

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2022-114764
(P2022-114764A)

(43)公開日 令和4年8月8日(2022.8.8)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
G 0 2 B 13/04 (2006.01)	G 0 2 B 13/04	D 2 H 0 8 7
B 6 0 R 11/02 (2006.01)	B 6 0 R 11/02	3 D 0 2 0
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G 0 2 B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全19頁)

(21)出願番号	特願2021-11187(P2021-11187)	(71)出願人	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
(22)出願日	令和3年1月27日(2021.1.27)	(74)代理人	100110412 弁理士 藤元 亮輔
		(74)代理人	100104628 弁理士 水本 敦也
		(74)代理人	100121614 弁理士 平山 倫也
		(72)発明者	高橋 真 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
		(72)発明者	桑代 慎 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

最終頁に続く

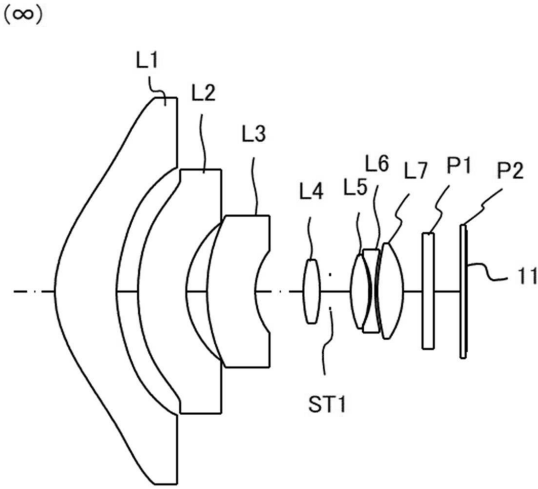
(54)【発明の名称】 光学系、撮像装置、車載システムおよび移動装置

(57)【要約】

【課題】十分な画角と解像度を有し、魚眼レンズと望遠レンズを両立する射影特性を備えた光学系を提供する。

【解決手段】光学系は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、3つ以上のレンズを含む前群と、開口絞りSTと、複数のレンズを含む後群からなる。最も拡大共役側のレンズL1は正レンズである。画角と像面での像高yとの関係を表す光学系の射影特性 $y(\theta)$ が、光学系の最大半画角を θ_{max} 、光学系の焦点距離をfとすると、 $1.80 \leq f \sin \theta_{max} / y(\theta_{max}) \leq 4.50$ なる条件を満足する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、3つ以上のレンズを含む前群と、開口絞りと、複数のレンズを含む後群からなる光学系であって、

最も拡大共役側のレンズは正レンズであり、

画角 θ と像高 y との関係を表す前記光学系の射影特性 $y(\theta)$ が、前記光学系の最大半画角を θ_{\max} 、前記光学系の焦点距離を f とするとき、

$$1.80 \leq f \sin \theta_{\max} / y(\theta_{\max}) \leq 4.50$$

なる条件を満足することを特徴とする光学系。

【請求項 2】

前記前群は、負レンズと、前記開口絞りに隣接する正レンズを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】

最も拡大共役側の前記正レンズの焦点距離を f_1 、該正レンズに隣接するレンズの焦点距離を f_2 とするとき、

$$0.1 \leq |f_2 / f_1| \leq 1.5$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記前群は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、前記正レンズと、負レンズと、正レンズまたは負レンズと、正レンズからなり、

前記後群は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、正レンズと、負レンズと、正レンズからなることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 5】

等距離射影 f の解像度が $y(\theta_{\max}) / \theta_{\max}$ と等しくなるときの半画角を θ_b とするとき、

$$0.20 \leq \theta_b / \theta_{\max} \leq 0.45$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 6】

最も拡大共役側の前記正レンズが非球面を備えることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 7】

最も拡大共役側の前記正レンズが、複数の変曲点を有する非球面を備えることを特徴とする請求項 6 に記載の光学系。

【請求項 8】

最も拡大共役側の前記正レンズが、光軸から径方向外側に向かって順に、拡大共役側に凸の形状、凹の形状および凸の形状を有する非球面を備えることを特徴とする請求項 7 に記載の光学系。

【請求項 9】

前記後群のうち最も縮小共役側のレンズが非球面を備えることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 10】

前記最も縮小共役側のレンズが、変曲点を有する非球面を備えることを特徴とする請求項 9 に記載の光学系。

【請求項 11】

$$\theta_{\max} \leq 50^\circ$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 12】

請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の光学系と、

該光学系を介して物体を撮像する撮像素子とを備えることを特徴とする撮像装置。

【請求項 13】

10

20

30

40

50

請求項 1 2 に記載の撮像装置と、

該撮像装置により取得される前記物体の距離情報に基づいて、車両と前記物体との衝突可能性を判定する判定部とを備えることを特徴とする車載システム。

【請求項 1 4】

前記車両と前記物体との衝突可能性が有ると判定された場合に、前記車両の駆動部に制動力を発生させる制御信号を出力する制御装置を備えることを特徴とする請求項 1 3 に記載の車載システム。

【請求項 1 5】

前記車両と前記物体との衝突可能性が有ると判定された場合に、前記車両のユーザに対して警告を行う警告装置を備えることを特徴とする請求項 1 3 または 1 4 に記載の車載システム。

10

【請求項 1 6】

前記車両と前記物体との衝突に関する情報を外部に通知する通知装置を備えることを特徴とする請求項 1 3 から 1 5 のいずれか一項に記載の車載システム。

【請求項 1 7】

請求項 1 2 に記載の撮像装置を備え、該撮像装置を保持して移動可能であることを特徴とする移動装置。

【請求項 1 8】

前記撮像装置によって得られた前記物体の距離情報に基づいて前記物体との衝突可能性を判定する判定部を有することを特徴とする請求項 1 7 に記載の移動装置。

20

【請求項 1 9】

前記物体との衝突可能性が有ると判定された場合に、移動を制御する制御信号を出力する制御部を備えることを特徴とする請求項 1 8 に記載の移動装置。

【請求項 2 0】

前記物体との衝突可能性が有ると判定された場合に、前記移動装置のユーザに対して警告を行う警告部を備えることを特徴とする請求項 1 7 または 1 9 に記載の移動装置。

【請求項 2 1】

前記物体との衝突に関する情報を外部に通知する通知部を備えることを特徴とする請求項 1 8 から 2 0 のいずれか一項に記載の移動装置。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、車載カメラ等の撮像装置に好適な光学系に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

車載カメラは、車両の周辺の画像データを取得して他車両や障害物等の視認に利用されている。このような車載カメラでは、解像度は低くても広い視野を実現する魚眼レンズや、画角は狭いが遠方を拡大して高い解像度を実現する望遠レンズ等の複数種類の光学系を備えることが多い。これに対して、特許文献 1、2 には、魚眼レンズと望遠レンズの両方の特性を含む射影特性を有する光学系が開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【特許文献 1】特開 2 0 1 8 - 0 8 7 9 3 8 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 2 0 - 0 5 6 8 4 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

しかしながら、特許文献 1 の光学系では、画角が小さいうえに、前群が 2 つのレンズで構成されており、十分な射影特性と高画質を実現できていない。また特許文献 2 の光学系

50

では、画角が小さいうえに、レンズ構成が魚眼レンズと望遠レンズを両立する射影特性を実現するには最適ではない。

【 0 0 0 5 】

本発明は、十分な画角と解像度を有し、魚眼レンズと望遠レンズを両立する射影特性を備えた光学系を提供する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明の一側面としての光学系は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、3つ以上のレンズを含む前群と、開口絞りと、複数のレンズを含む後群からなる光学系である。最も拡大共役側のレンズは正レンズである。画角 θ と像高 y との関係を表す光学系の射影特性 $y(\theta)$ が、光学系の最大半画角を θ_{\max} 、光学系の焦点距離を f とするとき、

$$1.80 \leq f \sin \theta_{\max} / y(\theta_{\max}) \leq 4.50$$

なる条件を満足することを特徴とする。なお、上記光学系を用いた撮像装置や、該撮像装置を用いた車載システムや移動装置も、本発明の他の一側面を構成する。

【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

本発明によれば、十分な画角と解像度を有し、魚眼レンズと望遠レンズを両立する射影特性を備えた光学系を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】実施例 1 の光学系の断面図。

【図 2】実施例 1 の光学系の収差図。

【図 3】実施例 1 の光学系の射影特性を示す図。

【図 4】実施例 1 の光学系の解像度特性を示す図。

【図 5】実施例 2 の光学系の断面図。

【図 6】実施例 2 の光学系の収差図。

【図 7】実施例 2 の光学系の射影特性を示す図。

【図 8】実施例 2 の光学系の解像度特性を示す図。

【図 9】実施例 3 の光学系の断面図。

【図 10】実施例 3 の光学系の収差図。

【図 11】実施例 3 の光学系の射影特性を示す図。

【図 12】実施例 3 の光学系の解像度特性を示す図。

【図 13】実施例 1 の光学系の曲率特性を示す図。

【図 14】各実施例の光学系を用いた車載システムのブロック図。

【図 15】車載システムを搭載した車両の要部概略図。

【図 16】車載システムの動作例を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。実施例 1 ~ 3 の具体的な説明に先立って、各実施例に共通する事項について説明する。

【 0 0 1 0 】

各実施例の光学系は、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、車載カメラ、携帯電話用カメラ、監視カメラ、ウェアラブルカメラ、医療用カメラ等の撮像装置に好適なものである。

【 0 0 1 1 】

図 1、図 5 および図 9 はそれぞれ、実施例 1、2 および 3 の光学系の光軸（一点鎖線）を含む断面を示している。各図は、光学系の撮像距離 l の状態を示している。

【 0 0 1 2 】

各図において、左側が拡大共役側であり、右側が縮小共役側である。各実施例の光学系は、拡大共役側に位置する不図示の物体からの光束を集光させて縮小共役側の像面（11

10

20

30

40

50

、 $21, 31$ ）に物体像を形成する結像（撮像）光学系である。像面には、ＣＣＤセンサやＣＭＯＳセンサ等の撮像素子の撮像面（受光面）が配置される。ただし、各実施例の光学系は、縮小共役側に配置された液晶パネル等の空間光変調素子からの光束を拡大共役側に配置されたスクリーン等の被投射面に投射するプロジェクタの投射光学系として使用することもできる。以下の説明では、光学系が、車載カメラの撮像光学系として用いられる場合について説明する。

【００１３】

各実施例の光学系は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、３つ以上のレンズを含む前群と、開口絞り（ $ST1, ST2, ST3$ ）と、複数のレンズを含む後群とにより構成されている。前群のうち最も拡大共役側のレンズ（ $L1, L21, L31$ ）は正の屈折力のレンズ（正レンズ）である。各実施例の光学系は、単一の光学系でありながら、十分な画角と周辺解像度を有しつつ、中心解像度も十分確保し、画角全体にわたって良好な光学性能を得るのに適切なレンズ構成を有する。なお、各実施例の光学系は、前群は少なくとも一つの負の屈折力のレンズ（負レンズ）を含み、前群のうち最も縮小共役側のレンズを正レンズとしている。

【００１４】

以下の説明において、画角 1 deg あたりの単位長を解像度（ mm / deg ）と定義し、画角 に対する像高 y の関係を射影特性 y （ ）と定義する。例えば一般的な f レンズは、各像高での解像度は一定であり、比例関係の射影特性を有する。また、光軸と最軸外主光線とがなす角度を最大半画角と定義する。

【００１５】

各実施例の光学系は、車載カメラにおいて、光軸近傍の第１の領域（中心領域）が前方監視用に使われ、第１の領域よりも軸外側（周辺側）の第２の領域（周辺領域）がフロントビュー用に使われる。この場合、第１の領域に対応する画角内では望遠機能を有することで高解像を実現し、第２の領域では魚眼機能により十分な画角を得るとともに画角全体にわたって良好な光学性能を実現する。

【００１６】

図３、図７および図１１はそれぞれ、実施例１、２および３の光学系の射影特性 y （ ）（図では「 y —射影特性」と記している）を示している。各実施例の射影特性は、 $y = f \sin$ で定義される正射影方式と同様に 90° と十分な画角を有する一方、正射影方式に比べて第１の領域での像高が高い。また、図４、図８および図１２はそれぞれ、実施例１、２および３の光学系の画角 ごとの解像度を表す解像度特性を示している。各実施例の解像度特性は、 $y = f$ で定義される等距離射影方式に比べて、第１の領域での解像度が高く、第２の領域での解像度は低い。

【００１７】

各実施例ではこのような射影特性および解像度特性を実現するために、上述したように開口絞りよりも拡大共役側の前群を３つ以上のレンズで構成し、前群（光学系）のうち最も拡大共役側のレンズの屈折力を正としている。さらに、拡大共役側から２番目のレンズ（ $L2, L22, L32$ ）の屈折力を負として、テレフォトタイプのレンズ構成としている。加えて、光学系全系の焦点距離を長く設定している。これらによって、コンパクトでありながら望遠効果を持たせて、第１の領域の解像度を増加させている。

【００１８】

具体的には、各実施例の光学系は、画角 と像面での像高 y との関係を表す射影特性を y （ ）、光学系の焦点距離（ mm ）を f 、光学系の最大半画角（ $^\circ$ ）を max とするとき、以下の条件式（１）を満足する。

$$1.80 \leq f \sin \text{max} / y(\text{max}) \leq 4.50 \quad (1)$$

$f \sin \text{max} / y(\text{max})$ が条件式（１）の下限を下回ると、望遠効果が弱くなりすぎて第１の領域で十分な解像度を得ることができないため、好ましくない。また、 $f \sin \text{max} / y(\text{max})$ が条件式（１）の上限を上回ると、望遠効果が強くなりすぎて良好な解像性能を実現することができないため、好ましくない。

【0019】

より良好な光学性能を得るために、以下の条件式(1)を満足することが好ましい。

$$1.85 \leq f \sin \theta_{\max} / y(\theta_{\max}) \leq 3.50 \quad (1)$$

さらに良好な光学性能を得るために、以下の条件式(1)を満足することが好ましい。

$$1.90 \leq f \sin \theta_{\max} / y(\theta_{\max}) \leq 3.00 \quad (1)$$

以上の条件を満足することで、単一の光学系でありながら、十分な画角と周辺解像度、さらには高い中心解像度を有し、画角全体にわたって良好な光学性能を有する光学系を得ることができる。

【0020】

各実施例の光学系は、十分な望遠性能を得るために、前述したように前群のうち最も拡大共役側のレンズL1の焦点距離f1が正であり、拡大共役側から2番目のレンズL2の焦点距離f2が負であるテレフォトタイプのレンズ構成としている。そしてこれらの焦点距離は、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$0.1 \leq |f_2 / f_1| \leq 1.5 \quad (2)$$

$|f_2 / f_1|$ が条件式(2)の下限を下回ると、正の屈折力が相対的に弱くなりすぎて望遠化が難しくなるため、好ましくない。 $|f_2 / f_1|$ が条件式(2)の上限を上回ると、正の屈折力が相対的に強くなりすぎて像面湾曲が大きくアンダーになり、良好な画質が得られなくなるため、好ましくない。

【0021】

より十分な望遠性能を得るために、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$0.2 \leq |f_2 / f_1| \leq 1.4 \quad (2)$$

さらに十分な望遠性能を得るために、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$0.3 \leq |f_2 / f_1| \leq 1.3 \quad (2)$$

また、等距離射影fの解像度が $y(\theta_{\max}) / \theta_{\max}$ と等しくなる半画角をbとすると、以下の条件式(3)を満足することにより前述した射影特性を実現しつつ、より良好な光学性能を実現することができる。

$$0.20 \leq b / \theta_{\max} \leq 0.45 \quad (3)$$

条件式(3)は、各実施例の光学系の解像度が等距離射影方式fの解像度と交わる画角(半画角b)に関する条件を示している。図4、図8および図12に示すように、各実施例の光学系では、射影特性を示す曲線(実線)がfの直線(破線)と最大半画角 $\theta_{\max} = 90^\circ$ に対して半画角 $b = 20^\circ \sim 35^\circ$ の範囲で交わっている。b以下の画角(第1の領域)ではfより高解像度が得られ、一方、 $\theta_{\max} = 90^\circ$ 近傍の周辺解像度もfより低いものの十分に確保することができている。

【0022】

b / θ_{\max} が条件式(3)の下限を下回ると、各図における交点の画角がさらに小さくなり、望遠効果が強くなりすぎて良好な解像性能を実現することができないため、好ましくない。逆に b / θ_{\max} が条件式(3)の上限を上回ると、望遠効果が弱くなりすぎて第1の領域で十分な解像度を実現することができないため、好ましくない。

【0023】

より良好な光学性能を得るためには、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

【0024】

$$0.25 \leq b / \theta_{\max} \leq 0.42 \quad (3)$$

さらに良好な光学性能を得るためには、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$0.30 \leq b / \theta_{\max} \leq 0.38 \quad (3)$$

さらに、各実施例の光学系では、上述した射影特性を実現しつつ良好な光学特性を得るために、歪曲収差と像面湾曲を良好に補正するレンズ構成としている。具体的には、軸外

10

20

30

40

50

光線が高い位置に入射するレンズ（ $L1$ 、 $L2$ 、 $L8$ 、 $L21$ 、 $L27$ 、 $L31$ 、 $L37$ ）における拡大共役側および縮小共役側のうち少なくとも一方の面を非球面とすることで、効果的に歪曲収差と像面湾曲を補正している。さらには、拡大共役側のレンズで主に射影特性を実現し、それ以降のレンズで像面湾曲を補正している。

【0025】

加えて、各実施例の光学系では、上述した射影特性を実現するために、非球面を変曲点を有する形状としている。変曲点とは、曲率 C の符号が切り替わる点（光軸を中心とする円）である。図13（a）～（d）は、実施例1の光学系の各非球面の光軸からの径方向高さ y （縦軸）と曲率 C （横軸）との関係を表す曲率（ $y-C$ ）特性を示す。図13（a）はレンズ $L1$ の拡大共役側の第1面の、（b）はレンズ $L1$ の縮小共役側の第2面の、（c）はレンズ $L7$ の拡大共役側の第14面の、（d）はレンズ $L7$ の縮小共役側の第15面の $y-C$ 特性をそれぞれ示している。

10

【0026】

図13（a）から分かるように、実施例1の光学系のレンズ $L1$ の拡大共役側の非球面が変曲点を有している。このようにレンズ $L1$ の拡大共役側の非球面に変曲点を持たせることで、第1の領域と第2の領域とで解像度を大きく変化させ、上述した射影特性を実現している。

【0027】

さらに、広画角化と上述した射影特性を両立するためには、拡大共役側の任意の非球面を、同一面内に複数の変曲点を有する形状とすることが好ましい。図13（a）に示したレンズ $L1$ の拡大共役側の非球面の曲率 C は、光軸近傍から軸外側（径方向外側）に向かって像高 y が変化するにつれて、まず曲率 C は正から6.3mm付近の変曲点で負に変化し、さらに軸外側の9.5mm付近の変曲点で正になる。すなわち、レンズ $L1$ の拡大共役側の非球面は2つの変曲点を有する。この非球面形状は以下の理由で形成されている。まず、光軸近傍では望遠効果を持たせるために非球面形状を拡大共役側に凸の形状とし、軸外に向かって徐々に解像度を低下させるために拡大共役側に凹の形状へと非球面形状を変化させている。さらに周辺付近の解像度を確保するために、再度、拡大共役側に凸の形状へと非球面形状を変化させている。

20

【0028】

また、図13（c）に示すように、実施例1において後群のうち最も縮小共役側に配置された、軸外主光線の入射高さが高いレンズ $L7$ により、効果的に像面湾曲を補正している。なお、レンズ $L7$ は、拡大共役側および縮小共役側のうち少なくとも一方の面が非球面であればよい。さらにレンズ $L7$ の非球面が変曲点を有してもよい。

30

【0029】

また、広画角になるほど上述した射影特性が効果的であるため、以下の条件式（4）を満足することが好ましい。

$$\max \quad 50^{\circ} \quad (4)$$

より好ましくは、

$$\max \quad 55^{\circ} \quad (4)$$

さらに好ましくは、

$$\max \quad 60^{\circ} \quad (4)$$

を満足するとよい。

40

【0030】

さらに、上述した射影特性と広画角、高画質を実現するために、以下のレンズ構成（屈折力配置）とすることが好ましい。すなわち、前群を、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ（正レンズ）と、負の屈折力の第2レンズ（負レンズ）と、正または負の屈折力の第3レンズ（正または負レンズ）と、正の屈折力の第4レンズ（正レンズ）により構成する。また、後群を、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、正の屈折力の第5レンズ（正レンズ）と、負の屈折力の第6レンズ（負レンズ）と、正の屈折力の第7レンズ（正レンズ）により構成する。

50

【 0 0 3 1 】

なお、以上の説明は本発明の実施例として最小限の必要な構成のものであり、実施例の構成が上記説明の内容に限定されるものではない。例えば、開口絞りの位置とは、軸外主光線が光軸と交わる位置近傍を表しており、物理的な開口絞りに限定されない。また、射影特性や変曲点の位置と数等も上記説明のものに限定されない。

【 0 0 3 2 】

以下、実施例 1 ～ 3 の光学系について具体的に説明する。

【 実施例 1 】

【 0 0 3 3 】

図 1 に示す実施例 1 の光学系は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、正の屈折力の第 1 レンズ L 1、負の屈折力の第 2 レンズ L 2、負の屈折力の第 3 レンズ L 3 および正の屈折力の第 4 レンズ L 4 を含む前群と、開口絞り S T 1 と、正の屈折力の第 5 レンズ L 5、負の屈折力の第 6 レンズ L 6 および正の屈折力の第 7 レンズ L 7 を含む後群とにより構成されている。図 1 において、P 1、P 2 はフィルター等のガラス平板である。

【 0 0 3 4 】

表 1 には、本実施例の具体的な数値例を示している。数値例において、 r_i は物体側から i 番目の面の曲率半径 (mm)、 d_i は i 番目と $(i + 1)$ 番目の面間のレンズ厚または空気間隔 (mm)、 n_i は第 i 面と第 $i + 1$ 面間の光学材料の d 線における屈折率である。 i は第 i 面と第 $i + 1$ 面間の光学材料の d 線を基準としたアップベ数である。

【 0 0 3 5 】

アップベ数 d は、フラウンホーファ線の d 線 (587.6 nm)、F 線 (486.1 nm)、C 線 (656.3 nm) における屈折率を N_d 、 N_F 、 N_C とするとき、

$$d = (N_d - 1) / (N_F - N_C) \text{ で表される。}$$

【 0 0 3 6 】

S T は開口絞りの位置である。面番号に付された「*」は、その面が非球面であることを意味する。非球面の形状は、 y を径方向での座標、 z を光軸方向での座標、 K を円錐定数、光の進行方向を正とし、 R を近軸曲率半径、 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F を非球面係数とすると、以下の式で表される。

$$z(y) = (y^2 / R_i) / [1 + \{1 - (1 + k)(y^2 / R_i^2)\}^{1/2}] + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + Ey^{12} + Fy^{14}$$

また、数値例における条件式 (1) ～ (4) に対応する値を表中の (C) にまとめて示す。さらに参考値として、 $y(\max)$ の値も示している。以上の数値例の説明は、他の実施例の数値例についても同じである。

【 0 0 3 7 】

表 1 の (C) に示すように、本実施例 (数値例 1) の光学系は条件式 (1) ～ (4) を満足している。

【 0 0 3 8 】

図 2 は、本実施例 (数値例 1) の撮像距離での縦収差図を示す。球面収差図において、実線は d 線 (波長 587.6 nm) に対する球面収差を示している。非点収差図において、実線 S はサジタル像面を、破線 T はメリディオナル像面を示している。歪曲収差は d 線に対するものを示している。これら縦収差図の説明は、他の実施例の縦収差図についても同じである。

【 0 0 3 9 】

前述したように、図 3 は本実施例の光学系の射影特性を示し、図 4 は本実施例の光学系の解像度特性を示している。

【 実施例 2 】

【 0 0 4 0 】

図 5 に示す実施例 2 の光学系は、実施例 1 に対して射影特性と屈折力配置が異なる実施例である。本実施例の光学系は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、正の屈折力の第 1 レンズ L 2 1、負の屈折力の第 2 レンズ L 2 2、正の屈折力の第 3 レンズ L 2 3

50

$$r19 = \quad \quad \quad d19 = \quad 0.10$$

(B) 非球面係数

	K	A	B	C	D	E	F
r1	-0.7428199	-5.19E-04	1.66E-06	-2.49E-08	5.58E-11	1.22E-12	-6.48E-15
r2	0.01008412	-2.11E-03	7.90E-05	-1.90E-06	2.90E-08	-2.17E-10	0
r3	0	3.75E-04	3.57E-06	-4.36E-08	-1.43E-09	-3.20E-11	0
r4	0	9.22E-04	-1.11E-04	9.53E-08	1.25E-07	2.22E-10	0
r14	-25.146264	1.14E-03	-3.51E-05	-1.16E-05	9.47E-07	0	0
r15	0	-5.44E-03	7.92E-04	-6.03E-05	2.05E-06	-2.46E-08	0

10

(C) 条件式の値

(1)	2.16
(2)	0.51
(3)	0.33
(4)	90

参考値

$y(\theta_{\max})$	3.70
--------------------	------

20

【 0 0 4 6 】

[表 2] 数値例 2

(A) レンズ構成(単位mm)

f (焦点距離) 8.60

F (開口比) 2.40

最大半画角 90.0°

*	r1 =	6.39	d1 =	2.85	n1 =	1.697	1 =	55.5
*	r2 =	9.32	d2 =	0.50				
	r3 =	9.52	d3 =	2.00	n2 =	1.860	2 =	36.0
	r4 =	3.97	d4 =	3.57				
	r5 =	-16.14	d5 =	1.53	n3 =	1.850	3 =	32.0
	r6 =	-10.06	d6 =	1.13				
	r7 =	-9.59	d7 =	2.00	n4 =	1.576	4 =	61.8
	r8 =	-6.11	d8 =	1.50				
ST	r9 =		d9 =	0.50				
	r10 =	4.53	d10 =	1.69	n5 =	1.487	5 =	70.2
	r11 =	-4.43	d11 =	0.50				
	r12 =	-3.76	d12 =	1.00	n6 =	1.850	6 =	32.0
	r13 =	261.47	d13 =	0.50				
	r14 =	9.24	d14 =	2.42	n7 =	1.686	7 =	55.9
*	r15 =	-15.32	d15 =	0.96				
	r16 =		d16 =	1.30	n8 =	1.516	8 =	64.1
	r17 =		d17 =	1.04				

30

40

50

(B) 非球面係数

	K	A	B	C	D	E	F
r1	-0.8846558	-2.39E-04	2.32E-06	-6.78E-08	-1.49E-10	2.35E-12	2.70E-14
r2	0	-8.85E-04	1.41E-06	9.46E-07	-2.83E-08	2.68E-10	0
r15	0	-3.00E-03	3.64E-04	-2.41E-05	1.14E-06	-1.88E-08	0

(C) 条件式の値

(1)	1.95
(2)	0.46
(3)	0.37
(4)	90

10

参考値

y(θ_{\max})	4.41
----------------------	------

【 0 0 4 7 】

[表 3] 数値例 3

(A) レンズ構成(単位mm)

20

f (焦点距離) 14.50

F (開口比) 2.40

最大半画角 60.0°

*	r1 =	14.30	d1 =	4.54	n1 =	1.861	1 =	37.1
*	r2 =	29.93	d2 =	2.11				
	r3 =	-78.81	d3 =	1.05	n2 =	1.963	2 =	24.1
	r4 =	41.30	d4 =	2.25				
	r5 =	-54.67	d5 =	0.88	n3 =	1.963	3 =	24.1
	r6 =	56.88	d6 =	3.51				
	r7 =	-99.86	d7 =	3.23	n4 =	1.923	4 =	27.3
	r8 =	-17.38	d8 =	10.33				
ST	r9 =		d9 =	0.84				
	r10 =	8.26	d10 =	2.011795757	n5 =	1.628	5 =	53.5
	r11 =	-6.64	d11 =	0.64				
	r12 =	-5.36	d12 =	0.31	n6 =	1.946	6 =	24.2
	r13 =	-48.45	d13 =	1.56				
*	r14 =	9.80	d14 =	4.48	n7 =	1.583	7 =	59.4
*	r15 =	-1000.00	d15 =	0.96				
	r16 =		d16 =	1.30	n8 =	1.516	8 =	64.1
	r17 =		d17 =	1.00				

40

50

(B) 非球面係数

	K	A	B	C	D	E
r1	-0.4951006	-2.28E-04	2.47E-06	-2.16E-08	6.87E-11	-5.44E-14
r2	3.304494	-4.53E-04	1.05E-05	-1.46E-07	1.04E-09	-2.86E-12
r14	0	-2.05E-03	2.68E-04	-2.65E-05	1.20E-06	-2.04E-08
r15	0	-1.18E-02	9.86E-04	-4.88E-05	1.25E-06	-1.23E-08

(C) 条件式の値

(1)	2.89
(2)	1.00
(3)	0.32
(4)	60

10

参考値

$y(\theta_{\max})$	4.34
--------------------	------

20

【 0 0 4 8 】

図 1 4 は、上述した各実施例の光学系を撮像光学系として用いた車載カメラ 1 0 とこれを備えた車載システム（運転支援装置）6 0 0 の構成を示している。車載システム 6 0 0 は、自動車（車両）等の移動可能な移動体（移動装置）により保持され、車載カメラ 1 0 により取得した車両の周囲の画像情報に基づいて車両の運転（操縦）を支援するためのシステムである。

【 0 0 4 9 】

図 1 5 は、車載システム 6 0 0 を備えた移動装置としての車両 7 0 0 を示している。図 1 5 においては、車載カメラ 1 0 の撮像範囲 5 0 を車両 7 0 0 の前方に設定した場合を示しているが、撮像範囲 5 0 を車両 7 0 0 の後方や側方などに設定してもよい。

30

【 0 0 5 0 】

図 1 5 に示すように、車載システム 6 0 0 は、車載カメラ 1 0 と、車両情報取得装置 2 0 と、制御装置（制御部、ECU：エレクトロニックコントロールユニット）3 0 と、警告装置（警告部）4 0 とを備える。また、車載カメラ 1 0 は、撮像部 1 と、画像処理部 2 と、視差算出部 3 と、距離取得部（取得部）4 と、衝突判定部 5 とを備えている。画像処理部 2、視差算出部 3、距離取得部 4、及び衝突判定部 5 で、処理部が構成されている。撮像部 1 は、上述した各実施例の光学系と撮像素子とを有する。

【 0 0 5 1 】

図 1 6 のフローチャートは、車載システム 6 0 0 の動作例を示す。ステップ S 1 では、撮像部 1 を用いて車両の周囲の障害物や歩行者などの対象物（被写体）を撮像し、複数の画像データ（視差画像データ）を取得する。

40

【 0 0 5 2 】

ステップ S 2 では、車両情報取得装置 2 0 により車両情報の取得を行う。車両情報とは、車両の車速、ヨーレート、舵角などを含む情報である。

【 0 0 5 3 】

ステップ S 3 では、撮像部 1 により取得された複数の画像データに対して、画像処理部 2 により画像処理を行う。具体的には、画像データにおけるエッジの量や方向、濃度値などの特徴量を解析する画像特徴解析を行う。ここで、画像特徴解析は、複数の画像データの夫々に対して行ってもよいし、複数の画像データのうち一部の画像データのみに対して行ってもよい。

50

【 0 0 5 4 】

ステップ S 4 では、撮像部 1 により取得された複数の画像データ間の視差（像ずれ）情報を、視差算出部 3 によって算出する。視差情報の算出方法としては、SSDA 法や面積相関法等の既知の方法を用いることができるため、ここでは説明を省略する。なお、ステップ S 2 , S 3 , S 4 は、上記の順番に行われてもよいし、互いに並列して処理を行われてもよい。

【 0 0 5 5 】

ステップ S 5 では、撮像部 1 により撮像した対象物との間隔情報を、距離取得部 4 によって取得（算出）する。距離情報は、視差算出部 3 により算出された視差情報と、撮像部 1 の内部パラメータおよび外部パラメータとに基づいて算出することができる。なお、こ
10
こでの距離情報とは、対象物との間隔、デフォーカス量、像ズレ量、などの対象物との相対位置に関する情報のことであり、画像内における対象物の距離値を直接的に表すもので、距離値に対応する情報を間接的に表すものでよい。

【 0 0 5 6 】

そして、ステップ S 6 では、車両情報取得装置 2 0 により取得された車両情報や、距離取得部 4 により算出された距離情報を用いて、対象物までの距離が予め設定された設定距離の範囲内に含まれるか否かの判定を衝突判定部 5 によって行う。これにより、車両の周囲の設定距離内に対象物が存在するか否かを判定し、車両と対象物との衝突可能性を判定することができる。衝突判定部 5 は、設定距離内に対象物が存在する場合は「衝突可能性
20
あり」と判定し（ステップ S 7 ）、設定距離内に対象物が存在しない場合は「衝突可能性なし」と判定する（ステップ S 8 ）。

【 0 0 5 7 】

次に、衝突判定部 5 は、「衝突可能性あり」と判定した場合、その判定結果を制御装置 3 0 や警告装置 4 0 に対して通知（送信）する。このとき、制御装置 3 0 は、衝突判定部 5 での判定結果に基づいて車両を制御し（ステップ S 6 ）、警告装置 4 0 は、衝突判定部 5 での判定結果に基づいて車両のユーザ（運転者、搭乗者）への警告を行う（ステップ S 7 ）。なお、判定結果の通知は、制御装置 3 0 及び警告装置 4 0 の少なくとも一方に対して行えばよい。

【 0 0 5 8 】

制御装置 3 0 は、車両の駆動部（エンジンやモータ等）に対して制御信号を出力することで、車両の移動を制御することができる。例えば、車両においてブレーキをかける、アクセルを戻す、ハンドルを切る、各輪に制動力を発生させる制御信号を生成してエンジンやモータの出力を抑制するなどの制御を行う。また、警告装置 4 0 は、ユーザに対して、例えば警告音（警報）を発する、カーナビゲーションシステムなどの画面に警告情報を表示する、シートベルトやステアリングに振動を与えるなどの警告を行う。

【 0 0 5 9 】

以上説明した車載システム 6 0 0 によれば、上記処理により、効果的に対象物の検知を行うことができ、車両と対象物との衝突を回避することが可能になる。特に、上述した各実施例の光学系を車載システム 6 0 0 に適用することで、車載カメラ 1 0 の全体を小型化して配置自由度を高めつつ、広画角にわたって対象物の検知および衝突判定を行うことが
40
可能になる。

【 0 0 6 0 】

なお、距離情報の算出については、様々な方法を採用得るが、例として、撮像部 1 が有する撮像素子として、二次元アレイ状に規則的に配列された複数の画素部を有する瞳分割型の撮像素子を採用した場合について説明する。瞳分割型の撮像素子において、一つの画素部は、マイクロレンズと複数の光電変換部とから構成され、光学系の瞳における異なる領域を通過する一対の光束を受光し、対をなす画像データを各光電変換部から出力することができる。

【 0 0 6 1 】

そして、対をなす画像データ間の相関演算によって各領域の像ずれ量が算出され、距離
50

取得部 4 により像ずれ量の分布を表す像ずれマップデータが算出される。あるいは、距離取得部 4 は、その像ずれ量をさらにデフォーカス量に換算し、デフォーカス量の分布（撮像画像の 2 次元平面上の分布）を表すデフォーカスマップデータを生成してもよい。また、距離取得部 4 は、デフォーカス量から変換される対象物との間隔の距離マップデータを取得してもよい。

【0062】

また、車載システム 600 や移動装置 700 は、万が一移動装置 700 が障害物に衝突した場合に、その旨を車載システムの製造元（メーカー）や移動装置の販売元（ディーラー）などに通知するための通知装置（通知部）を備えていてもよい。例えば、通知装置としては、移動装置 700 と障害物との衝突に関する情報（衝突情報）を予め設定された外部の通知先に対して電子メールなどによって送信するもの採用することができる。

10

【0063】

このように、通知装置によって衝突情報を自動通知する構成を採ることにより、衝突が生じた後に点検や修理などの対応を速やかに行うことができる。なお、衝突情報の通知先は、保険会社、医療機関、警察などや、ユーザが設定した任意のものであってもよい。また、衝突情報に限らず、各部の故障情報や消耗品の消耗情報を通知先に通知するように通知装置を構成してもよい。衝突の有無の検知については、上述した受光部 2 からの出力に基づいて取得された距離情報を用いて行ってもよいし、他の検知部（センサ）によって行ってもよい。

【0064】

20

なお、車載システム 600 を運転支援（衝突被害軽減）に適用する場合について説明したが、これに限らず、車載システム 600 をクルーズコントロール（全車速追従機能付を含む）や自動運転などに適用してもよい。また、車載システム 600 は、自動車等の車両に限らず、例えば船舶や航空機、産業用ロボットなどの移動体に適用することができる。また、移動体に限らず、高度道路交通システム（ITS）等の物体認識を利用する種々の機器に適用することができる。

【0065】

以上説明した各実施例は代表的な例にすぎず、本発明の実施に際しては、各実施例に対して種々の変形や変更が可能である。

【符号の説明】

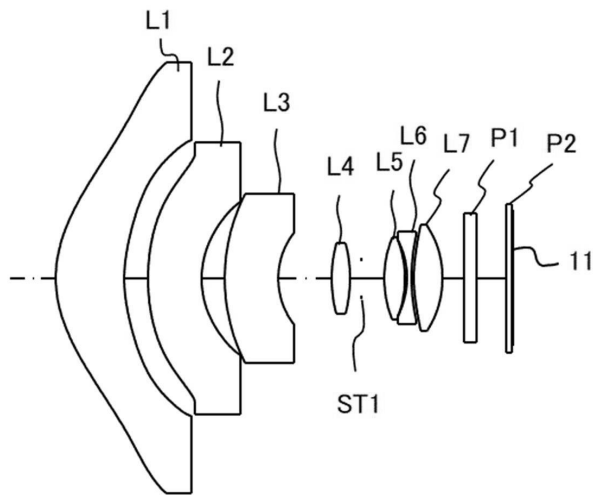
30

【0066】

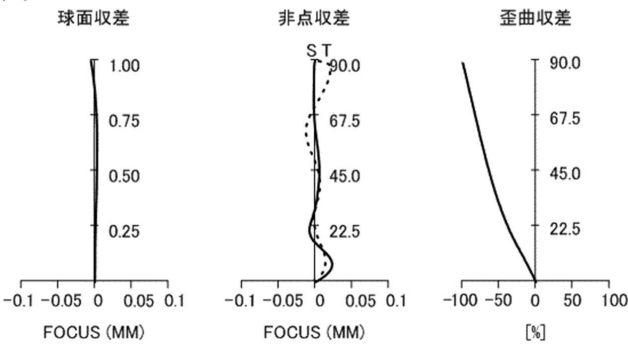
L 1 , L 2 1 , L 3 1 第 1 レンズ
L 2 , L 2 2 , L 3 2 第 2 レンズ
L 3 , L 2 3 , L 3 3 第 3 レンズ
L 4 , L 2 4 , L 3 4 第 4 レンズ
L 5 , L 2 5 , L 3 5 第 5 レンズ
L 6 , L 2 6 , L 3 6 第 6 レンズ
L 7 , L 2 7 , L 3 7 第 7 レンズ
1 1 , 2 1 , 3 1 像面
S T 1 , S T 2 , S T 3 開口絞り

40

【 図 面 】
【 図 1 】
(∞)

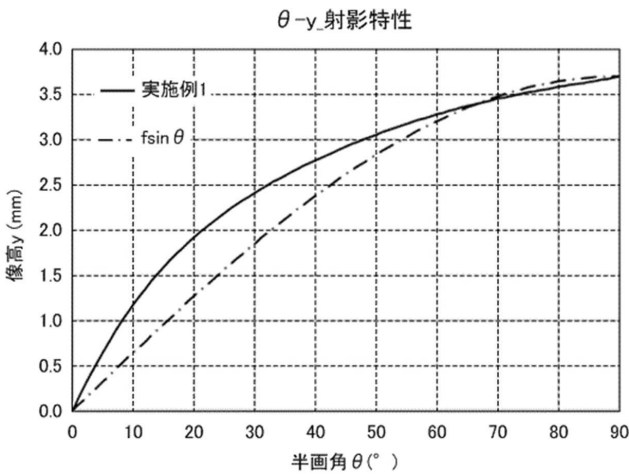


【 図 2 】
(∞)



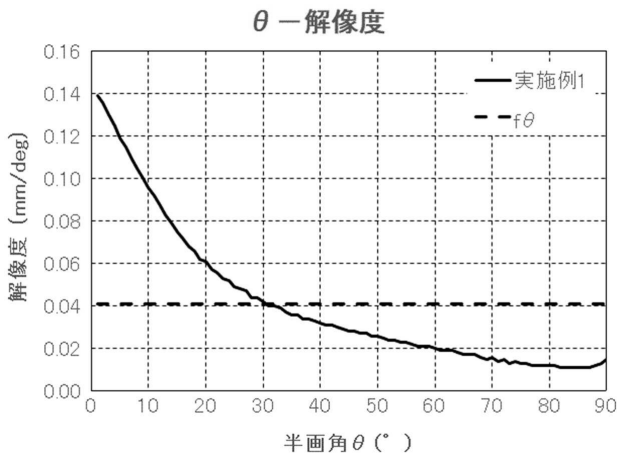
10

【 図 3 】



20

【 図 4 】

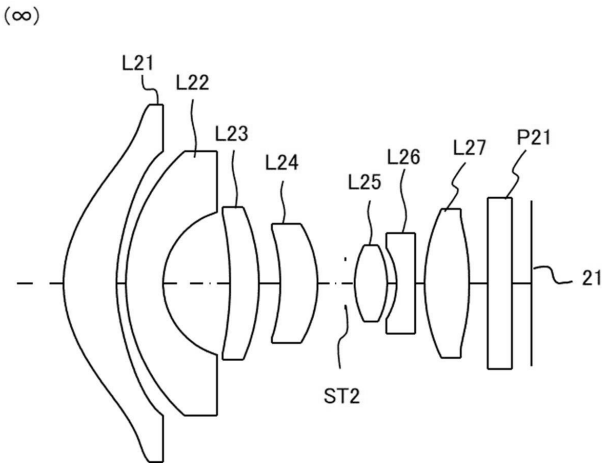


30

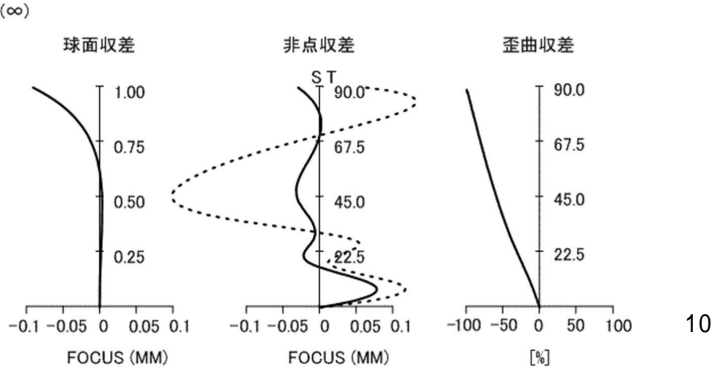
40

50

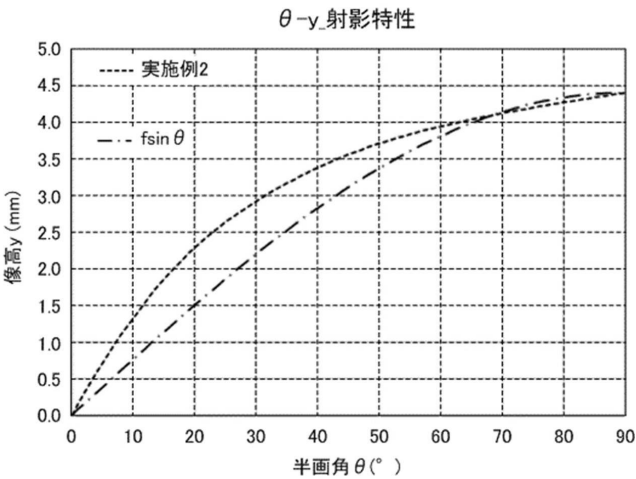
【 図 5 】



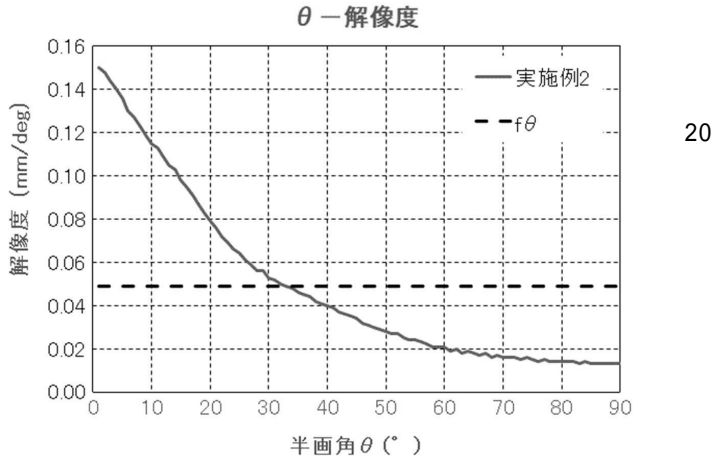
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



10

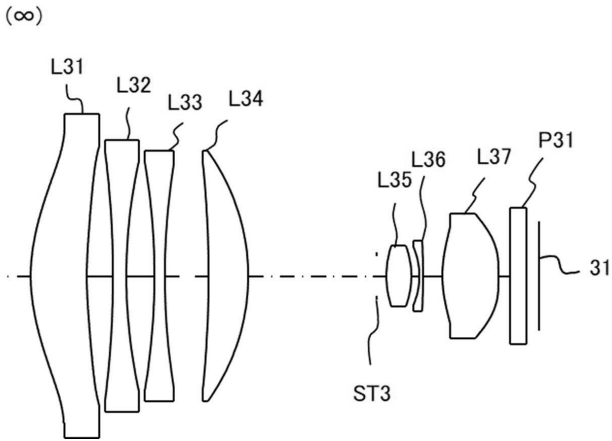
20

30

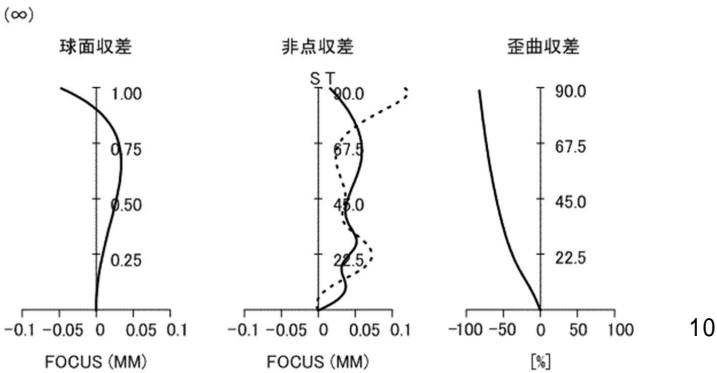
40

50

【 図 9 】

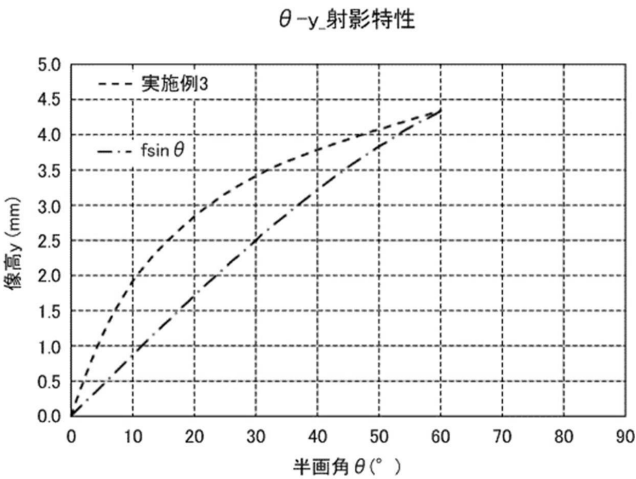


【 図 1 0 】

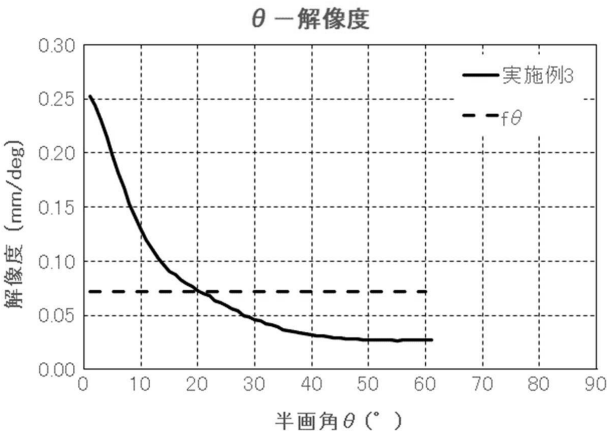


10

【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



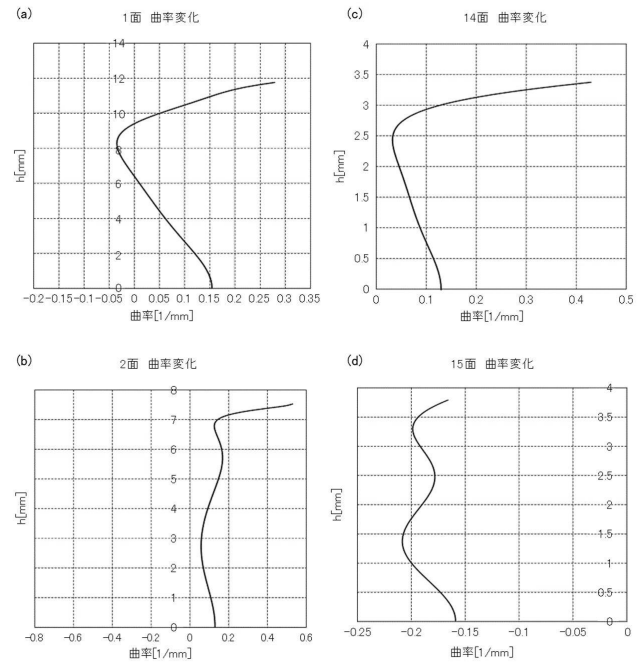
20

30

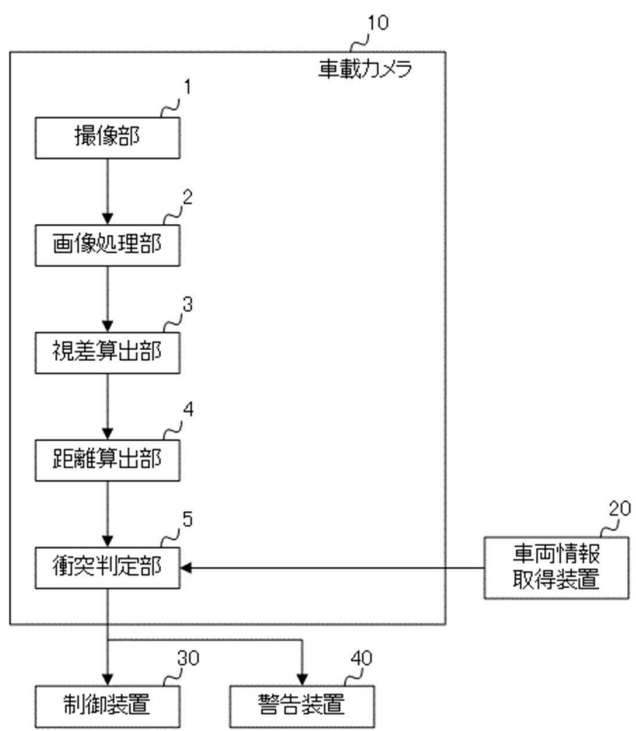
40

50

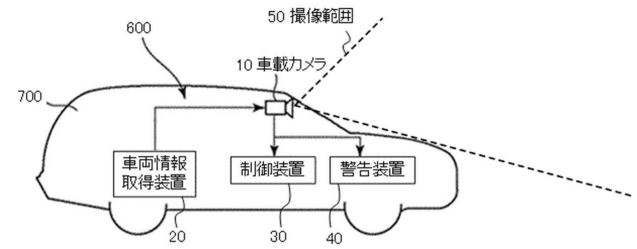
【図 1 3】



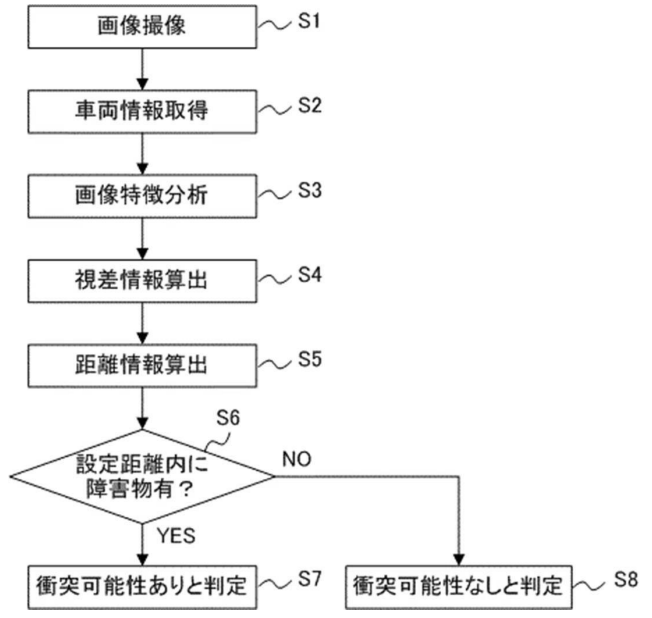
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

F ターム (参考) 2H087 KA02 LA07 PA07 PA17 PB07 QA02 QA07 QA12 QA22 QA25
 QA26 QA34 QA42 QA45 RA04 RA05 RA12 RA13 RA32 RA43 RA44
 3D020 BA20 BE03