・・（１０）
を満足することである。
【０１２６】
条件式（１０）の技術的意味は条件式（９）と同様である。
【０１２７】
（ア－１３）広角端の全系の焦点距離をｆｗ、望遠端の全系の焦点距離をｆｔ、第ｉレン

ズ群の焦点距離をｆｉ としたとき、
１．１ ＜ ｜ｆ１／ｆ２｜ ＜ ２．３ ・・・・（１１）
【０１２８】
【数５】

$$0.5 < f2/\sqrt{(fw \times ft)} < 1.5 \quad \cdots\cdots(12)$$

【０１２９】
なる条件式を満足することが好ましい。
【０１３０】
上の式は主変倍群である第２レンズ群と第１レンズ群の関係を適切に規定したものである。
【０１３１】
（１１）式の下限を逸脱すると第１レンズ群で決まる前玉径が大きくなり、また広角端での歪曲収差が大きくなり適当でない。また上限値を逸脱すると所望の変倍比を得るために第２レンズ群の移動量を大きくする必要があり全系が大型化し適当でない。
【０１３２】
（１２）式は主変倍群のパワーを適切にするもので下限を超えると像面が補正過剰となり適当でない。また上限を超えると所望の変倍比を得るために第２レンズ群の移動量を大きくする必要があり全系が大型化し適当でない。
【０１３３】
（ア－１４）第１レンズ群の焦点距離をｆ１、全系の広角端の焦点距離をｆｗとしたとき、
１ ＜ ｜ｆ１｜／ｆｗ ＜ ２．５ ・・・・（１３）
を満足することである。
【０１３４】
条件式（１３）は主に歪曲を良好に補正する為のものである。この（１３）式の上限を逸脱すると広角端の歪曲が、下限値を超えると望遠端の歪曲を適正にできなくなる。
（ア－１５）前記第２レンズ群の広角端と望遠端の横倍率を各々β２ｗ、β２ｔ、全系の広角端と望遠端の焦点距離を各々ｆｗ、ｆｔ、第２レンズ群の横倍率β２の変化β２ｔ／β２ｗをＺ２、全系の焦点距離の変化ｆｔ／ｆｗ をＺとし、第２レンズ群と第５レンズ群の全変倍での移動量をそれぞれ、Ｍ２、Ｍ５としたとき、
０．８ ＜ Ｚ２／Ｚ ＜ １．１ ・・・・・（１４）
１．０ ＜ ｜Ｍ２／Ｍ５｜ ＜ １１．０・・・（１５）
０．４ ＜ Ｍ２／（ｆｔ－ｆｗ）＜ １．３・・（１６）
を満足することである。
【０１３５】
（１４）式は変倍群となる第２レンズ群と第４レンズ群での変倍の比を適切に規定するものある。第３レンズ群は変倍に際し減倍するためこの範囲にあるのが好ましい。この範囲を逸脱すると所望の変倍比を有するレンズ系が大型化してしまう。
【０１３６】
（１５）、（１６）式はレンズ全体の長さと各変倍群の移動量を適切にするものである。特に第２レンズ群と第５レンズ群とでは第５レンズ群の方がパワーが弱くなりがちであるので適切な変倍分担をするにはこの範囲が好ましい。特に第２レンズ群の移動量が第５レンズ群の移動量を超えていることが更に好ましい。
【０１３７】
（ア－１６）第ｉレンズ群の焦点距離をｆｉとしたとき、
０．０１＜ｆ２／ｆ５＜０．９ ・・・・（１７）
を満足することである。
【０１３８】

（１７）式は主変倍群のパワー配置と変倍を適切にしながらペッツバール和を適当に設定する為の式である。

【０１３９】

（ア－１７）バックフォーカスをｂｆ、第ｉレンズ群の焦点距離をｆｉ　としたとき、

０．３　＜　ｂｆ／ｆ６　＜　２．５　　・・・・（１８）

０．９　＜　｜ｆ１｜／ｂｆ　＜　１．６　・・・（１９）

を満足することである。

【０１４０】

条件式（１８）、（１９）は全系の射出瞳と、歪曲を適当に設定する為のものである。バックフォーカスｂｆは第６レンズ群から表示体までのきょりでありダイクロプリズム等を除いた空気換算長のことである。

【０１４１】

（１８）式は全系を適切にテレセントリックにするための式である。表示体パネルから垂直に出た光束が第５レンズ群に入り屈折されて効率よく瞳（絞り）に到達し更に前玉（第１レンズ群）近傍の有効径を適切にする為の条件である。上限を超えると大型化し、下限を超えると歪曲が発生する。

【０１４２】

（１９）式も歪曲を適切にとりながら射出瞳を長くしテレセントリックにするための条件である。上限を超えると第１レンズ群の径が大型化し、下限を超えると特に広角端での歪曲が大きくなり適当でない。

【０１４３】

（ア－１８）第６レンズ群の焦点距離をｆ６、全系の広角端の焦点距離をｆｗとしたとき、

０．５＜　ｆ６／ｆｗ　＜　３．５　　・・・・（２０）

を満足することである。

【０１４４】

条件式（２０）は、最適にテレセントリック系にしつつ、レンズからパネルまでの距離を最適にするためのものである。条件式の（２０）の下限を超えると最適なテレセントリック性を満足できず、又、上限を超えると大型化して適当でない。

【０１４５】

（ア－１９）第ｉレンズ群の焦点距離をｆｉ、全系の広角端と望遠端の焦点距離を各々ｆｗ、ｆｔ　としたとき、

【０１４６】

【数６】

$$0.7 < |f1| / \sqrt{(fw \times ft)} < 2.1 \quad \cdots(21)$$

$$0.6 < |f4| / \sqrt{(fw \times ft)} < 20.0 \quad \cdots(22)$$

$$0.1 < |f5| / \sqrt{(fw \times ft)} < 10.0 \quad \cdots(23)$$

$$0.5 < f6 / \sqrt{(fw \times ft)} < 3.0 \quad \cdots(24)$$

【０１４７】

を満足することである。

【０１４８】

これらの条件式は主に各レンズ群のパワー配置を適切にしつつ各レンズ群の移動量を適切にして、光学系全体の小型化を図るためのものである。

【０１４９】

この（２１）式は歪曲収差は第１群において十分に押さえておくと共に、バックフォーカスを十分に確保する為のものである。上限値を超えるとフォーカシングのための移動量が

大きくなり全長が長大化し、かつバックフォーカスが短くなり好ましくない。逆に、下限値を超えるとフォーカシングのための移動量は少なくなるものの、歪曲収差の補正が困難になると同時にペッツバール和が負に大きくなり像面が倒れてくるので好ましくない。

【０１５０】

（２２）式はズーミング中固定の第３レンズ群を第４レンズ群に対し適切に変倍に寄与させ、第３レンズ群が簡易な構成の固定でいじできるための条件である。

【０１５１】

（２３）式は変倍に寄与するレンズ群の適切なパワー配置を示したものである。それぞれの上限値を超えると所望のズーム比を得るための移動量が大きくなり、レンズ系全体が大型化し適切でない。また下限値を超えると各群の移動量は小さくなるが、ズーミングに伴なう収差変動、特に像面湾曲の変動が大きくなり適当でない。

【０１５２】

（２４）式は（１８）式とともに射出瞳を長くしてテレセントリックにするために必要な条件である。下限値を超えると、テレセントリックに構成しても第５群にて歪曲収差が発生して適当でない。また上限値を超えると全系の大きさが大型化し適当でない。

【０１５３】

図１０は本発明のズームレンズを投写レンズとして３つのダイクロイックミラーとダイクロイックプリズムを用いたカラー液晶プロジェクターに適用したときの要部概略図である。

【０１５４】

図１０においてメタルハライドランプを用いた光源２０１から出射した光を赤色反射のダイクロイックミラー２０２にて赤色光（約６００ｎｍ～約７００ｎｍの光）を反射し、その他の光を透過させる。反射した赤色光を反射ミラー２０３により進路を変え赤用液晶ライトバルブ２０６に入射する。赤色反射のダイクロイックミラー２０２を透過した光を青色透過のダイクロイックミラー２０４により緑色光（約５００ｎｍ～約６００ｎｍの光）は反射させ、青色光（約４００ｎｍ～約５００ｎｍの光）は透過させる。ダイクロイックミラー２０４で反射した緑色光は緑用液晶ライトバルブ２０５に、透過した青色光は青用液晶ライトバルブ２０７に各々入射する。各液晶ライトバルブには偏光子２２１、検光子２２２が取り付けられており、それにより各色毎に光変調し画像を形成する。

【０１５５】

青用液晶ライトバルブ２０７によって光変調した青色光を反射ミラー２０８により反射し、青色透過ダイクロイックプリズム２２７に入射、透過し、投写レンズ２１１で拡大投影する。緑用液晶ライトバルブ２０５によって光変調した緑色光を赤色透過のダイクロイックミラー２０９に入射、反射し、投写レンズ２１１で拡大投影する。赤用液晶ライトバルブ２０６によって光変調した赤色光を赤色透過ダイクロイックミラー２０９に入射、透過し、投写レンズ２１１で拡大投影する。

【０１５６】

以下に本発明の実施例を記載する。

【０１５７】

数値実施例においてＲｉはスクリーン側より順に第ｉ番目の面の曲率半径、Ｄｉはスクリーン側より順に第ｉ番目の光学部材及び空気間隔、Ｎｉとνｉはそれぞれスクリーン側より順に第ｉ番目の光学部材の材質の屈折率とアッベ数である。

【０１５８】

又、数値実施例において最後の２つの面は色分解プリズムやフィルター等のガラスブロックを示す。

【０１５９】

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。

【０１６０】

【外１】

f= 48.33487 fno=1:1.7 2w= 54.0°

r 1=	217.821	d 1=	5.40	n 1=1.83400	ν 1= 37.2
r 2=	3846.350	d 2=	0.30		
r 3=	165.391	d 3=	3.20	n 2=1.48749	ν 2= 70.2
r 4=	40.744	d 4=	17.13		
r 5=	-94.538	d 5=	2.70	n 3=1.48749	ν 3= 70.2
r 6=	228.091	d 6=	可変		
r 7=	-249.063	d 7=	2.50	n 4=1.80518	ν 4= 25.4
r 8=	101.539	d 8=	3.38		
r 9=	2492.387	d 9=	6.70	n 5=1.83400	ν 5= 37.2
r10=	-81.490	d10=	0.37		
r11=	51.989	d11=	9.80	n 6=1.74400	ν 6= 44.8
r12=	-605.975	d12=	可変		
r13=	-188.772	d13=	6.70	n 7=1.71300	ν 7= 53.9
r14=	-29.447	d14=	1.80	n 8=1.83400	ν 8= 37.2
r15=	-69.032	d15=	可変		
r16=	83.164	d16=	1.50	n 9=1.50300	ν 9= 54.3
r17=	38.084	d17=	可変		
r18=	-26.313	d18=	2.20	n10=1.69895	ν10= 30.1
r19=	98.652	d19=	14.10	n11=1.48749	ν11= 70.2
r20=	-38.570	d20=	0.29		
r21=	-1080.442	d21=	7.30	n12=1.74400	ν12= 44.8
r22=	-76.042	d22=	可変		
r23=	143.880	d23=	9.50	n13=1.80400	ν13= 46.6
r24=	-121.332	d24=	10.00		
r25=	∞	d25=	45.00	n14=1.51633	ν14= 64.1
r26=	∞	d26=	0.00		
r27=	∞	d27=	0.70	n15=1.76000	ν15= 55.0
r28=	∞	d28=	0.00		
r29=	∞	d29=	0.20	n16=1.50000	ν16= 65.0
r30=	∞	d30=	0.00		
r31=	∞	d31=	2.30	n17=1.49000	ν17= 65.0
r32=	∞				

(絞り)

*

焦点距離 可変間隔	48.33	49.63	62.23
d 6	20.35	18.54	4.56
d 12	23.73	23.47	20.00
d 15	4.43	5.41	15.86
d 17	14.67	14.47	13.97
d 22	0.70	1.98	9.48

r23面が回折光学素子面

C1:-7.76419D-05

C2: 2.54643D-08

【０１６１】

【外２】

f= 48.45407 fno=1:1.7 2w= 53.9°

r 1=	314.866	d 1=	5.20	n 1=1.83400	v 1= 37.2
r 2=	-1014.097	d 2=	0.30		
r 3=	127.773	d 3=	3.20	n 2=1.48749	v 2= 70.2
r 4=	40.765	d 4=	17.03		
r 5=	-76.844	d 5=	2.70	n 3=1.51633	v 3= 64.1
r 6=	393.363	d 6=	可変		
r 7=	-260.144	d 7=	2.50	n 4=1.80518	v 4= 25.4
r 8=	101.583	d 8=	3.62		
r 9=	-2012.547	d 9=	6.80	n 5=1.83400	v 5= 37.2
r10=	-75.563	d10=	0.40		
r11=	50.991	d11=	9.40	n 6=1.74400	v 6= 44.8
r12=	-703.556	d12=	可変		
r13=	0.000(絞り)	d13=	0.40		
r14=	-242.322	d14=	6.10	n 7=1.69680	v 7= 55.5
r15=	-31.956	d15=	1.80	n 8=1.83400	v 8= 37.2
r16=	-73.514	d16=	可変		
r17=	87.211	d17=	1.50	n 9=1.60311	v 9= 60.6
r18=	38.077	d18=	可変		
r19=	-24.213	d19=	2.20	n10=1.69895	v10= 30.1
r20=	108.491	d20=	13.60	n11=1.48749	v11= 70.2
r21=	-34.478	d21=	0.26		
r22=	-602668.0	d22=	8.90	n12=1.72000	v12= 50.2
r23=	-68.626	d23=	可変		
r24=	124.459	d24=	10.40	n13=1.72000	v13= 50.2
r25=	-125.804	d25=	10.00		
r26=	∞	d26=	45.00	n14=1.51633	v14= 64.1
r27=	∞	d27=	0.00		
r28=	∞	d28=	0.70	n15=1.76000	v15= 55.0
r29=	∞	d29=	0.00		
r30=	∞	d30=	0.20	n16=1.50000	v16= 65.0
r31=	∞	d31=	0.00		
r32=	∞	d32=	2.30	n17=1.49000	v17= 65.0
r33=					

*

焦点距離 可変間隔	48.45	51.73	62.03
d 6	19.20	14.84	3.69
d 12	21.82	21.15	17.71
d 16	6.26	8.47	16.76
d 18	13.21	13.00	12.33
d 23	0.70	3.74	10.70

r12が回折光学素子面

C1: 1.61865 D-05
C2: -6.03857 D-09

【０１６２】
【外３】

f= 48.28599 fno=1:1.7 2w= 54.0°

r 1=	113.540	d 1=	6.20	n 1=1.83400	v 1= 37.2
r 2=	463.721	d 2=	0.30		
r 3=	154.537	d 3=	3.20	n 2=1.60311	v 2= 60.6
r 4=	41.160	d 4=	17.68		
r 5=	-85.047	d 5=	2.70	n 3=1.48749	v 3= 70.2
r 6=	156.072	d 6=可変			
r 7=	-275.003	d 7=	2.50	n 4=1.80518	v 4= 25.4
r 8=	78.324	d 8=	2.99		
r 9=	195.088	d 9=	7.10	n 5=1.83400	v 5= 37.2
r10=	-104.540	d10=	0.40		
r11=	58.340	d11=	10.90	n 6=1.74400	v 6= 44.8
r12=	-176.303	d12=可変			
r13=	0.000(絞り)	d13=	0.40		
r14=	-160.774	d14=	5.90	n 7=1.71300	v 7= 53.9
r15=	-33.288	d15=	1.80	n 8=1.83400	v 8= 37.2
r16=	-72.383	d16=可変			
r17=	96.654	d17=	1.50	n 9=1.60311	v 9= 60.6
r18=	42.573	d18=可変			
r19=	-26.491	d19=	2.20	n10=1.69895	v10= 30.1
r20=	81.583	d20=	12.40	n11=1.48749	v11= 70.2
r21=	-40.959	d21=	0.29		
r22=	-1136.135	d22=	8.00	n12=1.74978	v12= 37.6
r23=	-62.837	d23=可変			
*r24=	122.564	d24=	9.80	n13=1.72000	v13= 50.2
r25=	-124.504	d25=	10.00		
r26=	∞	d26=	45.00	n14=1.51633	v14= 64.1
r27=	∞	d27=	0.00		
r28=	∞	d28=	0.70	n15=1.76000	v15= 55.0
r29=	∞	d29=	0.00		
r30=	∞	d30=	0.20	n16=1.50000	v16= 65.0
r31=	∞	d31=	0.00		
r32=	∞	d32=	2.30	n17=1.49000	v17= 65.0
r33=					

焦点距離 可変間隔	48.29	51.95	62.39
d 6	20.01	15.48	5.03
d 12	23.74	22.24	16.97
d 16	5.08	8.63	20.11
d 18	14.11	13.95	12.56
d 23	0.70	3.34	8.98

r23が回折光学素子面

C1:-1.60166D-04
C2: 5.95528D-08
C3:-6.56029D-11

【０１６３】
【表１】

条件式 式番号		実施例1	実施例2	実施例3
		0.818113	0.842473	0.856834
(1)	$0 < \phi 2w / \phi w < 1.5$	33.07	33.07	33.07
(2)	$\nu 1n - \nu 1p > 10$	0.909	0.940	0.924
(3)	$0 < \phi 23w / \phi w < 1.5$	0.342	0.427	0.379
(4)	$0 < \lvert \phi 4w / \phi w \rvert < 1.5$	19.36	19.36	19.36
(5)	$\nu 2p - \nu 2n > 10$	0.588	0.548	0.554
(6)	$0 < \phi 6w / \phi w < 1.5$	10.669	9.338	9.730
(7)	$\lvert tk \rvert / fw > 1.5$	1.038	1.036	1.048
(8)	$0.9 < bf / fw$	46.57	50.22	50.22
(9)	$\nu 6p > 30$	46.57	50.22	50.22
(10)	$\nu 6p > 35$	1.311	1.349	1.283
(11)	$0.4 < \lvert f1 / f2 \rvert < 2.3$	1.077	1.049	1.027
(12)	$0.5 < f2 / \sqrt{(fw \times ft)} < 3.5$	1.603	1.601	1.497
(13)	$1 < \lvert f1 \rvert / fw < 2.5$	1.067	1.065	1.076
(14)	$0.4 < Z2 / Z < 1.5$	1.798	1.551	1.811
(15)	$1.0 < \lvert M2 / M5 \rvert < 11.0$	1.136	1.142	1.063
(16)	$0.4 < M2 / (ft - fw) < 1.5$	0.012	0.133	0.101
(17)	$0.01 < \lvert f2 / f5 \rvert < 0.90$	0.611	0.568	0.580
(18)	$0.3 < bf / f6 < 2.5$	1.544	1.545	1.428
(19)	$0.9 < \lvert f1 \rvert / bf < 2.0$	1.700	1.825	1.807
(20)	$0.5 < f6 / fw < 3.5$	1.413	1.415	1.317
(21)	$0.7 < \lvert f1 \rvert / \sqrt{(fw \times ft)} < 2.1$	2.576	2.068	2.323
(22)	$0.6 < \lvert f4 \rvert / \sqrt{(fw \times ft)} < 20$	89.795	7.881	10.145
(23)	$0.1 < \lvert f5 \rvert / \sqrt{(fw \times ft)} < 100$	1.498	1.613	1.589
(24)	$0.5 < f6 / \sqrt{(fw \times ft)} < 3.0$			

【０１６４】

【発明の効果】

本発明によれば、明るく、小型化、高変倍化を狙い、更に倍率の色収差を良好に補正したプロジェクターに好適なズームレンズ及びそれを用いた投影装置を達成することができる。

【０１６５】

この他本発明によれば、全体として６つのレンズ群より成り、レンズ型としてネガティブリード型を採用し、各レンズ群を適切に構成することにより、レンズ系全体の小型化を図りつつ、変倍範囲全体にわたりテレセントリック条件を良好に維持し、画面全体にわたり良好なる光学性能を有した液晶プロジェクター用に好適なズームレンズ及びそれを用いた投影装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の数値実施例１の光学断面図。

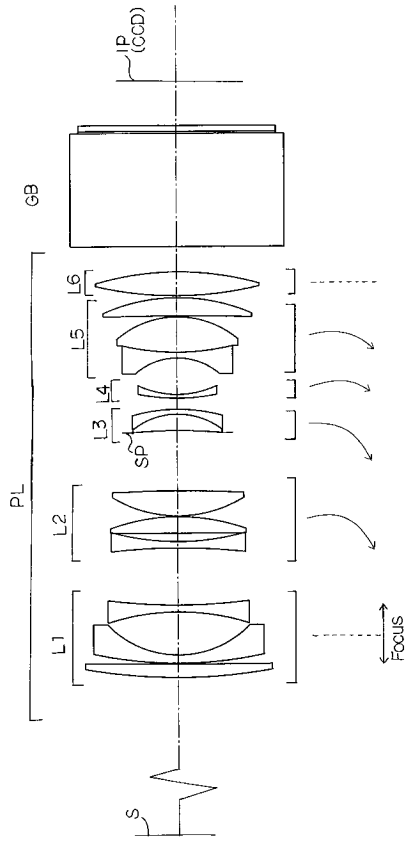
【図２】本発明の数値実施例２の光学断面図。

【図３】本発明の数値実施例３の光学断面図。

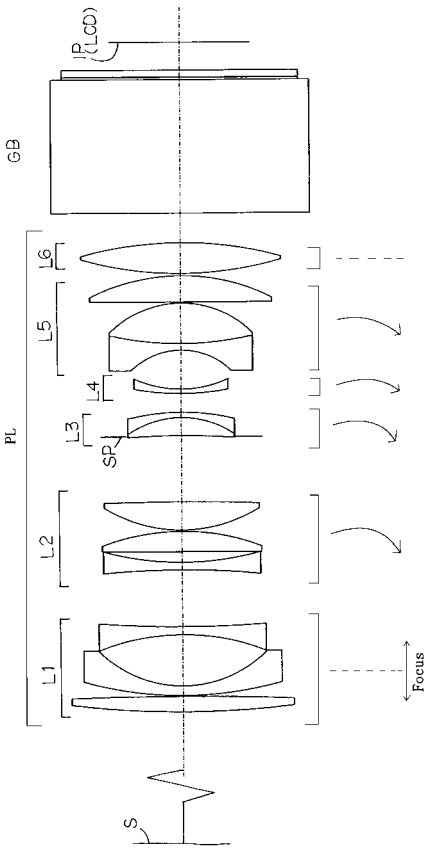
【図４】本発明の数値実施例１の数値をｍｍ単位で表示したときの広角端の物体距離２．５ｍ合焦時の収差図。
【図５】本発明の数値実施例１の数値をｍｍ単位で表示したときの望遠端の物体距離２．５ｍ合焦時の収差図。
【図６】本発明の数値実施例２の数値をｍｍ単位で表示したときの広角端の物体距離２．５ｍ合焦時の収差図。
【図７】本発明の数値実施例２の数値をｍｍ単位で表示したときの望遠端の物体距離２．５ｍ合焦時の収差図。
【図８】本発明の数値実施例３の数値をｍｍ単位で表示したときの広角端の物体距離２．５ｍ合焦時の収差図。
【図９】本発明の数値実施例３の数値をｍｍ単位で表示したときの望遠端の物体距離２．５ｍ合焦時の収差図。
【図１０】本発明の投影装置の要部概略図。
【符号の説明】

Ｌ１	第１群
Ｌ２	第２群
Ｌ３	第３群
Ｌ４	第４群
Ｌ５	第５群
Ｌ６	第６群
ＧＢ	ガラスブロック
ＩＰ	像面（ＬＣＤ）
ΔＭ	メリディオナル像面
ΔＳ	サジタル像面
ＳＰ	絞り

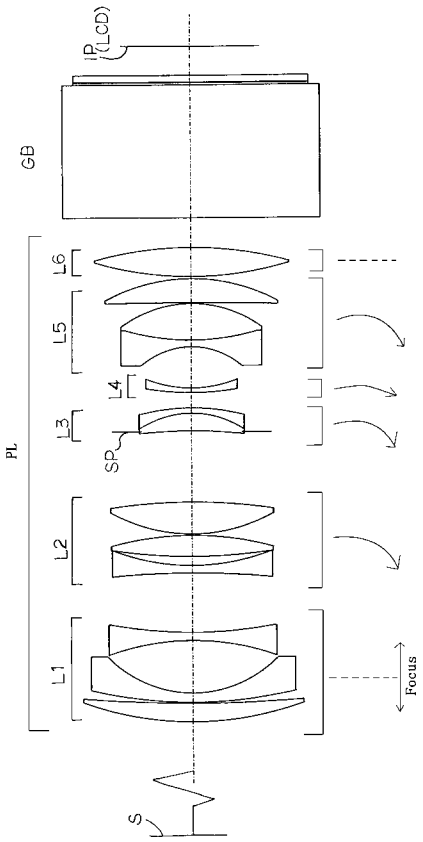
【図１】



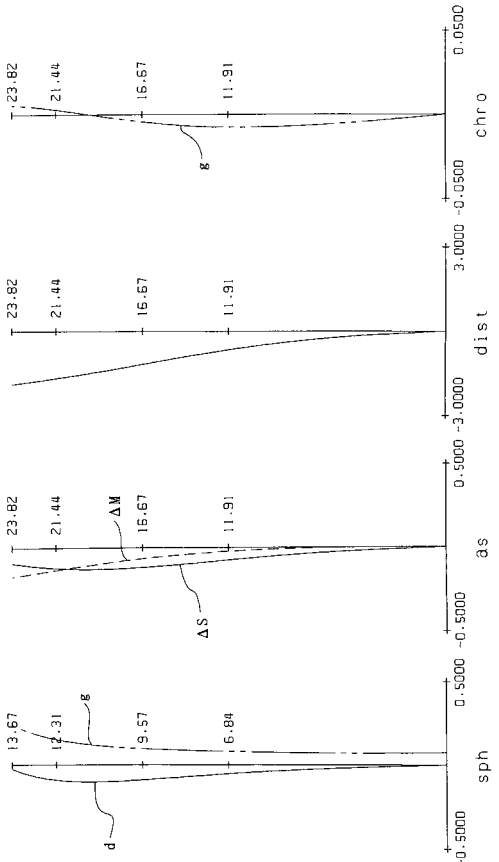
【図２】



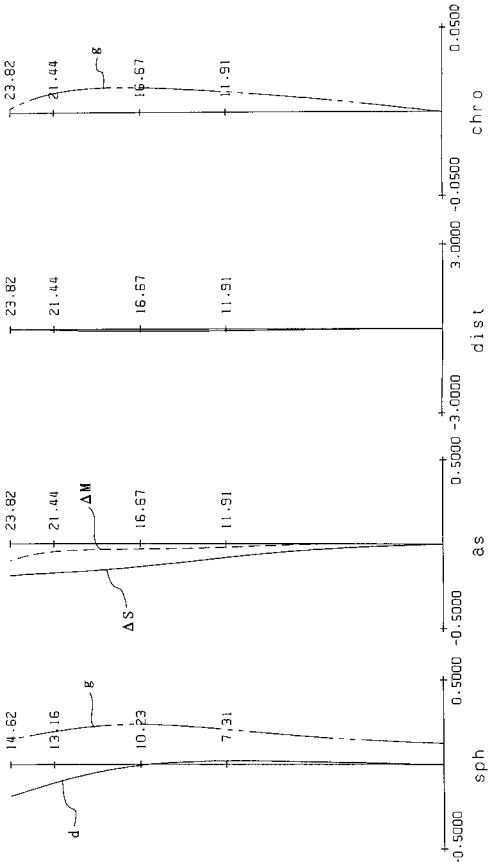
【図３】


IP
(LCD)
GB
PL
L6
L5
L4
L3
SP
L2
L1
Focus
S

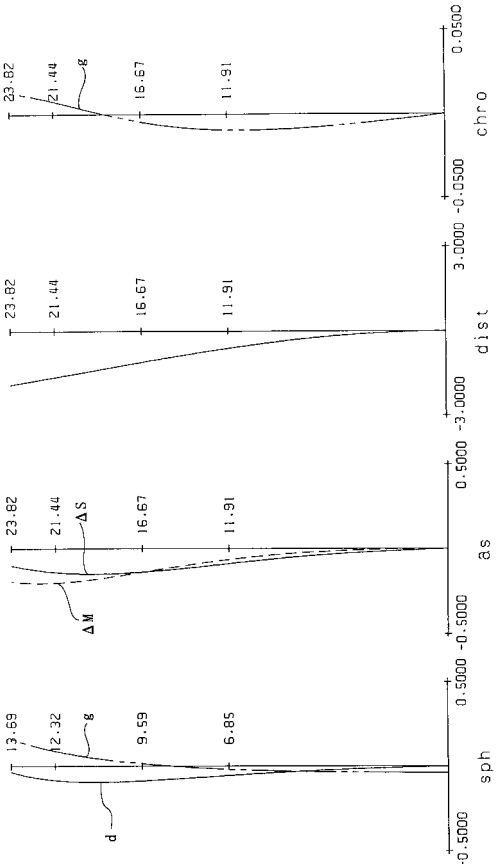
【図４】


23.82
21.44
16.67
11.91
g
chro
0.0500
-0.0500
dist
3.0000
-3.0000
ΔM
ΔS
as
0.5000
-0.5000
13.67
12.31
9.57
6.84
d
sph

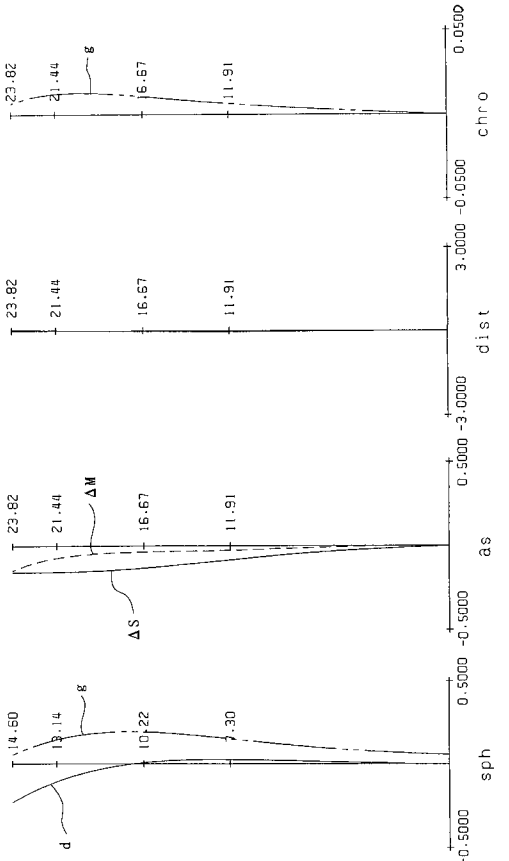
【図５】


23.82
21.44
16.67
11.91
g
chro
0.0500
-0.0500
dist
3.0000
-3.0000
ΔM
ΔS
as
0.5000
-0.5000
14.62
13.16
10.23
7.31
d
sph

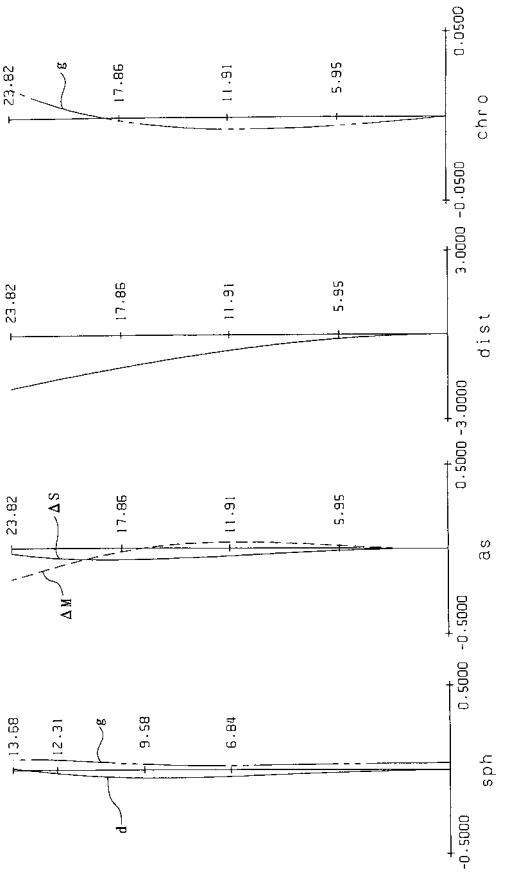
【図６】


23.82
21.44
16.67
11.91
g
chro
0.0500
-0.0500
dist
3.0000
-3.0000
ΔS
ΔM
as
0.5000
-0.5000
13.69
12.32
9.59
6.85
d
sph

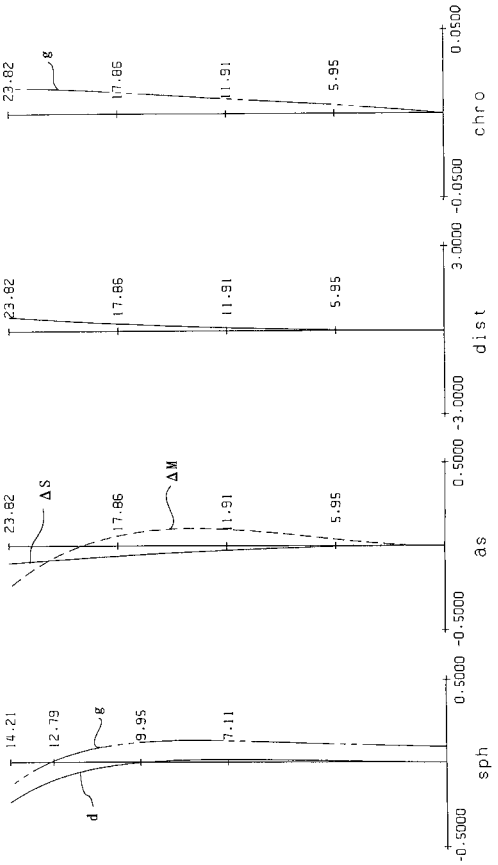
【図７】


chro
dist
as
sph
ΔS
ΔM
g
d

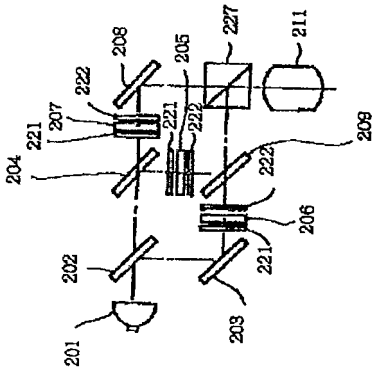
【図８】


chro
dist
as
sph
ΔS
ΔM
g
d

【図９】


chro
dist
as
sph
ΔS
ΔM
g
d

【図１０】


201
202
203
204
205
206
207
208
209
211
221
222
227

フロントページの続き

(51)Int.Cl.[7]	FI	
Ｇ０３Ｂ 21/00	Ｇ０３Ｂ 21/00	Ｅ
Ｇ０３Ｂ 21/14	Ｇ０３Ｂ 21/14	Ｚ

(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