

(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2010-78930
(P2010-78930A)

(43) 公開日 平成22年4月8日(2010.4.8)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G02B 13/04 (2006.01)	G02B 13/04	D 2H087
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2008-247324 (P2008-247324)	(71) 出願人	000006747 株式会社リコー 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(22) 出願日	平成20年9月26日 (2008.9.26)	(74) 代理人	100082670 弁理士 西脇 民雄
		(72) 発明者	安部 一成 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
		(72) 発明者	吉田 勇人 岩手県花巻市大畑第10地割109 リコー光学株式会社内
		(72) 発明者	茂庭 直樹 岩手県花巻市大畑第10地割109 リコー光学株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 広角レンズ及びこの広角レンズを用いた撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 180度を超える広角な結像レンズ系でありながら、全長が短く、像面への主光線の入射角が比較的小さく、すなわち、撮像素子の周辺部においての光量ロスが少なく、かつ、低コストの広角レンズを提供する。

【解決手段】 本発明の広角レンズは、絞りIを境にして物体側から像側へ向かって前群レンズ群1と後群レンズ群2とが配置されている。

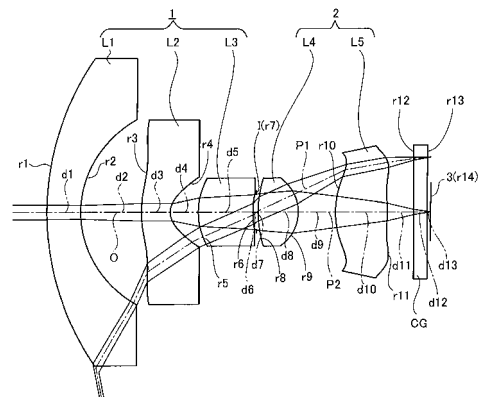
前群レンズ群1と後群レンズ群2とのレンズの枚数の合計は5枚である。前群レンズ群1は、物体側から絞りI側に向かってそれぞれ負のパワーを有する2枚のレンズと、正のパワーを有する1枚のレンズとからなる。後群レンズ群2は、絞りI側から像側に向かってそれぞれ正のパワーを有する2枚のレンズからなる。

絞りIを通過する最大画角の主光線の結像レンズ系の光軸Oに対する入射角度を I としたときに、下記条件式(1)を満足する。

$$60^\circ > I > 40^\circ \quad \dots \text{条件式(1)}$$

)

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

絞りを境にして物体側から像側へ向かって前群レンズ群と後群レンズ群とが配置され、前群レンズ群を構成するレンズの枚数と後群レンズ群を構成するレンズの枚数の合計が 5 枚の結像レンズ系からなる広角レンズであって、

前記前群レンズ群は、物体側から前記絞り側に向かってそれぞれ負のパワーを有する 2 枚のレンズと、正のパワーを有する 1 枚のレンズとからなり、

前記後群レンズ群は、前記絞り側から前記像側に向かってそれぞれ正のパワーを有する 2 枚のレンズとからなり、

前記絞りを通る最大画角の主光線の前記結像レンズ系の光軸に対する入射角度を I としたときに、下記条件式 (1) を満足することを特徴とする広角レンズ。

$$60^\circ > I > 40^\circ \quad \dots \text{条件式 (1)}$$

10

【請求項 2】

前記入射角度 I はメリジオナル平面内で定義されていることを特徴とする請求項 1 に記載の広角レンズ。

【請求項 3】

前記後群レンズ群を構成する 2 枚のレンズ群のうち前記絞りに近い側のレンズに入射する主光線が前記光軸と為す角度に対して当該レンズから出射する主光線が前記光軸と為す角度が小さくなるように当該レンズが構成され、

前記後群レンズ群を構成する 2 枚のレンズ群のうち前記絞りに近い側のレンズから出射されかつ前記絞りから遠い側のレンズに入射する主光線が前記光軸と為す角度に対して当該レンズから出射する主光線が前記光軸と為す角度が小さくなるように当該レンズが非球面レンズから構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の広角レンズ。

20

【請求項 4】

前記後群レンズ群のうち前記絞りに近い側のレンズのアップ数を 4 として、下記の条件式 (2) を満足することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の広角レンズ。

$$4 > 70 \quad \dots \text{条件式 (2)}$$

【請求項 5】

180 度を超える画角を有することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載の広角レンズ。

30

【請求項 6】

前記後群レンズ群の前記絞りから遠い側のレンズの像側の面が非球面であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 又は請求項 4 に記載の広角レンズ。

【請求項 7】

前記前群レンズ群を構成するレンズのうちの物体側から数えて第 1 番目のレンズを構成する材料がガラスであることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載の広角レンズ。

【請求項 8】

前記前群レンズ群の物体側から数えて第 2 番目のレンズの像側の面が非球面であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか 1 項に記載の広角レンズ。

40

【請求項 9】

請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載の広角レンズと、

2 次的に配置された画素を有しかつ前記光学系により前記画素に結像された被写体を画像データに変換する撮像素子と、

該撮像素子から出力された画像データを記憶するメモリと、

該メモリから指定された画角に対応する画像データを読み出すメモリ出力制御回路と、

前記広角レンズの歪曲収差を補正する第 1 信号処理回路と、前記広角レンズの倍率色差を補正する第 2 信号処理回路と、前記広角レンズの MTF を補正する第 3 信号処理回路とを有することを特徴とする撮像装置。

50

【請求項10】

請求項9に記載の撮像装置を有する車載カメラ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、広角レンズ及びこの広角レンズを用いた撮像装置に関し、特に、広画角の広角レンズが要望される車載カメラ装置等に適用するのに好適な撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、絞りを境に物体側から像側へ向かって前群レンズ群と後群レンズ群とが配置され、前群レンズ群を構成するレンズの枚数と後群レンズ群を構成するレンズの枚数の合計が6枚の結像レンズ系からなるものが知られている（特許文献1参照）。

10

【0003】

また、従来から、特許文献1に開示の広角レンズの改良として、前群レンズ群を構成するレンズの枚数と後群レンズ群を構成するレンズの枚数との合計が5枚以下の結像レンズ系からなるものも知られている。この従来の広角レンズは、画角が190度以上である（特許文献2参照）。

【特許文献1】特開2002-72085号公報

【特許文献2】特開2007-25499号公報

【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1に開示の広角レンズは、多数のレンズを用いて収差補正等を行っているので、設計の自由度は比較的大きいが、レンズの枚数を少なくすることが困難で、結像レンズ系の全長が長くなり、小型化に限界があるのみならず、コストの増大や重量の増加を招く。

【0005】

その一方、特許文献2に開示の広角レンズは、絞り後のレンズが正のパワーを持つレンズ1枚のみで構成されているため、像高が高い位置での像面への主光線の入射角度が大きくなり、すなわち、絞りを通過する最大像高の主光線の角度が40°以下であるので、像高が高い位置での像面への主光線の入射角度が大きくなり、像面の位置に撮像素子を配置して、カメラモジュールを構築した際、像高が高い位置で撮像素子へ入射する主光線の入射角度が大きくなり、撮像素子へ入射する光量が減少する。

30

【0006】

撮像素子、又はマイクロレンズ付きの撮像素子では、撮像面に入射する光束の主光線の入射角度が大きくなればなるほど、全ての光束を撮像素子の画素（受光部）に導けなくなるので、光量ロスが発生する。

【0007】

また、Fナンバーが大きく、暗い結像レンズ系となるので、この結像レンズ系を用いて車両用カメラモジュールとして組み込む構成とすると、低照度時の撮影画像が暗くなる。

40

【0008】

本発明の目的は、180度を越える広角な結像レンズ系でありながら、全長が短く、像面への主光線の入射角度が比較的小さく、従って、撮像素子の周辺部においての光量ロスが少なく、かつ、低コストの広角レンズを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

請求項1に記載の広角レンズは、

絞りを境にして物体側から像側へ向かって前群レンズ群と後群レンズ群とが配置され、前群レンズ群を構成するレンズの枚数と後群レンズ群を構成するレンズの枚数の合計が5枚の結像レンズ系からなり、

50

前記前群レンズ群は、物体側から前記絞り側に向かってそれぞれ負のパワーを有する 2 枚のレンズと、正のパワーを有する 1 枚のレンズとからなり、

前記後群レンズ群は、前記絞り側から前記像側に向かってそれぞれ正のパワーを有する 2 枚のレンズとからなり、

前記絞りを通する最大画角の主光線の前記結像レンズ系の光軸に対する入射角度を I としたときに、下記条件式 (1) を満足することを特徴とする。

【0010】

$$60^\circ > I > 40^\circ \quad \dots \text{条件式 (1)}$$

請求項 2 に記載の広角レンズは、請求項 1 に記載の広角レンズにおいて、前記入射角度 I はメリジオナル平面内で定義されていることを特徴とする。

10

【0011】

請求項 3 に記載の広角レンズは、請求項 2 に記載の広角レンズにおいて、前記後群レンズ群を構成する 2 枚のレンズ群のうち前記絞りに近い側のレンズに入射する主光線が前記光軸と為す角度に対して当該レンズから出射する主光線が前記光軸と為す角度が小さくなるように当該レンズが構成され、

前記後群レンズ群を構成する 2 枚のレンズ群のうち前記絞りに近い側のレンズから出射されかつ前記絞りに近い側のレンズに入射する主光線が前記光軸と為す角度に対して当該レンズから出射する主光線が前記光軸と為す角度が小さくなるように当該レンズが非球面レンズから構成されていることを特徴とする。

20

【0012】

請求項 4 に記載の広角レンズは、請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の広角レンズにおいて、

前記後群レンズ群のうち前記絞りに近い側のレンズのアップ数を 4 として、下記の条件式 (2) を満足することを特徴とする。

【0013】

$$4 > 70 \quad \dots \text{条件式 (2)}$$

請求項 5 に記載の広角レンズは、請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載の広角レンズにおいて、180 度を超える画角を有することを特徴とする。

【0014】

請求項 6 に記載の広角レンズは、請求項 1 又は請求項 2 又は請求項 4 に記載の広角レンズにおいて、前記後群レンズ群の前記絞りに近い側のレンズの像側の面が非球面であることを特徴とする。

30

【0015】

請求項 7 に記載の広角レンズは、請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載の広角レンズにおいて、前記前群レンズ群を構成するレンズのうちの物体側から数えて第 1 番目のレンズを構成する材料がガラスであることを特徴とする。

【0016】

請求項 8 に記載の広角レンズは、請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか 1 項に記載の広角レンズにおいて、前記前群レンズ群の物体側から数えて第 2 番目のレンズの像側の面が非球面であることを特徴とする。

40

【0017】

請求項 9 に記載の撮像装置は、請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載の広角レンズと、

2 次的に配置された画素を有しかつ前記光学系により前記画素に結像された被写体を画像データに変換する撮像素子と、

該撮像素子から出力された画像データを記憶するメモリと、

該メモリから指定された画角に対応する画像データを読み出すメモリ出力制御回路と、

前記広角レンズの歪曲収差を補正する第 1 信号処理回路と、前記広角レンズの倍率色差を補正する第 2 信号処理回路と、前記広角レンズの MTF を補正する第 3 信号処理回路とを有することを特徴とする。

50

【 0 0 1 8 】

請求項 10 に記載の車載カメラ装置は、請求項 9 に記載の撮像装置を有することを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 9 】

請求項 1 ないし請求項 3 に記載の広角レンズによれば、全長が短く、像面への主光線の入射角度を比較的小さくでき、従って、撮像素子の周辺部においての光量ロスが少なく、かつ、低コストの広角レンズを提供できる。

【 0 0 2 0 】

請求項 4 に記載の広角レンズによれば、前群レンズ群の絞り直前の第 3 レンズの厚みを厚くすることなく、像面においての色収差を小さくできる。

【 0 0 2 1 】

請求項 5 に記載の広角レンズによれば、車載用カメラ装置に用いるのに好適である。

【 0 0 2 2 】

請求項 6 に記載の広角レンズによれば、歪曲収差、非点収差の補正が容易であるという効果に加えて、像面へ入射する主光線の入射角度のコントロールが容易である、像面における解像力を向上させることができるという効果を奏する。更に、撮像素子に入射する光束の光量ロスを低減できるという効果を奏する。

【 0 0 2 3 】

請求項 7 に記載の広角レンズによれば、第 1 番目のレンズがガラスにより構成されているので、傷がレンズ表面につきにくいという効果を奏する。

【 0 0 2 4 】

請求項 8 に記載の広角レンズによれば、サジタル方向のパワーとメリジオナル方向のパワーとの差を小さくできるので、非点収差の発生を抑制でき、像面における解像力を向上させることができる。

【 0 0 2 5 】

請求項 9 に記載の撮像装置によれば、結像レンズ系で光学的に補正しきれない収差、歪みを画像処理により除去することができ、解像度の向上した被写体画像を提供できる。

【 0 0 2 6 】

請求項 10 に記載の車載カメラ装置によれば、車外の情報を取り込み、車内にその情報を表示するような車載用撮影システムに用いるのに好適であるという効果を奏する。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 7 】

以下に、本発明に係わる広角レンズ及びこの広角レンズを用いた撮像装置の発明の実施の形態を図面を参照しつつ説明する。

【 実施例 】

【 0 0 2 8 】

(実施例 1)

図 1 は、本発明に係わる広角レンズの発明の実施の形態の実施例 1 の結像レンズ系を示す図である。この図 1 において、符号 1 は前群レンズ群を示し、符号 2 は後群レンズ群を示している。前群レンズ群 1 は開口絞り I を境に物体側に配置され、後群レンズ群 2 は絞り I を境に像側に配置されている。

【 0 0 2 9 】

前群レンズ群 1 は第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 と第 3 レンズ L 3 とから構成されている。後群レンズ群 2 は第 4 レンズ L 4 と第 5 レンズ L 5 とから構成されている。前群レンズ群 1 を構成するレンズの枚数と後群レンズ群 2 を構成するレンズの枚数との合計は 5 枚である。この合計 5 枚のレンズにより結像レンズ系が構成される。各レンズ 1 ~ レンズ 5 は単一のレンズであり、貼り合わせレンズではない。絞り I は第 3 レンズ L 3 と第 4 レンズ L 4 との間に配置されている。

【 0 0 3 0 】

10

20

30

40

50

なお、図1において、符号 $r_1 \sim r_6$ は広角レンズの第1面ないし第6面、 $r_8 \sim r_{11}$ は広角レンズの第8面ないし第11面の曲率半径、符号 r_7 は第7面の曲率半径、すなわち、絞りIの曲率半径を表し、符号 $d_1 \sim d_{12}$ は面間隔を表している。また、符号CGはカバーガラス、符号3は像面を示している。更に、画角は200度とする。

【0031】

第1レンズL1、第2レンズL2は負のパワー（負の焦点距離）を有する。また、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5は正のパワー（正の焦点距離）を有する。

【0032】

すなわち、前群レンズ群1は、物体側から順に負、負、正のパワーを有するレンズから構成される。前群レンズ群1が物体側から順に負、負、正のパワーを与られているので、物体側から広角に入射した光を前群レンズ群1を構成するレンズL1、L2、L3の各面で緩やかに屈折させることができることになり、特に、軸外の光を極力収差の発生を抑制しつつ絞りIを通過させて後群レンズ群2を構成するレンズL4、L5に導くことができる。

10

【0033】

特に、前群レンズ群1の物体側から第2番目に配置されている負のパワーを有する第2レンズL2の像側の面 r_4 は光軸Oに対して緩やかに曲率が小さくなるような非球面となっている。

【0034】

これにより、軸外の光がその面 r_4 から受けるサジタル方向のパワーとメリディオナル方向のパワーとの差を小さくすることができるため、非点収差の発生を抑えることができ、像面3においての解像力を向上させることができる。

20

【0035】

後群レンズ群2は、一般的には、非点収差、コマ収差、色収差等の光学収差を補正しながら、図2に拡大して示すように、像面3に入射する最大画角の主光線P1の光軸Oに対する入射角度 θ を小さくするという役割を有している。すなわち、撮像素子3Aの撮像面3'に入射する最大画角の主光線P1の光軸Oに対する入射角度 θ を小さくするという役割を有している。なお、像面3に入射する最大画角の主光線P1のみでなく、比較的大きな画角の主光線の光軸Oに対する入射角度 θ を小さくしても良い。

30

【0036】

この実施例では、後群レンズ群2は、絞りIに近い側から正、正のパワーを有する2枚のレンズからなる。従って、収差補正を効率良く行なうことができると共に、撮像素子3Aの撮像面3'への光の結像効果を高め、像面3に入射する主光線P1の入射角度 θ を極力小さくできる。また、撮像素子3Aに入射する光束の光量ロスを大幅に低減できる。

【0037】

特に、後群レンズ群2のうちの絞りIから遠い側のレンズL5の最も像側の面 r_{11} は、後群レンズ群2の中で各像高に対する主光線P1、P2が最も分離している面であるので、非球面とすることが望ましい。

【0038】

これにより、結像レンズ系の歪曲収差、非点収差の収差補正を特に行い易く、像面（撮像面3'）への主光線P1、P2の入射角度のコントロールが容易となる。その結果、撮像面3'においての解像力が向上し、歪曲収差を光学設計により目標とする値に容易に設定でき、撮像素子3Aに入射する光束の光量ロスも少なくできる。

40

【0039】

前群レンズ群1に、物体側から負、負、正のパワーを有するレンズを配し、後群レンズ群2に、絞りIの側から正、正のパワーを有するレンズを配した場合、絞りIを通過する最大像高の主光線P1の入射角度 θ_I を下記の条件式(1)のように40°以上60°未満とすることにより、撮像素子3Aの撮像面3'に入射する主光線P1の光軸Oに対する入射角度を15°以内とすることができる。

【0040】

50

$60^\circ > I > 40^\circ$ 条件式 (1)

すなわち、CCDやCMOS等の撮像素子3Aの撮像面3'への像高h'が高い位置に入射する主光線P1の入射角度θ'が小さくなり、撮像素子3Aへ入射する光量の減少を抑制することができる。

【0041】

CCDやCMOS等の撮像素子、マイクロレンズ付きの撮像素子は、入射する光束の主光線P1の入射角度θ'が大きくなればなるほど、全ての光束を撮像素子3の撮像面の画素(受光部)に導けなくなるので光量ロスが生じる。

【0042】

絞りIを通過する最大像高の主光線P1の入射角度θIを大きくし、後群レンズ群2の2枚の正のパワーを有するレンズL4、L5により、主光線P1のメリジオナル平面内での入射角度を絞りI側から像面3に向かって緩やかに小さくしながら、各主光線の同族光束を集光させる(すなわち、各主光線とその周辺光線を集光させる)ことにより、像面3において像のサイズを保ちながら、かつ、解像力を高く保ちながら、像面3に入射する主光線の光軸Oに対する入射角度θ'を小さくすることができる(なお、「同族光束」については、オプトエレクトロニクス社の「ユーザーエンジニアのための光学入門(岸川 敏郎 著)の第2章 近軸領域の結像関係(P.15):平成9年7月13日 第1版第5刷発行 発行所(株)オプトロニクス社」の定義を参照)。

10

【0043】

ここで、絞りIと像面3の距離($d7 + d8 + d9 + d10 + d11 + d12 + d13$)を長くすれば、入射角度θIを40度以上としなくとも、像面3に入射する主光線の入射角度θ'を小さくすることができる。しかしながら、このように構成すると、結像レンズ系の全体の長さ、すなわち、第1レンズL1の物体側の面r1から像面3までの距離、すなわち、結像レンズ系の全長が長くなり、広角レンズのコンパクト化を図ることができないこととなる。

20

【0044】

この実施例1では、後群レンズ群2を構成する2枚のレンズL4、L5のうち、絞りIに近い側の第4レンズL4に入射する主光線が光軸Oと為す角度に対してこの第4レンズL4から出射する主光線が光軸Oと為す角度に対して小さくなるように構成され、後群レンズ群2を構成する2枚のレンズL4、L5のうち、絞りIに近い側のレンズL4から出射されかつ絞りIから遠い側のレンズL5に入射する主光線が光軸Oと為す角度に対してこのレンズL5から出射する主光線が光軸Oと為す角度が小さくなるようにこのレンズL5が非球面レンズから構成されているので、広角レンズの光学系のコンパクト化を図りながら、像面3において像のサイズを保ちながら、かつ、解像力を高く保ちながら、歪曲収差、非点収差の収差補正を補正しつつ光量ロスを避けることができる。

30

【0045】

また、絞りIの直前に配置されている正のパワーを有する第3レンズL3の厚さを厚くすると、倍率色収差補正の自由度が向上する(特開2007-25499号公報の段落番号0033参照)。

【0046】

しかしながら、絞りIの直前に配置された第3レンズL3の厚さを厚くすると、使用する硝材の量が多くなり、コストが高くなると同時に、広角レンズの全体の重量が大きくなる。

40

【0047】

そこで、第3レンズL3を2枚のレンズに分割し、2枚のレンズを貼り合わせて合成レンズ系とすることが考えられるが、このような考えにより広角レンズを設計したとしても、追加分の製造コストやレンズモジュールの組み付けコストがアップするので、好ましくない。

【0048】

このため、この実施例1の広角レンズは、第4レンズL4のアッペ数4を、

50

4 > 70 . . . 条件式 (2)

とした。

【 0 0 4 9 】

これにより、色収差（軸上色収差、倍率色収差）を効果的に小さくすることができる。すなわち、第3レンズL3による色収差補正の負担を減らすことができ、結果として、第3レンズL3の厚みを厚くすることなく、像面3においての色収差を小さくできる。

【 0 0 5 0 】

また、この実施例では、非球面のレンズL2、L3、L5の硝材はプラスチックであり、第1レンズL1の硝材はガラスである。プラスチックは、ガラスに比べて融点が低いので、加工が容易であり、レンズL2、L3、L5をプレス成形するための金型の寿命が長くなって、コストダウンを図ることができる。また、第1レンズL1の硝材はガラスであるので、第1レンズL1の物体側の面がカメラモジュール外部にむき出しになって、小石等がぶつかっても、プラスチック材料のレンズに較べて、傷がつきにくいという利点がある。

10

【 0 0 5 1 】

以下に、この実施例1の具体例について説明する。

（具体例）

ここでは、この具体例の広角レンズの設計上のFナンバーは2.0、設計上の光束の基準波長は587.56nmである。

【 0 0 5 2 】

20

この具体例の非球面は、光軸Oに直交する方向の座標をh、光軸方向の座標をZ、曲率半径をR、円錐定数をK、高次の非球面係数をA、B、Cとして、下記の周知の定義式を用いて特定される。

【 0 0 5 3 】

$$Z = (h^2 / R) / [1 + \{ 1 - (1 + K) (h^2 / R^2) \}^{1/2}] + A h^4 + B h^6 + C h^8$$

下記の表1に、この広角レンズの面番号、曲率半径r、面間隔d、屈折率n、アッペ数の数値を示す。

【 0 0 5 4 】

面番号は物体側から像側に向かって順番に付している。曲率半径rに付した添字はその面番号を意味している。また、表1において、印はその面が非球面であることを意味している。

30

【 0 0 5 5 】

【表 1】

	面番号	曲率半径 r	面間隔 d	屈折率 n	アッベ数 ν	非球面の有無
L1	1	9.520	d_1 1.000	1.8350	42.9	
	2	3.581	d_2 1.780			
L2	3	3.242	d_3 0.850	1.5327	56.7	○
	4	0.650	d_4 0.820			○
L3	5	2.291	d_5 1.610	1.5840	30.8	○
	6	4.625	d_6 0.100			○
	7(絞り)	∞	d_7 0.050			
L4	8	3.981	d_8 1.180	1.4970	81.6	
	9	-1.422	d_9 1.100			
L5	10	3.159	d_{10} 1.520	1.5327	56.7	○
	11	-4.561	d_{11} 0.775			○
	12	∞	d_{12} 0.400	1.5163	64.1	
	13	∞	d_{13} 0.100			
	14(像面)					

○は非球面

【0056】

下記の表 2 に、この広角レンズの面番号 3 ~ 6、面番号 10、11 についての非球面の円錐定数 K 、非球面係数 A 、 B 、 C の具体的数値を示す。

【0057】

【表 2】

面番号	K	A	B	C
3	-1.974281	-0.041192	0.005065	-0.000200
4	-0.770286	-0.216903	-0.015592	-0.016246
5	0.908860	-0.019677	-0.005351	-0.001061
6	5.364467	0.125059	-0.164217	0.240824
10	-0.841657	0.019348	-0.012266	-0.000250
11	-0.055434	0.163871	-0.062138	0.006209

【0058】

下記の表 3 に、この広角レンズの焦点距離の具体的数値と、条件式 (1)、条件式 (2) の具体的数値とを示す。

【0059】

【表 3】

焦点距離	0.95
条件式(1)を充足する具体的数値	42.2°
条件式(2)を充足する具体的数値	81.6

【0060】

この表 3 のように、入射角度 I を 42.2° とすることにより、この具体例の広角レンズの像面 3 に入射する主光線 P1 の入射角度は約 14.6° となり、小さな値にすることができる。入射角度 I は 42.2 以上であれば良いが、入射角度 I の上限は結像レンズ系の構成により自ずから定まり、

10

20

30

40

50

90度未満であり、60度未満とすることが望ましい。

【0061】

入射角度 I が60度よりも大きくなると、レンズや保持枠に起因する口径食により光線がけられやすくなり、像面で周辺画角の光量が減少する可能性が大きくなるからである。

【0062】

このように、入射角度 I を42.2度以上とすると、像面3に入射する主光線P1の入射角度の最大値は14.6度となり、従って、撮像素子へ入射する光束の光量の減少を抑制することができる。また、結像レンズ系の全長(第1レンズL1の物体側の面r1から像面3までの距離)も、11.285mmと短くできるので、コンパクトな結像レンズ系とすることができる。

10

【0063】

図3はこの具体例の非点収差図、図4はこの具体例のディストーション(歪曲収差)図、図5はこの具体例のコマ収差図である。

【0064】

なお、図4のディストーション図は、立体射影方式(Yを像高、fを焦点距離、θを半画角としたとき、

$$Y = 2f \times \text{TAN}(\theta / 2)$$

で示される射影方式)を用いて求めた歪量を示しており、下記に示す表4はこのディストーション図を描くときに用いた数値を示している。

20

【0065】

【表4】

結像レンズ系全体の焦点距離 0.95

半画角(度)	実像高	画角(rad)	立体射影方式の理想像高	dist(%)
0	0	0	0.0000	0.00%
10	0.168164	0.174533	0.1662	1.16%
20	0.348609	0.349066	0.3350	4.06%
30	0.551012	0.523599	0.5091	8.23%
40	0.777539	0.698132	0.6915	12.44%
50	1.01774	0.872665	0.8860	14.87%
60	1.24935	1.047198	1.0970	13.89%
70	1.44746	1.22173	1.3304	8.80%
80	1.59761	1.396263	1.5943	0.21%
90.5	1.70807	1.579523	1.9167	-10.88%
95	1.74492	1.658063	2.0735	-15.85%
100	1.78095	1.745329	2.2643	-21.35%

30

40

【0066】

また、非点収差図、コマ収差図の符号R1は波長650nm(赤)のサジタル方向の収差曲線(図3には破線で示されている)、符号R2(実線)は波長650nm(赤)のメリディオナル方向の収差曲線、符号G1は波長587.56nm(緑)のサジタル方向の収差曲線(図3には破線で示されている)、符号G2(実線)は波長587.56nm(緑)のメリディオナル方向の収差曲線、符号B1は、波長450nm(青)のサジタル方向の収差曲線(図3には破線で示されている)、符号B2(実線)は波長450nm(青)のメリディオナル方向の収差曲線を示している。

【0067】

50

この具体例では、第4レンズL4のアップベ数 4 は 81.6 であり、アップベ数が非常に大きい低分散材が用いられている。

【0068】

従って、図3に示す非点収差曲線、図5に示すコマ収差曲線から見てとれるように、色収差が小さく、第3レンズL3の厚みを厚くすることなく、像面3においての色収差を小さくできる。

【0069】

また、前群レンズ群1の物体側から第2番目に配置されている負のパワーを有する第2レンズL2の像側の面r4が光軸Oに対して緩やかに曲率が小さくなるような非球面となっているので、軸外の光がその面r4から受けるサジタル方向のパワーとメリディオナル方向のパワーとの差を小さくすることができるため、図3に示すように、非点収差の発生を抑えることができ、像面3においての解像力を向上させることができる。

10

(実施例2)

図6は本発明に係わる広角レンズの発明の実施の形態の実施例2の結像レンズ系を示す図、図7はその図6に示す結像レンズ系の部分拡大図である。

【0070】

その図6において、実施例1の光学要素と同一の光学要素については、同一符号を付してその説明を省略することとする。

【0071】

その図6に示す広角レンズの具体例を下記の表5～表8に示す。

20

【0072】

この実施例2の具体例では、広角レンズの設計上のFナンバー、設計上の光束の基準波長は実施例1の具体例と同一である。非球面の特定に用いる定義式も実施例1と同様であり、表5は表1と同様に広角レンズの面番号、曲率半径r、面間隔d、屈折率n、アップベ数の数値を示している。

【0073】

表6は、表2と同様にこの広角レンズの面番号3～6、面番号10、11についての非球面の円錐定数K、非球面係数A、B、Cの具体的数値を示している。表7は表3と同様に広角レンズの焦点距離の具体的数値と条件式(1)、条件式(2)を充足する数値とをそれぞれ示している。表8は、表4と同様にディストーション(歪曲収差)図を描く際に用いた数値を示している。

30

【0074】

【表 5】

d_i 1.000

	面番号	曲率半径r	面間隔d	屈折率n	アッベ数ν	非球面の有無
L1	1	10.000	d ₁ 1.000	1.8350	42.9	
	2	3.778	d ₂ 2.041			
L2	3	6.031	d ₃ 0.800	1.5565	36.7	○
	4	0.748	d ₄ 0.901			○
L3	5	1.586	d ₅ 1.465	1.5840	30.8	○
	6	4.634	d ₆ 0.113			○
	7(絞り)	∞	d ₇ 0.150			
L4	8	5.404	d ₈ 1.340	1.4875	70.4	
	9	-1.692	d ₉ 0.512			
L5	10	3.138	d ₁₀ 1.785	1.5327	56.7	○
	11	-6.255	d ₁₁ 0.560			○
	12	∞	d ₁₂ 0.900	1.5163	64.1	
	13	∞	d ₁₃ 0.100			
	14(像面)					

○は非球面

【 0 0 7 5 】

【表 6】

面番号	K	A	B	C
3	0.845284	-0.031710	0.004325	-0.000211
4	-0.701726	-0.153872	-0.055343	0.004503
5	0.486879	-0.029159	-0.047503	0.010628
6	-18.643642	0.112920	-0.118321	0.195075
10	-0.516458	-0.003464	-0.004830	-0.000726
11	6.311363	0.086128	-0.034311	0.003598

【 0 0 7 6 】

【表 7】

焦点距離	1.00
条件式(1)を充足する具体的数値	45.9°
条件式(2)を充足する具体的数値	70.4

【 0 0 7 7 】

【表 8】

結像レンズ系全体の焦点距離 1

半画角(度)	実像高	画角(rad)	立体射影方式の理想像高	dist(%)
0	0	0	0.0000	0.00%
10	0.177157	0.1745329	0.1750	1.25%
20	0.362422	0.3490659	0.3527	2.77%
30	0.562185	0.5235988	0.5359	4.91%
40	0.778113	0.6981317	0.7279	6.89%
50	1.0033	0.8726646	0.9326	7.58%
60	1.22154	1.0471976	1.1547	5.79%
70	1.41399	1.2217305	1.4004	0.97%
80	1.57015	1.3962634	1.6782	-6.44%
90.5	1.69816	1.579523	2.0175	-15.83%
95	1.74482	1.6580628	2.1826	-20.06%
100	1.79291	1.7453293	2.3835	-24.78%

【0078】

表 7 に示すように、入射角度 I を 45.9° とすることにより、実施例 1 の広角レンズの像面に入射する主光線の入射角度の最大値は約 12.3° となり、小さな値とすることができ、像面 3、すなわち、撮像素子 3A の撮像面 3' へ入射する光量の減少を抑えることができる。また、結像レンズ系の全長も 11.667mm と短くでき、コンパクトな結像レンズ系とすることができる。

【0079】

なお、図 8 は図 3 に対応する非点収差図、図 9 は図 4 に対応するディストーション図、図 10 は図 5 に対応するコマ収差図であり、符号の意味は実施例 1 と同じである。

【0080】

この具体例では、第 4 レンズ L_4 のアッベ数 V_4 は 70.4 であり、実施例 1 と同様にアッベ数が非常に大きい低分散材が用いられている。

【0081】

従って、図 8 に示す非点収差曲線、図 10 に示すコマ収差曲線から見てとれるように、実施例 1 と同様に色収差が小さく、第 3 レンズ L_3 の厚みを厚くすることなく、像面 3 における色収差を小さくできる。

【0082】

また、前群レンズ群 1 の物体側から第 2 番目に配置されている負のパワーを有する第 2 レンズ L_2 の像側の面 r_4 が光軸 O に対して緩やかに曲率が小さくなるような非球面となっているので、軸外の光がその面 r_4 から受けるサジタル方向のパワーとメリディオナル方向のパワーとの差を小さくすることができるため、図 8 に示すように、非点収差の発生を抑えることができ、像面 3 における解像力を向上させることができる。

(実施例 3)

以下に、本発明に係わる広角レンズを有する撮像装置（車載用カメラ装置）について説明する。

【0083】

この撮像装置には、ここでは、実施例 1 において説明した光学特性を有する広角レンズを用いている。しかしながら、実施例 2 において説明した光学特性を有する広角レンズを用いても良い。

【 0 0 8 4 】

撮像素子 3 A には、既述したように、CCD、CMOS、すなわち、2 次元的に配置された画素を有しかつ広角レンズにより画素に結像された被写体像を画像データに変換するタイプが用いられる。

【 0 0 8 5 】

この撮像装置は、撮像素子 3 A から出力された画像データを記憶するメモリと、指定した画角に対応する画像データをメモリから出力させるメモリ出力制御回路と、広角レンズの歪曲収差を補正する第 1 信号処理回路と、広角レンズの倍率色収差を補正する第 2 信号処理回路と、広角レンズの MTF を補正する第 3 信号処理回路とを備えている。

【 0 0 8 6 】

以下に、その詳細を説明する。

【 0 0 8 7 】

図 1 1 は撮像装置の一般的なブロック回路を示している。撮像装置 3 A の光電変換信号はセンサ (I / O) 3 B から出力される。センサ (I / O) 3 B の出力は、例えば、SYNC (V - SYNC、HSYNC)、DATA、CLK (クロック) 信号である。DATA 信号は R、G、B のそれぞれにつき 10 ビットであり、CLK 信号は、例えば、25 MHz (メガヘルツ) である。

【 0 0 8 8 】

これらの各信号は、信号処理ユニット (DSP ユニット) 3 C に入力されて処理される。DSP ユニット 3 C は、既述の機能を有するメモリ、メモリ出力制御手段、第 1 信号処理回路 ~ 第 3 信号処理回路を有する。

【 0 0 8 9 】

そのハード構成は、FPGA、DSP 等のプログラマブルロジックや ASIC 等、入力信号に対して後述する処理を実現できるものであれば何でもよい。DSP ユニット 3 C にはクロック発生回路 3 D から、例えば、100 MHz のクロック信号が入力される。

【 0 0 9 0 】

DSP ユニット 3 C の出力は、「システムの所望の出力」となるように、ポスト I / F 3 E により変換出力される。出力形式としては、デジタルの場合、YUV 4 2 2、YUV 4 4 4、YUV 2 2 1 等があるが、ここでは、NTSC に変換して出力するものとする。

【 0 0 9 1 】

図 1 2 はその撮像装置のより詳細な構成を示すブロック回路である。

【 0 0 9 2 】

図 1 に示す結像レンズ系により像面 3 (撮像面 3 ') に結像された被写体像は、撮像素子 3 A により光電変換され、画像データ化される。この結像レンズ系による被写体像は、図 4 に示す歪曲収差や図 3 に示す倍率色収差を有している。

【 0 0 9 3 】

撮像素子 3 A から出力される画像データは、前処理部 3 F のオートゲインコントローラ 3 F 1 によって自動利得制御され、A / D 変換器 3 F 2 によってデジタル信号に変換され、デジタル画像データとされる。なお、オートゲインコントローラ 3 F 1 は操作部 3 G の操作に基づく制御回路 3 H の制御により調節される。

【 0 0 9 4 】

デジタル画像データは信号処理部 3 I により画像処理される。この画像処理には、撮像素子 3 A に起因する画像劣化の改善処理と、結像レンズ系に起因する画像劣化の改善処理とがある。

【 0 0 9 5 】

撮像素子 3 A の画素配列には、例えば、緑 (G) の画素数が赤 (R) や青 (B) の画素数より多いベイヤー配等がある。R、G、B の各画像を作成する場合、単に、R、G、B の画像データを取り出して合成するのみでは、各画素配列のズレにより、各色画像のズレが生じる。

【 0 0 9 6 】

10

20

30

40

50

信号処理部 3 I では、まず、これらの画素の再配列や R、G、B 間のホワイトバランスの補正処理等を行う。この画像処理で、撮像素子 3 A に起因する画像劣化の補正処理を行った後、結像レンズ系に起因する画像劣化要因としての倍率色収差、歪曲収差、MTF 劣化の補正処理を行う。

【0097】

なお、これらの補正処理を行う際、R、G、B の画像データは一時的にフレームメモリ（メモリ）3 J に記憶される。制御回路 3 H は、指定した画角に対応する画像データをメモリから出力させるメモリ出力制御回路としても機能し、フレームメモリ 3 J から読み出された画像データは、必要に応じて、信号処理部 3 I により処理される。

【0098】

図 1 3 はその信号処理部 3 I のより詳細な構成を示し、ここでは、第 1 信号処理回路～第 3 信号処理回路の詳細構成のみを示している。

【0099】

第 1 信号処理回路、第 2 信号処理回路は一次変換回路 3 I 1 から構成されている。第 3 信号処理回路は FIR フィルタ回路 3 I 2 から構成されている。

【0100】

一次変換回路 3 I 1 には、撮像素子 3 A のハード構成に起因する画像劣化の補正処理済みの R、G、B の各デジタル画像データが入力される。一次変換回路 3 I 1 はこの R、G、B のデジタル画像データに対して、一次変換処理を行う。この一次変換処理は、歪曲収差による被写体像の歪みを考慮しながら、入力画像データの座標を出力画像データの座標に写像を用いて行う座標変換処理である。これにより、歪曲収差の補正処理が実行される。

【0101】

すなわち、歪曲収差は、広角レンズの特性として予め設計で定められているので既知であるか、又は、実際に計測することにより求めることができるので、この歪曲収差特性に基づいて、入力画像データの座標から出力画像データの座標への座標変換式を決定でき、この変換式に従って補正を行えば、歪曲収差を除去すること、すなわち、歪みの補正された画像データが得られる。その変換式は、例えば、多項式を用いて近似できる。

【0102】

R、G、B の画像に対してそれぞれ歪曲収差補正を行うことにより、倍率色収差の補正も同時に行われることになる。

【0103】

従って、一次変換回路 3 I 1 は処理歪曲収差の補正処理を行う第 1 信号処理回路と、倍率色収差補正を行う第 2 信号処理回路とを兼用している。

【0104】

なお、変換式による画素の圧縮伸張により光量分布が変化し、シェーディングが発生する場合があるので、各画素の輝度に各画素の面積の拡大率に応じた係数を乗ずることにより、光量ムラの補正を行う。

【0105】

このようにして、歪曲収差、倍率色収差が補正されたデジタル画像データは、次段の FIR フィルタ 3 I 2 に入力される。FIR フィルタ 3 I 2 は一次変換回路 3 I 1 から出力されたデジタル画像データにデコンボリューション等の処理を施す。

【0106】

これにより、MTF の劣化が補正される。この FIR フィルタには、ウイナフィルタや単純な HPF（ハイパスフィルタ）を用いることができる。

【0107】

図 1 4 は実施例 1 の広角レンズを用いて撮像した画像データに対して、図 1 2、図 1 3 に即して説明した処理を行った結果を示している。

【0108】

この図 1 4 において、横軸は空間周波数、縦軸は輝度信号の MTF である。画像データ

10

20

30

40

50

に処理を加えないままの場合、倍率色収差により、周波数が高くなるに伴って、符号 1 1 1 で示す曲線で示すように、M T F が劣化する。

【0 1 0 9】

倍率色収差の補正と歪曲収差の補正を行うと、M T F の劣化を補正することができる。また、F I R フィルタを用いて、高周波成分を補償することにより、更に、高周波数領域でより一層十分な M T F を有する鮮明な画像を取得可能である。

【0 1 1 0】

その曲線 1 1 2 は倍率色収差を補正したときのサジタル方向に関する M T F、曲線 1 1 3 は倍率色収差を補正したときのタンジェンシャル方向に関する M T F であり、解像力が極めて良好に補正されている。

【0 1 1 1】

すなわち、図 1 4 の曲線 1 1 1 と曲線 1 1 2 ~ 曲線 1 1 5 との差が、電子回路による処理を用いて解像力が補正された部分である。

【0 1 1 2】

この発明の実施例は、結像レンズ系と画像処理系との開発を画像の品質という観点からリンクして進めるという発想から為され、結像レンズ系で負担するには相当の困難を伴う光学特性値であるが、画像処理系で処理するにはそれほどの困難を伴わない光学特性値に着目し、画像の光学特性値の劣化を画像処理系に負担させて解消させることにより、結像光学の設計に関する負担を軽減し、総合的に画像品質の改善を図ることができる。

【0 1 1 3】

これらの補正処理が施された画像は、結像レンズ系の広角レンズの倍率色収差、歪曲収差に基づく劣化が補正され、かつ、画像の周辺部等で低下した M T F も補正された画像として出力される。静止画を出力する場合、補正された R、G、B の各画像からビットマップデータ、J P E G 画像等を作成して出力する。

【0 1 1 4】

また、動画を出力する場合、R、G、B の各画像から図 1 2 に示すように、ビデオエンコーダ 3 K を通して、H . 2 6 4 や M P E G 2、4 等の動画フォーマットの画像を生成する。デジタル出力の場合、H D M I や D V I、アナログ出力の場合、D / A 変換回路を通して N T S C、D 2、D 4、コンポーネント信号等に変換してディスプレイ 3 L に出力する。

【0 1 1 5】

これらの処理方法については、特願 2 0 0 8 - 0 3 5 2 6 3 号に詳述されているので、これ以上の説明は省略する。

【図面の簡単な説明】

【0 1 1 6】

【図 1】本発明の実施例 1 に係わる広角レンズの光学図である。

【図 2】図 1 に示す広角レンズの部分拡大図である。

【図 3】図 1 に示す広角レンズの非点収差曲線を示す図である。

【図 4】図 1 に示す広角レンズのディストーション曲線を示す図である。

【図 5】図 1 に示す広角レンズのコマ収差曲線を示す図である。

【図 6】本発明の実施例 2 に係わる広角レンズの光学図である。

【図 7】図 6 に示す広角レンズの部分拡大図である。

【図 8】図 6 に示す広角レンズの非点収差曲線を示す図である。

【図 9】図 7 に示す広角レンズのディストーション曲線を示す図である。

【図 1 0】図 8 に示す広角レンズのコマ収差曲線を示す図である。

【図 1 1】本発明の実施例 3 に係わる撮像装置の一般的な画像処理ブロック回路を示す図である。

【図 1 2】図 1 1 に示す画像処理ブロック回路のより詳細な構成を示す図である。

【図 1 3】図 1 2 に示す信号処理部のより詳細な構成を示すブロック回路図である。

【図 1 4】本発明の実施例 3 に係わる撮像装置の M T F 特性曲線図である。

10

20

30

40

50

【符号の説明】

【 0 1 1 7 】

1 ... 前群レンズ群

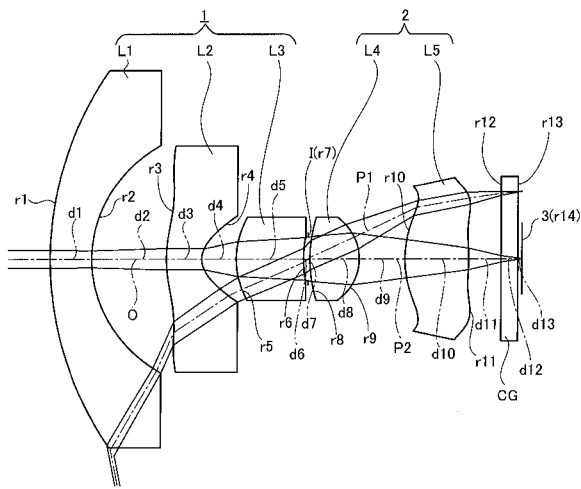
2 ... 後群レンズ群

I ... 絞り

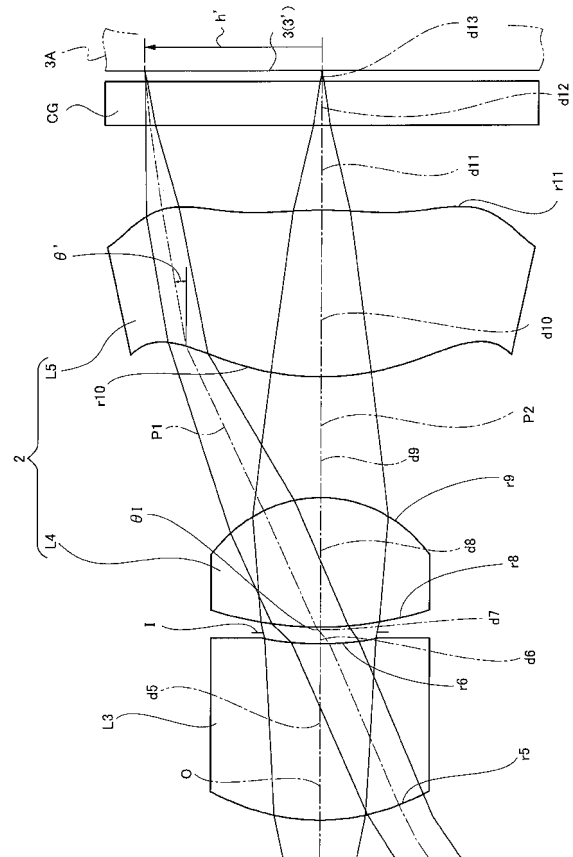
O ... 光軸

I ... 入射角度

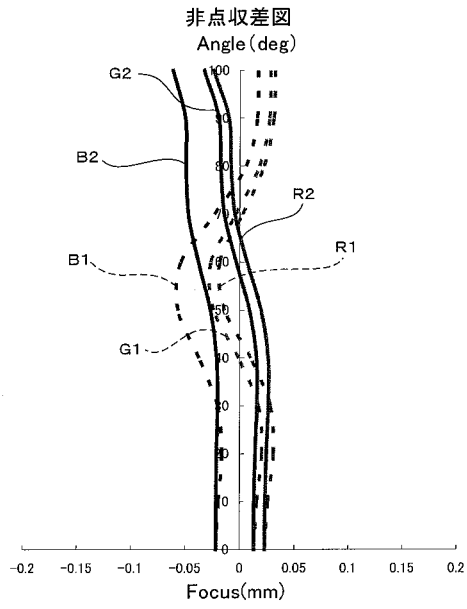
【 図 1 】



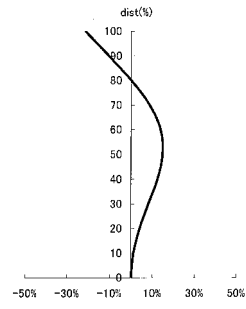
【 図 2 】



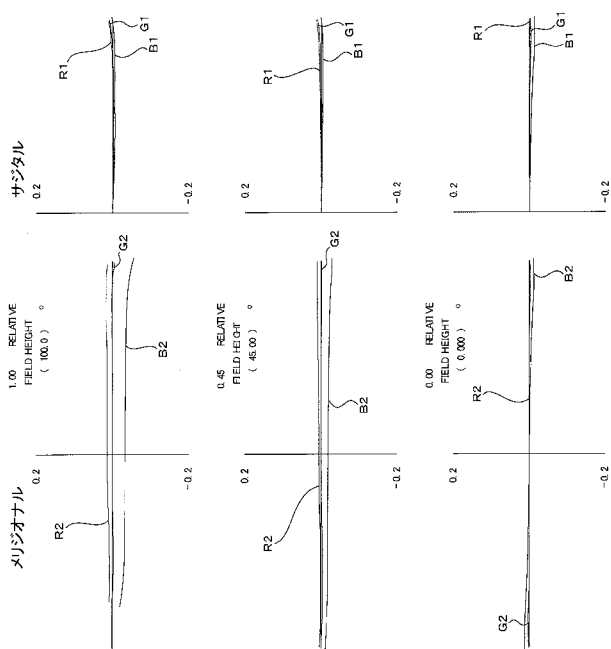
【 図 3 】



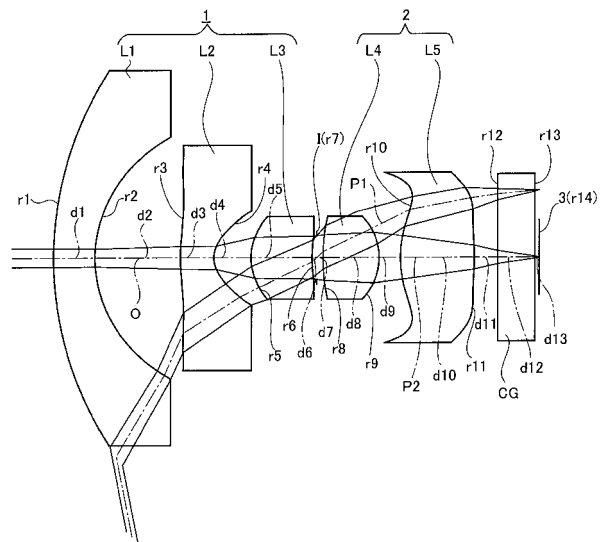
【 図 4 】



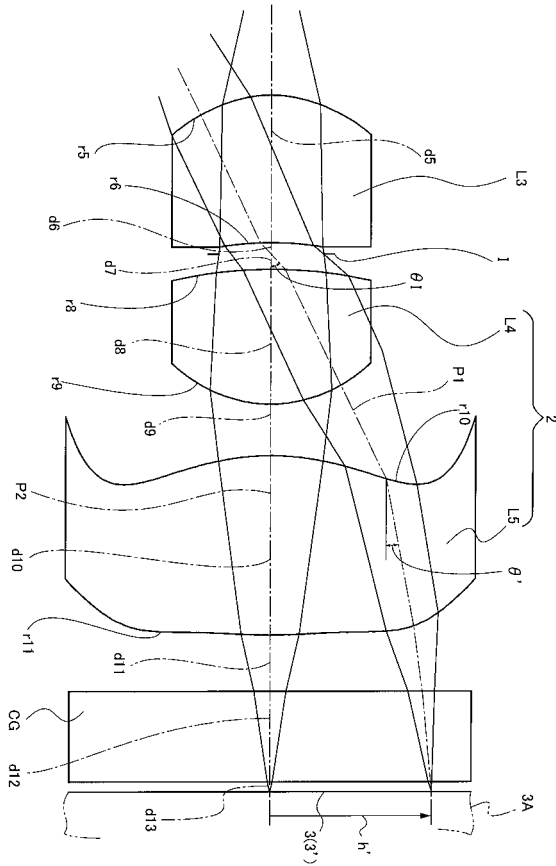
【 図 5 】



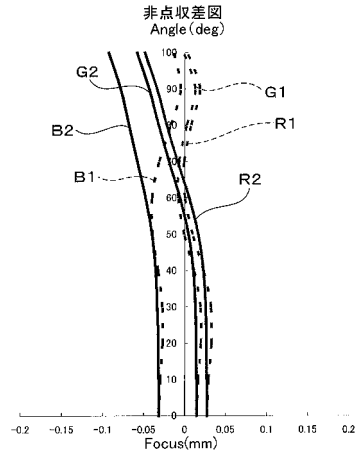
【 図 6 】



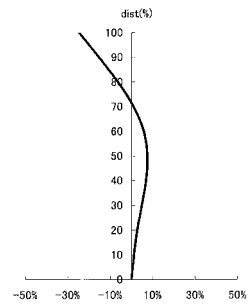
【図7】



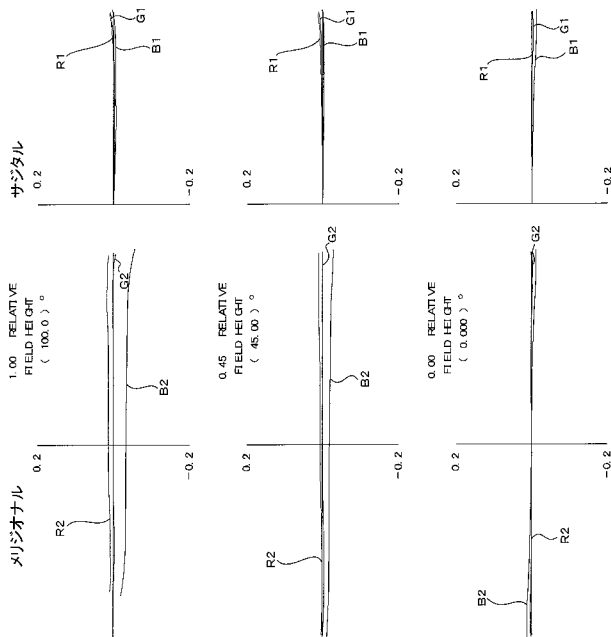
【図8】



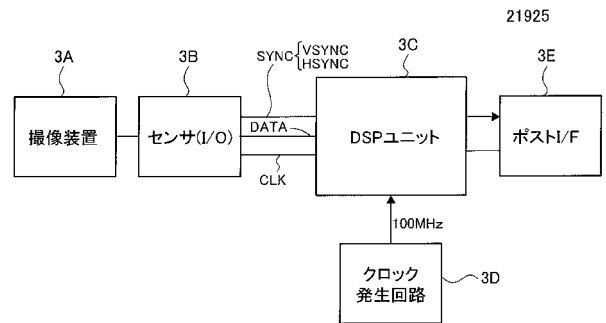
【図9】



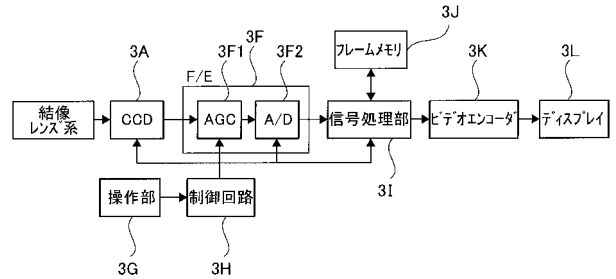
【図10】



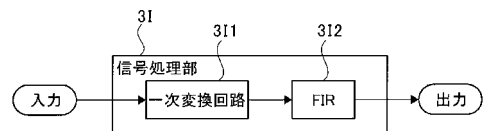
【図11】



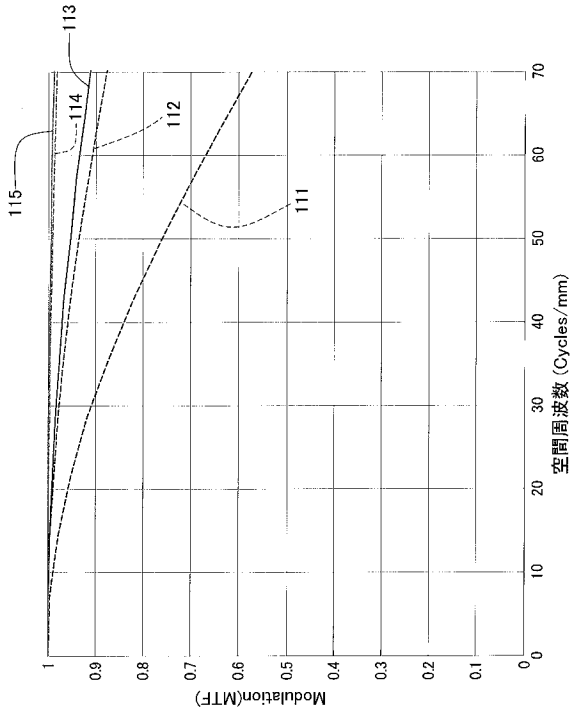
【図12】



【図13】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA03 LA03 PA05 PA17 PB05 QA02 QA07 QA17 QA22 QA25
QA34 QA41 QA45 RA04 RA05 RA12 RA13 RA32 RA42