

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7140136号
(P7140136)

(45)発行日 令和4年9月21日(2022.9.21)

(24)登録日 令和4年9月12日(2022.9.12)

(51)国際特許分類 F I
G 0 2 B 15/14 (2006.01) G 0 2 B 15/14
G 0 2 B 13/18 (2006.01) G 0 2 B 13/18

請求項の数 7 (全42頁)

(21)出願番号	特願2019-549304(P2019-549304)	(73)特許権者	000002185
(86)(22)出願日	平成30年10月16日(2018.10.16)		ソニーグループ株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2018/038553		東京都港区港南1丁目7番1号
(87)国際公開番号	WO2019/078222	(74)代理人	110001357弁理士法人つばさ国際特許事務所
(87)国際公開日	平成31年4月25日(2019.4.25)		
審査請求日	令和3年8月31日(2021.8.31)	(72)発明者	大竹 基之
(31)優先権主張番号	特願2017-201275(P2017-201275)		東京都港区港南1丁目7番1号 ソニーイメージングプロダクツ&ソリューションズ株式会社内
(32)優先日	平成29年10月17日(2017.10.17)	(72)発明者	松井 拓未
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		東京都港区港南1丁目7番1号 ソニーイメージングプロダクツ&ソリューションズ株式会社内
		(72)発明者	カム マーカス
			ドイツ連邦共和国 シュトゥットガルト
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 可変焦点距離レンズ系および撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から像面側に向かって順に、

少なくとも1つのレンズ面が自由曲面とされた第1のレンズエレメントからなる第1レンズユニットと、

少なくとも1つのレンズ面が自由曲面とされた第2のレンズエレメントからなる第2レンズユニットと、

開口絞りを有し、回転対称な形状のレンズで構成された第3レンズユニットとで構成され、

前記第3レンズユニットの光軸をZ軸、像面上で前記Z軸に直交する軸をY軸、像面上で前記Y軸と前記Z軸とに直交する軸をX軸としたとき、

前記第1のレンズエレメントおよび前記第2のレンズエレメントはそれぞれ、X-Z断面内では前記光軸を中心に対称な形状で、Y-Z断面内では前記光軸を中心に非対称な形状であり、

前記第1レンズユニットと前記第2レンズユニットは、

前記Y軸方向に互いに異なる移動量で、かつ互いに逆向きに移動することにより、前記第1レンズユニットと前記第2レンズユニットとの合成屈折力が可変であり、前記合成屈折力の変化に伴う像面位置の変動を補償するように、少なくとも前記第3レンズユニットが光軸方向に移動する

可変焦点距離レンズ系。

【請求項 2】

さらに以下の条件式を満足する

請求項 1 に記載の可変焦点距離レンズ系。

$$0.04 < |\phi 1 W| \cdot f w < 0.25 \quad \dots (1)$$

$$0.10 < |\phi 2 W| \cdot f w < 0.30 \quad \dots (2)$$

ただし、

$\phi 1 W$ ：前記第 1 のレンズエレメントの広角端状態における前記 X 軸方向の屈折力

$\phi 2 W$ ：前記第 2 のレンズエレメントの広角端状態における前記 X 軸方向の屈折力

$f w$ ：広角端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

とする。

10

【請求項 3】

さらに以下の条件式を満足する

請求項 1 に記載の可変焦点距離レンズ系。

$$0.20 < |\phi 1 T| \cdot f t < 0.60 \quad \dots (3)$$

$$0 < |\phi 2 T| \cdot f t < 0.40 \quad \dots (4)$$

ただし、

$\phi 1 T$ ：前記第 1 のレンズエレメントの望遠端状態における前記 X 軸方向の屈折力

$\phi 2 T$ ：前記第 2 のレンズエレメントの望遠端状態における前記 X 軸方向の屈折力

$f t$ ：望遠端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

とする。

20

【請求項 4】

さらに以下の条件式を満足する

請求項 1 に記載の可変焦点距離レンズ系。

$$|\phi 1 2 W X - \phi 1 2 W Y| \cdot f w < 0.06 \quad \dots (5)$$

$$|\phi 1 2 T X - \phi 1 2 T Y| \cdot f t < 0.06 \quad \dots (6)$$

ただし、

$\phi 1 2 W X$ ：広角端状態における前記第 1 のレンズエレメントと前記第 2 のレンズエレメントとの前記 X 軸方向の合成屈折力

$\phi 1 2 W Y$ ：広角端状態における前記第 1 のレンズエレメントと前記第 2 のレンズエレメントとの前記 Y 軸方向の合成屈折力

30

$\phi 1 2 T X$ ：望遠端状態における前記第 1 のレンズエレメントと前記第 2 のレンズエレメントとの前記 X 軸方向の合成屈折力

$\phi 1 2 T Y$ ：望遠端状態における前記第 1 のレンズエレメントと前記第 2 のレンズエレメントとの前記 Y 軸方向の合成屈折力

$f w$ ：広角端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

$f t$ ：望遠端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

とする。

【請求項 5】

被写体距離が無限遠位置から近距離まで移動する際に、前記第 3 レンズユニットが光軸方向に移動し、

40

さらに以下の条件式を満足する

請求項 1 に記載の可変焦点距離レンズ系。

$$0.9 < |\phi 1 2 W X / \phi 1 2 W Y| < 1.25 \quad \dots (7)$$

$$0.9 < |\phi 1 2 T X / \phi 1 2 T Y| < 1.1 \quad \dots (8)$$

ただし、

$\phi 1 2 W X$ ：広角端状態における前記第 1 のレンズエレメントと前記第 2 のレンズエレメントとの前記 X 軸方向の合成屈折力

$\phi 1 2 W Y$ ：広角端状態における前記第 1 のレンズエレメントと前記第 2 のレンズエレメントとの前記 Y 軸方向の合成屈折力

$\phi 1 2 T X$ ：望遠端状態における前記第 1 のレンズエレメントと前記第 2 のレンズエレ

50

メントとの前記 X 軸方向の合成屈折力

$\phi 12TY$: 望遠端状態における前記第 1 のレンズエレメントと前記第 2 のレンズエレメントとの前記 Y 軸方向の合成屈折力とする。

【請求項 6】

さらに以下の条件式を満足する

請求項 1 に記載の可変焦点距離レンズ系。

$$0.5 < \Delta 1 / f_t < 0.9 \quad \dots\dots (9)$$

$$0.5 < \Delta 2 / f_t < 0.9 \quad \dots\dots (10)$$

ただし、

$\Delta 1$: 広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際の前記第 1 レンズユニットの前記 Y 軸方向の移動量

$\Delta 2$: 広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際の前記第 2 レンズユニットの前記 Y 軸方向の移動量

f_t : 望遠端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

とする。

【請求項 7】

可変焦点距離レンズ系と、前記可変焦点距離レンズ系によって形成された光学像に応じた撮像信号を出力する撮像素子とを含み、

前記可変焦点距離レンズ系は、

物体側から像面側に向かって順に、

少なくとも 1 つのレンズ面が自由曲面とされた第 1 のレンズエレメントからなる第 1 レンズユニットと、

少なくとも 1 つのレンズ面が自由曲面とされた第 2 のレンズエレメントからなる第 2 レンズユニットと、

開口絞りを通し、回転対称な形状のレンズで構成された第 3 レンズユニットとで構成され、

前記第 3 レンズユニットの光軸を Z 軸、像面上で前記 Z 軸に直交する軸を Y 軸、像面上で前記 Y 軸と前記 Z 軸とに直交する軸を X 軸としたとき、

前記第 1 のレンズエレメントおよび前記第 2 のレンズエレメントはそれぞれ、X-Z 断面内では前記光軸を中心に対称な形状で、Y-Z 断面内では前記光軸を中心に対称な形状であり、

前記第 1 レンズユニットと前記第 2 レンズユニットは、

前記 Y 軸方向に互いに異なる移動量で、かつ互いに逆向きに移動することにより、前記第 1 レンズユニットと前記第 2 レンズユニットとの合成屈折力が可変であり、前記合成屈折力の変化に伴う像面位置の変動を補償するように、少なくとも前記第 3 レンズユニットが光軸方向に移動する

撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、可変焦点距離レンズ系、および撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、カメラにおける記録手段として、CCD (Charge Coupled Device) や CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の光電変換素子を用いた撮像素子によって、撮像素子面上に形成された被写体像を、各光電変換素子によって被写体像の光量を電氣的出力に変換して、記録する方法が知られている。近年の微細加工技術の技術進歩に伴い、中央演算処理装置 (CPU) の高速化や記憶媒体の高集積化が図られ、それまでは取り扱えなかったような大容量の画像データが高速処理できるようになってき

10

20

30

40

50

た。特に、CPUの高速化により、歪曲収差や倍率色収差といった収差補正が撮影後に本体内で行われるようになってきた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】米国特許第3305294号明細書

特開2007-4063号公報

【発明の概要】

【0004】

上記したカメラに適した小型で高性能なズームレンズの開発が望まれている。

【0005】

少ないレンズ枚数で広角端状態から望遠端状態まで良好な結像性能を実現することが可能となる可変焦点距離レンズ系、およびそのような可変焦点距離レンズ系を搭載した撮像装置を提供することが望ましい。

【0006】

本開示の一実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系は、物体側から像面側に向かって順に、少なくとも1つのレンズ面が自由曲面とされた第1のレンズエレメントからなる第1レンズユニットと、少なくとも1つのレンズ面が自由曲面とされた第2のレンズエレメントからなる第2レンズユニットと、開口絞りを有し、回転対称な形状のレンズで構成された第3レンズユニットとで構成され、第3レンズユニットの光軸をZ軸、像面上でZ軸に直交する軸をY軸、像面上でY軸とZ軸とに直交する軸をX軸としたとき、第1のレンズエレメントおよび第2のレンズエレメントはそれぞれ、X-Z断面内では光軸を中心に対称な形状で、Y-Z断面内では光軸を中心にならず非対称な形状であり、第1レンズユニットと第2レンズユニットは、Y軸方向に互いに異なる移動量で、かつ互いに逆向きに移動することにより、第1レンズユニットと第2レンズユニットとの合成屈折力が可変であり、合成屈折力の変化に伴う像面位置の変動を補償するように、少なくとも第3レンズユニットが光軸方向に移動するように構成されているものである。

【0007】

本開示の一実施の形態に係る撮像装置は、可変焦点距離レンズ系と、可変焦点距離レンズ系によって形成された光学像に応じた撮像信号を出力する撮像素子とを含み、可変焦点距離レンズ系を、上記本開示の一実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系によって構成したものである。

【0008】

本開示の一実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系、または撮像装置では、自由曲面を含む第1レンズユニットと第2レンズユニットとが、光軸に直交する方向に互いに逆向きに移動することにより、合成屈折力が変化する。その合成屈折力の変化に伴う像面位置の変動を補償するように、少なくとも第3レンズユニットが光軸方向に移動する。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本開示の一実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系の概要を示す説明図である。

【図2】一実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系の第1の構成例を示すレンズ断面図である。

【図3】図2に示した可変焦点距離レンズ系に具体的な数値を適用した数値実施例1における広角端状態でのスポットダイヤグラムを示す図である。

【図4】図2に示した可変焦点距離レンズ系に具体的な数値を適用した数値実施例1における望遠端状態でのスポットダイヤグラムを示す図である。

【図5】図2に示した可変焦点距離レンズ系に具体的な数値を適用した数値実施例1における広角端状態での歪曲収差を示す図である。

【図6】図2に示した可変焦点距離レンズ系に具体的な数値を適用した数値実施例1における望遠端状態での歪曲収差を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 7】一実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系の第 2 の構成例を示すレンズ断面図である。

【図 8】図 7 に示した可変焦点距離レンズ系に具体的な数値を適用した数値実施例 2 における広角端状態でのスポットダイヤグラムを示す図である。

【図 9】図 7 に示した可変焦点距離レンズ系に具体的な数値を適用した数値実施例 2 における望遠端状態でのスポットダイヤグラムを示す図である。

【図 10】図 7 に示した可変焦点距離レンズ系に具体的な数値を適用した数値実施例 2 における広角端状態での歪曲収差を示す図である。

【図 11】図 7 に示した可変焦点距離レンズ系に具体的な数値を適用した数値実施例 2 における望遠端状態での歪曲収差を示す図である。

10

【図 12】一実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系の第 3 の構成例を示すレンズ断面図である。

【図 13】図 12 に示した可変焦点距離レンズ系に具体的な数値を適用した数値実施例 3 における広角端状態でのスポットダイヤグラムを示す図である。

【図 14】図 12 に示した可変焦点距離レンズ系に具体的な数値を適用した数値実施例 3 における望遠端状態でのスポットダイヤグラムを示す図である。

【図 15】図 12 に示した可変焦点距離レンズ系に具体的な数値を適用した数値実施例 3 における広角端状態での歪曲収差を示す図である。

【図 16】図 12 に示した可変焦点距離レンズ系に具体的な数値を適用した数値実施例 3 における望遠端状態での歪曲収差を示す図である。

20

【図 17】撮像装置の一構成例を示すブロック図である。

【図 18】車両制御システムの概略的な構成の一例を示すブロック図である。

【図 19】車外情報検出部及び撮像部の設置位置の一例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本開示の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

【0011】

1. レンズの基本構成
2. 作用・効果
3. 撮像装置への適用例
4. レンズの数値実施例
5. 応用例
6. その他の実施の形態

30

【0012】

< 1. レンズの基本構成 >

従来より、複数の可動レンズ群を備え、それら複数の可動レンズ群を光軸方向に移動させることで像面位置を一定に保ったまま、焦点距離を変化させる可変焦点距離レンズ系（ズームレンズ）が知られている。

【0013】

また、回転対称な軸を持たない自由曲面レンズを光軸に垂直な方向に移動させて画角を変化させる可変焦点距離レンズ系が知られている（特許文献 1（米国特許第 3305294 号明細書）、および特許文献 2（特開 2007-4063 号公報））。

40

【0014】

しかしながら、上記特許文献 1 には、自由曲面レンズを用いる概念的な構成が記載されているのみであり、具体的な可変焦点距離レンズ系の構成は記載されていない。

【0015】

上記特許文献 2 には、2 か所に自由曲面レンズを 2 枚ずつ配置することでズーム部とコンペンサータ部とに分離し、2 か所において各自由曲面レンズをそれぞれ異なる方向に移動させることにより、変倍を行うレンズ系が開示されている。

50

【0016】

特許文献2に記載のレンズ系では、自由曲面レンズが4枚と非常に多い。自由曲面は加工が難しいために、枚数が多くなると、製造を含めて安定した光学品質を得ることが困難である。さらに、各自由曲面レンズが独立して移動するために、枚数が多くなると、各自由曲面レンズの位置制御が困難となる。

【0017】

そこで、少ないレンズ枚数で広角端状態から望遠端状態まで良好な結像性能を実現することが可能となる可変焦点距離レンズ系の開発が望まれる。

【0018】

以下の本開示の一実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系は、画角が可変のレンズ系に関し、特に画角が最も広がる広角端状態で28～35mm程度（35mm換算）、開放F値が2.8～5.6程度で、ズーム比が2倍程度のズームレンズに適している。

【0019】

図1は、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系の概要を示している。図2は、本実施の形態に係る第1の構成例の可変焦点距離レンズ系1を示している。図7は、第2の構成例の可変焦点距離レンズ系2を示している。図12は、第3の構成例の可変焦点距離レンズ系3を示している。これらの構成例に具体的な数値を適用した数値実施例は後述する。図1等において、Z1は光軸を示す。可変焦点距離レンズ系1～3と像面Simgとの間には、撮像素子保護用のカバーガラスCGや各種の光学フィルタ等の光学部材が配置されていてもよい。

以下、本開示の一実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系の構成を、適宜図2等にしした各構成例の可変焦点距離レンズ系1～3に対応付けて説明するが、本開示による技術は、図示した構成例に限定されるものではない。

【0020】

本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系は、物体側から像面側に向かって順に、第1レンズユニットG1と、第2レンズユニットG2と、第3レンズユニットG3との実質的に3つのレンズユニットで構成されている。

【0021】

第1レンズユニットG1は、少なくとも1つのレンズ面が自由曲面とされた第1のレンズエレメントL1からなる。

【0022】

第2レンズユニットG2は、少なくとも1つのレンズ面が自由曲面とされた第2のレンズエレメントL2からなる。

【0023】

第3レンズユニットG3は、開口絞りStを有し、回転対称な形状のレンズで構成されている。

【0024】

一般的なズームレンズでは、球面レンズや非球面レンズといった回転対称な形状のレンズが使われ、少なくとも2つの可動レンズ群が光軸方向に移動する構成となっている。具体的には一方の可動レンズ群が移動して、それに伴う像面位置の変化をもう一方の可動レンズ群が補償するように移動する構成となっている。

【0025】

一方で、上記特許文献2等で開示される可変焦点距離レンズ系では、4枚の自由曲面レンズが配置され、いずれもが光軸に垂直な方向にシフトする構成となっている。そして、物体側に配置される2枚の自由曲面レンズが互いに逆向きにシフトすることにより、レンズ系全体の屈折力を変化させ、それに伴う像面位置の変化を像側に配置される他の2枚の自由曲面レンズが互いに逆向きにシフトすることにより、補償する構成となっている。

【0026】

これに対して、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系は、第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2との2枚の自由曲面レンズが、光軸Z1に垂直な方向

10

20

30

40

50

に互いに逆向きに移動する。これにより、2枚の自由曲面レンズの合成屈折力を変化させて、それに伴う像面位置の変化を第3レンズユニットG3が光軸Z1方向に移動することにより、像面位置を一定に保つように補償する。

【0027】

本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系では、自由曲面レンズは光軸Z1に対してほぼ垂直な方向に移動（シフト）可能で、移動量に応じて形状が変化して、屈折力が変化する。

【0028】

第3レンズユニットG3は回転対称形状の複数のレンズを含んでもよい。この場合、第3レンズユニットG3内において、各レンズは互いに共軸となるように配置してもよい。

【0029】

ここで、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系では、自由曲面レンズ、すなわち回転非対称のレンズを用いているため、X軸、Y軸、およびZ軸を定義する。図1に示す通り、第3レンズユニットG3の光軸をZ軸とする。像面Simg上でZ軸に直交する軸をY軸とする。像面Simg上でY軸とZ軸とに直交する軸をX軸とする。像面上の原点でX軸、Y軸、およびZ軸の3つの軸が交わる。

【0030】

図1には、各レンズユニットの広角端状態から望遠端状態へのレンズ位置状態の変化の概要を示す。また、図2等には、各レンズユニットの広角端状態と望遠端状態とにおける、Y-Z平面、およびX-Z平面内でのレンズ断面を示す。本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系では、広角端状態から望遠端状態へとレンズ位置状態が変化する際に、すべてのレンズユニットが光軸Z1方向に移動する。このとき、第1レンズユニットG1と第2レンズユニットG2は光軸Z1方向の間隔は変えずに移動するが、同時に光軸Z1に垂直なY軸方向にそれぞれ異なる移動量で移動する。

【0031】

なお、第1レンズユニットG1と第2レンズユニットG2は光軸Z1方向には固定で、光軸Z1方向には第3レンズユニットG3のみ移動させる構成であっても良い。

【0032】

本実施の形態では、自由曲面の形状をXY多項式を用いて表現する。レンズ面のZ軸方向のサグ量Zsagが、以下の式(A)のZで表される。C3, … C53はXY多項式の係数である。

【0033】

【数1】

$$\begin{aligned} Z = & C_3 Y + C_4 X^2 + C_6 Y^2 + C_8 X^2 Y + C_{10} Y^3 + C_{19} X^2 Y^3 + C_{21} Y^5 + C_{11} X^4 + C_{15} Y^4 + C_{17} X^4 Y \\ & + C_{24} X^4 Y^2 + C_{32} X^4 Y^2 + C_{34} X^2 Y^5 + C_{22} X^6 + C_{36} Y^7 + C_{30} X^6 Y + C_{51} X^4 Y^5 + C_{53} X^2 Y^7 \\ & \dots\dots (A) \end{aligned}$$

【0034】

第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2は、図2等にしたように、Y-Z平面に対して対称な形状であり、Y軸方向に連続的に屈折力が変化する形状である。つまり、Yの奇数次項は存在しても、Xの奇数次項はゼロという意味である。

【0035】

その他、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系は、後述する所定の条件式等を満足することが望ましい。

【0036】

<2. 作用・効果>

次に、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系の作用および効果を説明する。併せて

、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系における望ましい構成を説明する。

なお、本明細書に記載された効果はあくまでも例示であって限定されるものではなく、また他の効果があってもよい。

【0037】

本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系によれば、全体として3つのレンズユニットで構成し、自由曲面を適切に用いて各レンズユニットの構成の最適化を図るようにしたので、少ないレンズ枚数で広角端状態から望遠端状態まで良好な結像性能を実現することが可能となる。

【0038】

本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系では、第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2とをシフトさせた際の屈折力変化を大きくすると、ズーム比（＝望遠端状態の焦点距離／広角端状態の焦点距離）が大きくなるが、収差が大きく発生する。

【0039】

そこで、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系は、以下の条件式（1），（2）を満足することが望ましい。

【0040】

$$0.04 < |\phi 1 W| \cdot f w < 0.25 \quad \cdots \cdots (1)$$

$$0.10 < |\phi 2 W| \cdot f w < 0.30 \quad \cdots \cdots (2)$$

ただし、

$\phi 1 W$ ：第1のレンズエレメントL1の広角端状態におけるX軸方向の屈折力

$\phi 2 W$ ：第2のレンズエレメントL2の広角端状態におけるX軸方向の屈折力

$f w$ ：広角端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

とする。

【0041】

また、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系は、以下の条件式（3），（4）を満足することが望ましい。

【0042】

$$0.20 < |\phi 1 T| \cdot f t < 0.60 \quad \cdots \cdots (3)$$

$$0 < |\phi 2 T| \cdot f t < 0.40 \quad \cdots \cdots (4)$$

ただし、

$\phi 1 T$ ：第1のレンズエレメントL1の望遠端状態におけるX軸方向の屈折力

$\phi 2 T$ ：第2のレンズエレメントL2の望遠端状態におけるX軸方向の屈折力

$f t$ ：望遠端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

とする。

【0043】

ここで、自由曲面は回転対称となる軸を持っていないため、屈折力の定義について説明する。本実施の形態においては、第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2を通過した後、第3レンズユニットG3の光軸上を通過する光線を軸上光線とする。この軸上光線に沿った屈折力を、第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2との近軸の屈折力とする。そして、skew光線として光線追跡を行う。このため、屈折力もX軸方向とY軸方向とに分けて算出している。

【0044】

上記条件式（1）ないし（4）は、第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2との屈折力を規定する条件式で、それぞれの上限值を上回った場合、広角端状態と望遠端状態とにおける諸収差が大きくなってしまふ。特に広角端状態では画面周辺部で起こる歪曲収差が大きくなってしまふ。このとき、撮像装置における信号処理による歪曲収差補正と組み合わせることにより補正することも可能だが、画質低下を引き起こしてしまふ。具体的には撮像装置における記録画素数が決まっているために、引き延ばし効果により解像度が低下してしまふ。また、望遠端状態では画面中心部で起こる偏心コマ収差が大きくなってしまふ。

10

20

30

40

50

【0045】

なお、上記した条件式(1)，(2)，(3)，(4)の効果をより良好に実現するためには、条件式(1)，(2)，(3)，(4)の数値範囲を下記条件式(1)'，(2)'，(3)'，(4)'のように設定することがより望ましい。

$$0.07 < |\phi 1 W| \cdot f w < 0.20 \quad \dots\dots (1)'$$

$$0.15 < |\phi 2 W| \cdot f w < 0.25 \quad \dots\dots (2)'$$

【0046】

$$0.30 < |\phi 1 T| \cdot f t < 0.55 \quad \dots\dots (3)'$$

$$0.02 < |\phi 2 T| \cdot f t < 0.30 \quad \dots\dots (4)'$$

【0047】

本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系では、第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2とにおけるX軸方向とY軸方向での屈折力差が大きくなると、X軸方向とY軸方向での焦点距離差が大きくなってしまふ。

【0048】

そこで、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系は、以下の条件式(5)，(6)を満足することが望ましい。

【0049】

$$|\phi 1 2 W X - \phi 1 2 W Y| \cdot f w < 0.06 \quad \dots\dots (5)$$

$$|\phi 1 2 T X - \phi 1 2 T Y| \cdot f t < 0.06 \quad \dots\dots (6)$$

ただし、

$\phi 1 2 W X$ ：広角端状態における第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2とのX軸方向の合成屈折力

$\phi 1 2 W Y$ ：広角端状態における第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2とのY軸方向の合成屈折力

$\phi 1 2 T X$ ：望遠端状態における第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2とのX軸方向の合成屈折力

$\phi 1 2 T Y$ ：望遠端状態における第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2とのY軸方向の合成屈折力

$f w$ ：広角端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

$f t$ ：望遠端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

とする。

【0050】

条件式(5)と条件式(6)の上限値を上回った場合、X軸方向とY軸方向との画角差が大きくなってしまふため、好ましくない。

【0051】

なお、上記した条件式(5)の効果をより良好に実現するためには、条件式(5)の数値範囲を下記条件式(5)'のように設定することがより望ましい。

$$|\phi 1 2 W X - \phi 1 2 W Y| \cdot f w < 0.03 \quad \dots\dots (5)'$$

【0052】

本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系は、被写体距離に応じて第3レンズユニットG3が光軸方向に移動することで、ピント位置のずれを補償する(フォーカス)を行うことが望ましい。

【0053】

特に、高性能化を図るためには、X軸方向とY軸方向との焦点距離差が微小であれば、被写体位置が無限遠から至近距離まで変化しても、X軸方向とY軸方向とのピント位置のずれが小さい。X軸方向とY軸方向との焦点距離差が大きくなると、ピント位置がずれてしまふ。このため、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系は、以下の条件式(7)，(8)を満足することが望ましい。

【0054】

$$0.9 < |\phi 1 2 W X / \phi 1 2 W Y| < 1.25 \quad \dots\dots (7)$$

10

20

30

40

50

$$0.9 < |\phi 12TX / \phi 12TY| < 1.1 \quad \dots\dots (8)$$

ただし、

$\phi 12WX$ ：広角端状態における第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2とのX軸方向の合成屈折力

$\phi 12WY$ ：広角端状態における第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2とのY軸方向の合成屈折力

$\phi 12TX$ ：望遠端状態における第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2とのX軸方向の合成屈折力

$\phi 12TY$ ：望遠端状態における第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2とのY軸方向の合成屈折力

とする。

【0055】

上記条件式(7)，(8)の上限値を上回る、あるいは下限値を下回った場合には、無限遠距離においてX軸方向とY軸方向とのピント位置を合わせたとしても、最短撮影距離においてピント位置のずれが大きくなってしまう。

【0056】

本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系は、小型化と高性能化とのバランスを図るために、以下の条件式(9)，(10)を満足することが望ましい。

【0057】

$$0.5 < \Delta 1 / f_t < 0.9 \quad \dots\dots (9)$$

$$0.5 < \Delta 2 / f_t < 0.9 \quad \dots\dots (10)$$

ただし、

$\Delta 1$ ：広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際の第1レンズユニットG1のY軸方向の移動量

$\Delta 2$ ：広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際の第2レンズユニットG2のY軸方向の移動量

f_t ：望遠端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

とする。

【0058】

条件式(9)，(10)の上限値を上回った場合、第1レンズユニットG1の移動量と第2レンズユニットG2の移動量とが大きくなりすぎて、レンズ系全体での体積が大きくなってしまう。逆に、条件式(9)，(10)の下限値を下回った場合、移動量が少なくなるため、自由曲面において発生する収差を補正することが困難になり、高性能化が充分に図れなくなってしまう。

【0059】

本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系では、開口絞りStを第3レンズユニットG3の最も物体側に配置することにより、さらなる高性能化が図れる。具体的には、2枚の自由曲面レンズを通過する軸外光束が光軸Z1に近づくため、軸外収差の発生が減り、高性能化が図れる。

【0060】

本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系では、広角端状態における色収差をより良好に補正するには、第3レンズユニットG3内に異常分散性の高い硝材を用いることが望ましい。

【0061】

本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系では、レンズ系を構成するレンズユニットのうち、1つのレンズユニット(第3レンズユニットG3)、もしくは、1つのレンズユニット(第3レンズユニットG3)内の一部のレンズ成分をシフトレンズ群として光軸Z1にほぼ垂直な方向にシフトさせることにより、像位置をシフトさせることが可能である。

【0062】

このシフトレンズ群を撮像装置における検出系、演算系、および駆動系と組み合わせて

10

20

30

40

50

、シャッターリリースの際に発生する手ブレ等による像のブレを補正する、防振カメラとして機能させることが可能である。

【0063】

この場合、検出系はカメラのブレ角を検出して、手ブレ情報を出力する。演算系は手ブレ情報に基づき、手ブレを補正するのに必要なレンズ位置情報を出力する。シフトレンズ群は、シフトさせた際に生じる性能変化が少なくなるように補正されたレンズ系である。駆動系はレンズ位置情報に基づき、シフトレンズ群に駆動量を与える。

【0064】

また、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系においては、像面側にモアレ縞の発生を防ぐためにローパスフィルタを配置したり、像面側に撮像素子の分光感度特性に応じて赤外カットフィルタを配置することも可能である。

【0065】

< 3. 撮像装置への適用例 >

次に、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系 1～3 の撮像装置への適用例を説明する。

【0066】

図 17 は、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系 1～3 を適用した撮像装置 100 の一構成例を示している。この撮像装置 100 は、例えばデジタルスチルカメラであり、カメラブロック 10 と、カメラ信号処理部 20 と、画像処理部 30 と、LCD (Liquid Crystal Display) 40 と、R/W (リーダ/ライタ) 50 と、CPU (Central Processing Unit) 60 と、入力部 70 と、レンズ駆動制御部 80 とを備えている。

【0067】

カメラブロック 10 は、撮像機能を担うものであり、撮像レンズ 11 を含む光学系と、CCD (Charge Coupled Devices) や CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の撮像素子 12 とを有している。撮像素子 12 は、撮像レンズ 11 によって形成された光学像を電気信号へ変換することで、光学像に応じた撮像信号 (画像信号) を出力するようになっている。撮像レンズ 11 として、図 2、図 7、および図 12 に示した各構成例の可変焦点距離レンズ系 1～3 を適用可能である。

【0068】

カメラ信号処理部 20 は、撮像素子 12 から出力された画像信号に対してアナログ→デジタル変換、ノイズ除去、画質補正、輝度・色差信号への変換等の各種の信号処理を行うものである。

【0069】

画像処理部 30 は、画像信号の記録再生処理を行うものであり、所定の画像データフォーマットに基づく画像信号の圧縮符号化・伸張復号化処理や解像度等のデータ仕様の変換処理等を行うようになっている。

【0070】

LCD 40 は、ユーザの入力部 70 に対する操作状態や撮影した画像等の各種のデータを表示する機能を有している。R/W 50 は、画像処理部 30 によって符号化された画像データのメモリカード 1000 への書き込み、およびメモリカード 1000 に記録された画像データの読み出しを行うものである。メモリカード 1000 は、例えば、R/W 50 に接続されたスロットに対して着脱可能な半導体メモリーである。

【0071】

CPU 60 は、撮像装置 100 に設けられた各回路ブロックを制御する制御処理部として機能するものであり、入力部 70 からの指示入力信号等に基づいて各回路ブロックを制御するようになっている。入力部 70 は、ユーザによって所要の操作が行われる各種のスイッチ等からなる。入力部 70 は例えば、シャッター操作を行うためのシャッターリリースボタンや、動作モードを選択するための選択スイッチ等によって構成され、ユーザによる操作に応じた指示入力信号を CPU 60 に対して出力するようになっている。レンズ駆動制御部 80 は、カメラブロック 10 に配置されたレンズの駆動を制御するものであり、CP

10

20

30

40

50

U 6 0 からの制御信号に基づいて撮像レンズ 1 1 の各レンズを駆動する図示しないモータ等を制御するようになっている。

【0072】

以下に、撮像装置 1 0 0 における動作を説明する。

撮影の待機状態では、C P U 6 0 による制御の下で、カメラブロック 1 0 において撮影された画像信号が、カメラ信号処理部 2 0 を介して L C D 4 0 に出力され、カメラスルー画像として表示される。また、例えば入力部 7 0 からのズーミングやフォーカシングのための指示入力信号が入力されると、C P U 6 0 がレンズ駆動制御部 8 0 に制御信号を出力し、レンズ駆動制御部 8 0 の制御に基づいて撮像レンズ 1 1 の所定のレンズが移動する。

【0073】

入力部 7 0 からの指示入力信号によりカメラブロック 1 0 の図示しないシャッタが動作されると、撮影された画像信号がカメラ信号処理部 2 0 から画像処理部 3 0 に出力されて圧縮符号化処理され、所定のデータフォーマットのデジタルデータに変換される。変換されたデータは R / W 5 0 に出力され、メモリカード 1 0 0 0 に書き込まれる。

【0074】

なお、フォーカシングは、例えば、入力部 7 0 のシャッタリリースボタンが半押しされた場合や記録（撮影）のために全押しされた場合等に、C P U 6 0 からの制御信号に基づいてレンズ駆動制御部 8 0 が撮像レンズ 1 1 の所定のレンズを移動させることにより行われる。

【0075】

メモリカード 1 0 0 0 に記録された画像データを再生する場合には、入力部 7 0 に対する操作に応じて、R / W 5 0 によってメモリカード 1 0 0 0 から所定の画像データが読み出され、画像処理部 3 0 によって伸張復号化処理が行われた後、再生画像信号が L C D 4 0 に出力されて再生画像が表示される。

【0076】

なお、上記した実施の形態においては、撮像装置をデジタルスチルカメラ等に適用した例を示したが、撮像装置の適用範囲はデジタルスチルカメラに限られることはなく、他の種々の撮像装置に適用可能である。例えば、デジタル一眼レフカメラ、デジタルノンレフレックスカメラ、デジタルビデオカメラ、および監視カメラ等に適用することができる。また、カメラが組み込まれた携帯電話や、カメラが組み込まれた情報端末等のデジタル入出力機器のカメラ部等として広く適用することができる。また、レンズ交換式のカメラにも適用することができる。

【実施例】

【0077】

< 4 . レンズの数値実施例 >

次に、本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系 1 ~ 3 の具体的な数値実施例について説明する。ここでは、図 2、図 7、および図 1 2 に示した各構成例の可変焦点距離レンズ系 1 ~ 3 に、具体的な数値を適用した数値実施例を説明する。

【0078】

なお、以下の各表や説明において示した記号の意味等については、下記に示す通りである。「面番号」は、物体側から像面側へ数えた i 番目の面の番号を示している。「曲率半径」は、 i 番目の面の近軸の曲率半径の値 (mm) を示す。「面間隔」は i 番目の面と $i + 1$ 番目の面との間の軸上面間隔 (レンズの中心の厚み、または空気間隔) の値 (mm) を示す。「屈折率」は i 番目の面から始まるレンズ等の e 線 (波長 5 4 6 nm) における屈折率の値を示す。「アッペ数」は i 番目の面から始まるレンズ等の e 線におけるアッペ数の値を示す。

【0079】

また、「面形状」の欄には、各レンズ面の面形状の種類を示す。本実施の形態に係る可変焦点距離レンズ系 1 ~ 3 は、上記した式 (A) の $X Y$ 多項式で表される自由曲面のほか、以下の式 (B) で表される非球面と、以下の式 (C) で表される奇数次非球面とが含ま

10

20

30

40

50

れている。なお、式（B）、（C）において、Hは光軸Z1からの距離で $H = (X^2 + Y^2)^{1/2}$ として表され、Zはサグ量、Rは曲率半径、Kは円錐定数、A、B、…、Gと、AR3、AR4、…は非球面係数である。

【0080】

【数2】

$$Z = \frac{R^{-1}H^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)R^{-2}H^2}} + A \cdot H^4 + B \cdot H^6 + C \cdot H^8 + D \cdot H^{10} + E \cdot H^{12} + F \cdot H^{14} + G \cdot H^{16}$$

……(B)

10

【0081】

【数3】

$$Z = \frac{R^{-1}H^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)R^{-2}H^2}} + AR3 \cdot H^3 + AR4 \cdot H^4 + AR5 \cdot H^5 + AR6 \cdot H^6 + \dots$$

……(C)

20

【0082】

各数値実施例を示す各表において、「E-n」は10を底とする指数表現、すなわち、「10のマイナスn乗」を表しており、例えば、「0.12345E-05」は「0.12345×(10のマイナス5乗)」を表している。

【0083】

〔各数値実施例に共通の構成〕

以下の数値実施例1～3が適用される可変焦点距離レンズ系1～3はいずれも、上記した<1. レンズの基本構成>を満足した構成となっている。

【0084】

すなわち、可変焦点距離レンズ系1～3はいずれも、物体側から像面側に向かって順に、第1レンズユニットG1と、第2レンズユニットG2と、第3レンズユニットG3との実質的に3つのレンズユニットで構成されている。第1レンズユニットG1は、少なくとも1つのレンズ面が自由曲面とされた第1のレンズエレメントL1からなる。第2レンズユニットG2は、少なくとも1つのレンズ面が自由曲面とされた第2のレンズエレメントL2からなる。第3レンズユニットG3は、開口絞りStを有し、回転対称な形状のレンズで構成されている。

【0085】

図1に示したように、可変焦点距離レンズ系1～3はいずれも、広角端状態から望遠端状態へとレンズ位置状態が変化する際に、すべてのレンズユニットが光軸Z1方向に移動する。このとき、第1レンズユニットG1と第2レンズユニットG2は光軸Z1方向の間隔は変えずに移動するが、同時に光軸Z1に垂直なY軸方向にそれぞれ異なる移動量で移動する。

40

【0086】

〔数値実施例1〕

図2に示した可変焦点距離レンズ系1において、第1レンズユニットG1はX-Z断面では光軸Z1に対称な形状で、Y-Z断面では非対称な形状の第1のレンズエレメントL1からなる。

【0087】

第2レンズユニットG2は、X-Z断面では光軸に対称な形状で、Y-Z断面では非対

50

称な形状の第2のレンズエレメントL2からなる。

【0088】

第3レンズユニットG3は、物体側に凸面を向けた正レンズL31と、像面側に凹面を向けた負レンズL32と、像面側に凸面を向けた正レンズL33と、像面側に凸面を向けた負レンズL34と、両凸形状の正レンズL35と、物体側に凹面を向けた負レンズL36との6つのレンズにより構成される。

【0089】

開口絞りStは、第2レンズユニットG2と第3レンズユニットG3との間に配置され、レンズ位置状態が変化する際に、第3レンズユニットG3と一体的に移動する。

【0090】

第1レンズユニットG1と第2レンズユニットG2は、それぞれ異なる移動量でY軸方向に移動可能であり、それに伴う像面位置の変化を補償するように第3レンズユニットG3が光軸方向に移動する。

【0091】

〔表1〕に、可変焦点距離レンズ系1に具体的な数値を適用した数値実施例1の基本的なレンズデータを示す。〔表1〕に示したように、数値実施例1では、第1レンズユニットG1と第2レンズユニットG2との各レンズ面（第1面～第4面）は、自由曲面（XY多項式面）とされている。数値実施例1では、第3レンズユニットG3内のレンズL31、L32、L33の各レンズ面（第6面～第11面）は、非球面とされている。数値実施例1では、第3レンズユニットG3内のレンズL34、L35、L36の各レンズ面（第12面～第17面）は、奇数次非球面とされている。〔表2〕、〔表3〕には、自由曲面、非球面、および奇数次非球面の各係数を示す。

【0092】

面間隔D4、D17は、焦点距離を変化させる際に値が変化する。〔表4〕には、焦点距離を変化させる際のデータとして、レンズ全系のX軸方向の焦点距離、レンズ全系のY軸方向焦点距離、D4の値、D17の値、第1のレンズエレメントL1のY軸方向のシフト量、および第2のレンズエレメントL2のY軸方向のシフト量を示す。

【0093】

また、以下に、第2面の第1面に対するY軸方向のシフト量と、第5面の第4面に対するY軸方向のシフト量とを示す。

第2面の第1面に対するY軸方向のシフト量：-0.00245（mm）

第5面の第4面に対するY軸方向のシフト量：-0.15963（mm）

【0094】

また、〔表5〕には、焦点距離を変化させる際のデータとして、レンズ全系のX軸方向およびY軸方向の焦点距離と、第1のレンズエレメントL1のX軸方向およびY軸方向の焦点距離と、第2のレンズエレメントL2のX軸方向およびY軸方向の焦点距離とを示す。また、第1のレンズエレメントL1と第2のレンズエレメントL2との合成のX軸方向の焦点距離およびY軸方向の焦点距離を示す。

【0095】

【表 1】

実施例 1					
面番号	面形状	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
1	XY 多項式面	1e20	1.2010	1.59008	29.91
2	XY 多項式面	1e20	0.3002		
3	XY 多項式面	1e20	0.3996	1.59008	29.91
4	XY 多項式面	1e20	(D4)		
5	絞り	1e20	-0.2900		
6	非球面	1.7398	0.5985	1.54550	56.02
7	非球面	12.2356	0.0300		
8	非球面	7.4850	0.2170	1.65740	21.51
9	非球面	3.1440	0.3583		
10	非球面	25.4050	0.4000	1.54550	56.02
11	非球面	-25.6132	0.1477		
12	奇数次非球面	10.8287	0.3053	1.64120	23.43
13	奇数次非球面	5.3653	0.3840		
14	奇数次非球面	5.4592	0.9403	1.53690	56.27
15	奇数次非球面	-2.4809	0.2817		
16	奇数次非球面	3.3409	0.5000	1.53690	56.27
17	奇数次非球面	0.9457	(D17)		
18	球面	1e20	0.1100	1.51872	64.20
19	球面	1e20	0.1937		

【0096】

10

20

30

40

50

【表 2】

実施例 1	
面 番号	係数
1	Y: -5.7931E-02 X2: -3.5281E-02 Y2: -1.5735E-02 X2Y: 1.2645E-02 Y3: 4.6620E-03 X4: 2.1535E-03 X2Y2: -6.1669E-04 Y4: -1.3842E-03 X4Y: 8.0786E-04 X2Y3: -1.4578E-04 Y5: 2.6215E-04 X6: -8.4493E-04 X2Y4: 6.8441E-05 Y6: 1.1856E-05 X6Y: -1.5093E-04 X4Y3: -1.1984E-04 X2Y5: -6.3629E-05 Y7: -8.8561E-06 X8: 1.0832E-04 X4Y5: 3.6390E-06 X2Y7: 2.9551E-06
2	Y: -2.8055E-02 X2: 1.6426E-02 Y2: -1.2188E-02 X2Y: 1.6788E-02 Y3: 5.6250E-03 X4: 6.4528E-03 X2Y2: 1.2408E-03 Y4: -5.7498E-04 X4Y: 3.0419E-03 X2Y3: 6.5959E-04 Y5: 2.8497E-04 X6: -1.9872E-03 X2Y4: -4.0529E-05 Y6: -2.3595E-05 X6Y: -2.0008E-04 X4Y3: -3.0939E-04 X2Y5: -1.0282E-04 Y7: -7.8921E-06 X8: 4.9972E-04 Y8: 1.0569E-06 X4Y5: 7.8123E-06 X2Y7: 3.0521E-06
3	Y: 5.5175E-02 X2: 1.3204E-02 Y2: -9.2105E-03 X2Y: 3.3588E-04 Y3: 1.1463E-04 X4: 1.5967E-03 X2Y2: -1.0707E-03 Y4: -5.4966E-04 X4Y: 3.6819E-03 X2Y3: -1.7940E-04 Y5: -1.6628E-04 X6: 1.5219E-03 X2Y4: -5.8906E-04 Y6: -7.2025E-05 X6Y: 7.9137E-06 X4Y3: 1.8052E-04 X2Y5: -2.2506E-04 Y7: -1.1276E-05 X8: -1.0742E-06 Y8: -5.4124E-07 X4Y5: -1.4906E-05 X2Y7: 1.6448E-05
4	Y: 3.8448E-02 X2: -1.8134E-02 Y2: 3.1839E-03 X2Y: -6.3828E-03 Y3: -1.9388E-03 X4: -6.5380E-03 X2Y2: 3.2123E-04 Y4: -5.2369E-04 X4Y: 6.4690E-03 X2Y3: -1.2845E-03 Y5: -2.6486E-04 X6: 4.7795E-03 X2Y4: -6.7190E-04 Y6: -4.5660E-05 X6Y: -1.9679E-03 X4Y3: 6.5630E-04 X2Y5: -7.9417E-05 Y7: -1.3707E-06 X8: -2.4787E-04 Y8: -1.1614E-06 X4Y5: -3.3579E-05 X2Y7: 1.3487E-05
6	K: 0.155658 A: -0.544097E-02 B: 0.570043E-02 C: -0.281661E-01 D: 0.159230E-01 E: 0.278314E-02 F: -0.994319E-02
7	K: 10.000000 A: -0.377601E-01 B: 0.236265E-01 C: 0.553278E-02 D: -0.316836E-01 E: 0.126846E-01 F: -0.403581E-02
8	K: -10.000000 A: -0.326603E-01 B: 0.549841E-01 C: -0.246498E-01 D: 0.918271E-01 E: -0.140960E+00 F: 0.101391E+00 G: -0.300579E-0
9	K: -20.000000 A: 0.745410E-01 B: 0.100221E+00 C: -0.631354E+00 D: 0.186334E+01 E: -0.273375E+01 F: 0.205339E+01 G: -0.619693E+00

10

20

30

【0097】

40

50

【表 3】

実施例 1	
面 番号	係数
10	K: -10.000000 A: -0.175892E-01 B: -0.462028E-01 C: -0.266572E-02 D: 0.428881E-01 E: -0.113650E+00 F: 0.782672E-01 G: -0.141220E-01
11	K: 10.000000 A: -.753384E-01 B: 0.454934E-03 C: 0.462582E-01 D: -0.142083E+00 E: 0.746968E-01 F: 0.927367E-02 G: -0.916769E-02
12	K: -1.0308E+01 AR3: -7.8588E-03 AR4: -1.2811E-01 AR5: -2.1565E-01 AR6: 3.2345E-01 AR7: 5.3345E-02 AR8: -1.4250E-01 AR9: -7.5553E-02 AR10: 1.6432E-02 AR11: 4.6572E-02 AR12: 8.9438E-03 AR13: 2.1519E-03 AR14: 2.4656E-04 AR15: -1.5009E-02 AR16: -8.4805E-03 AR17: 0.7284E-03 AR18: 1.1189E-02 AR19: 5.7925E-03 AR20: -1.0287E-02
13	K: 7.3047E+00 AR3: 1.6182E-02 AR4: -2.3882E-01 AR5: 6.6804E-02 AR6: 4.7957E-02 AR7: 1.8827E-02 AR8: -2.3294E-02 AR9: -5.0532E-03 AR10: -1.0993E-02 AR11: 2.0272E-03 AR12: 3.7439E-04 AR13: 1.1756E-03 AR14: 4.2065E-03 AR15: 1.4740E-03 AR16: -4.3169E-04 AR17: -1.1984E-03 AR18: -8.9296E-04 AR19: -4.1497E-05 AR20: 3.7975E-04
14	K: -4.8438E-01 AR3: -2.4316E-02 AR4: 6.9253E-02 AR5: -1.2169E-01 AR6: 2.1755E-02 AR7: 2.8138E-02 AR8: 3.3224E-03 AR9: -1.1392E-02 AR10: -2.5928E-03 AR11: 2.9253E-03 AR12: -2.3217E-03 AR13: 1.5992E-03 AR14: -1.2101E-03 AR15: 6.1060E-04 AR16: 2.6149E-04 AR17: -5.5748E-05 AR18: -1.5974E-04 AR19: -1.8584E-05 AR20: 3.6391E-05
15	K: -1.0026E+01 AR3: -7.9943E-02 AR4: 2.8053E-02 AR5: -8.9724E-03 AR6: -2.3412E-02 AR7: 1.1718E-02 AR8: 1.0660E-02 AR9: -1.8145E-03 AR10: -2.5807E-03 AR11: -4.4301E-04 AR12: -3.7496E-05 AR13: 3.5892E-04 AR14: 8.7372E-05 AR15: -4.8293E-05 AR16: -4.2362E-06 AR17: 7.9398E-07 AR18: 7.7613E-07 AR19: -1.0153E-07 AR20: 0.0353E-09
16	K: 2.9278E-01 AR3: -1.2648E-01 AR4: -3.6480E-01 AR5: 1.7040E-01 AR6: 4.1142E-02 AR7: -3.5214E-03 AR8: -1.2131E-02 AR9: -1.2477E-04 AR10: 8.9110E-04 AR11: -5.6174E-04 AR12: -3.5141E-04 AR13: -5.3542E-06 AR14: 7.3414E-05 AR15: 8.2271E-05 AR16: 6.9551E-05 AR17: 2.6377E-06 AR18: -8.9116E-06 AR19: -1.1691E-05 AR20: -6.9380E-06
17	K: -6.2157E+00 AR3: 2.5129E-02 AR4: -1.9458E-01 AR5: 1.0376E-01 AR6: 2.8459E-02 AR7: -3.8181E-02 AR8: 8.3967E-03 AR9: 6.9185E-05 AR10: 9.8776E-05 AR11: 6.6365E-05 AR12: -1.1591E-04 AR13: -1.5571E-06 AR14: 1.3265E-05 AR15: 6.0122E-07 AR16: 4.2141E-07 AR17: -5.9625E-07 AR18: -1.4551E-07 AR19: 5.2718E-09 AR20: 9.3615E-09

10

20

30

40

【0098】

【表 4】

実施例 1					
X 軸方向 焦点距離	Y 軸方向 焦点距離	D4	D17	L1 シフト量	L2 シフト量
3.191	3.191	0.473	0.294	2.209	-2.414
4.647	4.706	0.296	1.213	-0.932	0.769
5.650	5.602	0.307	1.791	-1.722	1.716

10

【0099】

【表 5】

実施例 1							
レンズ全系		L1		L2		L1, L2 合成	
X 軸方向 焦点 距離	Y 軸方向 焦点 距離	X 軸方向 焦点 距離	Y 軸方向 焦点 距離	X 軸方向 焦点 距離	Y 軸方向 焦点 距離	X 軸方向 焦点 距離	Y 軸方向 焦点 距離
3.191	3.191	-20.750	271.575	15.002	58.973	41.204	45.747
4.647	4.706	-14.399	-80.871	32.430	-49.609	-27.021	-30.512
5.650	5.602	-12.454	-40.936	60.433	-30.321	-15.873	-17.323

20

【0100】

また、以下に、数値実施例 1 における上述の各条件式に関する値を示す。数値実施例 1 は、各条件式の値がその数値範囲内となっている。

- (1) $|\phi 1 W| \cdot f w = 0.154$
 (2) $|\phi 2 W| \cdot f w = 0.213$
 (3) $|\phi 1 T| \cdot f t = 0.454$
 (4) $|\phi 2 T| \cdot f t = 0.093$
 (5) $|\phi 12 W X - \phi 12 W Y| \cdot f w = 0.007$
 (6) $|\phi 12 T X - \phi 12 T Y| \cdot f t = 0.030$
 (7) $|\phi 12 W X / \phi 12 W Y| = 1.110$
 (8) $|\phi 12 T X / \phi 12 T Y| = 1.091$
 (9) $\Delta 1 / f t = 0.620$
 (10) $\Delta 2 / f t = 0.630$

30

【0101】

図 3 には、数値実施例 1 における広角端状態でのスポットダイヤグラムを示す。図 4 には、数値実施例 1 における望遠端状態でのスポットダイヤグラムを示す。図 5 には、数値実施例 1 における広角端状態での歪曲収差を示す。図 6 には、数値実施例 1 における望遠端状態での歪曲収差を示す。

40

【0102】

各収差図から分かるように、数値実施例 1 では、広角端状態、および望遠端状態において、各収差がバランス良く良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【0103】

[数値実施例 2]

50

図 7 に示した可変焦点距離レンズ系 2 において、第 1 レンズユニット G 1 は X-Z 断面では光軸 Z 1 に対称な形状で、Y-Z 断面では非対称な形状の第 1 のレンズエレメント L 1 からなる。

【0104】

第 2 レンズユニット G 2 は、X-Z 断面では光軸に対称な形状で、Y-Z 断面では非対称な形状の第 2 のレンズエレメント L 2 からなる。

【0105】

第 3 レンズユニット G 3 は、物体側に凸面を向けた正レンズ L 3 1 と、像面側に凹面を向けた負レンズ L 3 2 と、像面側に凸面を向けた正レンズ L 3 3 と、像面側に凸面を向けた負レンズ L 3 4 と、両凸形状の正レンズ L 3 5 と、物体側に凹面を向けた負レンズ L 3 6 との 6 つのレンズにより構成される。

10

【0106】

開口絞り S 1 は、第 2 レンズユニット G 2 と第 3 レンズユニット G 3 との間に配置され、レンズ位置状態が変化する際に、第 3 レンズユニット G 3 と一体的に移動する。

【0107】

第 1 レンズユニット G 1 と第 2 レンズユニット G 2 は、それぞれ異なる移動量で Y 軸方向に移動可能であり、それに伴う像面位置の変化を補償するように第 3 レンズユニット G 3 が光軸方向に移動する。

【0108】

〔表 6〕に、可変焦点距離レンズ系 2 に具体的な数値を適用した数値実施例 2 の基本的なレンズデータを示す。〔表 6〕に示したように、数値実施例 2 では、第 1 レンズユニット G 1 と第 2 レンズユニット G 2 との各レンズ面（第 1 面～第 4 面）は、自由曲面（XY 多項式面）とされている。数値実施例 2 では、第 3 レンズユニット G 3 内のレンズ L 3 1、L 3 2、L 3 3 の各レンズ面（第 6 面～第 11 面）は、非球面とされている。数値実施例 2 では、第 3 レンズユニット G 3 内のレンズ L 3 4、L 3 5、L 3 6 の各レンズ面（第 12 面～第 17 面）は、奇数次非球面とされている。〔表 7〕、〔表 8〕には、自由曲面、非球面、および奇数次非球面の各係数を示す。

20

【0109】

面間隔 D 4、D 17 は、焦点距離を変化させる際に値が変化する。〔表 9〕には、焦点距離を変化させる際のデータとして、レンズ全系の X 軸方向の焦点距離、レンズ全系の Y 軸方向焦点距離、D 4 の値、D 17 の値、第 1 のレンズエレメント L 1 の Y 軸方向のシフト量、および第 2 のレンズエレメント L 2 の Y 軸方向のシフト量を示す。

30

【0110】

また、以下に、第 2 面の第 1 面に対する Y 軸方向のシフト量と、第 5 面の第 4 面に対する Y 軸方向のシフト量とを示す。

第 2 面の第 1 面に対する Y 軸方向のシフト量：0.07614 (mm)

第 5 面の第 4 面に対する Y 軸方向のシフト量：-0.12194 (mm)

【0111】

また、〔表 10〕には、焦点距離を変化させる際のデータとして、レンズ全系の X 軸方向および Y 軸方向の焦点距離と、第 1 のレンズエレメント L 1 の X 軸方向および Y 軸方向の焦点距離と、第 2 のレンズエレメント L 2 の X 軸方向および Y 軸方向の焦点距離とを示す。また、第 1 のレンズエレメント L 1 と第 2 のレンズエレメント L 2 との合成の X 軸方向の焦点距離および Y 軸方向の焦点距離を示す。

40

【0112】

【表 6】

実施例 2					
面番号	面形状	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
1	XY 多項式面	1e20	1.1597	1.59008	29.91
2	XY 多項式面	1e20	0.3000		
3	XY 多項式面	1e20	0.4001	1.59008	29.91
4	XY 多項式面	1e20	(D4)		
5	絞り	1e20	-0.2900		
6	非球面	1.7859	0.5985	1.54550	56.02
7	非球面	11.6103	0.0300		
8	非球面	7.2468	0.2170	1.65740	21.51
9	非球面	3.1490	0.3583		
10	非球面	40.3855	0.4000	1.54550	56.02
11	非球面	-14.0432	0.1477		
12	奇数次非球面	14.3228	0.3053	1.64120	23.43
13	奇数次非球面	6.0387	0.3840		
14	奇数次非球面	4.8339	0.9403	1.53690	56.27
15	奇数次非球面	-2.4336	0.2817		
16	奇数次非球面	3.5541	0.5000	1.53690	56.27
17	奇数次非球面	0.9234	(D17)		
18	球面	1e20	0.1100	1.51872	64.20
19	球面	1e20	0.1937		

【0113】

10

20

30

40

50

【表 7】

実施例 2	
面 番号	係数
1	Y: -7.6012E-02 X2: -3.0341E-02 Y2: -1.5441E-02 X2Y: 1.4543E-02 Y3: 5.0783E-03 X4: 8.9648E-04 X2Y2: -6.9092E-05 Y4: -1.1753E-03 X4Y: 9.1193E-04 X2Y3: 6.0336E-05 Y5: 2.4772E-04 X6: -7.0332E-04 X2Y4: -1.1522E-05 Y6: 9.7475E-06 X6Y: -1.2844E-04 X4Y3: -1.5002E-04 X2Y5: -4.4295E-05 Y7: -1.0111E-05 X8: 1.1713E-04 X4Y5: 1.6955E-06 X2Y7: 9.7092E-07
2	Y: -5.3025E-02 X2: 1.5746E-02 Y2: -1.0497E-02 X2Y: 1.6586E-02 Y3: 5.8401E-03 X4: 3.2038E-03 X2Y2: 6.8061E-04 Y4: -7.0160E-04 X4Y: 2.4135E-03 X2Y3: 1.1591E-03 Y5: 2.5732E-04 X6: -1.6569E-03 X2Y4: -4.0774E-05 Y6: -1.6080E-05 X6Y: -1.2452E-04 X4Y3: -2.7153E-04 X2Y5: -1.1365E-04 Y7: -8.4603E-06 X8: 5.1133E-04 Y8: 9.7873E-07 X4Y5: 2.7068E-06 X2Y7: 2.5648E-06
3	Y: 7.7356E-02 X2: 1.0776E-02 Y2: -9.2161E-03 X2Y: -6.0741E-04 Y3: 4.2978E-05 X4: 1.1081E-05 X2Y2: -1.1636E-03 Y4: -7.1758E-04 X4Y: 3.7890E-03 X2Y3: -4.6121E-04 Y5: -1.6615E-04 X6: 4.2081E-04 X2Y4: -5.8898E-04 Y6: -6.0636E-05 X6Y: 6.1750E-04 X4Y3: 2.2418E-04 X2Y5: -1.8042E-04 Y7: -2.4144E-06 X8: 6.2965E-04 Y8: 1.0849E-06 X4Y5: -3.7713E-05 X2Y7: 1.9709E-05
4	Y: 4.3256E-02 X2: -1.4255E-02 Y2: 3.3361E-03 X2Y: -7.5793E-03 Y3: -1.9563E-03 X4: -6.0947E-03 X2Y2: 4.0175E-04 Y4: -5.3117E-04 X4Y: 4.9909E-03 X2Y3: -1.2094E-03 Y5: -2.3511E-04 X6: 4.1362E-03 X2Y4: -7.4638E-04 Y6: -5.2989E-05 X6Y: -2.1246E-04 X4Y3: 4.5405E-04 X2Y5: -6.3563E-05 Y7: 2.2758E-06 X8: -4.6946E-05 Y8: 5.8942E-07 X4Y5: -4.2538E-05 X2Y7: 1.6242E-05
6	K: 0.108292 A: -0.675143E-02 B: 0.241515E-02 C: -0.287630E-01 D: 0.144142E-01 E: 0.123830E-02 F: -0.839877E-02
7	K: 10.000000 A: -0.368292E-01 B: 0.213539E-01 C: 0.311960E-02 D: -0.321045E-01 E: 0.130104E-01 F: -0.528579E-02
8	K: -10.000000 A: -0.289720E-01 B: 0.590024E-01 C: -0.215748E-01 D: 0.922677E-01 E: -0.142306E+00 F: 0.100184E+00 G: -0.307489E-01
9	K: -20.000000 A: 0.704429E-01 B: 0.102961E+00 C: -0.630050E+00 D: 0.186380E+01 E: -0.273309E+01 F: 0.205368E+01 G: -0.619468E+00
10	K: -10.000000 A: -0.137559E-01 B: -0.516843E-01 C: -0.413567E-02 D: 0.416985E-01 E: -0.114673E+00 F: 0.804863E-01 G: -0.139489E-01

10

20

30

40

【0 1 1 4】

50

【表 8】

実施例 2	
面 番号	係数
11	K: 10.000000 A: -0.817262E-01 B: -0.732115E-02 C: 0.425575E-01 D: -0.142444E+00 E: 0.753375E-01 F: 0.868963E-02 G: -0.117775E-01
12	K: 0.00 AR3: -9.4111E-03 AR4: -1.3212E-01 AR5: -2.1717E-01 AR6: 3.2402E-01 AR7: 5.3997E-02 AR8: -1.4253E-01 AR9: -7.6504E-02 AR10: 1.5031E-02 AR11: 4.5075E-02 AR12: 7.6293E-03 AR13: 1.2759E-03 AR14: -2.3864E-04 AR15: -1.5011E-02 AR16: -8.4712E-03 AR17: 8.7378E-03 AR18: 1.1198E-02 AR19: 5.8009E-03 AR20: -1.0280E-02
13	K: 1.0163E+01 AR3: 1.5574E-02 AR4: -2.3386E-01 AR5: 7.0076E-02 AR6: 4.9260E-02 AR7: 1.9227E-02 AR8: -2.3279E-02 AR9: -5.2252E-03 AR10: -1.1224E-02 AR11: 1.7698E-03 AR12: 1.1150E-04 AR13: 9.7569E-04 AR14: 4.0580E-03 AR15: 1.3473E-03 AR16: -4.3201E-04 AR17: -1.1966E-03 AR18: -8.9135E-04 AR19: -4.0113E-05 AR20: 3.7974E-04
14	K: -4.8438E-01 AR3: -2.4223E-02 AR4: 6.9250E-02 AR5: -1.2172E-01 AR6: 2.1736E-02 AR7: 2.8129E-02 AR8: 3.3210E-03 AR9: -1.1388E-02 AR10: -2.5886E-03 AR11: 2.9200E-03 AR12: -2.3197E-03 AR13: 1.5906E-03 AR14: -1.2065E-03 AR15: 6.0514E-04 AR16: 2.6033E-04 AR17: -5.6323E-05 AR18: -1.5895E-04 AR19: -1.8331E-05 AR20: 3.6541E-05
15	K: -1.0013E+01 AR3: -7.9964E-02 AR4: 2.8063E-02 AR5: -8.9595E-03 AR6: -2.3404E-02 AR7: 1.1721E-02 AR8: 1.0659E-02 AR9: -1.8169E-03 AR10: -2.5835E-03 AR11: -4.4548E-04 AR12: -3.9387E-05 AR13: 3.5763E-04 AR14: 8.6568E-05 AR15: -4.8714E-05 AR16: -4.4317E-06 AR17: 7.3367E-07 AR18: 7.8885E-07 AR19: -5.8664E-08 AR20: 6.1421E-08
16	K: 1.7346E+00 AR3: -1.6957E-01 AR4: -3.5315E-01 AR5: 1.8800E-01 AR6: 4.8009E-02 AR7: -3.7351E-03 AR8: -1.5291E-02 AR9: -9.2944E-04 AR10: 5.2560E-04 AR11: -5.4960E-04 AR12: -4.3025E-04 AR13: 5.4121E-05 AR14: 1.6726E-04 AR15: 1.6889E-04 AR16: 4.4694E-05 AR17: -3.0740E-06 AR18: -9.9357E-06 AR19: -1.2731E-05 AR20: -3.5422E-06
17	K: -7.2835E+00 AR3: 4.2314E-02 AR4: -2.0352E-01 AR5: 1.0379E-01 AR6: 3.0826E-02 AR7: -3.7501E-02 AR8: 8.3481E-03 AR9: 6.3664E-06 AR10: 1.2306E-05 AR11: 2.8498E-05 AR12: -1.2311E-04 AR13: 3.6215E-06 AR14: 1.2949E-05 AR15: 1.9754E-06 AR16: 1.3985E-06 AR17: -2.5293E-07 AR18: -1.9651E-07 AR19: 7.7325E-08 AR20: -6.9046E-08

10

20

30

40

【0 1 1 5】

50

【表 9】

実施例 2					
X 軸方向 焦点距離	Y 軸方向 焦点距離	D4	D17	L1 シフト量	L2 シフト量
3.191	3.191	0.500	0.300	2.208	-2.412
4.535	4.616	0.306	1.174	-1.337	0.326
5.708	5.710	0.298	1.800	-2.171	1.585

10

【0116】

【表 10】

実施例 2							
レンズ 全系		L1		L2		L1, L2 合成	
X 軸方向 焦点 距離	Y 軸方向 焦点 距離	X 軸方向 焦点 距離	Y 軸方向 焦点 距離	X 軸方向 焦点 距離	Y 軸方向 焦点 距離	X 軸方向 焦点 距離	Y 軸方向 焦点 距離
3.191	3.191	-26.417	92.658	17.319	81.169	40.813	42.188
4.535	4.616	-16.412	-73.658	36.057	-60.038	-32.170	-32.927
5.708	5.710	-14.025	-43.960	83.918	-31.308	-16.920	-18.250

20

【0117】

また、以下に、数値実施例 2 における上述の各条件式に関する値を示す。数値実施例 2 は、各条件式の値がその数値範囲内となっている。

30

- (1) $|\phi 1 W| \cdot f w = 0.121$
 (2) $|\phi 2 W| \cdot f w = 0.184$
 (3) $|\phi 1 T| \cdot f t = 0.407$
 (4) $|\phi 2 T| \cdot f t = 0.182$
 (5) $|\phi 12 W X - \phi 12 W Y| \cdot f w = 0.003$
 (6) $|\phi 12 T X - \phi 12 T Y| \cdot f t = 0.025$
 (7) $|\phi 12 W X / \phi 12 W Y| = 1.034$
 (8) $|\phi 12 T X / \phi 12 T Y| = 1.079$
 (9) $\Delta 1 / f t = 0.767$
 (10) $\Delta 2 / f t = 0.700$

40

【0118】

図 8 には、数値実施例 2 における広角端状態でのスポットダイヤグラムを示す。図 9 には、数値実施例 2 における望遠端状態でのスポットダイヤグラムを示す。図 10 には、数値実施例 2 における広角端状態での歪曲収差を示す。図 11 には、数値実施例 2 における望遠端状態での歪曲収差を示す。

【0119】

各収差図から分かるように、数値実施例 2 では、広角端状態、および望遠端状態において、各収差がバランス良く良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【0120】

50

〔数値実施例 3〕

図 12 に示した可変焦点距離レンズ系 3 において、第 1 レンズユニット G 1 は X-Z 断面では光軸 Z 1 に対称な形状で、Y-Z 断面では非対称な形状の第 1 のレンズエレメント L 1 からなる。

〔0121〕

第 2 レンズユニット G 2 は、X-Z 断面では光軸に対称な形状で、Y-Z 断面では非対称な形状の第 2 のレンズエレメント L 2 からなる。

〔0122〕

第 3 レンズユニット G 3 は、物体側に凸面を向けた正レンズ L 3 1 と、像面側に凹面を向けた負レンズ L 3 2 と、像面側に凸面を向けた正レンズ L 3 3 と、像面側に凸面を向けた負レンズ L 3 4 と、両凸形状の正レンズ L 3 5 と、物体側に凹面を向けた負レンズ L 3 6 との 6 つのレンズにより構成される。

〔0123〕

開口絞り S t は、第 2 レンズユニット G 2 と第 3 レンズユニット G 3 との間に配置され、レンズ位置状態が変化する際に、第 3 レンズユニット G 3 と一体的に移動する。

〔0124〕

第 1 レンズユニット G 1 と第 2 レンズユニット G 2 は、それぞれ異なる移動量で Y 軸方向に移動可能であり、それに伴う像面位置の変化を補償するように第 3 レンズユニット G 3 が光軸方向に移動する。

〔0125〕

〔表 1 1〕に、可変焦点距離レンズ系 3 に具体的な数値を適用した数値実施例 3 の基本的なレンズデータを示す。〔表 1 1〕に示したように、数値実施例 3 では、第 1 レンズユニット G 1 と第 2 レンズユニット G 2 との各レンズ面（第 1 面～第 4 面）は、自由曲面（XY 多項式面）とされている。数値実施例 3 では、第 3 レンズユニット G 3 内のレンズ L 3 1, L 3 2, L 3 3 の各レンズ面（第 6 面～第 11 面）は、非球面とされている。数値実施例 3 では、第 3 レンズユニット G 3 内のレンズ L 3 4, L 3 5, L 3 6 の各レンズ面（第 12 面～第 17 面）は、奇数次非球面とされている。〔表 1 2〕, 〔表 1 3〕には、自由曲面、非球面、および奇数次非球面の各係数を示す。

〔0126〕

面間隔 D 4, D 17 は、焦点距離を変化させる際に値が変化する。〔表 1 4〕には、焦点距離を変化させる際のデータとして、レンズ全系の X 軸方向の焦点距離、レンズ全系の Y 軸方向焦点距離、D 4 の値、D 17 の値、第 1 のレンズエレメント L 1 の Y 軸方向のシフト量、および第 2 のレンズエレメント L 2 の Y 軸方向のシフト量を示す。

〔0127〕

また、以下に、第 2 面の第 1 面に対する Y 軸方向のシフト量と、第 5 面の第 4 面に対する Y 軸方向のシフト量とを示す。

第 2 面の第 1 面に対する Y 軸方向のシフト量：-0.07614 (mm)

第 5 面の第 4 面に対する Y 軸方向のシフト量：-0.12194 (mm)

〔0128〕

また、〔表 1 5〕には、焦点距離を変化させる際のデータとして、レンズ全系の X 軸方向および Y 軸方向の焦点距離と、第 1 のレンズエレメント L 1 の X 軸方向および Y 軸方向の焦点距離と、第 2 のレンズエレメント L 2 の X 軸方向および Y 軸方向の焦点距離とを示す。また、第 1 のレンズエレメント L 1 と第 2 のレンズエレメント L 2 との合成の X 軸方向の焦点距離および Y 軸方向の焦点距離を示す。

〔0129〕

10

20

30

40

50

【表 1 1】

実施例 3					
面番号	面形状	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
1	XY 多項式面	1e20	1.1597	1.59008	29.91
2	XY 多項式面	1e20	0.3000		
3	XY 多項式面	1e20	0.4001	1.59008	29.91
4	XY 多項式面	1e20	(D4)		
5	絞り	1e20	-0.2900		
6	非球面	1.8406	0.5985	1.54550	56.02
7	非球面	13.9393	0.0300		
8	非球面	8.5068	0.2170	1.65740	21.51
9	非球面	3.3351	0.3583		
10	非球面	51.5236	0.4000	1.54550	56.02
11	非球面	-14.9720	0.1477		
12	奇数次非球面	12.8910	0.3053	1.64120	23.43
13	奇数次非球面	6.3920	0.3840		
14	奇数次非球面	4.7221	0.9403	1.53690	56.27
15	奇数次非球面	-2.4389	0.2817		
16	奇数次非球面	3.5340	0.5000	1.53690	56.27
17	奇数次非球面	0.9162	(D17)		
18	球面	1e20	0.1100	1.51872	64.20
19	球面	1e20	0.1937		

【0 1 3 0】

10

20

30

40

50

【表 1 2】

実施例 3	
面 番号	係数
1	Y: -7.8775E-02 X2: -2.7366E-02 Y2: -1.8223E-02 X2Y: 1.5090E-02 Y3: 4.7133E-03 X4: 6.7534E-04 X2Y2: 1.1793E-04 Y4: -1.2515E-03 X4Y: 6.1772E-04 X2Y3: 1.0561E-04 Y5: 2.2311E-04 X6: -6.3766E-04 X2Y4: -9.9766E-07 Y6: 1.3466E-05 X6Y: -7.4277E-05 X4Y3: -1.5213E-04 X2Y5: -4.4921E-05 Y7: -8.4371E-06 X8: 1.1911E-04 Y8: 0.000000E-00 X4Y5: 1.0617E-06 X2Y7: 9.5584E-07
2	Y: -5.1251E-02 X2: 1.5931E-02 Y2: -1.3978E-02 X2Y: 1.6972E-02 Y3: 5.5505E-03 X4: 2.7466E-03 X2Y2: 7.1747E-04 Y4: -7.1300E-04 X4Y: 2.3406E-03 X2Y3: 1.1811E-03 Y5: 2.6708E-04 X6: -1.7208E-03 X2Y4: -1.6957E-06 Y6: -1.5506E-05 X6Y: -1.2329E-04 X4Y3: -2.9589E-04 X2Y5: -1.1218E-04 Y7: -8.9828E-06 X8: 4.7462E-04 Y8: 9.7635E-07 X4Y5: 2.0962E-06 X2Y7: 2.7461E-06
3	Y: 8.4246E-02 X2: 9.4908E-03 Y2: -8.2701E-03 X2Y: -9.2028E-04 Y3: -2.6247E-05 X4: 1.0028E-05 X2Y2: -1.1634E-03 Y4: -8.2681E-04 X4Y: 3.2284E-03 X2Y3: -4.6130E-04 Y5: -1.6500E-04 X6: 7.1681E-04 X2Y4: -6.2051E-04 Y6: -5.7894E-05 X6Y: 4.5516E-04 X4Y3: 1.9095E-04 X2Y5: -1.8043E-04 Y7: -2.6474E-06 X8: 6.0158E-04 Y8: 1.1825E-06 X4Y5: -3.7538E-05 X2Y7: 1.8722E-05
4	Y: 4.3072E-02 X2: -1.4255E-02 Y2: 2.0026E-03 X2Y: -7.5805E-03 Y3: -1.8815E-03 X4: -4.6598E-03 X2Y2: 4.8805E-04 Y4: -4.6992E-04 X4Y: 4.1735E-03 X2Y3: -1.2094E-03 Y5: -2.3388E-04 X6: 4.1203E-03 X2Y4: -7.4638E-04 Y6: -5.7176E-05 X6Y: -2.7966E-04 X4Y3: 4.1662E-04 X2Y5: -6.8879E-05 Y7: 2.5014E-06 X8: 1.0578E-04 Y8: 6.5545E-07 X4Y5: -4.4202E-05 X2Y7: 1.5193E-05
6	K: 0.100145 A: -0.687364E-02 B: 0.187268E-02 C: -0.291198E-01 D: 0.140312E-01 E: 0.107002E-02 F: -0.777573E-02
7	K: 10.000000 A: -0.371031E-01 B: 0.217124E-01 C: 0.358235E-02 D: -0.315872E-01 E: 0.131241E-01 F: -0.680310E-02
8	K: -10.000000 A: -0.282646E-01 B: 0.587606E-01 C: -0.220595E-01 D: 0.915060E-01 E: -0.143068E+00 F: 0.100363E+00 G: -0.280009E-01
9	K: -20.000000 A: 0.693760E-01 B: 0.103619E+00 C: -0.629642E+00 D: 0.186412E+01 E: -0.273212E+01 F: 0.205579E+01 G: -0.618356E+00
10	K: -10.000000 A: 0.978937E-02 B: -0.516866E-01 C: -0.289690E-02 D: 0.435857E-01 E: -0.112949E+00 F: 0.816805E-01 G: -0.122769E-01

【0 1 3 1】

10

20

30

40

50

【表 1 3】

実施例 3	
面 番号	係数
11	K: 10.000000 A: -0.654221E-01 B: -0.905482E-02 C: 0.411927E-01 D: -0.143250E+00 E: 0.748829E-01 F: 0.841445E-02 G: -0.119858E-01
12	K: 0.00 AR3: -9.2303E-03 AR4: -1.3244E-01 AR5: -2.1701E-01 AR6: 3.2436E-01 AR7: 5.4228E-02 AR8: -1.4250E-01 AR9: -7.6650E-02 AR10: 1.4793E-02 AR11: 4.4770E-02 AR12: 7.3235E-03 AR13: 9.9665E-04 AR14: -4.7493E-04 AR15: -1.5192E-02 AR16: -8.6105E-03 AR17: 8.6344E-03 AR18: 1.1136E-02 AR19: 5.7746E-03 AR20: -1.0259E-02
13	K: 1.0481E+01 AR3: 1.5978E-02 AR4: -2.3333E-01 AR5: 7.0150E-02 AR6: 4.9234E-02 AR7: 1.9235E-02 AR8: -2.3190E-02 AR9: -5.0939E-03 AR10: -1.1092E-02 AR11: 1.8761E-03 AR12: 1.8101E-04 AR13: 1.0104E-03 AR14: 4.0707E-03 AR15: 1.3449E-03 AR16: -4.4282E-04 AR17: -1.2194E-03 AR18: -9.1473E-04 AR19: -6.2807E-05 AR20: 3.5904E-04
14	K: -4.8438E-01 AR3: -1.6701E-02 AR4: 6.9600E-02 AR5: -1.2196E-01 AR6: 2.1562E-02 AR7: 2.8036E-02 AR8: 3.2868E-03 AR9: -1.1176E-02 AR10: -2.5967E-03 AR11: 2.9594E-03 AR12: -2.2910E-03 AR13: 1.6302E-03 AR14: -1.1702E-03 AR15: 6.4145E-04 AR16: 2.8253E-04 AR17: -4.5834E-05 AR18: -1.5510E-04 AR19: -2.0901E-05 AR20: 2.7325E-05
15	K: -1.2424E+01 AR3: -8.1354E-02 AR4: 2.7070E-02 AR5: -9.8878E-03 AR6: -2.3494E-02 AR7: 1.1491E-02 AR8: 1.1132E-02 AR9: -1.3840E-03 AR10: -2.4919E-03 AR11: -3.9091E-04 AR12: -3.9621E-06 AR13: 3.7070E-04 AR14: 8.8079E-05 AR15: -5.1776E-05 AR16: -7.3793E-06 AR17: 7.9734E-06 AR18: 6.5073E-07 AR19: 8.6696E-07 AR20: 1.0069E-06
16	K: 1.7388E+00 AR3: -1.7297E-01 AR4: -3.5792E-01 AR5: 1.8856E-01 AR6: 4.8655E-02 AR7: -3.3280E-03 AR8: -1.5043E-02 AR9: -7.9172E-04 AR10: 5.9146E-04 AR11: -5.1654E-04 AR12: -4.1931E-04 AR13: 5.7408E-05 AR14: 1.6719E-04 AR15: 1.6809E-04 AR16: 4.3771E-05 AR17: -3.5264E-06 AR18: -1.0107E-05 AR19: -1.2857E-05 AR20: -3.2585E-06
17	K: -7.2560E+00 AR3: 3.4553E-02 AR4: -1.9850E-01 AR5: 1.0332E-01 AR6: 3.0673E-02 AR7: -3.7533E-02 AR8: 8.3535E-03 AR9: 2.1459E-05 AR10: 1.9644E-05 AR11: 3.0227E-05 AR12: -1.2316E-04 AR13: 2.8192E-06 AR14: 1.2698E-05 AR15: 1.8790E-06 AR16: 1.3014E-06 AR17: -3.2198E-07 AR18: -1.9694E-07 AR19: 8.2312E-08 AR20: -6.2481E-08

【0 1 3 2】

10

20

30

40

【表 1 4】

実施例 3					
X 軸方向 焦点距離	Y 軸方向 焦点距離	D4	D17	L1 シフト量	L2 シフト量
3.193	3.193	0.480	0.320	2.249	-2.551
4.483	4.517	0.300	1.161	-1.305	0.256
5.708	5.706	0.260	1.890	-2.292	1.606

10

【0 1 3 3】

【表 1 5】

実施例 3							
レンズ 全系		L1		L2		L1, L2 合成	
X 軸方向 焦点 距離	Y 軸方向 焦点 距離	X 軸方向 焦点 距離	Y 軸方向 焦点 距離	X 軸方向 焦点 距離	Y 軸方向 焦点 距離	X 軸方向 焦点 距離	Y 軸方向 焦点 距離
3.193	3.193	-28.860	74.416	17.777	87.231	38.554	39.468
4.483	4.517	-17.617	-71.156	37.100	-75.076	-34.675	-36.312
5.708	5.706	-14.531	-37.429	98.578	-32.243	-17.093	-17.225

20

【0 1 3 4】

また、以下に、数値実施例 3 における上述の各条件式に関する値を示す。数値実施例 3 は、各条件式の値がその数値範囲内となっている。

30

- (1) $|\phi 1 W| \cdot f w = 0.111$
 (2) $|\phi 2 W| \cdot f w = 0.180$
 (3) $|\phi 1 T| \cdot f t = 0.393$
 (4) $|\phi 2 T| \cdot f t = 0.058$
 (5) $|\phi 12 W X - \phi 12 W Y| \cdot f w = 0.002$
 (6) $|\phi 12 T X - \phi 12 T Y| \cdot f t = 0.003$
 (7) $|\phi 12 W X / \phi 12 W Y| = 1.024$
 (8) $|\phi 12 T X / \phi 12 T Y| = 1.008$
 (9) $\Delta 1 / f t = 0.796$
 (10) $\Delta 2 / f t = 0.728$

40

【0 1 3 5】

図 1 3 には、数値実施例 3 における広角端状態でのスポットダイアグラムを示す。図 1 4 には、数値実施例 3 における望遠端状態でのスポットダイアグラムを示す。図 1 5 には、数値実施例 3 における広角端状態での歪曲収差を示す。図 1 6 には、数値実施例 3 における望遠端状態での歪曲収差を示す。

【0 1 3 6】

各収差図から分かるように、数値実施例 3 では、広角端状態、および望遠端状態において、各収差がバランス良く良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【0 1 3 7】

50

< 5 . 応用例 >

本開示に係る技術は、様々な製品へ応用することができる。例えば、本開示に係る技術は、自動車、電気自動車、ハイブリッド電気自動車、自動二輪車、自転車、パーソナルモビリティ、飛行機、ドローン、船舶、ロボット、建設機械、農業機械（トラクター）などのいずれかの種類の移動体に搭載される装置として実現されてもよい。

【 0 1 3 8 】

図 1 8 は、本開示に係る技術が適用され得る移動体制御システムの一例である車両制御システム 7 0 0 0 の概略的な構成例を示すブロック図である。車両制御システム 7 0 0 0 は、通信ネットワーク 7 0 1 0 を介して接続された複数の電子制御ユニットを備える。図 1 8 に示した例では、車両制御システム 7 0 0 0 は、駆動系制御ユニット 7 1 0 0、ボディ系制御ユニット 7 2 0 0、バッテリー制御ユニット 7 3 0 0、車外情報検出ユニット 7 4 0 0、車内情報検出ユニット 7 5 0 0、及び統合制御ユニット 7 6 0 0 を備える。これらの複数の制御ユニットを接続する通信ネットワーク 7 0 1 0 は、例えば、CAN（Controller Area Network）、LIN（Local Interconnect Network）、LAN（Local Area Network）又は FlexRay（登録商標）等の任意の規格に準拠した車載通信ネットワークであってよい。

【 0 1 3 9 】

各制御ユニットは、各種プログラムにしたがって演算処理を行うマイクロコンピュータと、マイクロコンピュータにより実行されるプログラム又は各種演算に用いられるパラメータ等を記憶する記憶部と、各種制御対象の装置を駆動する駆動回路とを備える。各制御ユニットは、通信ネットワーク 7 0 1 0 を介して他の制御ユニットとの間で通信を行うためのネットワーク I / F を備えるとともに、車内外の装置又はセンサ等との間で、有線通信又は無線通信により通信を行うための通信 I / F を備える。図 1 8 では、統合制御ユニット 7 6 0 0 の機能構成として、マイクロコンピュータ 7 6 1 0、汎用通信 I / F 7 6 2 0、専用通信 I / F 7 6 3 0、測位部 7 6 4 0、ビーコン受信部 7 6 5 0、車内機器 I / F 7 6 6 0、音声画像出力部 7 6 7 0、車載ネットワーク I / F 7 6 8 0 及び記憶部 7 6 9 0 が図示されている。他の制御ユニットも同様に、マイクロコンピュータ、通信 I / F 及び記憶部等を備える。

【 0 1 4 0 】

駆動系制御ユニット 7 1 0 0 は、各種プログラムにしたがって車両の駆動系に関連する装置の動作を制御する。例えば、駆動系制御ユニット 7 1 0 0 は、内燃機関又は駆動用モータ等の車両の駆動力を発生させるための駆動力発生装置、駆動力を車輪に伝達するための駆動力伝達機構、車両の舵角を調節するステアリング機構、及び、車両の制動力を発生させる制動装置等の制御装置として機能する。駆動系制御ユニット 7 1 0 0 は、ABS（Antilock Brake System）又は ESC（Electronic Stability Control）等の制御装置としての機能を有してもよい。

【 0 1 4 1 】

駆動系制御ユニット 7 1 0 0 には、車両状態検出部 7 1 1 0 が接続される。車両状態検出部 7 1 1 0 には、例えば、車体の軸回転運動の角速度を検出するジャイロセンサ、車両の加速度を検出する加速度センサ、あるいは、アクセルペダルの操作量、ブレーキペダルの操作量、ステアリングホイールの操舵角、エンジン回転数又は車輪の回転速度等を検出するためのセンサのうちの少なくとも一つが含まれる。駆動系制御ユニット 7 1 0 0 は、車両状態検出部 7 1 1 0 から入力される信号を用いて演算処理を行い、内燃機関、駆動用モータ、電動パワーステアリング装置又はブレーキ装置等を制御する。

【 0 1 4 2 】

ボディ系制御ユニット 7 2 0 0 は、各種プログラムにしたがって車体に装備された各種装置の動作を制御する。例えば、ボディ系制御ユニット 7 2 0 0 は、キーレスエントリーシステム、スマートキーシステム、パワーウィンドウ装置、あるいは、ヘッドランプ、バックランプ、ブレーキランプ、ウィンカー又はフォグランプ等の各種ランプの制御装置として機能する。この場合、ボディ系制御ユニット 7 2 0 0 には、鍵を代替する携帯機から発

信される電波又は各種スイッチの信号が入力され得る。ボディ系制御ユニット7200は、これらの電波又は信号の入力を受け付け、車両のドアロック装置、パワーウィンドウ装置、ランプ等を制御する。

【0143】

バッテリー制御ユニット7300は、各種プログラムにしたがって駆動用モータの電力供給源である二次電池7310を制御する。例えば、バッテリー制御ユニット7300には、二次電池7310を備えたバッテリー装置から、バッテリー温度、バッテリー出力電圧又はバッテリーの残存容量等の情報が入力される。バッテリー制御ユニット7300は、これらの信号を用いて演算処理を行い、二次電池7310の温度調節制御又はバッテリー装置に備えられた冷却装置等の制御を行う。

10

【0144】

車外情報検出ユニット7400は、車両制御システム7000を搭載した車両の外部の情報を検出する。例えば、車外情報検出ユニット7400には、撮像部7410及び車外情報検出部7420のうちの少なくとも一方が接続される。撮像部7410には、ToF (Time Of Flight) カメラ、ステレオカメラ、単眼カメラ、赤外線カメラ及びその他のカメラのうちの少なくとも一つが含まれる。車外情報検出部7420には、例えば、現在の天候又は気象を検出するための環境センサ、あるいは、車両制御システム7000を搭載した車両の周囲の他の車両、障害物又は歩行者等を検出するための周囲情報検出センサのうちの少なくとも一つが含まれる。

【0145】

20

環境センサは、例えば、雨天を検出する雨滴センサ、霧を検出する霧センサ、日照度合いを検出する日照センサ、及び降雪を検出する雪センサのうちの少なくとも一つであってよい。周囲情報検出センサは、超音波センサ、レーダ装置及びLIDAR (Light Detection and Ranging, Laser Imaging Detection and Ranging) 装置のうちの少なくとも一つであってよい。これらの撮像部7410及び車外情報検出部7420は、それぞれ独立したセンサないし装置として備えられてもよいし、複数のセンサないし装置が統合された装置として備えられてもよい。

【0146】

ここで、図19は、撮像部7410及び車外情報検出部7420の設置位置の例を示す。撮像部7910、7912、7914、7916、7918は、例えば、車両7900のフロントノーズ、サイドミラー、リアバンパ、バックドア及び車室内のフロントガラスの上部のうちの少なくとも一つの位置に設けられる。フロントノーズに備えられる撮像部7910及び車室内のフロントガラスの上部に備えられる撮像部7918は、主として車両7900の前方の画像を取得する。サイドミラーに備えられる撮像部7912、7914は、主として車両7900の側方の画像を取得する。リアバンパ又はバックドアに備えられる撮像部7916は、主として車両7900の後方の画像を取得する。車室内のフロントガラスの上部に備えられる撮像部7918は、主として先行車両又は、歩行者、障害物、信号機、交通標識又は車線等の検出に用いられる。

30

【0147】

なお、図19には、それぞれの撮像部7910、7912、7914、7916の撮影範囲の一例が示されている。撮像範囲aは、フロントノーズに設けられた撮像部7910の撮像範囲を示し、撮像範囲b、cは、それぞれサイドミラーに設けられた撮像部7912、7914の撮像範囲を示し、撮像範囲dは、リアバンパ又はバックドアに設けられた撮像部7916の撮像範囲を示す。例えば、撮像部7910、7912、7914、7916で撮像された画像データが重ね合わせられることにより、車両7900を上方から見た俯瞰画像が得られる。

40

【0148】

車両7900のフロント、リア、サイド、コーナ及び車室内のフロントガラスの上部に設けられる車外情報検出部7920、7922、7924、7926、7928、7930は、例えば超音波センサ又はレーダ装置であってよい。車両7900のフロントノーズ

50

、リアバンパ、バックドア及び車室内のフロントガラスの上部に設けられる車外情報検出部 7920, 7926, 7930 は、例えば L I D A R 装置であってよい。これらの車外情報検出部 7920 ~ 7930 は、主として先行車両、歩行者又は障害物等の検出に用いられる。

【0149】

図 18 に戻って説明を続ける。車外情報検出ユニット 7400 は、撮像部 7410 に車外の画像を撮像させるとともに、撮像された画像データを受信する。また、車外情報検出ユニット 7400 は、接続されている車外情報検出部 7420 から検出情報を受信する。車外情報検出部 7420 が超音波センサ、レーダ装置又は L I D A R 装置である場合には、車外情報検出ユニット 7400 は、超音波又は電磁波等を発信させるとともに、受信された反射波の情報を受信する。車外情報検出ユニット 7400 は、受信した情報に基づいて、人、車、障害物、標識又は路面上の文字等の物体検出処理又は距離検出処理を行ってもよい。車外情報検出ユニット 7400 は、受信した情報に基づいて、降雨、霧又は路面状況等を認識する環境認識処理を行ってもよい。車外情報検出ユニット 7400 は、受信した情報に基づいて、車外の物体までの距離を算出してもよい。

【0150】

また、車外情報検出ユニット 7400 は、受信した画像データに基づいて、人、車、障害物、標識又は路面上の文字等を認識する画像認識処理又は距離検出処理を行ってもよい。車外情報検出ユニット 7400 は、受信した画像データに対して歪補正又は位置合わせ等の処理を行うとともに、異なる撮像部 7410 により撮像された画像データを合成して、俯瞰画像又はパノラマ画像を生成してもよい。車外情報検出ユニット 7400 は、異なる撮像部 7410 により撮像された画像データを用いて、視点変換処理を行ってもよい。

【0151】

車内情報検出ユニット 7500 は、車内の情報を検出する。車内情報検出ユニット 7500 には、例えば、運転者の状態を検出する運転者状態検出部 7510 が接続される。運転者状態検出部 7510 は、運転者を撮像するカメラ、運転者の生体情報を検出する生体センサ又は車室内の音声を集音するマイク等を含んでもよい。生体センサは、例えば、座面又はステアリングホイール等に設けられ、座席に座った搭乗者又はステアリングホイールを握る運転者の生体情報を検出する。車内情報検出ユニット 7500 は、運転者状態検出部 7510 から入力される検出情報に基づいて、運転者の疲労度合い又は集中度合いを算出してもよいし、運転者が居眠りをしていないかを判別してもよい。車内情報検出ユニット 7500 は、集音された音声信号に対してノイズキャンセリング処理等の処理を行ってもよい。

【0152】

統合制御ユニット 7600 は、各種プログラムにしたがって車両制御システム 7000 内の動作全般を制御する。統合制御ユニット 7600 には、入力部 7800 が接続されている。入力部 7800 は、例えば、タッチパネル、ボタン、マイクロフォン、スイッチ又はレバー等、搭乗者によって入力操作され得る装置によって実現される。統合制御ユニット 7600 には、マイクロフォンにより入力される音声を音声認識することにより得たデータが入力されてもよい。入力部 7800 は、例えば、赤外線又はその他の電波を利用したリモートコントロール装置であってもよいし、車両制御システム 7000 の操作に対応した携帯電話又は P D A (Personal Digital Assistant) 等の外部接続機器であってもよい。入力部 7800 は、例えばカメラであってもよく、その場合搭乗者はジェスチャにより情報を入力することができる。あるいは、搭乗者が装着したウェアラブル装置の動きを検出することで得られたデータが入力されてもよい。さらに、入力部 7800 は、例えば、上記の入力部 7800 を用いて搭乗者等により入力された情報に基づいて入力信号を生成し、統合制御ユニット 7600 に出力する入力制御回路などを含んでもよい。搭乗者等は、この入力部 7800 を操作することにより、車両制御システム 7000 に対して各種のデータを入力したり処理動作を指示したりする。

【0153】

記憶部 7690 は、マイクロコンピュータにより実行される各種プログラムを記憶する ROM (Read Only Memory)、及び各種パラメータ、演算結果又はセンサ値等を記憶する RAM (Random Access Memory) を含んでいてもよい。また、記憶部 7690 は、HDD (Hard Disc Drive) 等の磁気記憶デバイス、半導体記憶デバイス、光記憶デバイス又は光磁気記憶デバイス等によって実現してもよい。

【0154】

汎用通信 I / F 7620 は、外部環境 7750 に存在する様々な機器との間の通信を仲介する汎用的な通信 I / F である。汎用通信 I / F 7620 は、GSM (登録商標) (Global System of Mobile communications)、WiMAX (登録商標)、LTE (登録商標) (Long Term Evolution) 若しくは LTE-A (LTE-Advanced) などのセルラー通信プロトコル、又は無線 LAN (Wi-Fi (登録商標) と同いう)、Bluetooth (登録商標) などのその他の無線通信プロトコルを実装してよい。汎用通信 I / F 7620 は、例えば、基地局又はアクセスポイントを介して、外部ネットワーク (例えば、インターネット、クラウドネットワーク又は事業者固有のネットワーク) 上に存在する機器 (例えば、アプリケーションサーバ又は制御サーバ) へ接続してもよい。また、汎用通信 I / F 7620 は、例えば P2P (Peer To Peer) 技術を用いて、車両の近傍に存在する端末 (例えば、運転者、歩行者若しくは店舗の端末、又は MTC (Machine Type Communication) 端末) と接続してもよい。

【0155】

専用通信 I / F 7630 は、車両における使用を目的として策定された通信プロトコルをサポートする通信 I / F である。専用通信 I / F 7630 は、例えば、下位レイヤの IEEE 802.11p と上位レイヤの IEEE 1609 との組合せである WAVE (Wireless Access in Vehicle Environment)、DSRC (Dedicated Short Range Communications)、又はセルラー通信プロトコルといった標準プロトコルを実装してよい。専用通信 I / F 7630 は、典型的には、車車間 (Vehicle to Vehicle) 通信、路車間 (Vehicle to Infrastructure) 通信、車両と家との間 (Vehicle to Home) の通信及び歩車間 (Vehicle to Pedestrian) 通信のうちの 1 つ以上を含む概念である V2X 通信を遂行する。

【0156】

測位部 7640 は、例えば、GNSS (Global Navigation Satellite System) 衛星からの GNSS 信号 (例えば、GPS (Global Positioning System) 衛星からの GPS 信号) を受信して測位を実行し、車両の緯度、経度及び高度を含む位置情報を生成する。なお、測位部 7640 は、無線アクセスポイントとの信号の交換により現在位置を特定してもよく、又は測位機能を有する携帯電話、PHS 若しくはスマートフォンといった端末から位置情報を取得してもよい。

【0157】

ビーコン受信部 7650 は、例えば、道路上に設置された無線局等から発信される電波あるいは電磁波を受信し、現在位置、渋滞、通行止め又は所要時間等の情報を取得する。なお、ビーコン受信部 7650 の機能は、上述した専用通信 I / F 7630 に含まれてもよい。

【0158】

車内機器 I / F 7660 は、マイクロコンピュータ 7610 と車内に存在する様々な車内機器 7760 との間の接続を仲介する通信インタフェースである。車内機器 I / F 7660 は、無線 LAN、Bluetooth (登録商標)、NFC (Near Field Communication) 又は WUSB (Wireless USB) といった無線通信プロトコルを用いて無線接続を確立してもよい。また、車内機器 I / F 7660 は、図示しない接続端子 (及び、必要であればケーブル) を介して、USB (Universal Serial Bus)、HDMI (登録商標) (High-Definition Multimedia Interface)、又は MHL (Mobile High-definition Link) 等の有線接続を確立してもよい。車内機器 7760 は、例えば、搭乗者が有するモバイル機器若しくはウェアラブル機器、又は車両に搬入され若しくは取り付けられる情報

10

20

30

40

50

機器のうちの少なくとも1つを含んでいてもよい。また、車内機器7760は、任意の目的地までの経路探索を行うナビゲーション装置を含んでいてもよい。車内機器I/F7660は、これらの車内機器7760との間で、制御信号又はデータ信号を交換する。

【0159】

車載ネットワークI/F7680は、マイクロコンピュータ7610と通信ネットワーク7010との間の通信を仲介するインタフェースである。車載ネットワークI/F7680は、通信ネットワーク7010によりサポートされる所定のプロトコルに則して、信号等を送受信する。

【0160】

統合制御ユニット7600のマイクロコンピュータ7610は、汎用通信I/F7620、専用通信I/F7630、測位部7640、ビーコン受信部7650、車内機器I/F7660及び車載ネットワークI/F7680のうちの少なくとも一つを介して取得される情報に基づき、各種プログラムにしたがって、車両制御システム7000を制御する。例えば、マイクロコンピュータ7610は、取得される車内外の情報に基づいて、駆動力発生装置、ステアリング機構又は制動装置の制御目標値を演算し、駆動系制御ユニット7100に対して制御指令を出力してもよい。例えば、マイクロコンピュータ7610は、車両の衝突回避あるいは衝撃緩和、車間距離に基づく追従走行、車速維持走行、車両の衝突警告、又は車両のレーン逸脱警告等を含むADAS (Advanced Driver Assistance System) の機能実現を目的とした協調制御を行ってもよい。また、マイクロコンピュータ7610は、取得される車両の周囲の情報に基づいて駆動力発生装置、ステアリング機構又は制動装置等を制御することにより、運転者の操作に拠らずに自律的に走行する自動運転等を目的とした協調制御を行ってもよい。

【0161】

マイクロコンピュータ7610は、汎用通信I/F7620、専用通信I/F7630、測位部7640、ビーコン受信部7650、車内機器I/F7660及び車載ネットワークI/F7680のうちの少なくとも一つを介して取得される情報に基づき、車両と周辺の構造物や人物等の物体との間の3次元距離情報を生成し、車両の現在位置の周辺情報を含むローカル地図情報を作成してもよい。また、マイクロコンピュータ7610は、取得される情報に基づき、車両の衝突、歩行者等の近接又は通行止めの道路への進入等の危険を予測し、警告用信号を生成してもよい。警告用信号は、例えば、警告音を発生させたり、警告ランプを点灯させたりするための信号であってよい。

【0162】

音声画像出力部7670は、車両の搭乗者又は車外に対して、視覚的又は聴覚的に情報を通知することが可能な出力装置へ音声及び画像のうちの少なくとも一方の出力信号を送信する。図18の例では、出力装置として、オーディオスピーカ7710、表示部7720及びインストルメントパネル7730が例示されている。表示部7720は、例えば、オンボードディスプレイ及びヘッドアップディスプレイの少なくとも一つを含んでいてもよい。表示部7720は、AR (Augmented Reality) 表示機能を有していてもよい。出力装置は、これらの装置以外の、ヘッドホン、搭乗者が装着する眼鏡型ディスプレイ等のウェアラブルデバイス、プロジェクタ又はランプ等の他の装置であってもよい。出力装置が表示装置の場合、表示装置は、マイクロコンピュータ7610が行った各種処理により得られた結果又は他の制御ユニットから受信された情報を、テキスト、イメージ、表、グラフ等、様々な形式で視覚的に表示する。また、出力装置が音声出力装置の場合、音声出力装置は、再生された音声データ又は音響データ等からなるオーディオ信号をアナログ信号に変換して聴覚的に出力する。

【0163】

なお、図18に示した例において、通信ネットワーク7010を介して接続された少なくとも二つの制御ユニットが一つの制御ユニットとして一体化されてもよい。あるいは、個々の制御ユニットが、複数の制御ユニットにより構成されてもよい。さらに、車両制御システム7000が、図示されていない別の制御ユニットを備えてもよい。また、上記の

説明において、いずれかの制御ユニットが担う機能の一部又は全部を、他の制御ユニットに持たせてもよい。つまり、通信ネットワーク 7010 を介して情報の送受信がされるようになっていれば、所定の演算処理が、いずれかの制御ユニットで行われるようになってもよい。同様に、いずれかの制御ユニットに接続されているセンサ又は装置が、他の制御ユニットに接続されるとともに、複数の制御ユニットが、通信ネットワーク 7010 を介して相互に検出情報を送受信してもよい。

【0164】

以上説明した車両制御システム 7000 において、本開示の可変焦点距離レンズ系、および撮像装置は、撮像部 7410、および撮像部 7910、7912、7914、7916、7918 に適用することができる。

【0165】

< 6. その他の実施の形態 >

本開示による技術は、上記実施の形態および実施例の説明に限定されず種々の変形実施が可能である。

例えば、上記各数値実施例において示した各部の形状および数値は、いずれも本技術を実施するための具体化のほんの一例に過ぎず、これらによって本技術の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならないものである。

【0166】

また、上記実施の形態および実施例では、実質的に 3 つのレンズユニットからなる構成について説明したが、実質的に屈折力を有さないレンズをさらに備えた構成であってもよい。

【0167】

また例えば、本技術は以下のような構成を取ることができる。以下の構成の本技術によれば、全体として 3 つのレンズユニットで構成し、自由曲面を適切に用いて各レンズユニットの構成の最適化を図るようにしたので、少ないレンズ枚数で広角端状態から望遠端状態まで良好な結像性能を実現することが可能となる。

[1]

物体側から像面側に向かって順に、

少なくとも 1 つのレンズ面が自由曲面とされた第 1 のレンズエレメントからなる第 1 レンズユニットと、

少なくとも 1 つのレンズ面が自由曲面とされた第 2 のレンズエレメントからなる第 2 レンズユニットと、

開口絞りを有し、回転対称な形状のレンズで構成された第 3 レンズユニットとで構成され、

前記第 3 レンズユニットの光軸を Z 軸、像面上で前記 Z 軸に直交する軸を Y 軸、像面上で前記 Y 軸と前記 Z 軸とに直交する軸を X 軸としたとき、

前記第 1 レンズユニットと前記第 2 レンズユニットは、

前記 Y 軸方向に移動可能であり、互いに逆向きに移動することにより、前記第 1 レンズユニットと前記第 2 レンズユニットとの合成屈折力が可変であり、前記合成屈折力の変化に伴う像面位置の変動を補償するように、少なくとも前記第 3 レンズユニットが光軸方向に移動する

可変焦点距離レンズ系。

[2]

さらに以下の条件式を満足する

上記 [1] に記載の可変焦点距離レンズ系。

$$0.04 < |\phi 1 W| \cdot f w < 0.25 \quad \dots (1)$$

$$0.10 < |\phi 2 W| \cdot f w < 0.30 \quad \dots (2)$$

ただし、

$\phi 1 W$: 前記第 1 のレンズエレメントの広角端状態における前記 X 軸方向の屈折力

$\phi 2 W$: 前記第 2 のレンズエレメントの広角端状態における前記 X 軸方向の屈折力

f_w ：広角端状態におけるレンズ系全体の焦点距離とする。

[3]

さらに以下の条件式を満足する

上記 [1] または [2] に記載の可変焦点距離レンズ系。

$$0.20 < |\phi_{1T}| \cdot f_t < 0.60 \quad \dots (3)$$

$$0 < |\phi_{2T}| \cdot f_t < 0.40 \quad \dots (4)$$

ただし、

ϕ_{1T} ：前記第1のレンズエレメントの望遠端状態における前記X軸方向の屈折力

ϕ_{2T} ：前記第2のレンズエレメントの望遠端状態における前記X軸方向の屈折力

f_t ：望遠端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

とする。

[4]

さらに以下の条件式を満足する

上記 [1] ないし [3] のいずれか1つに記載の可変焦点距離レンズ系。

$$|\phi_{12WX} - \phi_{12WY}| \cdot f_w < 0.06 \quad \dots (5)$$

$$|\phi_{12TX} - \phi_{12TY}| \cdot f_t < 0.06 \quad \dots (6)$$

ただし、

ϕ_{12WX} ：広角端状態における前記第1のレンズエレメントと前記第2のレンズエレメントとの前記X軸方向の合成屈折力

ϕ_{12WY} ：広角端状態における前記第1のレンズエレメントと前記第2のレンズエレメントとの前記Y軸方向の合成屈折力

ϕ_{12TX} ：望遠端状態における前記第1のレンズエレメントと前記第2のレンズエレメントとの前記X軸方向の合成屈折力

ϕ_{12TY} ：望遠端状態における前記第1のレンズエレメントと前記第2のレンズエレメントとの前記Y軸方向の合成屈折力

f_w ：広角端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

f_t ：望遠端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

とする。

[5]

被写体距離が無限遠位置から近距離まで移動する際に、前記第3レンズユニットが光軸方向に移動し、

さらに以下の条件式を満足する

上記 [1] ないし [4] のいずれか1つに記載の可変焦点距離レンズ系。

$$0.9 < |\phi_{12WX} / \phi_{12WY}| < 1.25 \quad \dots (7)$$

$$0.9 < |\phi_{12TX} / \phi_{12TY}| < 1.1 \quad \dots (8)$$

ただし、

ϕ_{12WX} ：広角端状態における前記第1のレンズエレメントと前記第2のレンズエレメントとの前記X軸方向の合成屈折力

ϕ_{12WY} ：広角端状態における前記第1のレンズエレメントと前記第2のレンズエレメントとの前記Y軸方向の合成屈折力

ϕ_{12TX} ：望遠端状態における前記第1のレンズエレメントと前記第2のレンズエレメントとの前記X軸方向の合成屈折力

ϕ_{12TY} ：望遠端状態における前記第1のレンズエレメントと前記第2のレンズエレメントとの前記Y軸方向の合成屈折力

とする。

[6]

さらに以下の条件式を満足する

上記 [1] ないし [5] のいずれか1つに記載の可変焦点距離レンズ系。

$$0.5 < \Delta 1 / f_t < 0.9 \quad \dots (9)$$

$$0.5 < \Delta 2 / f_t < 0.9 \dots\dots (10)$$

ただし、

$\Delta 1$ ：広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際の前記第1レンズユニットの前記Y軸方向の移動量

$\Delta 2$ ：広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際の前記第2レンズユニットの前記Y軸方向の移動量

f_t ：望遠端状態におけるレンズ系全体の焦点距離とする。

[7]

可変焦点距離レンズ系と、前記可変焦点距離レンズ系によって形成された光学像に応じた撮像信号を出力する撮像素子とを含み、

前記可変焦点距離レンズ系は、

物体側から像面側に向かって順に、

少なくとも1つのレンズ面が自由曲面とされた第1のレンズエレメントからなる第1レンズユニットと、

少なくとも1つのレンズ面が自由曲面とされた第2のレンズエレメントからなる第2レンズユニットと、

開口絞りを有し、回転対称な形状のレンズで構成された第3レンズユニットとで構成され、

前記第3レンズユニットの光軸をZ軸、像面上で前記Z軸に直交する軸をY軸、像面上で前記Y軸と前記Z軸とに直交する軸をX軸としたとき、

前記第1レンズユニットと前記第2レンズユニットは、

前記Y軸方向に移動可能であり、互いに逆向きに移動することにより、前記第1レンズユニットと前記第2レンズユニットとの合成屈折力が可変であり、前記合成屈折力の変化に伴う像面位置の変動を補償するように、少なくとも前記第3レンズユニットが光軸方向に移動する

撮像装置。

[8]

実質的に屈折力を有さないレンズをさらに備えた

上記[1]ないし[6]のいずれか1つに記載の可変焦点距離レンズ系。

[9]

前記可変焦点距離レンズ系は、実質的に屈折力を有さないレンズをさらに備える

上記[7]に記載の撮像装置。

【0168】

本出願は、日本国特許庁において2017年10月17日に出願された日本特許出願番号第2017-201275号を基礎として優先権を主張するものであり、この出願のすべての内容を参照によって本出願に援用する。

【0169】

当業者であれば、設計上の要件や他の要因に応じて、種々の修正、コンビネーション、サブコンビネーション、および変更を想到し得るが、それらは添付の請求の範囲やその均等物の範囲に含まれるものであることが理解される。

10

20

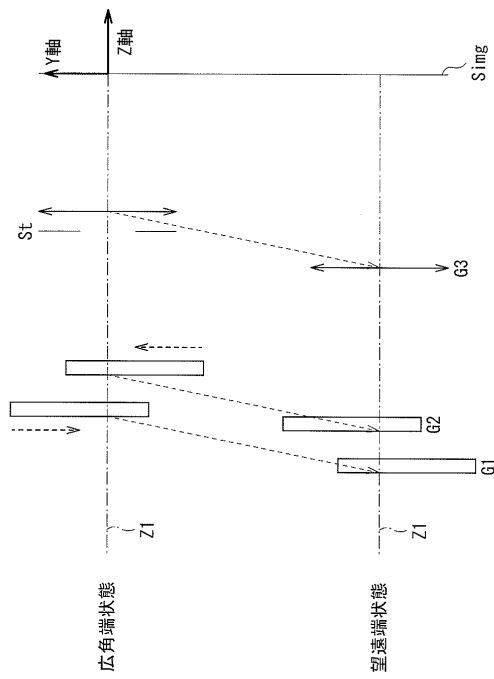
30

40

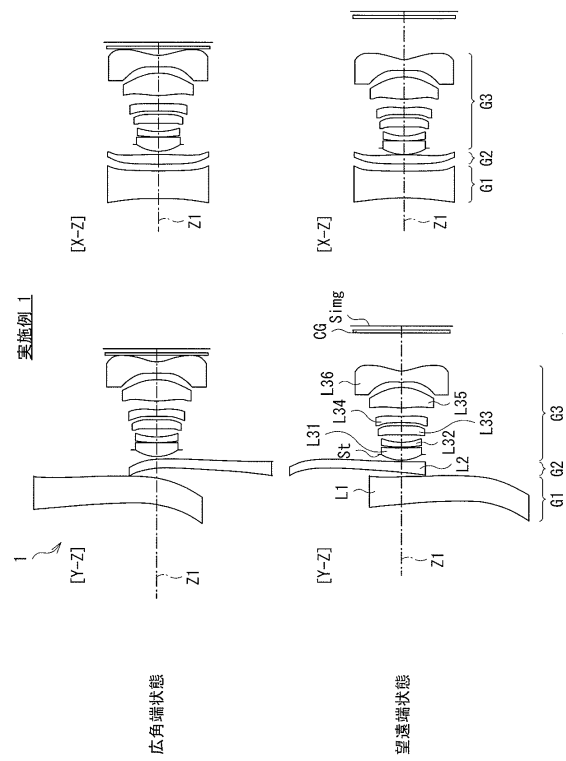
50

【図面】

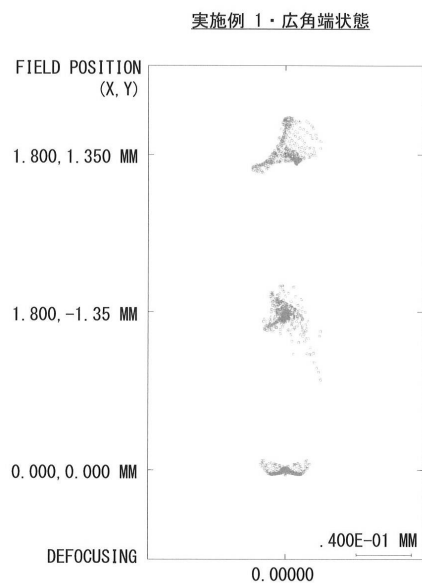
【図 1】



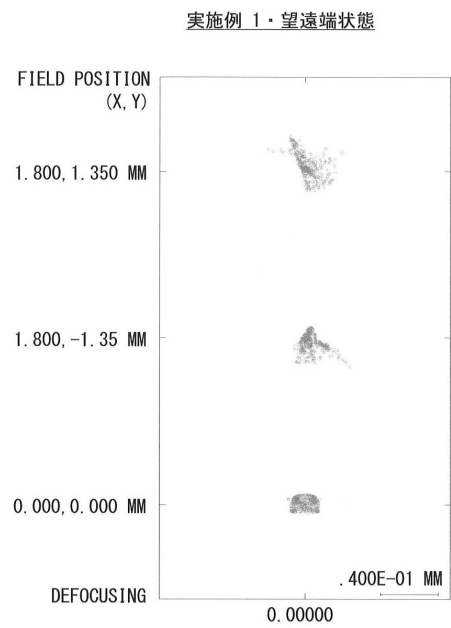
【図 2】



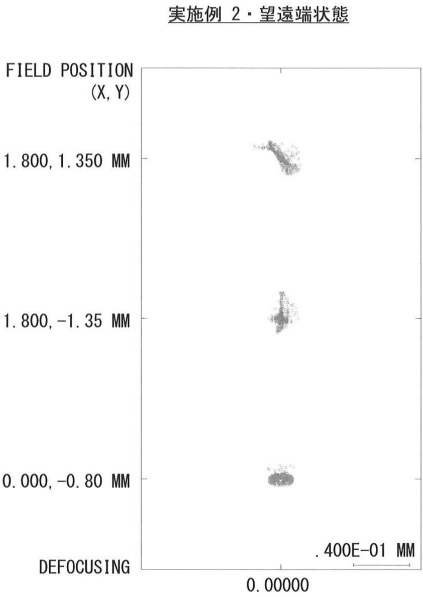
【圖 3】



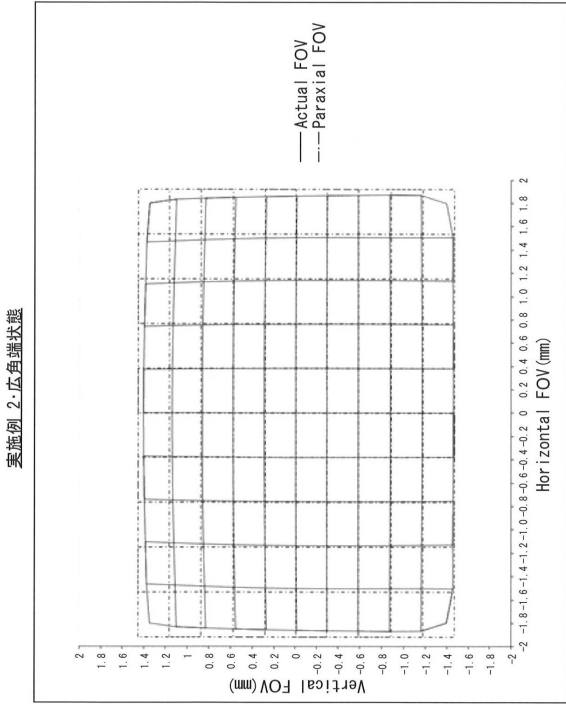
【図 4】



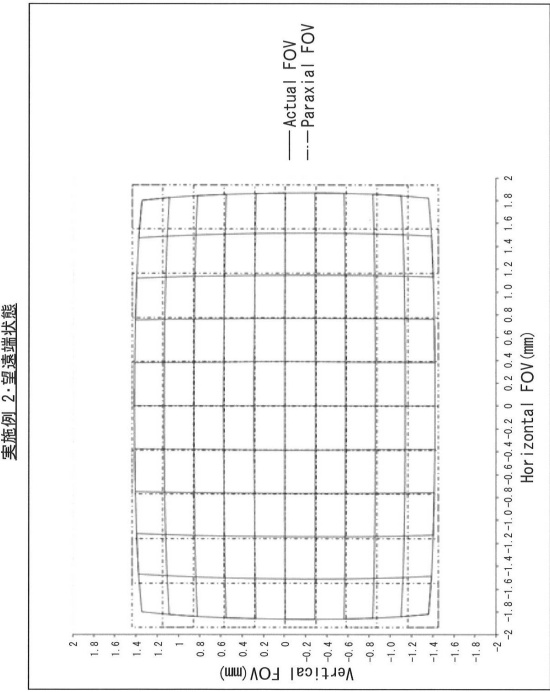
【図 9】



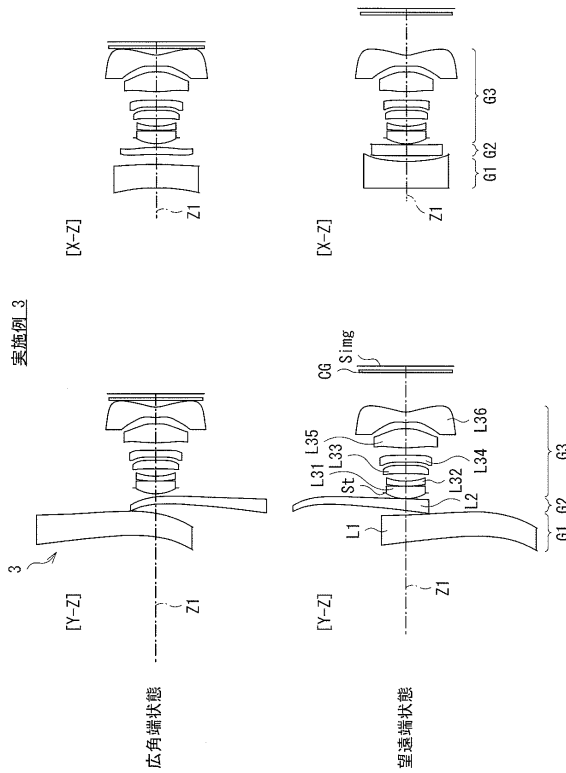
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

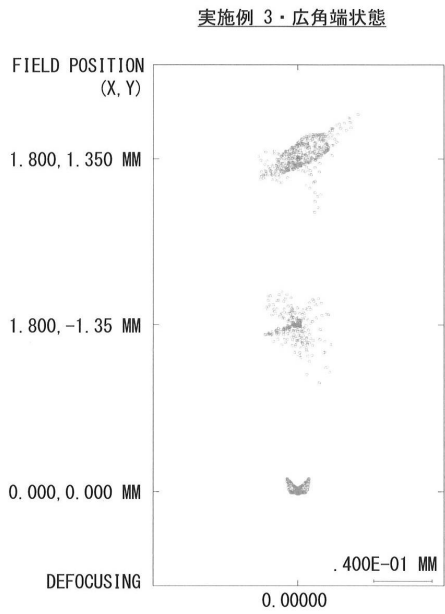
20

30

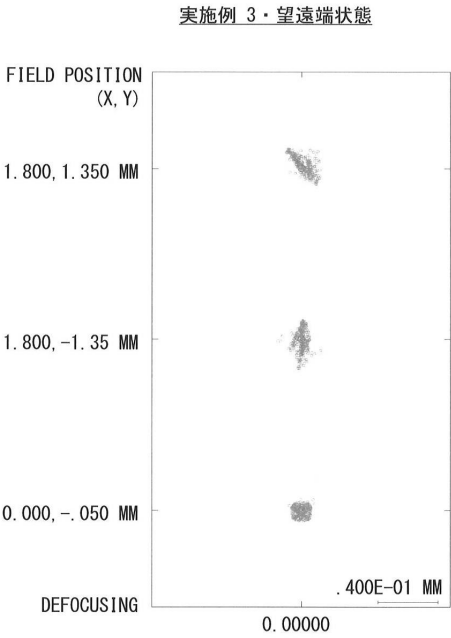
40

50

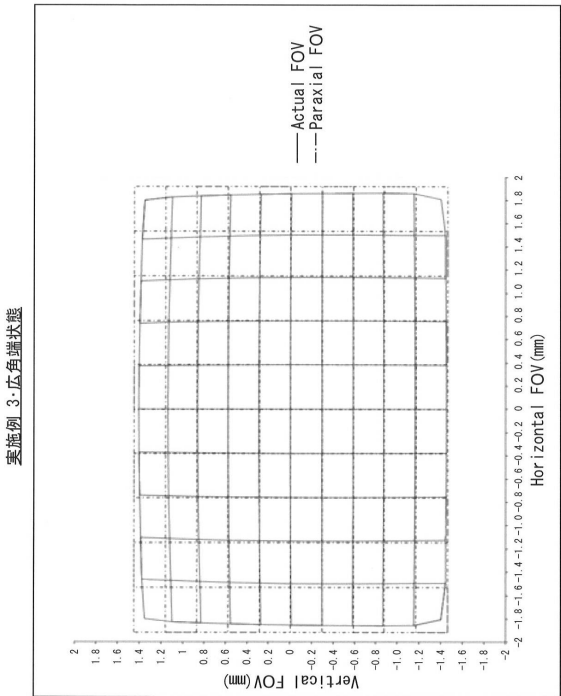
【図 1 3】



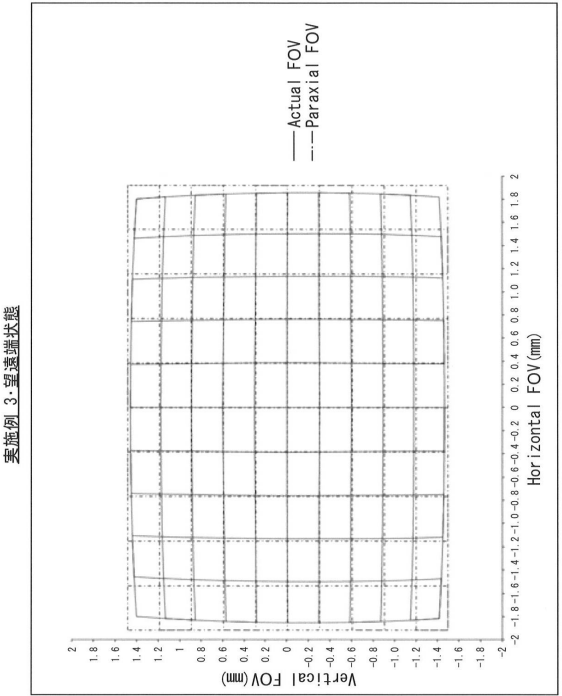
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



10

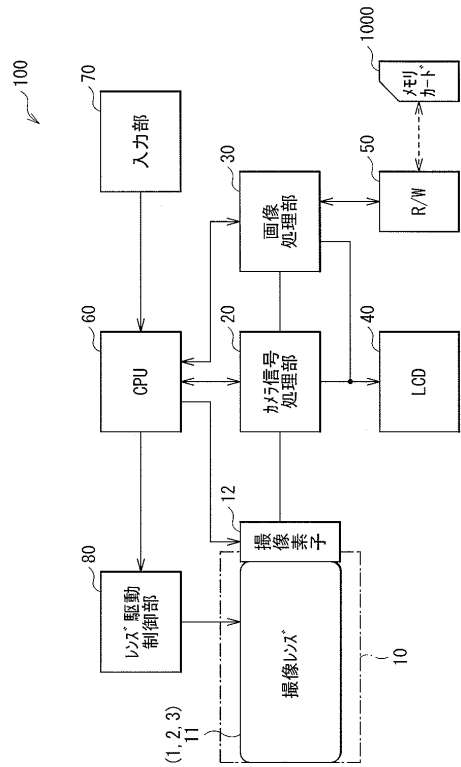
20

30

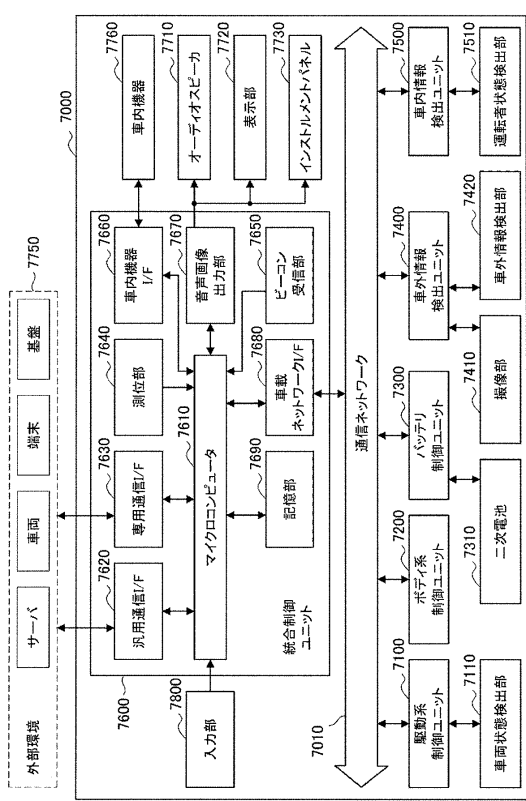
40

50

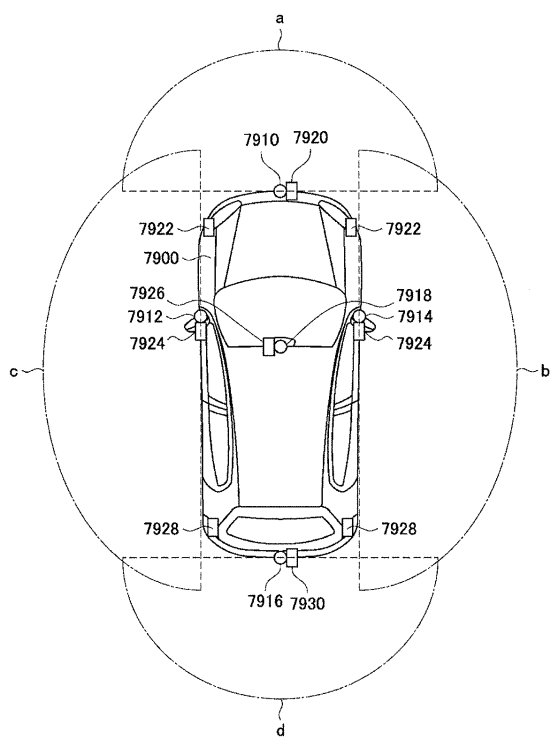
【図 17】



【図 18】



【図 19】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- ディー 7 0 3 2 7 ヘデルフィンガー シュトラッセ 6 1 ソニー ヨーロッパ リミテッド内
(72)発明者 ヴァイシェルト クリスティン
ドイツ連邦共和国 シュトゥットガルト ディー 7 0 3 2 7 ヘデルフィンガー シュトラッセ 6
1 ソニー ヨーロッパ リミテッド内
(72)発明者 石岡 学
東京都港区港南 1 丁目 7 番 1 号 株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント内
審査官 森内 正明
(56)参考文献 特開昭 5 9 - 1 1 6 7 1 0 (J P , A)
特表 2 0 0 9 - 5 0 5 1 6 6 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 4 7 4 2 0 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 6 5 3 0 7 (J P , A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
G 0 2 B 9 / 0 0 - 1 7 / 0 8
G 0 2 B 2 1 / 0 2 - 2 1 / 0 4
G 0 2 B 2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 4