(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7622630号
(P7622630)

(45)発行日　令和7年1月28日(2025.1.28)

(24)登録日　令和7年1月20日(2025.1.20)

(51)国際特許分類

Ｇ０２Ｂ　13/02　(2006.01)		Ｇ０２Ｂ	13/02	
Ｇ０３Ｂ　5/00　(2021.01)		Ｇ０３Ｂ	5/00	Ｊ

請求項の数　13　（全77頁）

(21)出願番号　特願2021-524834(P2021-524834)
(86)(22)出願日　令和2年6月1日(2020.6.1)
(86)国際出願番号　PCT/JP2020/021618
(87)国際公開番号　WO2020/246427
(87)国際公開日　令和2年12月10日(2020.12.10)
審査請求日　令和5年4月26日(2023.4.26)
(31)優先権主張番号　特願2019-104612(P2019-104612)
(32)優先日　令和1年6月4日(2019.6.4)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　000002185
ソニーグループ株式会社
東京都港区港南１丁目７番１号
(74)代理人　110001357
弁理士法人つばさ国際特許事務所
(72)発明者　丸山　理樹
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
審査官　小倉　宏之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　光学系および撮像装置

(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、

群全体として正の屈折力を有し、フォーカシングの際に群全体が像面に対して固定された第１レンズ群と、

群全体として正または負の屈折力を有し、群全体が光軸方向に移動することによって無限遠から近距離までのフォーカシングを行う第２レンズ群と、

物体側から像面側に向かって順に、３ａ群、３ｂ群、および３ｃ群に分割され、前記３ｂ群が光軸に略垂直な方向に移動することによって像のぶれ補正を行うようになされ、群全体として負の屈折力を有し、フォーカシングの際に群全体が像面に対して固定された第３レンズ群と

から構成され、

以下の条件式を満足する

光学系。

Ｌ／ｆ＜１　……（１）

Ｄ＿ｇ１ｍａｘ／ｆ＞０．２５　……（２）’’

Ｄ＿３ｂＩｍｇ／ｆ＜０．２２　……（３）’’

ただし、

Ｌ：前記第１レンズ群の最も物体側の面から像面までの距離

ｆ：無限遠合焦時の全系の焦点距離

Ｄ＿ｇ１ｍａｘ：前記第１レンズ群内における光軸上の最大の空気間隔
Ｄ＿３ｂＩｍｇ：前記３ｂ群の最も物体側の面から像面までの距離
とする。
【請求項２】
前記第１レンズ群は、以下の条件式（４），（５）を満足する正レンズを少なくとも１枚有する
請求項１に記載の光学系。
ｖｄ＿１ｐ＞９０　……（４）
θｇＦ＿１ｐ－（－０．００１８０１＊ｖｄ＿１ｐ＋０．６４８２６２）＞０．０４　……（５）
ただし、
ｖｄ＿１ｐ：前記第１レンズ群内の前記正レンズのｄ線に対するアッベ数
θｇＦ＿１ｐ：前記第１レンズ群内の前記正レンズのｇ線とＦ線との部分分散比
とする。
【請求項３】
前記３ｃ群は、以下の条件式（７）を満足する負レンズを少なくとも１枚含む
請求項１に記載の光学系。
ｖｄ＿３ｃｎ＜３１　……（７）
ただし、
ｖｄ＿３ｃｎ：前記３ｃ群内の前記負レンズのｄ線に対するアッベ数
とする。
【請求項４】
前記３ｃ群は、以下の条件式（８）を満足する負レンズを少なくとも１枚含む
請求項１に記載の光学系。
０＜｜ｆ３ｃｎ／ｆ｜＜０．１５　……（８）
ただし、
ｆ３ｃｎ：前記３ｃ群内の前記負レンズの焦点距離
ｆ：無限遠合焦時の全系の焦点距離
とする。
【請求項５】
前記３ｃ群は、以下の条件式（６），（７），（８）のいずれかと条件式（９）とを満足する負レンズを少なくとも１枚含む
請求項１に記載の光学系。
θｇＦ＿３ｃｎ－（－０．００１８０１＊ｖｄ＿３ｃｎ＋０．６４８２６２）＞０．００８　……（６）
ｖｄ＿３ｃｎ＜３１　……（７）
０＜｜ｆ３ｃｎ／ｆ｜＜０．１５　……（８）
Ｄ＿３ｃｎＩｍｇ／ｆ＜０．１５　……（９）
ただし、
θｇＦ＿３ｃｎ：前記３ｃ群内の前記負レンズのｇ線とＦ線との部分分散比
ｖｄ＿３ｃｎ：前記３ｃ群内の前記負レンズのｄ線に対するアッベ数
ｆ３ｃｎ：前記３ｃ群内の前記負レンズの焦点距離
ｆ：無限遠合焦時の全系の焦点距離
Ｄ＿３ｃｎＩｍｇ：前記３ｃ群内の前記負レンズの物体側の面頂点と像面との距離
とする。
【請求項６】
前記第１レンズ群は、以下の条件式（１０），（１１）を満足する負レンズを少なくとも１枚有する
請求項１に記載の光学系。
ｖｄ＿１ｎ＜３５　……（１０）

θｇＦ＿１ｎ－（－０．００１８０１＊ｖｄ＿１ｎ＋０．６４８２６２）＜０．０１０　……（１１）

ただし、

ｖｄ＿１ｎ：前記第１レンズ群内の前記負レンズのｄ線に対するアッベ数

θｇＦ＿１ｎ：前記第１レンズ群内の前記負レンズのｇ線とＦ線との部分分散比

とする。

【請求項７】

以下の条件式を満足する

請求項１に記載の光学系。

０．０５＜｜ｆ３ｃ／ｆ｜＜０．３　……（１２）

ただし、

ｆ３ｃ：前記３ｃ群の焦点距離

ｆ：無限遠合焦時の全系の焦点距離

とする。

【請求項８】

前記第２レンズ群は、接合レンズまたは単レンズからなる

請求項１に記載の光学系。

【請求項９】

前記第２レンズ群は、群全体として正の屈折力を有する

請求項１に記載の光学系。

【請求項１０】

前記第２レンズ群は、群全体として負の屈折力を有する

請求項１に記載の光学系。

【請求項１１】

光学系と、前記光学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、

前記光学系は、

物体側から像面側に向かって順に、

群全体として正の屈折力を有し、フォーカシングの際に群全体が像面に対して固定された第１レンズ群と、

群全体として正または負の屈折力を有し、群全体が光軸方向に移動することによって無限遠から近距離までのフォーカシングを行う第２レンズ群と、

物体側から像面側に向かって順に、３ａ群、３ｂ群、および３ｃ群に分割され、前記３ｂ群が光軸に略垂直な方向に移動することによって像のぶれ補正を行うようになされ、群全体として負の屈折力を有し、フォーカシングの際に群全体が像面に対して固定された第３レンズ群と

から構成され、

以下の条件式を満足する

撮像装置。

Ｌ／ｆ＜１　……（１）

Ｄ＿ｇ１ｍａｘ／ｆ＞０．２５　……（２）’’

Ｄ＿３ｂＩｍｇ／ｆ＜０．２２　……（３）’’

ただし、

Ｌ：前記第１レンズ群の最も物体側の面から像面までの距離

ｆ：無限遠合焦時の全系の焦点距離

Ｄ＿ｇ１ｍａｘ：前記第１レンズ群内における光軸上の最大の空気間隔

Ｄ＿３ｂＩｍｇ：前記３ｂ群の最も物体側の面から像面までの距離

とする。

【請求項１２】

実質的に屈折力を有さないレンズをさらに備えた

請求項１ないし１０のいずれか１つに記載の光学系。
【請求項１３】
前記光学系は、実質的に屈折力を有さないレンズをさらに備える
請求項１１に記載の撮像装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、例えばデジタルスチルカメラやデジタルミラーレスカメラに装着可能な交換レンズに適した光学系、および、そのような光学系を備えた撮像装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、レンズ交換式デジタルカメラシステムに使用する撮像素子の画素数の高画素化が進んでおり、光学系にもそれに応じた高い描写性能が求められている。また、近年普及するレンズ交換式ミラーレスカメラにおいては小型・軽量なカメラボディが主流であり、光学系にも小型化および軽量化が求められ、そのような光学系が開発されている（特許文献１参照）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】特開２０１７－２１５４９２号公報
【発明の概要】
【０００４】
一方、フルサイズセンサのような大型の撮像素子に対応した望遠レンズは一般的にサイズが大きくなってしまうため、光学系としては、振り回し性の点で、小型・軽量のカメラボディに好適な、重心位置がカメラボディに近い重量バランスであることが求められている。
【０００５】
軽量かつ振り回し性に優れ、画面全体で光学性能の高い光学系、およびそのような光学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光学系は、物体側から像面側に向かって順に、群全体として正の屈折力を有し、フォーカシングの際に群全体が像面に対して固定された第１レンズ群と、群全体として正または負の屈折力を有し、群全体が光軸方向に移動することによって無限遠から近距離までのフォーカシングを行う第２レンズ群と、物体側から像面側に向かって順に、３ａ群、３ｂ群、および３ｃ群に分割され、３ｂ群が光軸に略垂直な方向に移動することによって像のぶれ補正を行うようになされ、群全体として負の屈折力を有し、フォーカシングの際に群全体が像面に対して固定された第３レンズ群とから構成され、以下の条件式を満足する。
Ｌ／ｆ＜１ ……（１）
Ｄ＿ｇ１ｍａｘ／ｆ＞０．２５ ……（２）’’
Ｄ＿３ｂＩｍｇ／ｆ＜０．２２ ……（３）’’
ただし、
Ｌ：第１レンズ群の最も物体側の面から像面までの距離
ｆ：無限遠合焦時の全系の焦点距離
Ｄ＿ｇ１ｍａｘ：第１レンズ群内における光軸上の最大の空気間隔
Ｄ＿３ｂＩｍｇ：３ｂ群の最も物体側の面から像面までの距離
とする。
【０００７】
本開示の一実施の形態に係る撮像装置は、光学系と、光学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、光学系を、上記本開示の一実施の形態に

係る光学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光学系、または撮像装置では、全体として３つのレンズ群で構成され、各レンズ群の構成の最適化が図られている。
【図面の簡単な説明】
【０００９】
【図１】本開示の一実施の形態に係る光学系の第１の構成例（実施例１）を示すレンズ断面図である。
【図２】図１に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例１に係る光学系における無限遠合焦時の縦収差を示す収差図である。
【図３】図１に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例１に係る光学系における無限遠合焦時、かつ非防振時の横収差を示す収差図である。
【図４】図１に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例１に係る光学系における無限遠合焦時、かつ防振時の横収差を示す収差図である。
【図５】一実施の形態に係る光学系の第２の構成例（実施例２）を示すレンズ断面図である。
【図６】図５に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例２に係る光学系における無限遠合焦時の縦収差を示す収差図である。
【図７】図５に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例２に係る光学系における無限遠合焦時、かつ非防振時の横収差を示す収差図である。
【図８】図５に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例２に係る光学系における無限遠合焦時、かつ防振時の横収差を示す収差図である。
【図９】一実施の形態に係る光学系の第３の構成例（実施例３）を示すレンズ断面図である。
【図１０】図９に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例３に係る光学系における無限遠合焦時の縦収差を示す収差図である。
【図１１】図９に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例３に係る光学系における無限遠合焦時、かつ非防振時の横収差を示す収差図である。
【図１２】図９に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例３に係る光学系における無限遠合焦時、かつ防振時の横収差を示す収差図である。
【図１３】一実施の形態に係る光学系の第４の構成例（実施例４）を示すレンズ断面図である。
【図１４】図１３に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例４に係る光学系における無限遠合焦時の縦収差を示す収差図である。
【図１５】図１３に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例４に係る光学系における無限遠合焦時、かつ非防振時の横収差を示す収差図である。
【図１６】図１３に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例４に係る光学系における無限遠合焦時、かつ防振時の横収差を示す収差図である。
【図１７】一実施の形態に係る光学系の第５の構成例（実施例５）を示すレンズ断面図である。
【図１８】図１７に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例５に係る光学系における無限遠合焦時の縦収差を示す収差図である。
【図１９】図１７に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例５に係る光学系における無限遠合焦時、かつ非防振時の横収差を示す収差図である。
【図２０】図１７に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例５に係る光学系における無限遠合焦時、かつ防振時の横収差を示す収差図である。
【図２１】一実施の形態に係る光学系の第６の構成例（実施例６）を示すレンズ断面図である。
【図２２】図２１に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例６に係る光学系における無限遠合焦時の縦収差を示す収差図である。

【図２３】図２１に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例６に係る光学系における無限遠合焦時、かつ非防振時の横収差を示す収差図である。
【図２４】図２１に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例６に係る光学系における無限遠合焦時、かつ防振時の横収差を示す収差図である。
【図２５】一実施の形態に係る光学系の第７の構成例（実施例７）を示すレンズ断面図である。
【図２６】図２５に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例７に係る光学系における無限遠合焦時の縦収差を示す収差図である。
【図２７】図２５に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例７に係る光学系における無限遠合焦時、かつ非防振時の横収差を示す収差図である。
【図２８】図２５に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例７に係る光学系における無限遠合焦時、かつ防振時の横収差を示す収差図である。
【図２９】一実施の形態に係る光学系の第８の構成例（実施例８）を示すレンズ断面図である。
【図３０】図２９に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例８に係る光学系における無限遠合焦時の縦収差を示す収差図である。
【図３１】図２９に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例８に係る光学系における無限遠合焦時、かつ非防振時の横収差を示す収差図である。
【図３２】図２９に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例８に係る光学系における無限遠合焦時、かつ防振時の横収差を示す収差図である。
【図３３】一実施の形態に係る光学系の第９の構成例（実施例９）を示すレンズ断面図である。
【図３４】図３３に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例９に係る光学系における無限遠合焦時の縦収差を示す収差図である。
【図３５】図３３に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例９に係る光学系における無限遠合焦時、かつ非防振時の横収差を示す収差図である。
【図３６】図３３に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例９に係る光学系における無限遠合焦時、かつ防振時の横収差を示す収差図である。
【図３７】一実施の形態に係る光学系の第１０の構成例（実施例１０）を示すレンズ断面図である。
【図３８】図３７に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例１０に係る光学系における無限遠合焦時の縦収差を示す収差図である。
【図３９】図３７に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例１０に係る光学系における無限遠合焦時、かつ非防振時の横収差を示す収差図である。
【図４０】図３７に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例１０に係る光学系における無限遠合焦時、かつ防振時の横収差を示す収差図である。
【図４１】一実施の形態に係る光学系の第１１の構成例（実施例１１）を示すレンズ断面図である。
【図４２】図４１に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例１１に係る光学系における無限遠合焦時の縦収差を示す収差図である。
【図４３】図４１に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例１１に係る光学系における無限遠合焦時、かつ非防振時の横収差を示す収差図である。
【図４４】図４１に示した光学系に具体的な数値を適用した実施例１１に係る光学系における無限遠合焦時、かつ防振時の横収差を示す収差図である。
【図４５】撮像装置の一構成例を示すブロック図である。
【図４６】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４７】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。
【図４８】内視鏡手術システムの概略的な構成の一例を示す構成図である。
【図４９】図４８に示すカメラヘッド及びＣＣＵの機能構成の一例を示すブロック図である。

【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。
０．比較例
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
【００１１】
＜０．比較例＞
近年普及するレンズ交換式ミラーレスカメラにおいては小型・軽量なカメラボディが主流である。一方、フルサイズセンサのような大型の撮像素子に対応した望遠レンズは一般的にサイズが大きくなってしまうため、光学系としては、小型・軽量のボディに好適な、重心位置がカメラボディに近い重量バランスであることや、光学系そのものの軽量化への要求が強い。
【００１２】
特許文献１（特開２０１７－２１５４９２号公報）には、物体側から像面側へ順に、正の屈折力の第１レンズ群と、正または負の屈折力の第２レンズ群と、正または負の屈折力の第３レンズ群とから構成され、フォーカシングに際して第２レンズ群が移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化する光学系が提案されている。特許文献１における光学系は、第１レンズ群は、最も物体側に配置された正レンズＧ１ｐと、正レンズＧ１ｐよりも像面側に配置された正レンズＧ２ｐと、正レンズＧ２ｐよりも像面側に配置された正レンズＧ３ｐとを含んでいる。特許文献１における光学系では、光学系の焦点距離をｆ、第１レンズ群の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離をＬＤ、正レンズＧ１ｐと正レンズＧ１ｐの像面側に隣接して配置されたレンズとの光軸上の距離をＤ１２、正レンズＧ２ｐの材料のアッベ数をｖｄＧ２ｐ、正レンズＧ３ｐの材料のアッベ数をｖｄＧ３ｐとしたとき、以下の条件式を満足する。
ＬＤ／ｆ＜１．０
０．２０≦Ｄ１２／ＬＤ＜０．５００
ｖｄＧ２ｐ＞７３．０
ｖｄＧ３ｐ＞７３．０
【００１３】
特許文献１における光学系では、第１レンズ群内に大きな空気間隔をとることによる鏡筒重量の軽量化を実現している。しかしながら、特許文献１の記載では、光学系中の任意のレンズブロックを防振群として設定できるとあるものの、実際には防振群として機能するに相応しい適切な防振敏感度（防振群の光軸に垂直な方向の移動量に対する像の移動量の比）と防振群のシフト時の良好な光学性能とを満たすレンズブロックは極々限定されており、光学系として最低限の防振機能を成立させるためには任意のレンズブロックを防振群とすることは不可能である。そして、特許文献１では、実施例において現実的に防振群の役割を担うことが可能なレンズブロックは、いずれもその位置が像面から離れており、鏡筒の重心位置がカメラボディから離れ、鏡筒の快適な振り回し性の実現が不十分である。
【００１４】
そこで、大型の撮像素子に対応した防振機能を有する望遠レンズであって、軽量かつ重心が像面側に近く振り回し性に優れ、画面全体で色収差等の抑制された光学性能の高い、ミラーレスカメラシステム等に最適な光学系を提供することが望ましい。
以下の本開示の一実施の形態に係る光学系は、このようなミラーレスデジタルカメラ等に用いられる望遠レンズに好適である。

【００１５】
＜１．レンズの基本構成＞
図１は、本開示の一実施の形態に係る光学系の第１の構成例を示しており、後述する実施例１の構成に相当する。図５は、一実施の形態に係る光学系の第２の構成例を示しており、後述する実施例２の構成に相当する。図９は、一実施の形態に係る光学系の第３の構成例を示しており、後述する実施例３の構成に相当する。図１３は、一実施の形態に係る光学系の第４の構成例を示しており、後述する実施例４の構成に相当する。図１７は、一実施の形態に係る光学系の第５の構成例を示しており、後述する実施例５の構成に相当する。図２１は、一実施の形態に係る光学系の第６の構成例を示しており、後述する実施例６の構成に相当する。図２５は、一実施の形態に係る光学系の第７の構成例を示しており、後述する実施例７の構成に相当する。図２９は、一実施の形態に係る光学系の第８の構成例を示しており、後述する実施例８の構成に相当する。図３３は、一実施の形態に係る光学系の第９の構成例を示しており、後述する実施例９の構成に相当する。図３７は、一実施の形態に係る光学系の第１０の構成例を示しており、後述する実施例１０の構成に相当する。図４１は、一実施の形態に係る光学系の第１１の構成例を示しており、後述する実施例１１の構成に相当する。
【００１６】
図１等において、Ｚ１は光軸を示す。第１ないし第６の構成例に係る光学系１～１１と像面Ｓｉｍｇとの間には、撮像素子保護用のカバーガラス等の光学部材が配置されていてもよい。また、カバーガラスの他にも、ローパスフィルタや赤外カットフィルタ等の各種の光学フィルタが配置されていてもよい。
【００１７】
以下、本開示の一実施の形態に係る光学系の構成を、適宜図１等に示した各構成例に係る光学系１～１１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。
【００１８】
一実施の形態に係る光学系は、物体側から像面側に向かって順に、第１レンズ群ＧＲ１と、第２レンズ群ＧＲ２と、第３レンズ群ＧＲ３とから構成されている。
【００１９】
第１レンズ群ＧＲ１は、群全体として正の屈折力を有し、フォーカシングの際に群全体が像面Ｓｉｍｇに対して固定されている。
【００２０】
第２レンズ群ＧＲ２は、群全体として正または負の屈折力を有し、群全体が光軸方向に移動することによって無限遠から近距離までのフォーカシングを行う。なお、図１等の各構成例では、無限遠合焦時のレンズ配置を示している。第１の構成例（実施例１）～第６の構成例（実施例６）では、第２レンズ群ＧＲ２は群全体として正の屈折力を有し、無限遠から近距離へとフォーカシングする際に、第２レンズ群ＧＲ２が物体側に移動する。第７の構成例（実施例７）～第１１の構成例（実施例１１）では、第２レンズ群ＧＲ２は群全体として負の屈折力を有し、無限遠から近距離へとフォーカシングする際に、第２レンズ群ＧＲ２が像面側に移動する。
【００２１】
第３レンズ群ＧＲ３は、群全体として負または正の屈折力を有し、フォーカシングの際に群全体が像面Ｓｉｍｇに対して固定されている。また、第３レンズ群ＧＲ３は、物体側から像面側に向かって順に、３ａ群ＧＲ３ａ、３ｂ群ＧＲ３ｂ、および３ｃ群ＧＲ３ｃに分割されている。３ｂ群ＧＲ３ｂは、防振群であり、光軸Ｚ１に略垂直な方向に移動することによって像のぶれ補正を行うようになっている。第１の構成例（実施例１）～第１０の構成例（実施例１０）では、第３レンズ群ＧＲ３は群全体として負の屈折力を有している。第１１の構成例（実施例１１）では、第３レンズ群ＧＲ３は群全体として正の屈折力を有している。
【００２２】

開口絞りＳｔは、３ａ群ＧＲ３ａと３ｂ群ＧＲ３ｂとの間に配置されていることが望ましい。

【００２３】

また、一実施の形態に係る光学系は、以下の条件式（１）～（３）を満足する。

Ｌ／ｆ＜１　……（１）

Ｄ＿ｇ１ｍａｘ／ｆ＞０．２３　……（２）

Ｄ＿３ｂＩｍｇ／ｆ＜０．２４　……（３）

ただし、

Ｌ：第１レンズ群ＧＲ１の最も物体側の面から像面Ｓｉｍｇまでの距離

ｆ：無限遠合焦時の全系の焦点距離

Ｄ＿ｇ１ｍａｘ：第１レンズ群ＧＲ１内における光軸上の最大の空気間隔

Ｄ＿３ｂＩｍｇ：３ｂ群ＧＲ３ｂの最も物体側の面から像面Ｓｉｍｇまでの距離

とする。

【００２４】

その他、一実施の形態に係る光学系は、後述する所定の条件式等を満足することが望ましい。

【００２５】

＜２．作用・効果＞

次に、本開示の一実施の形態に係る光学系の作用および効果を説明する。併せて、本開示の一実施の形態に係る光学系における、より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。

【００２６】

一実施の形態に係る光学系によれば、全体として３つのレンズ群で構成し、各レンズ群の構成の最適化を図るようにしたので、軽量かつ重心が像面側に近く振り回し性に優れ、画面全体で色収差等の抑制された高い光学性能を実現できる。

【００２７】

一実施の形態に係る光学系では、第１レンズ群ＧＲ１内に大きな空気間隔をとり、軽量化を実現している。また、一実施の形態に係る光学系では、防振群（３ｂ群ＧＲ３ｂ）を後方に配置することでレンズを駆動するアクチュエータを像面寄りに配置可能として重心が像面近くになることで、振り回し性に優れた光学系を実現できる。

【００２８】

上記条件式（１）を満たすことは一般に、光学系が望遠系であることを示す。望遠レンズに代表されるような条件式（１）を満たす光学系において、像面Ｓｉｍｇに対して固定された第３レンズ群ＧＲ３を３ａ群ＧＲ３ａ、３ｂ群ＧＲ３ｂ、および３ｃ群ＧＲ３ｃの３ブロックに分割する構成とした上で、中央に挟み込まれた３ｂ群ＧＲ３ｂを防振群とし、かつ３ｂ群ＧＲ３ｂを像面Ｓｉｍｇに対し条件式（３）を満たす位置に配置する。防振時の収差補正を補う前後の３ａ群ＧＲ３ａと３ｃ群ＧＲ３ｃとによって、防振群である３ｂ群ＧＲ３ｂを挟み込むこと、かつ防振群を像面Ｓｉｍｇに対して条件式（３）を満たすように後方の位置に配置することで、防振時の収差劣化に関わる軸上から周辺像高までの光線の防振群通過高が低くなり、防振時も良好な描写性能を得ることができる。また、光線通過高が下がるため防振群の径抑制が可能で、防振群を駆動するアクチュエータユニットの小型・軽量化も容易である。さらに、防振群を後方に配置したことで防振群を駆動するアクチュエータが後部に配置されるため、重心を像面寄りにし振り回し性が非常に良好な光学系を得ることができる。

【００２９】

また、条件式（１），（３）と同時に、条件式（２）を満たすことで、望遠レンズにおいて鏡筒重量のうち多くを占める鏡筒前側の光学エレメントの重量を軽量化することができる。ただし、単純に条件式（２）を満たし第１レンズ群ＧＲ１内に大きな空気間隔をとるだけでは、最大の空気間隔よりも物体側の光学系で発生した色収差が空気間隔中を伝播

する過程で距離に比例して拡大してしまい、光学系全体として高い描写性能を実現することが困難となる。しかし、上述の条件式（３）を同時に満たすことで、３ｂ群ＧＲ３ｂに伴い３ｃ群ＧＲ３ｃが光学系後方すなわち像面Ｓｉｍｇに近く周辺光線高の高い位置に配置され、高い収差補正能力を持つようになるため、光学系において凡そ対称位置にある第１レンズ群ＧＲ１内で発生した収差を相殺する作用を担わせることができ、第１レンズ群ＧＲ１内に大きな空気間隔を設けた場合でも高い描写性能を実現することができる。

【００３０】

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

Ｄ＿ｇ１ｍａｘ／ｆ＞０．２４　……（２）’

Ｄ＿３ｂＩｍｇ／ｆ＜０．２３　……（３）’

【００３１】

さらにより望ましくは、条件式（２），（３）の数値範囲を下記条件式（２）’’，（３）’’のように設定するとよい。

Ｄ＿ｇ１ｍａｘ／ｆ＞０．２５　……（２）’’

Ｄ＿３ｂＩｍｇ／ｆ＜０．２２　……（３）’’

【００３２】

また、一実施の形態に係る光学系において、第１レンズ群ＧＲ１は、以下の条件式（４），（５）を満足する正レンズを少なくとも１枚有することが望ましい。

ｖｄ＿１ｐ＞９０　……（４）

θｇＦ＿１ｐ－（－０．００１８０１＊ｖｄ＿１ｐ＋０．６４８２６２）＞０．０４　……（５）

ただし、

ｖｄ＿１ｐ：第１レンズ群ＧＲ１内の正レンズのｄ線に対するアッベ数

θｇＦ＿１ｐ：第１レンズ群ＧＲ１内の正レンズのｇ線とＦ線との部分分散比

とする。

【００３３】

条件式（４），（５）を同時に満たす異常分散性の強い低分散硝材を第１レンズ群ＧＲ１内の正レンズに適用することで、望遠レンズにおいて課題となる色収差を良好に補正することができる。条件式（４）の下限を下回ると、１次および２次の色収差の補正が不十分となり、画面全体の描写性能が低下する。条件式（５）の下限を下回ると、２次の色収差の補正が不十分となり、画面全体の描写性能が低下する。なお、１次の色収差はＦ線とＣ線間の色収差を、２次の色収差はさらに短波長領域（代表的にはｇ線）を含めた色収差を指す。

【００３４】

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。

θｇＦ＿１ｐ－（－０．００１８０１＊ｖｄ＿１ｐ＋０．６４８２６２）＞０．０５　……（５）’

【００３５】

さらにより望ましくは、条件式（５）の数値範囲を下記条件式（５）’’のように設定するとよい。

θｇＦ＿１ｐ－（－０．００１８０１＊ｖｄ＿１ｐ＋０．６４８２６２）＞０．０６　……（５）’’

【００３６】

また、一実施の形態に係る光学系において、３ｃ群ＧＲ３ｃは、以下の条件式（６）を満足する負レンズを少なくとも１枚含むことが望ましい。

θｇＦ＿３ｃｎ－（－０．００１８０１＊ｖｄ＿３ｃｎ＋０．６４８２６２）＞０．００８　……（６）

ただし、
　θｇＦ＿３ｃｎ：３ｃ群ＧＲ３ｃ内の負レンズのｇ線とＦ線との部分分散比
　ｖｄ＿３ｃｎ：３ｃ群ＧＲ３ｃ内の負レンズのｄ線に対するアッベ数
とする。
【００３７】
　条件式（６）を満たす異常分散硝材を３ｃ群ＧＲ３ｃ内の負レンズに適用することで、倍率色収差が良好に補正され、周辺部まで良好な描写性能を得ることができる。条件式（６）の下限を下回ると、主に２次の倍率色収差の補正が不十分となり、画面周辺部の描写性能が低下する。
【００３８】
　なお、上記した条件式（６）の効果をより良好に実現するためには、条件式（６）の数値範囲を下記条件式（６）’のように設定することがより望ましい。
　θｇＦ＿３ｃｎ－（－０．００１８０１＊ｖｄ＿３ｃｎ＋０．６４８２６２）＞０．０１２　……（６）’
【００３９】
　さらにより望ましくは、条件式（６）の数値範囲を下記条件式（６）’’のように設定するとよい。
　θｇＦ＿３ｃｎ－（－０．００１８０１＊ｖｄ＿３ｃｎ＋０．６４８２６２）＞０．０１６　……（６）’’
【００４０】
　また、一実施の形態に係る光学系において、３ｃ群ＧＲ３ｃは、以下の条件式（７）を満足する負レンズを少なくとも１枚含むことが望ましい。
　ｖｄ＿３ｃｎ＜３１　……（７）
ただし、
　ｖｄ＿３ｃｎ：３ｃ群ＧＲ３ｃ内の負レンズのｄ線に対するアッベ数
とする。
【００４１】
　条件式（７）を満たす異常分散硝材を３ｃ群ＧＲ３ｃ内の負レンズに適用することで、倍率色収差が良好に補正され、周辺部まで良好な描写性能を得ることができる。条件式（７）の上限を上回ると、１次および２次の色収差の補正が不十分となり、画面全体の描写性能が低下する。
【００４２】
　なお、上記した条件式（７）の効果をより良好に実現するためには、条件式（７）の数値範囲を下記条件式（７）’のように設定することがより望ましい。
　ｖｄ＿３ｃｎ＜２８　……（７）’
【００４３】
　さらにより望ましくは、条件式（７）の数値範囲を下記条件式（７）’’のように設定するとよい。
　ｖｄ＿３ｃｎ＜２５　……（７）’’
【００４４】
　また、一実施の形態に係る光学系において、３ｃ群ＧＲ３ｃは、以下の条件式（８）を満足する負レンズを少なくとも１枚含むことが望ましい。
　０＜｜ｆ３ｃｎ／ｆ｜＜０．１５　……（８）
ただし、
　ｆ３ｃｎ：３ｃ群ＧＲ３ｃ内の負レンズの焦点距離
　ｆ：無限遠合焦時の全系の焦点距離
とする。
【００４５】
　３ｃ群ＧＲ３ｃ内に条件式（８）に記載の焦点距離を満たす負レンズを配置することで、周辺部の倍率色収差がより効果的に補正され、周辺部まで良好な描写性能を得ることが

できる。条件式（８）の上限を上回ると、負レンズとしての作用がなくなり、色収差補正効果を持たせることができない。条件式（８）の下限を下回ると、負レンズのパワーが強くなりすぎ、像面湾曲や非点収差、歪曲収差の補正状態が悪化する。

【００４６】

なお、上記した条件式（８）の効果をより良好に実現するためには、条件式（８）の数値範囲を下記条件式（８）’のように設定することがより望ましい。

０＜｜ｆ３ｃｎ／ｆ｜＜０．１３　……（８）’

【００４７】

さらにより望ましくは、条件式（８）の数値範囲を下記条件式（８）’’のように設定するとよい。

０＜｜ｆ３ｃｎ／ｆ｜＜０．１０　……（８）’’

【００４８】

また、一実施の形態に係る光学系において、３ｃ群ＧＲ３ｃは、上述の条件式（６），（７），（８）のいずれかと、以下の条件式（９）とを同時に満足する負レンズを少なくとも１枚含むことが望ましい。

Ｄ＿３ｃｎＩｍｇ／ｆ＜０．１５　……（９）

ただし、

ｆ：無限遠合焦時の全系の焦点距離

Ｄ＿３ｃｎＩｍｇ：３ｃ群ＧＲ３ｃ内の負レンズの物体側の面頂点と像面Ｓｉｍｇとの距離

とする。

【００４９】

上述の条件式（６），（７），（８）のいずれかと条件式（９）とを同時に満たすよう像面寄りに色収差補正能力の高い負レンズを配置することで、色収差が画面全域で抑制され、高い描写性能を得ることができる。条件式（９）の上限を上回ると、負レンズが像面Ｓｉｍｇから遠ざかり、色収差補正能力が不十分となる。

【００５０】

なお、上記した条件式（９）の効果をより良好に実現するためには、条件式（９）の数値範囲を下記条件式（９）’のように設定することがより望ましい。

Ｄ＿３ｃｎＩｍｇ／ｆ＜０．１４　……（９）’

【００５１】

さらにより望ましくは、条件式（９）の数値範囲を下記条件式（９）’’のように設定するとよい。

Ｄ＿３ｃｎＩｍｇ／ｆ＜０．１２　……（９）’’

【００５２】

また、一実施の形態に係る光学系において、第１レンズ群ＧＲ１は、以下の条件式（１０），（１１）を満足する負レンズを少なくとも１枚有することが望ましい。

ｖｄ＿１ｎ＜３５　……（１０）

θｇＦ＿１ｎ－（－０．００１８０１＊ｖｄ＿１ｎ＋０．６４８２６２）＜０．０１０　……（１１）

ただし、

ｖｄ＿１ｎ：第１レンズ群ＧＲ１内の負レンズのｄ線に対するアッベ数

θｇＦ＿１ｎ：第１レンズ群ＧＲ１内の負レンズのｇ線とＦ線との部分分散比

とする。

【００５３】

条件式（１０），（１１）を満足する分散特性を有する硝材を第１レンズ群ＧＲ１内の負レンズに適用することで、望遠レンズにおいて課題となる色収差を良好に補正することができる。条件式（１０）の上限を上回ると、１次および２次の色収差の補正が不十分となり、画面全体の描写性能が低下する。条件式（１１）の上限を上回ると、２次の色収差の補正が不十分となり、画面全体の描写性能が低下する。

【００５４】
なお、上記した条件式（１０），（１１）の効果をより良好に実現するためには、条件式（１０），（１１）の数値範囲を下記条件式（１０）’，（１１）’のように設定することがより望ましい。
ｖｄ＿１ｎ＜３２ ……（１０）’
θｇＦ＿１ｎ－（－０．００１８０１＊ｖｄ＿１ｎ＋０．６４８２６２）＜０．００９ ……（１１）’
【００５５】
さらにより望ましくは、条件式（１０）の数値範囲を下記条件式（１０）’’のように設定するとよい。
ｖｄ＿１ｎ＜２７ ……（１０）’’
【００５６】
また、一実施の形態に係る光学系は、以下の条件式（１２）を満足することが望ましい。
０．０５＜｜ｆ３ｃ／ｆ｜＜０．３ ……（１２）
ただし、
ｆ３ｃ：３ｃ群ＧＲ３ｃの焦点距離
ｆ：無限遠合焦時の全系の焦点距離
とする。
【００５７】
条件式（１２）を満たす範囲に３ｃ群ＧＲ３ｃの焦点距離を設定することで、防振敏感度を防振群に適した値にしながら防振時に良好な光学性能を得ることができる。条件式（１２）の下限を下回ると３ｃ群ＧＲ３ｃのパワーが過度になり、像面湾曲や非点収差、歪曲収差の補正状態が悪化する。条件式（１２）の上限を上回ると、３ｃ群ＧＲ３ｃのパワーが弱くなりすぎ、防振時の光学性能を高く維持したまま防振群を後方に下げることが困難となる。
【００５８】
なお、上記した条件式（１２）の効果をより良好に実現するためには、条件式（１２）の数値範囲を下記条件式（１２）のように設定することがより望ましい。
０．０５＜｜ｆ３ｃ／ｆ｜＜０．１５ ……（１２）’
【００５９】
また、一実施の形態に係る光学系において、第２レンズ群ＧＲ２は、接合レンズまたは単レンズからなることが望ましい。これにより軽量なフォーカシング群を得ることができ、高速・高追従のＡＦ（オートフォーカス）性能を実現することができる。
【００６０】
＜３．撮像装置への適用例＞
次に、本開示の一実施の形態に係る光学系の具体的な撮像装置への適用例を説明する。
【００６１】
図４５は、一実施の形態に係る光学系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。
【００６２】
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１１０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１１０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１１０として、図１等に示した各構成例に係る光学系１～１１を適用可能である。
【００６３】

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。

【００６４】

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。

【００６５】

ＬＣＤ４０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／Ｗ５０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、およびメモリーカード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／Ｗ５０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。

【００６６】

ＣＰＵ６０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、シャッタ操作を行うためのシャッタレリーズボタンや、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ＣＰＵ６０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、ＣＰＵ６０からの制御信号に基づいて撮像レンズ１１０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。

【００６７】

以下に、撮像装置１００における動作を説明する。

撮影の待機状態では、ＣＰＵ６０による制御の下で、カメラブロック１０において撮影された画像信号が、カメラ信号処理部２０を介してＬＣＤ４０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７０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、ＣＰＵ６０がレンズ駆動制御部８０に制御信号を出力し、レンズ駆動制御部８０の制御に基づいて撮像レンズ１１０の所定のレンズが移動する。

【００６８】

入力部７０からの指示入力信号によりカメラブロック１０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２０から画像処理部３０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／Ｗ５０に出力され、メモリカード１０００に書き込まれる。

【００６９】

なお、フォーカシングは、例えば、入力部７０のシャッタレリーズ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、ＣＰＵ６０からの制御信号に基づいてレンズ駆動制御部８０が撮像レンズ１１０の所定のレンズを移動させることにより行われる。

【００７０】

メモリカード１０００に記録された画像データを再生する場合には、入力部７０に対する操作に応じて、Ｒ／Ｗ５０によってメモリカード１０００から所定の画像データが読み出され、画像処理部３０によって伸張復号化処理が行われた後、再生画像信号がＬＣＤ４０に出力されて再生画像が表示される。

【００７１】

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】

【００７２】

＜４．レンズの数値実施例＞

次に、本開示の一実施の形態に係る光学系の具体的な数値実施例について説明する。ここでは、図１等に示した各構成例に係る光学系１～１１に、具体的な数値を適用した実施例を説明する。

【００７３】

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。「Ｓｉ」は物体側から数えてｉ番目の面を意味する面番号を示す。「ｒｉ」は物体側から数えて第ｉ番目の面の曲率半径を示す（単位：ｍｍ）。「ｄｉ」は物体側から数えて第ｉ番目の面と第ｉ＋１番目の面との間の軸上面間隔を示す（単位：ｍｍ）。「ｎｄｉ」は物体側に第ｉ面を有する硝材または素材のｄ線（波長５８７．６ｎｍ）に対する屈折率を示す。「ｖｄｉ」は物体側に第ｉ面を有する硝材または素材のｄ線に対するアッベ数を示す。「θｇＦ」はｇ線（波長４３５．８ｎｍ）とＦ線（波長４８６．１ｎｍ）との部分分散比を示す。曲率半径に関し「∞」は、当該面が平面であることを示す。面番号の欄の「ＳＴＯ」は該当位置に開口絞りＳｔが配置されていることを示す。「ｆ」はレンズ全系の焦点距離を示す（単位：ｍｍ）。「Ｆｎｏ」は開放Ｆ値（Ｆナンバー）を示す。「ω」は半画角を示す（単位：°）。「Ｙ」は像高を示す（単位：ｍｍ）。「Ｌ」はレンズ全長（光学系の最も物体側の面から像面までの距離）を示す（単位：ｍｍ）。「ＢＦ」はバックフォーカスを示す（単位：ｍｍ）。

【００７４】

［各実施例に共通の構成］

以下の実施例１～１１が適用される光学系１～１１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。

【００７５】

すなわち、光学系１～１１はいずれも、第１レンズ群ＧＲ１と、第２レンズ群ＧＲ２と、第３レンズ群ＧＲ３とから構成されている。

【００７６】

第１レンズ群ＧＲ１は、群全体として正の屈折力を有し、フォーカシングの際に群全体が像面Ｓｉｍｇに対して固定されている。

【００７７】

第２レンズ群ＧＲ２は、群全体として正または負の屈折力を有し、群全体が光軸方向に移動することによって無限遠から近距離までのフォーカシングを行う。

【００７８】

第３レンズ群ＧＲ３は、群全体として負または正の屈折力を有し、フォーカシングの際に群全体が像面Ｓｉｍｇに対して固定されている。また、第３レンズ群ＧＲ３は、物体側から像面側に向かって順に、３ａ群ＧＲ３ａ、３ｂ群ＧＲ３ｂ、および３ｃ群ＧＲ３ｃに分割されている。３ｂ群ＧＲ３ｂは、防振群であり、光軸Ｚ１に略垂直な方向に移動することによって像のぶれ補正を行う。

【００７９】

開口絞りＳｔは、３ａ群ＧＲ３ａと３ｂ群ＧＲ３ｂとの間に配置されている。

【００８０】

［実施例１］

［表１］に、図１に示した光学系１に具体的な数値を適用した実施例１の基本的なレンズデータを示す。また、［表２］には、無限遠合焦時における焦点距離（ｆ）、Ｆ値（Ｆｎｏ）、半画角（ω）、像高（Ｙ）、レンズ全長（Ｌ）、およびバックフォーカス（ＢＦ）の値を示す。［表３］には、無限遠合焦時と近距離合焦時とで可変となる面間隔の値を

示す。

【００８１】

実施例１に係る光学系１において、第１レンズ群ＧＲ１は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ１１～Ｌ１７の７枚のレンズで構成されている。第１レンズ群ＧＲ１内における光軸上の最大の空気間隔は、レンズＬ１１とレンズＬ１２との間となっている。

【００８２】

実施例１に係る光学系１において、第２レンズ群ＧＲ２は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ２１とレンズＬ２２とからなる接合レンズで構成されている。第２レンズ群ＧＲ２は群全体として正の屈折力を有し、無限遠から近距離へとフォーカシングする際に、第２レンズ群ＧＲ２が物体側に移動する。

【００８３】

実施例１に係る光学系１において、第３レンズ群ＧＲ３は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ３１～Ｌ４３で構成されている。３ａ群ＧＲ３ａは、レンズＬ３１，Ｌ３２で構成されている。３ｂ群ＧＲ３ｂは、レンズＬ３３～Ｌ３５で構成されている。３ｃ群ＧＲ３ｃは、レンズＬ３６～Ｌ４３で構成されている。第３レンズ群ＧＲ３は群全体として負の屈折力を有している。

【００８４】

【表１】

実施例１					
Si	ri	di	ndi	νdi	θgF
1	275.01	11.93	1.68893	31.16	
2	-4152.77	119.31			
3	183.94	11.30	1.43385	95.23	0.5387
4	-259.35	0.82			
5	-252.21	2.06	1.85478	24.80	0.6122
6	266.72	0.30			
7	141.83	13.40	1.43700	95.10	0.5334
8	-227.95	1.43			
9	-234.99	6.85	1.73800	32.33	0.5900
10	578.52	8.22			
11	80.83	10.37	1.43700	95.10	0.5334
12	681.53	8.84			
13	119.53	1.80	1.51742	52.15	
14	56.27	(d14)			
15	89.59	7.01	1.59270	35.45	
16	-147.94	1.50	1.54072	47.20	
17	488.16	(d17)			
18	114.99	3.68	1.71736	29.50	
19	-531.66	1.50	1.51742	52.15	
20	44.94	12.67			
21(ST0)	∞	17.95			
22	120.33	3.86	1.90366	31.31	
23	-183.02	1.50	1.49700	81.61	
24	45.22	3.13			
25	-116.04	1.50	1.75500	52.32	
26	70.91	4.01			
27	40.09	4.94	1.58913	61.25	
28	104.37	11.00			
29	36.22	8.41	1.56883	56.04	
30	-119.29	1.35			
31	-171.13	2.50	1.95375	32.32	
32	24.74	10.00	1.59270	35.31	
33	-60.71	3.43			
34	-36.44	1.60	1.59282	68.63	0.5441
35	25.27	8.60	1.68893	31.16	
36	-562.78	1.21			
37	75.50	9.88	1.74077	27.76	
38	-28.87	1.80	1.92286	20.88	0.6388
39	203.60	BF			

【００８５】

【表２】

実施例１	
f	497.08
Fno	4.12
ω	2.47
Y	21.633
L	416.13
BF	35.63

【００８６】
【表３】

実施例１		
被写体距離	∞	3.7m
d14	51.15	31.97
d17	9.68	28.86

【００８７】
図２には、実施例１に係る光学系１における無限遠合焦時の縦収差を示す。図２には、縦収差として、球面収差、非点収差（像面湾曲）、および歪曲収差を示す。球面収差図では、一点鎖線はＣ線（波長５４５．３ｎｍ）、実線はｄ線（波長５８７．６ｎｍ）、破線はｇ線（波長４３５．８ｎｍ）における値を示す。非点収差図では、実線（Ｓ）はｄ線のサジタル像面、一点鎖線（Ｔ）はｄ線のタンジェンシャル像面における値を示す。歪曲収差図では、ｄ線における値を示す。また、図３および図４には、実施例１に係る光学系１における無限遠合焦時の横収差を示す。図３には非防振時、図４には防振時の横収差を示す。横収差図において、ｙは像高、Δｙはタンジェンシャル方向の横収差、Δｘはサジタル方向の横収差を示す。以降の他の実施例における収差図についても同様である。
【００８８】
各収差図から分かるように、実施例１に係る光学系１は、軽量かつ重心が撮像面寄りで振り回し性に優れ、画面全体で色収差等の抑制された良好な光学性能が得られている。また、望遠領域において防振効果を十分に発揮しながら良質の像が得られている。
【００８９】
［実施例２］
［表４］に、図５に示した光学系２に具体的な数値を適用した実施例２の基本的なレンズデータを示す。また、［表５］には、無限遠合焦時における焦点距離（ｆ）、Ｆ値（Ｆｎｏ）、半画角（ω）、像高（Ｙ）、レンズ全長（Ｌ）、およびバックフォーカス（ＢＦ）の値を示す。［表６］には、無限遠合焦時と近距離合焦時とで可変となる面間隔の値を示す。
【００９０】
実施例２に係る光学系２において、第１レンズ群ＧＲ１は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ１１～Ｌ１７の７枚のレンズで構成されている。第１レンズ群ＧＲ１内における光軸上の最大の空気間隔は、レンズＬ１１とレンズＬ１２との間となっている。
【００９１】

実施例２に係る光学系２において、第２レンズ群ＧＲ２は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ２１とレンズＬ２２とからなる接合レンズで構成されている。第２レンズ群ＧＲ２は群全体として正の屈折力を有し、無限遠から近距離へとフォーカシングする際に、第２レンズ群ＧＲ２が物体側に移動する。

【００９２】

実施例２に係る光学系２において、第３レンズ群ＧＲ３は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ３１～Ｌ４３で構成されている。３ａ群ＧＲ３ａは、レンズＬ３１，Ｌ３２で構成されている。３ｂ群ＧＲ３ｂは、レンズＬ３３～Ｌ３５で構成されている。３ｃ群ＧＲ３ｃは、レンズＬ３６～Ｌ４３で構成されている。第３レンズ群ＧＲ３は群全体として負の屈折力を有している。

【００９３】

【表４】

実施例２					
Si	ri	di	ndi	νdi	θgF
1	290.17	11.79	1.69895	30.05	
2	-2744.27	121.22			
3	176.75	11.04	1.43385	95.23	0.5387
4	-284.27	0.67			
5	-245.56	2.00	1.85478	24.80	0.6122
6	301.09	0.30			
7	149.03	13.54	1.43385	95.23	0.5387
8	-224.64	0.30			
9	-276.74	3.00	1.85478	24.80	0.6122
10	749.51	2.29			
11	72.31	12.74	1.43385	95.23	0.5387
12	336.18	7.90			
13	99.03	2.00	1.51742	52.15	
14	50.71	(d14)			
15	79.00	7.90	1.59270	35.31	
16	-206.94	1.50	1.48749	70.44	
17	520.22	(d17)			
18	114.61	3.98	1.72825	28.32	
19	-536.08	1.50	1.51742	52.15	
20	39.96	7.63			
21(STO)	∞	15.90			
22	103.13	2.60	1.90366	31.31	
23	-235.38	1.50	1.49700	81.61	
24	41.20	3.65			
25	-154.89	1.50	1.75500	52.32	
26	60.38	4.36			
27	42.90	4.64	1.74950	35.33	
28	127.12	1.97			
29	36.49	8.34	1.56883	56.04	
30	-108.24	0.50			
31	-256.91	1.70	2.00100	29.13	
32	23.83	9.81	1.59270	35.31	
33	-56.82	3.26			
34	-37.95	1.40	1.59282	68.63	0.5441
35	26.62	5.31	1.68893	31.16	
36	55.49	0.85			
37	54.52	11.50	1.80610	33.27	
38	-27.31	1.60	1.92119	23.96	0.6202
39	-541.17	BF			

【００９４】

【表５】

実施例２	
f	388.00
Fno	2.91
ω	3.15
Y	21.633
L	380.75
BF	28.23

【００９５】
【表６】

実施例２		
被写体距離	∞	2.7m
d14	51.13	31.43
d17	9.69	29.39

【００９６】
図６には、実施例２に係る光学系２における無限遠合焦時の縦収差を示す。図７および図８には、実施例２に係る光学系２における無限遠合焦時の横収差を示す。
【００９７】
各収差図から分かるように、実施例２に係る光学系２は、軽量かつ重心が撮像面寄りで振り回し性に優れ、画面全体で色収差等の抑制された良好な光学性能が得られている。また、望遠領域において防振効果を十分に発揮しながら良質の像が得られている。
【００９８】
［実施例３］
［表７］に、図９に示した光学系３に具体的な数値を適用した実施例３の基本的なレンズデータを示す。また、［表８］には、無限遠合焦時における焦点距離（ｆ）、Ｆ値（Ｆｎｏ）、半画角（ω）、像高（Ｙ）、レンズ全長（Ｌ）、およびバックフォーカス（ＢＦ）の値を示す。［表９］には、無限遠合焦時と近距離合焦時とで可変となる面間隔の値を示す。
【００９９】
実施例３に係る光学系３において、第１レンズ群ＧＲ１は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ１１～Ｌ１７の７枚のレンズで構成されている。第１レンズ群ＧＲ１内における光軸上の最大の空気間隔は、レンズＬ１１とレンズＬ１２との間となっている。
【０１００】
実施例３に係る光学系３において、第２レンズ群ＧＲ２は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ２１とレンズＬ２２とからなる接合レンズで構成されている。第２レンズ群ＧＲ２は群全体として正の屈折力を有し、無限遠から近距離へとフォーカシングする際に、第２レンズ群ＧＲ２が物体側に移動する。
【０１０１】
実施例３に係る光学系３において、第３レンズ群ＧＲ３は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ３１～Ｌ４４で構成されている。３ａ群ＧＲ３ａは、レンズＬ３１，Ｌ３２で構成されている。３ｂ群ＧＲ３ｂは、レンズＬ３３～Ｌ３５で構成されている。３

ｃ群ＧＲ３ｃは、レンズＬ３６～Ｌ４４で構成されている。第３レンズ群ＧＲ３は群全体として負の屈折力を有している。

【０１０２】

【表７】

実施例３					
Si	ri	di	ndi	νdi	θgF
1	255.00	11.81	1.62588	35.70	
2	10340.58	180.53			
3	379.68	8.29	1.43385	95.23	0.5387
4	-147.25	-0.01			
5	-147.53	2.00	1.85478	24.80	0.6122
6	794.03	0.30			
7	125.82	12.73	1.43385	95.23	0.5387
8	-252.10	0.30			
9	-402.01	3.50	1.85478	24.80	0.6122
10	328.02	24.09			
11	78.39	8.66	1.43385	95.23	0.5387
12	614.04	7.74			
13	109.06	1.80	1.51680	64.20	
14	53.23	(d14)			
15	85.65	6.65	1.59270	35.31	
16	-153.73	1.50	1.48749	70.44	
17	197.40	(d17)			
18	252.35	3.50	1.71736	29.50	
19	-158.40	1.50	1.48749	70.44	
20	55.04	33.41			
21(ST0)	∞	33.75			
22	58.04	2.60	1.71736	29.50	
23	-194.16	1.50	1.49700	81.61	
24	34.19	2.95			
25	-173.04	1.50	1.72916	54.67	
26	52.53	2.00			
27	25.00	4.92	1.51823	58.96	
28	55.00	0.30			
29	35.14	5.65	1.51823	58.96	
30	-100.00	0.50			
31	-357.37	1.30	1.95375	32.32	
32	18.28	5.00	1.59270	35.31	
33	-49.28	1.00			
34	-36.10	1.40	1.59282	68.63	0.5441
35	16.54	7.62	1.68893	31.16	
36	85.62	0.85			
37	43.49	10.59	1.71736	29.50	
38	-17.79	1.60	1.92286	20.88	0.6388
39	-1189.99	18.56			
40	-43.32	1.40	2.00069	25.46	0.6135
41	-60.00	BF			

【０１０３】

【表８】

実施例３	
f	776.00
Fno	5.83
ω	1.57
Y	21.633
L	498.28
BF	24.21

【０１０４】
【表９】

実施例３		
被写体距離	∞	6.0m
d14	51.20	31.75
d17	9.59	29.04

【０１０５】
図１０には、実施例３に係る光学系３における無限遠合焦時の縦収差を示す。図１１および図１２には、実施例３に係る光学系３における無限遠合焦時の横収差を示す。
【０１０６】
各収差図から分かるように、実施例３に係る光学系３は、軽量かつ重心が撮像面寄りで振り回し性に優れ、画面全体で色収差等の抑制された良好な光学性能が得られている。また、望遠領域において防振効果を十分に発揮しながら良質の像が得られている。
【０１０７】
［実施例４］
［表１０］に、図１３に示した光学系４に具体的な数値を適用した実施例４の基本的なレンズデータを示す。また、［表１１］には、無限遠合焦時における焦点距離（ｆ）、Ｆ値（Ｆｎｏ）、半画角（ω）、像高（Ｙ）、レンズ全長（Ｌ）、およびバックフォーカス（ＢＦ）の値を示す。［表１２］には、無限遠合焦時と近距離合焦時とで可変となる面間隔の値を示す。
【０１０８】
実施例４に係る光学系４において、第１レンズ群ＧＲ１は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ１１～Ｌ１７の７枚のレンズで構成されている。第１レンズ群ＧＲ１内における光軸上の最大の空気間隔は、レンズＬ１１とレンズＬ１２との間となっている。
【０１０９】
実施例４に係る光学系４において、第２レンズ群ＧＲ２は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ２１とレンズＬ２２とからなる接合レンズで構成されている。第２レンズ群ＧＲ２は群全体として正の屈折力を有し、無限遠から近距離へとフォーカシングする際に、第２レンズ群ＧＲ２が物体側に移動する。
【０１１０】
実施例４に係る光学系４において、第３レンズ群ＧＲ３は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ３１～Ｌ４４で構成されている。３ａ群ＧＲ３ａは、レンズＬ３１，Ｌ３２で構成されている。３ｂ群ＧＲ３ｂは、レンズＬ３３～Ｌ３５で構成されている。３

ｃ群ＧＲ３ｃは、レンズＬ３６～Ｌ４４で構成されている。第３レンズ群ＧＲ３は群全体として負の屈折力を有している。

【０１１１】

【表１０】

実施例４					
Si	ri	di	ndi	νdi	θgF
1	267.64	13.23	1.59270	35.31	
2	-33648.24	173.23			
3	217.05	11.05	1.43385	95.23	0.5387
4	-217.05	0.22			
5	-202.53	2.60	1.85478	24.80	0.6122
6	400.64	0.30			
7	136.44	12.71	1.43385	95.23	0.5387
8	-256.35	0.43			
9	-379.56	2.70	1.85478	24.80	0.6122
10	417.21	3.88			
11	80.20	10.52	1.43700	95.10	0.5334
12	357.85	14.20			
13	90.61	2.23	1.51680	64.20	
14	53.10	(d14)			
15	83.79	7.23	1.59270	35.31	
16	-190.89	2.00	1.51680	64.20	
17	276.00	(d17)			
18	160.34	3.73	1.71736	29.50	
19	-264.07	1.88	1.48749	70.44	
20	45.71	9.93			
21(STO)	∞	21.54			
22	77.47	2.87	1.85478	24.80	
23	-248.89	1.50	1.49700	81.61	
24	40.01	2.86			
25	-184.93	1.80	1.77250	49.62	
26	57.71	2.00			
27	28.30	5.94	1.58144	40.89	
28	113.58	3.38			
29	48.18	5.08	1.58144	40.89	
30	-100.00	0.90			
31	-104.03	1.58	1.95375	32.32	
32	21.00	7.75	1.59270	35.31	
33	-79.89	1.00			
34	-74.06	1.40	1.59282	68.63	0.5441
35	18.33	6.19	1.68893	31.16	
36	60.09	0.85			
37	41.72	10.00	1.72047	34.71	
38	-20.97	1.80	1.92286	20.88	0.6388
39	-145.65	3.71			
40	-38.60	1.20	1.92286	20.88	0.6388
41	-72.09	BF			

【０１１２】

【表１１】

実施例４	
f	581.97
Fno	4.12
ω	2.11
Y	21.633
L	455.32
BF	39.18

【０１１３】
【表１２】

実施例４		
被写体距離	∞	4.5m
d14	51.20	31.73
d17	9.54	29.00

【０１１４】
図１４には、実施例４に係る光学系４における無限遠合焦時の縦収差を示す。図１５および図１６には、実施例４に係る光学系４における無限遠合焦時の横収差を示す。
【０１１５】
各収差図から分かるように、実施例４に係る光学系４は、軽量かつ重心が撮像面寄りで振り回し性に優れ、画面全体で色収差等の抑制された良好な光学性能が得られている。また、望遠領域において防振効果を十分に発揮しながら良質の像が得られている。
【０１１６】
［実施例５］
［表１３］に、図１７に示した光学系５に具体的な数値を適用した実施例５の基本的なレンズデータを示す。また、［表１４］には、無限遠合焦時における焦点距離（ｆ）、Ｆ値（Ｆｎｏ）、半画角（ω）、像高（Ｙ）、レンズ全長（Ｌ）、およびバックフォーカス（ＢＦ）の値を示す。［表１５］には、無限遠合焦時と近距離合焦時とで可変となる面間隔の値を示す。
【０１１７】
実施例５に係る光学系５において、第１レンズ群ＧＲ１は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ１１～Ｌ１７の７枚のレンズで構成されている。第１レンズ群ＧＲ１内における光軸上の最大の空気間隔は、レンズＬ１１とレンズＬ１２との間となっている。
【０１１８】
実施例５に係る光学系５において、第２レンズ群ＧＲ２は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ２１とレンズＬ２２とからなる接合レンズで構成されている。第２レンズ群ＧＲ２は群全体として正の屈折力を有し、無限遠から近距離へとフォーカシングする際に、第２レンズ群ＧＲ２が物体側に移動する。
【０１１９】
実施例５に係る光学系５において、第３レンズ群ＧＲ３は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ３１～Ｌ４３で構成されている。３ａ群ＧＲ３ａは、レンズＬ３１，Ｌ３２で構成されている。３ｂ群ＧＲ３ｂは、レンズＬ３３～Ｌ３５で構成されている。３

ｃ群ＧＲ３ｃは、レンズＬ３６～Ｌ４３で構成されている。第３レンズ群ＧＲ３は群全体として負の屈折力を有している。

【０１２０】

【表１３】

実施例５					
Si	ri	di	ndi	νdi	θgF
1	275.67	14.23	1.71736	29.50	
2	-2722.17	101.40			
3	171.31	14.33	1.43385	95.23	0.5387
4	-295.06	0.66			
5	-257.11	2.00	1.85478	24.80	0.6122
6	279.77	0.30			
7	140.06	14.39	1.43385	95.23	0.5387
8	-249.72	0.30			
9	-340.83	3.00	1.85478	24.80	0.6122
10	533.10	6.26			
11	76.40	12.40	1.43385	95.23	0.5387
12	315.86	6.73			
13	98.68	2.00	1.54072	47.20	
14	53.30	(d14)			
15	80.22	7.90	1.59270	35.31	
16	-187.84	1.50	1.51742	52.15	
17	547.42	(d17)			
18	174.42	4.15	1.72825	28.32	
19	-175.57	1.50	1.51823	58.96	
20	44.83	8.99			
21(STO)	∞	20.58			
22	99.18	2.60	1.85478	24.80	
23	-517.49	1.50	1.49700	81.61	
24	38.19	3.46			
25	-345.93	1.50	1.75500	52.32	
26	51.32	2.00			
27	48.55	4.77	1.63854	55.45	
28	389.70	0.30			
29	34.60	7.28	1.51742	52.15	
30	-128.84	0.50			
31	-595.37	1.30	1.95375	32.32	
32	24.72	8.21	1.59270	35.31	
33	-89.46	1.42			
34	-52.14	1.40	1.59282	68.63	0.5441
35	25.73	5.49	1.68893	31.16	
36	51.75	0.87			
37	48.88	11.02	1.80610	33.27	
38	-31.21	1.60	1.92286	20.88	0.6388
39	731.53	6.26			

【０１２１】

【表１４】

実施例５	
f	389.96
Fno	2.91
ω	3.13
Y	21.633
L	365.50
BF	26.82

【０１２２】
【表１５】

実施例５		
被写体距離	∞	2.7m
d14	51.13	31.35
d17	9.69	29.48

【０１２３】
図１８には、実施例５に係る光学系５における無限遠合焦時の縦収差を示す。図１９および図２０には、実施例５に係る光学系５における無限遠合焦時の横収差を示す。
【０１２４】
各収差図から分かるように、実施例５に係る光学系５は、軽量かつ重心が撮像面寄りで振り回し性に優れ、画面全体で色収差等の抑制された良好な光学性能が得られている。また、望遠領域において防振効果を十分に発揮しながら良質の像が得られている。
【０１２５】
［実施例６］
［表１６］に、図２１に示した光学系６に具体的な数値を適用した実施例６の基本的なレンズデータを示す。また、［表１７］には、無限遠合焦時における焦点距離（ｆ）、Ｆ値（Ｆｎｏ）、半画角（ω）、像高（Ｙ）、レンズ全長（Ｌ）、およびバックフォーカス（ＢＦ）の値を示す。［表１８］には、無限遠合焦時と近距離合焦時とで可変となる面間隔の値を示す。
【０１２６】
実施例６に係る光学系６において、第１レンズ群ＧＲ１は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ１１～Ｌ１７の７枚のレンズで構成されている。第１レンズ群ＧＲ１内における光軸上の最大の空気間隔は、レンズＬ１１とレンズＬ１２との間となっている。
【０１２７】
実施例６に係る光学系６において、第２レンズ群ＧＲ２は、単レンズ（レンズＬ２１）で構成されている。第２レンズ群ＧＲ２は群全体として正の屈折力を有し、無限遠から近距離へとフォーカシングする際に、第２レンズ群ＧＲ２が物体側に移動する。
【０１２８】
実施例６に係る光学系６において、第３レンズ群ＧＲ３は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ３１～Ｌ４５で構成されている。３ａ群ＧＲ３ａは、レンズＬ３１，Ｌ

３２で構成されている。３ｂ群ＧＲ３ｂは、レンズＬ３３～Ｌ３５で構成されている。３ｃ群ＧＲ３ｃは、レンズＬ３６～Ｌ４５で構成されている。第３レンズ群ＧＲ３は群全体として負の屈折力を有している。

【０１２９】

【表１６】

実施例６					
Si	ri	di	ndi	νdi	θgF
1	340.17	11.94	1.59270	35.31	
2	-2771.54	182.01			
3	450.25	9.17	1.43385	95.23	0.5387
4	-225.93	0.30			
5	-220.28	2.60	1.85478	24.80	0.6122
6	2413.53	0.41			
7	119.37	12.00	1.43385	95.23	0.5387
8	-796.56	0.30			
9	-1341.11	2.50	1.85478	24.80	0.6122
10	277.05	23.80			
11	74.07	9.83	1.43385	95.23	0.5387
12	208.49	14.10			
13	83.67	2.10	1.77250	49.62	
14	55.37	(d14)			
15	85.22	5.71	1.67270	32.17	
16	432.96	(d16)			
17	160.79	3.82	1.85478	24.80	
18	-394.80	1.40	1.63854	55.45	
19	56.15	33.39			
20(STO)	∞	11.70			
21	91.67	3.09	1.85478	24.80	
22	-315.48	1.00	1.49700	81.61	
23	40.95	3.30			
24	-224.10	1.00	1.69680	55.46	
25	61.02	2.00			
26	28.63	4.73	1.51823	58.96	
27	65.00	3.62			
28	25.83	6.93	1.59551	39.24	
29	-179.91	0.56			
30	-712.79	1.30	2.00100	29.13	
31	17.04	8.42	1.59270	35.31	
32	-96.83	4.59			
33	-32.12	1.30	1.59282	68.63	
34	20.32	7.16	1.68893	31.16	0.5441
35	685.14	0.30			
36	76.08	7.76	1.72047	34.71	
37	-23.67	1.30	1.92286	20.88	0.6388
38	-77.41	3.58			
39	-44.24	1.30	1.92286	20.88	0.6388
40	-190.48	3.50			
41	∞	2.00	1.51680	64.20	
42	∞	BF			

【０１３０】

【表１７】

実施例６	
f	587.9
Fno	4.12
ω	2.09
Y	21.633
L	490.00
BF	31.08

【０１３１】
【表１８】

実施例６		
被写体距離	∞	4.4m
d14	52.41	34.97
d16	10.68	28.13

【０１３２】
図２２には、実施例６に係る光学系６における無限遠合焦時の縦収差を示す。図２３および図２４には、実施例６に係る光学系６における無限遠合焦時の横収差を示す。
【０１３３】
各収差図から分かるように、実施例６に係る光学系６は、軽量かつ重心が撮像面寄りで振り回し性に優れ、画面全体で色収差等の抑制された良好な光学性能が得られている。また、望遠領域において防振効果を十分に発揮しながら良質の像が得られている。
【０１３４】
［実施例７］
［表１９］に、図２５に示した光学系７に具体的な数値を適用した実施例７の基本的なレンズデータを示す。また、［表２０］には、無限遠合焦時における焦点距離（ｆ）、Ｆ値（Ｆｎｏ）、半画角（ω）、像高（Ｙ）、レンズ全長（Ｌ）、およびバックフォーカス（ＢＦ）の値を示す。［表２１］には、無限遠合焦時と近距離合焦時とで可変となる面間隔の値を示す。
【０１３５】
実施例７に係る光学系７において、第１レンズ群ＧＲ１は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ１１～Ｌ１６の６枚のレンズで構成されている。第１レンズ群ＧＲ１内における光軸上の最大の空気間隔は、レンズＬ１１とレンズＬ１２との間となっている。
【０１３６】
実施例７に係る光学系７において、第２レンズ群ＧＲ２は、単レンズ（レンズＬ２１）で構成されている。第２レンズ群ＧＲ２は群全体として負の屈折力を有し、無限遠から近距離へとフォーカシングする際に、第２レンズ群ＧＲ２が像面側に移動する。
【０１３７】
実施例７に係る光学系７において、第３レンズ群ＧＲ３は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ３１～Ｌ４５で構成されている。３ａ群ＧＲ３ａは、レンズＬ３１～Ｌ

３４で構成されている。３ｂ群ＧＲ３ｂは、レンズＬ３５～Ｌ３７で構成されている。３ｃ群ＧＲ３ｃは、レンズＬ３８～Ｌ４５で構成されている。第３レンズ群ＧＲ３は群全体として負の屈折力を有している。

【０１３８】

【表１９】

実施例７					
Si	ri	di	ndi	νdi	θgF
1	259.03	12.10	1.5927	35.45	
2	-4442.22	116.75			
3	215.29	11.00	1.43385	95.23	0.5387
4	-235.90	0.22			
5	-254.15	2.60	1.85478	24.80	0.6122
6	-1649.30	0.30			
7	185.38	9.34	1.43385	95.23	0.5387
8	-369.37	0.42			
9	-320.30	2.45	1.85025	30.05	0.5979
10	461.25	9.39			
11	191.22	6.61	1.437	95.10	0.5336
12	-942.83	(d12)			
13	2296.78	2.00	1.85025	30.05	
14	226.99	(d14)			
15	410.38	7.33	1.85451	25.15	
16	-81.48	1.60	1.85883	30.00	
17	89.51	24.31			
18	275.88	8.79	1.69895	30.05	
19	-62.76	1.45	1.5927	35.45	
20	-148.50	37.00			
21(STO)	∞	32.00			
22	57.71	3.36	1.85478	24.80	
23	-325.05	1.00	1.497	81.61	
24	30.60	4.19			
25	-133.84	1.00	1.7725	49.62	
26	49.82	2.00			
27	49.25	4.15	1.7725	49.62	
28	194.53	0.30			
29	29.56	7.73	1.5927	35.31	
30	-100.00	0.50			
31	-193.00	1.10	2.001	29.13	
32	24.34	2.81	1.5927	35.31	
33	35.48	1.00			
34	37.61	1.00	1.61997	63.88	0.5426
35	18.98	5.75	1.68893	31.16	
36	38.23	2.03			
37	40.31	11.06	1.72047	34.71	
38	-22.78	1.10	1.92286	20.88	0.6390
39	267.96	36.44	BF		

【０１３９】

【表２０】

実施例７	
f	484.9
Fno	4.12
ω	2.52
Y	21.633
L	428.06
BF	36.44

【０１４０】
【表２１】

実施例７		
被写体距離	∞	3.7m
d12	21.81	51.18
d14	34.08	4.71

【０１４１】
図２６には、実施例７に係る光学系７における無限遠合焦時の縦収差を示す。図２７および図２８には、実施例７に係る光学系７における無限遠合焦時の横収差を示す。
【０１４２】
各収差図から分かるように、実施例７に係る光学系７は、軽量かつ重心が撮像面寄りで振り回し性に優れ、画面全体で色収差等の抑制された良好な光学性能が得られている。また、望遠領域において防振効果を十分に発揮しながら良質の像が得られている。
【０１４３】
［実施例８］
［表２２］に、図２９に示した光学系８に具体的な数値を適用した実施例８の基本的なレンズデータを示す。また、［表２３］には、無限遠合焦時における焦点距離（ｆ）、Ｆ値（Ｆｎｏ）、半画角（ω）、像高（Ｙ）、レンズ全長（Ｌ）、およびバックフォーカス（ＢＦ）の値を示す。［表２４］には、無限遠合焦時と近距離合焦時とで可変となる面間隔の値を示す。
【０１４４】
実施例８に係る光学系８において、第１レンズ群ＧＲ１は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ１１～Ｌ１６の６枚のレンズで構成されている。第１レンズ群ＧＲ１内における光軸上の最大の空気間隔は、レンズＬ１１とレンズＬ１２との間となっている。
【０１４５】
実施例８に係る光学系８において、第２レンズ群ＧＲ２は、単レンズ（レンズＬ２１）で構成されている。第２レンズ群ＧＲ２は群全体として負の屈折力を有し、無限遠から近距離へとフォーカシングする際に、第２レンズ群ＧＲ２が像面側に移動する。
【０１４６】
実施例８に係る光学系８において、第３レンズ群ＧＲ３は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ３１～Ｌ４６で構成されている。３ａ群ＧＲ３ａは、レンズＬ３１～Ｌ３４で構成されている。３ｂ群ＧＲ３ｂは、レンズＬ３５～Ｌ３７で構成されている。３

ｃ群ＧＲ３ｃは、レンズＬ３８～Ｌ４６で構成されている。第３レンズ群ＧＲ３は群全体として負の屈折力を有している。

【０１４７】

【表２２】

実施例８					
Si	ri	di	ndi	νdi	θgF
1	247.30	10.89	1.59270	35.31	
2	-34226.20	116.43			
3	218.21	11.21	1.43385	95.23	0.5387
4	-222.52	0.22			
5	-358.94	2.60	1.85478	24.80	0.6122
6	914.26	0.30			
7	200.81	9.77	1.43385	95.23	0.5387
8	-283.60	1.49			
9	-197.05	2.45	1.85025	30.05	0.5979
10	3926.04	17.16			
11	199.73	6.89	1.43700	95.10	0.5336
12	-483.49	(d12)			
13	1034.32	2.00	1.85025	30.05	
14	196.89	(d14)			
15	-1288.78	3.50	1.85451	25.15	
16	-145.23	1.60	1.83400	37.34	
17	110.94	5.66			
18	226.36	8.52	1.69895	30.05	
19	-60.15	1.45	1.59270	35.31	
20	-168.91	31.93			
21(STO)	∞	24.14			
22	91.58	2.96	1.85478	24.80	
23	-173.27	1.00	1.49700	81.61	
24	41.19	3.52			
25	-126.94	1.20	1.77250	49.62	
26	71.38	2.00			
27	43.99	5.10	1.77250	49.62	
28	152.92	0.78			
29	44.56	7.52	1.61340	44.27	
30	-105.02	0.50			
31	-119.32	1.60	2.00100	29.13	
32	31.83	10.00	1.59270	35.31	
33	180.89	3.70			
34	-1582.34	1.40	1.59282	68.62	0.5440
35	26.30	11.41	1.72825	28.32	
36	-176.17	3.05			
37	64.80	12.12	1.72047	34.71	
38	-28.53	1.60	1.92286	20.88	0.6390
39	158.78	4.15			
40	-40.88	1.40	2.00069	25.46	0.6136
41	-76.03	34.68	BF		

【０１４８】

【表２３】

実施例８	
f	485.0
Fno	4.12
ω	2.52
Y	21.633
L	423.85
BF	34.68

【０１４９】
【表２４】

実施例８		
被写体距離	∞	3.7m
d12	21.81	51.42
d14	34.13	4.53

【０１５０】
図３０には、実施例８に係る光学系８における無限遠合焦時の縦収差を示す。図３１および図３２には、実施例８に係る光学系８における無限遠合焦時の横収差を示す。
【０１５１】
各収差図から分かるように、実施例８に係る光学系８は、軽量かつ重心が撮像面寄りで振り回し性に優れ、画面全体で色収差等の抑制された良好な光学性能が得られている。また、望遠領域において防振効果を十分に発揮しながら良質の像が得られている。
【０１５２】
［実施例９］
［表２５］に、図３３に示した光学系９に具体的な数値を適用した実施例９の基本的なレンズデータを示す。また、［表２６］には、無限遠合焦時における焦点距離（ｆ）、Ｆ値（Ｆｎｏ）、半画角（ω）、像高（Ｙ）、レンズ全長（Ｌ）、およびバックフォーカス（ＢＦ）の値を示す。［表２７］には、無限遠合焦時と近距離合焦時とで可変となる面間隔の値を示す。
【０１５３】
実施例９に係る光学系９において、第１レンズ群ＧＲ１は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ１１～Ｌ１６の６枚のレンズで構成されている。第１レンズ群ＧＲ１内における光軸上の最大の空気間隔は、レンズＬ１１とレンズＬ１２との間となっている。
【０１５４】
実施例９に係る光学系９において、第２レンズ群ＧＲ２は、単レンズ（レンズＬ２１）で構成されている。第２レンズ群ＧＲ２は群全体として負の屈折力を有し、無限遠から近距離へとフォーカシングする際に、第２レンズ群ＧＲ２が像面側に移動する。
【０１５５】
実施例９に係る光学系９において、第３レンズ群ＧＲ３は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ３１～Ｌ４６で構成されている。３ａ群ＧＲ３ａは、レンズＬ３１～Ｌ

３４で構成されている。３ｂ群ＧＲ３ｂは、レンズＬ３５～Ｌ３７で構成されている。３ｃ群ＧＲ３ｃは、レンズＬ３８～Ｌ４６で構成されている。第３レンズ群ＧＲ３は群全体として負の屈折力を有している。

【０１５６】

【表２５】

実施例９					
Si	ri	di	ndi	νdi	θgF
1	256.28	12.21	1.5927	35.45	
2	2200.75	170.17			
3	197.82	13.31	1.43385	95.23	0.5387
4	-207.16	0.22			
5	-323.41	2.60	1.85478	24.80	0.6122
6	448.35	0.30			
7	202.13	10.79	1.43385	95.23	0.5387
8	-279.52	2.35			
9	-177.72	2.45	1.85478	24.80	0.6122
10	-654.30	43.55			
11	167.86	7.16	1.43385	95.23	0.5387
12	-489.07	(d12)			
13	250.26	2.12	1.85478	24.80	
14	116.73	(d14)			
15	130.43	4.39	1.85478	24.80	
16	-259.07	1.60	1.834	37.34	
17	54.34	1.15			
18	71.64	7.51	1.72825	28.32	
19	-78.39	1.45	1.51823	58.96	
20	133.21	5.74			
21(STO)	∞	25.13			
22	63.93	3.37	1.85478	24.80	
23	-178.12	1.00	1.497	81.61	
24	34.41	3.90			
25	-98.98	1.00	1.7725	49.62	
26	58.66	2.93			
27	38.50	4.42	1.65412	39.68	
28	106.73	0.30			
29	29.08	7.68	1.56732	42.84	
30	-100.00	0.50			
31	-224.22	1.45	2.001	29.13	
32	24.15	2.50	1.5927	35.31	
33	68.30	2.45			
34	-97.22	1.10	1.59282	68.62	0.5440
35	19.82	10.42	1.64769	33.84	
36	-85.11	0.85			
37	53.09	10.67	1.72047	34.71	
38	-21.73	1.20	1.92286	20.88	0.6390
39	1370.04	3.59			
40	-36.70	1.20	1.92286	20.88	0.6390
41	-60.00	BF			

【０１５７】

【表２６】

実施例９	
f	581.9
Fno	4.12
ω	2.04
Y	21.633
L	470.00
BF	39.18

【０１５８】
【表２７】

実施例９		
被写体距離	∞	4.5m
d12	21.76	52.79
d14	34.36	3.33

【０１５９】
図３４には、実施例９に係る光学系９における無限遠合焦時の縦収差を示す。図３５および図３６には、実施例９に係る光学系９における無限遠合焦時の横収差を示す。
【０１６０】
各収差図から分かるように、実施例９に係る光学系９は、軽量かつ重心が撮像面寄りで振り回し性に優れ、画面全体で色収差等の抑制された良好な光学性能が得られている。また、望遠領域において防振効果を十分に発揮しながら良質の像が得られている。
【０１６１】
［実施例１０］
［表２８］に、図３７に示した光学系１０に具体的な数値を適用した実施例１０の基本的なレンズデータを示す。また、［表２９］には、無限遠合焦時における焦点距離（ｆ）、Ｆ値（Ｆｎｏ）、半画角（ω）、像高（Ｙ）、レンズ全長（Ｌ）、およびバックフォーカス（ＢＦ）の値を示す。［表３０］には、無限遠合焦時と近距離合焦時とで可変となる面間隔の値を示す。
【０１６２】
実施例１０に係る光学系１０において、第１レンズ群ＧＲ１は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ１１～Ｌ１６の６枚のレンズで構成されている。第１レンズ群ＧＲ１内における光軸上の最大の空気間隔は、レンズＬ１１とレンズＬ１２との間となっている。
【０１６３】
実施例１０に係る光学系１０において、第２レンズ群ＧＲ２は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ２１とレンズＬ２２とからなる接合レンズで構成されている。第２レンズ群ＧＲ２は群全体として負の屈折力を有し、無限遠から近距離へとフォーカシングする際に、第２レンズ群ＧＲ２が像面側に移動する。
【０１６４】

実施例１０に係る光学系１０において、第３レンズ群ＧＲ３は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ３１～Ｌ４６で構成されている。３ａ群ＧＲ３ａは、レンズＬ３１～Ｌ３４で構成されている。３ｂ群ＧＲ３ｂは、レンズＬ３５～Ｌ３７で構成されている。３ｃ群ＧＲ３ｃは、レンズＬ３８～Ｌ４６で構成されている。第３レンズ群ＧＲ３は群全体として負の屈折力を有している。

【０１６５】

【表２８】

実施例 10					
Si	ri	di	ndi	νdi	θgF
1	250.05	7.84	1.59270	35.31	
2	-3768.20	115.56			
3	278.38	8.20	1.43385	95.23	0.5387
4	-175.61	0.22			
5	-303.61	2.60	1.85478	24.80	0.6122
6	-2574.03	0.30			
7	161.93	7.45	1.43700	95.10	0.5336
8	-353.73	1.70			
9	-177.90	2.45	1.85025	30.05	0.5979
10	860.56	0.30			
11	127.66	7.02	1.43700	95.10	0.5336
12	-499.36	(d12)			
13	-1935.47	2.50	1.91082	35.25	
14	-245.32	1.80	1.80610	33.27	
15	199.09	(d15)			
16	177.49	7.87	1.80518	25.46	
17	-39.90	1.60	1.85451	25.15	
18	113.21	4.17			
19	-112.89	3.67	1.72825	28.32	
20	-45.80	1.45	1.59270	35.31	
21	-69.44	3.00			
22(STO)	∞	24.44			
23	70.53	3.16	1.85478	24.80	
24	-156.42	1.00	1.49700	81.61	
25	32.87	3.61			
26	-124.79	1.00	1.77250	49.62	
27	53.03	2.05			
28	58.08	3.71	1.80000	29.84	
29	288.19	0.95			
30	29.23	7.08	1.62004	36.30	
31	-100.00	0.50			
32	-299.98	1.60	2.00100	29.13	
33	25.15	4.86	1.59270	35.31	
34	154.01	2.60			
35	-50.20	1.40	1.59282	68.62	0.5440
36	23.36	8.25	1.67270	32.17	
37	-91.24	0.85			
38	58.36	8.77	1.72047	34.71	
39	-25.71	1.60	1.92286	20.88	0.6390
40	670292.52	3.56			
41	-35.23	1.30	1.92286	20.88	0.6390
42	-66.49	BF			

【０１６６】

【表２９】

実施例 10	
f	388.0
Fno	4.12
ω	3.15
Y	21.633
L	352.00
BF	34.68

【０１６７】
【表３０】

実施例 10		
被写体距離	∞	2.7m
d12	21.83	49.83
d15	33.52	5.52

【０１６８】
図３８には、実施例１０に係る光学系１０における無限遠合焦時の縦収差を示す。図３９および図４０には、実施例１０に係る光学系１０における無限遠合焦時の横収差を示す。
【０１６９】
各収差図から分かるように、実施例１０に係る光学系１０は、軽量かつ重心が撮像面寄りで振り回し性に優れ、画面全体で色収差等の抑制された良好な光学性能が得られている。また、望遠領域において防振効果を十分に発揮しながら良質の像が得られている。
【０１７０】
［実施例１１］
［表３１］に、図４１に示した光学系１１に具体的な数値を適用した実施例１１の基本的なレンズデータを示す。また、［表３２］には、無限遠合焦時における焦点距離（ｆ）、Ｆ値（Ｆｎｏ）、半画角（ω）、像高（Ｙ）、レンズ全長（Ｌ）、およびバックフォーカス（ＢＦ）の値を示す。［表３３］には、無限遠合焦時と近距離合焦時とで可変となる面間隔の値を示す。
【０１７１】
実施例１１に係る光学系１１において、第１レンズ群ＧＲ１は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ１１～Ｌ１６の６枚のレンズで構成されている。第１レンズ群ＧＲ１内における光軸上の最大の空気間隔は、レンズＬ１１とレンズＬ１２との間となっている。
【０１７２】
実施例１１に係る光学系１１において、第２レンズ群ＧＲ２は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ２１とレンズＬ２２とからなる接合レンズで構成されている。第２レンズ群ＧＲ２は群全体として負の屈折力を有し、無限遠から近距離へとフォーカシングする際に、第２レンズ群ＧＲ２が像面側に移動する。
【０１７３】

実施例１１に係る光学系１１において、第３レンズ群ＧＲ３は、物体側から像面側に向かって順に、レンズＬ３１～Ｌ４６で構成されている。３ａ群ＧＲ３ａは、レンズＬ３１～Ｌ３４で構成されている。３ｂ群ＧＲ３ｂは、レンズＬ３５～Ｌ３７で構成されている。３ｃ群ＧＲ３ｃは、レンズＬ３８～Ｌ４６で構成されている。第３レンズ群ＧＲ３は群全体として正の屈折力を有している。

【０１７４】

【表３１】

実施例 11					
Si	ri	di	ndi	νdi	θgF
1	132.05	9.65	1.59270	35.31	
2	397.71	98.36			
3	402.63	7.54	1.43385	95.23	0.5387
4	-163.28	0.22			
5	-180.72	2.60	1.85478	24.80	0.6122
6	-223.52	0.30			
7	125.63	6.79	1.43700	95.10	0.5336
8	-2033.43	2.27			
9	-210.15	2.45	1.85025	30.05	0.5979
10	359.30	0.30			
11	189.59	3.81	1.43700	95.10	0.5336
12	631.11	(d12)			
13	-4019.48	3.57	1.85478	24.80	
14	-135.14	1.80	1.80610	33.27	
15	98.58	(d15)			
16	64.84	8.83	1.76385	48.49	
17	-87.50	1.80	1.85451	25.15	
18	88.11	14.42			
19	66.81	7.02	1.69895	30.05	
20	-93.16	1.60	1.59270	35.31	
21	109.89	3.32			
22(ST0)	∞	29.42			
23	115.55	3.03	1.85478	24.80	
24	-95.87	1.00	1.49700	81.61	
25	42.71	2.83			
26	-171.03	1.00	1.80420	46.50	
27	44.84	2.00			
28	58.26	3.16	1.80518	25.46	
29	118.14	0.30			
30	25.56	6.92	1.59270	35.31	
31	-1052.65	0.50			
32	76.10	1.60	2.00100	29.13	
33	18.71	7.67	1.59270	35.31	
34	-198.63	2.30			
35	-32.91	1.40	1.59282	68.62	0.5440
36	23.04	5.18	1.67270	32.17	
37	88.79	0.85			
38	52.92	10.07	1.72825	28.32	
39	-20.49	1.60	1.92286	20.88	0.6390
40	-109.92	2.00			
41	-41.46	1.20	1.92286	20.88	0.6390
42	-68.50	34.68	BF		

【０１７５】

【表３２】

実施例 11	
f	388.0
Fno	4.12
ω	3.15
Y	21.633
L	350.00
BF	34.68

【０１７６】
【表３３】

実施例 11		
被写体距離	∞	2.6m
d12	21.99	47.36
d15	32.65	7.27

【０１７７】
図４２には、実施例１１に係る光学系１１における無限遠合焦時の縦収差を示す。図４３および図４４には、実施例１１に係る光学系１１における無限遠合焦時の横収差を示す。
【０１７８】
各収差図から分かるように、実施例１１に係る光学系１１は、軽量かつ重心が撮像面寄りで振り回し性に優れ、画面全体で色収差等の抑制された良好な光学性能が得られている。また、望遠領域において防振効果を十分に発揮しながら良質の像が得られている。
【０１７９】
[各実施例のその他の数値データ]
［表３４］～［表４１］には、上述の各条件式に関する値を、各実施例についてまとめたものを示す。［表３４］～［表４１］には、適宜、各条件式に該当するレンズを数値と共に併記している。［表３４］～［表４１］から分かるように、各条件式について、各実施例の値がその数値範囲内となっている。
【０１８０】

【表３４】

条件式		実施例			
		1		2	3
(1)	L	416.1		380.7	489.4
	f	497.1		388.0	780.0
	L/f	0.837		0.981	0.627
(2)	D_g1max/f	0.240		0.310	0.231
(3)	D_3b1mg/f	0.230		0.239	0.123
(4), (5)	ν d_1p	95.23 (L12)	95.10 (L14, L16)	95.23 (L12, L14 L16)	95.23 (L12, L14 L16)
	θ gF_1p	0.5387	0.5334	0.5387	0.5387
	θ gF_1p - (-0.001801* ν d_1p+0.648262)	0.0620	0.0564	0.0620	0.0620
(6)	ν d_3cn	20.88 (L43)	68.63 (L40)	23.96 (L43) / 68.63 (L40)	20.88 (L43) / 25.46 (L44) / 68.63 (L40)
	θ gF_3cn	0.6388	0.5441	0.6202 / 0.5441	0.6388 / 0.6135 / 0.5441
	θ gF_3cn - (-0.001801* ν d_3cn+0.648262)	0.0281	0.0194	0.0151 / 0.0194	0.0281 / 0.0111 / 0.0194

【０１８１】

【表３５】

条件式		実施例			
		4	5	6	
(1)	L	455.3	365.5	490.0	
	f	582.0	390.0	587.9	
	L/f	0.782	0.937	0.833	
(2)	D_g1max/f	0.298	0.260	0.310	
(3)	D_3bImg/f	0.174	0.210	0.170	
(4), (5)	ν d_1p	95.23 (L12, L14)	95.23 (L12, L14, L16)	95.23 (L12, L14, L16)	
	θ gF_1p	0.5387	0.5334	0.5387	0.5387
	θ gF_1p - (-0.001801* ν d_1p+0.648262)	0.0620	0.0564	0.0620	0.0620
(6)	ν d_3cn	20.88 (L43, L44)	68.63 (L40)	20.88 (L43)	68.63 (L40)	20.88 (L43, L44)	68.63 (L40)
	θ gF_3cn	0.6388	0.5441	0.6388	0.5441	0.6388	0.5441
	θ gF_3cn - (-0.001801* ν d_3cn+0.648262)	0.0281	0.0194	0.0281	0.0194	0.0281	0.0194

【０１８２】

【表３６】

条件式		実施例								
		7		8				9		
(1)	L	428.1		423.9				470.0		
	f	484.9		485.0				581.9		
	L/f	0.883		0.874				0.808		
(2)	D_g1max/f	0.241		0.240				0.292		
(3)	D_3bImg/f	0.178		0.226				0.171		
(4), (5)	ν d_1p	95.23 (L12, L14)	95.10 (L16)	95.23 (L12, L14)			95.10 (L16)	95.23 (L12, L14, L16)		
	θ gF_1p	0.5387	0.5336	0.5387			0.5336	0.5387		
	θ gF_1p - (-0.001801* ν d_1p+0.648262)	0.0620	0.0566	0.0620			0.0566	0.0620		
(6)	ν d_3cn	20.88 (L45)	63.88 (L42)	20.88 (L45)	25.46 (L46)	68.62 (L42)		20.88 (L45, L46)	68.62 (L42)	
	θ gF_3cn	0.6390	0.5426	0.6390	0.6136	0.5440		0.6390	0.5440	
	θ gF_3cn - (-0.001801* ν d_3cn+0.648262)	0.0283	0.0094	0.0283	0.0112	0.0193		0.0283	0.0193	

【０１８３】

【表３７】

条件式		実施例			
		10		11	
(1)	L	352.0		350.0	
	f	388.0		388.0	
	L/f	0.907		0.902	
(2)	D_g1max/f	0.298		0.254	
(3)	D_3bImg/f	0.239		0.230	
(4), (5)	ν d_1p	95.23 (L12)	95.10 (L14, L16)	95.23 (L12)	95.10 (L14, L16)
	θ gF_1p	0.5387	0.5336	0.5387	0.5336
	θ gF_1p - (-0.001801* ν d_1p+0.648262)	0.0620	0.0566	0.0620	0.0566
(6)	ν d_3cn	20.88 (L45, L46)	68.62 (L42)	20.88 (L45, L46)	68.62 (L42)
	θ gF_3cn	0.6390	0.5440	0.6390	0.5440
	θ gF_3cn - (-0.001801* ν d_3cn+0.648262)	0.0283	0.0193	0.0283	0.0193

【０１８４】

【表３８】

条件式		実施例						
		1		2		3		
(7)	νd_3cn	20.88 (L43)		23.96 (L43)	29.13 (L38)	20.88 (L43)	25.46 (L44)	
(8)	f3cn	-24.93 (L40)	-27.30 (L43)	-26.18 (L40)	-31.27 (L43)	-18.95 (L40)	-19.58 (L43)	-162.52 (L44)
	|f3cn/f|	0.050	0.055	0.067	0.081	0.024	0.025	0.208
(9)	D_3cnImg/f	0.118 (L40)	0.075 (L43)	0.126 (L40)	0.077 (L43)	0.085 (L40)	0.059 (L43)	0.033 (L44)
(10), (11)	νd_1n	24.8 (L13)	32.33 (L15)	24.8 (L13, L15)		24.8 (L13, L15)		
	θgF_1n	0.6122	0.5900	0.6122		0.6122		
	θgF_1n -(-0.001801*νd_1n+0.648262)	0.0086	0.0000	0.0086		0.0086		
(12)	f3c	77.42		69.27		92.15		
	|f3c/f|	0.156		0.179		0.119		

【０１８５】

【表３９】

条件式		実施例							
		4			5		6		
(7)	νd_3cn	20.88 (L43, L44)			20.88 (L43)		20.88 (L43, L44)		
(8)	f3cn	-24.65 (L40)	-26.72 (L43)	-91.62 (L44)	-28.87 (L40)	-32.40 (L43)	-20.80 (L40)	-37.39 (L43)	-62.701 (L44)
	|f3cn/f|	0.042	0.046	0.157	0.074	0.083	-0.035	-0.064	-0.107
(9)	D_3cnImg/f	0.111 (L40)	0.079 (L43)	0.069 (L44)	0.121 (L40)	0.073 (L43)	0.101 (L40)	0.073 (L43)	0.064 (L44)
(10), (11)	νd_1n	24.8 (L13, L15)			24.8 (L13, L15)		24.8 (L13, L15)		
	θgF_1n	0.6122			0.6122		0.6122		
	θgF_1n -(-0.001801*νd_1n+0.648262)	0.0086			0.0086		0.0086		
(12)	f3c	87.88			66.45		86.34		
	|f3c/f|	0.151			0.170		0.147		

【０１８６】

【表４０】

条件式		実施例											
		7				8				9			
(7)	νd_3cn	20.88 (L45)		29.13 (L40)		20.88 (L45)	25.46 (L46)	29.13 (L40)		20.88 (L45, L46)		29.13 (L40)	
(8)	f3cn	-21.53 (L40)	-63.13 (L42)	-22.708 (L45)		-24.97 (L40)	-43.62 (L42)	-26.103 (L45)		-21.72 (L40)	-27.67 (L42)	-23.169 (L45)	
	|f3cn/f|	0.044	0.130	0.047		0.051	0.090	0.054		0.037	0.048	0.040	
(9)	D_3cnImg/f	0.128 (L40)	0.118 (L42)	0.077 (L45)		0.144 (L42)	0.086 (L45)	0.074 (L46)		0.128 (L40)	0.117 (L42)	0.078 (L45)	0.069 (L46)
(10), (11)	νd_1n	24.8 (L13)		30.05 (L15)		24.8 (L13)	30.05 (L15)			24.8 (L13, L15)			
	θgF_1n	0.6122		0.5979		0.6122	0.5979			0.6122			
	θgF_1n -(-0.001801* νd_1n+0.648262)	0.0086		0.0038		0.0086	0.0038			0.0086			
(12)	f3c	68.32				66.66				74.37			
	|f3c/f|	0.141				0.137				0.128			

【０１８７】

【表４１】

条件式		実施例							
		10				11			
(7)	νd_3cn	20.88 (L45, L46)		29.13 (L40)		20.88 (L45, L46)		29.13 (L40)	
(8)	f3cn	−23.12 (L40)	−26.70 (L42)	−27.85 (L45)		−25.13 (L40)	−22.65 (L42)	−27.53 (L45)	
	|f3cn/f|	0.060	0.069	0.072		0.065	0.058	0.071	
(9)	D_3cnImg/f	0.106 (L45)		0.093 (L46)		0.147 (L42)	0.102 (L45)	0.092 (L46)	
(10), (11)	νd_1n	24.8 (L13)		30.05 (L15)		24.8 (L13)		30.05 (L15)	
	θgF_1n	0.6122		0.5979		0.6122		0.5979	
	θgF_1n -(-0.001801*νd_1n+0.648262)	0.0086		0.0038		0.0086		0.0038	
(12)	f3c	61.50				79.43			
	|f3c/f|	0.159				0.205			

【０１８８】

＜５．応用例＞

［５．１　第１の応用例］

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。

【０１８９】

図４６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７０００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７０００は、通信ネットワーク７０１０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４６に示した例では、車両制御システム７０００は、駆動系制御ユニット７１００、ボディ系制御ユニット７２００、バッテリ制御ユニット７３００、車外情報検出ユニット７４００、車内情報検出ユニット７５００、及び統合制御ユニット７６００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７０１０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。

【０１９０】

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７０１０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４６では、統合制御ユニット７６００の機能構成として、マイクロコンピュータ７６１０、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、音声画像出力部７６７０、車載ネットワークＩ／Ｆ７６８０及び記憶部７６９０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。

【０１９１】

駆動系制御ユニット７１００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７１００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７１００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。

【０１９２】

駆動系制御ユニット７１００には、車両状態検出部７１１０が接続される。車両状態検出部７１１０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７１００は、車両状態検出部７１１０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。

【０１９３】

ボディ系制御ユニット７２００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７２００は、キーレスエントリシステム、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７２００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。

【０１９４】

バッテリ制御ユニット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、バッテリ制御ユニット７３００には、二次電池７３１０を備えたバッテリ装置から、バッテリ温度、バッテリ出力電圧又はバッ

テリの残存容量等の情報が入力される。バッテリ制御ユニット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装置に備えられた冷却装置等の制御を行う。

【０１９５】

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。

【０１９６】

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。

【０１９７】

ここで、図４７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。

【０１９８】

なお、図４７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。

【０１９９】

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、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ＬＩＤＡＲ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。

【０２００】

図４６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ＬＩＤＡＲ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。

【０２０１】

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。

【０２０２】

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。

【０２０３】

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ＰＤＡ（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。

【０２０４】

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。

【０２０５】

汎用通信Ｉ／Ｆ７６２０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／Ｆ７６２０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）ともいう）、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／Ｆ７６２０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／Ｆ７６２０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。

【０２０６】

専用通信Ｉ／Ｆ７６３０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／Ｆ７６３０は、例えば、下位レイヤのＩＥＥＥ８０２．１１ｐと上位レイヤのＩＥＥＥ１６０９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／Ｆ７６３０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。

【０２０７】

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。

【０２０８】

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／Ｆ７６３０に含まれてもよい。

【０２０９】

車内機器Ｉ／Ｆ７６６０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／Ｆ７６６０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／Ｆ７６６０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。

【０２１０】

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。
【０２１１】
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。
【０２１２】
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。
【０２１３】
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４６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。
【０２１４】
なお、図４６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。
【０２１５】

以上説明した車両制御システム７０００において、本開示の光学系、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。

【０２１６】

［５．２　第２の応用例］

本開示に係る技術は、内視鏡手術システムに適用されてもよい。

【０２１７】

図４８は、本開示に係る技術が適用され得る内視鏡手術システム５０００の概略的な構成の一例を示す図である。図４８では、術者（医師）５０６７が、内視鏡手術システム５０００を用いて、患者ベッド５０６９上の患者５０７１に手術を行っている様子が図示されている。図示するように、内視鏡手術システム５０００は、内視鏡５００１と、その他の術具５０１７と、内視鏡５００１を支持する支持アーム装置５０２７と、内視鏡下手術のための各種の装置が搭載されたカート５０３７と、から構成される。

【０２１８】

内視鏡手術では、腹壁を切って開腹する代わりに、トロッカ５０２５ａ～５０２５ｄと呼ばれる筒状の開孔器具が腹壁に複数穿刺される。そして、トロッカ５０２５ａ～５０２５ｄから、内視鏡５００１の鏡筒５００３や、その他の術具５０１７が患者５０７１の体腔内に挿入される。図示する例では、その他の術具５０１７として、気腹チューブ５０１９、エネルギー処置具５０２１及び鉗子５０２３が、患者５０７１の体腔内に挿入されている。また、エネルギー処置具５０２１は、高周波電流や超音波振動により、組織の切開及び剥離、又は血管の封止等を行う処置具である。ただし、図示する術具５０１７はあくまで一例であり、術具５０１７としては、例えば攝子、レトラクタ等、一般的に内視鏡下手術において用いられる各種の術具が用いられてよい。

【０２１９】

内視鏡５００１によって撮影された患者５０７１の体腔内の術部の画像が、表示装置５０４１に表示される。術者５０６７は、表示装置５０４１に表示された術部の画像をリアルタイムで見ながら、エネルギー処置具５０２１や鉗子５０２３を用いて、例えば患部を切除する等の処置を行う。なお、図示は省略しているが、気腹チューブ５０１９、エネルギー処置具５０２１及び鉗子５０２３は、手術中に、術者５０６７又は助手等によって支持される。

【０２２０】

（支持アーム装置）

支持アーム装置５０２７は、ベース部５０２９から延伸するアーム部５０３１を備える。図示する例では、アーム部５０３１は、関節部５０３３ａ、５０３３ｂ、５０３３ｃ、及びリンク５０３５ａ、５０３５ｂから構成されており、アーム制御装置５０４５からの制御により駆動される。アーム部５０３１によって内視鏡５００１が支持され、その位置及び姿勢が制御される。これにより、内視鏡５００１の安定的な位置の固定が実現され得る。

【０２２１】

（内視鏡）

内視鏡５００１は、先端から所定の長さの領域が患者５０７１の体腔内に挿入される鏡筒５００３と、鏡筒５００３の基端に接続されるカメラヘッド５００５と、から構成される。図示する例では、硬性の鏡筒５００３を有するいわゆる硬性鏡として構成される内視鏡５００１を図示しているが、内視鏡５００１は、軟性の鏡筒５００３を有するいわゆる軟性鏡として構成されてもよい。

【０２２２】

鏡筒５００３の先端には、対物レンズが嵌め込まれた開口部が設けられている。内視鏡５００１には光源装置５０４３が接続されており、当該光源装置５０４３によって生成された光が、鏡筒５００３の内部に延設されるライトガイドによって当該鏡筒の先端まで導光され、対物レンズを介して患者５０７１の体腔内の観察対象に向かって照射される。な

お、内視鏡５００１は、直視鏡であってもよいし、斜視鏡又は側視鏡であってもよい。
【０２２３】
カメラヘッド５００５の内部には光学系及び撮像素子が設けられており、観察対象からの反射光（観察光）は当該光学系によって当該撮像素子に集光される。当該撮像素子によって観察光が光電変換され、観察光に対応する電気信号、すなわち観察像に対応する画像信号が生成される。当該画像信号は、ＲＡＷデータとしてカメラコントロールユニット（ＣＣＵ：Camera Control Unit）５０３９に送信される。なお、カメラヘッド５００５には、その光学系を適宜駆動させることにより、倍率及び焦点距離を調整する機能が搭載される。
【０２２４】
なお、例えば立体視（３Ｄ表示）等に対応するために、カメラヘッド５００５には撮像素子が複数設けられてもよい。この場合、鏡筒５００３の内部には、当該複数の撮像素子のそれぞれに観察光を導光するために、リレー光学系が複数系統設けられる。
【０２２５】
（カートに搭載される各種の装置）
ＣＣＵ５０３９は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）やＧＰＵ（Graphics Processing Unit）等によって構成され、内視鏡５００１及び表示装置５０４１の動作を統括的に制御する。具体的には、ＣＣＵ５０３９は、カメラヘッド５００５から受け取った画像信号に対して、例えば現像処理（デモザイク処理）等の、当該画像信号に基づく画像を表示するための各種の画像処理を施す。ＣＣＵ５０３９は、当該画像処理を施した画像信号を表示装置５０４１に提供する。また、ＣＣＵ５０３９は、カメラヘッド５００５に対して制御信号を送信し、その駆動を制御する。当該制御信号には、倍率や焦点距離等、撮像条件に関する情報が含まれ得る。
【０２２６】
表示装置５０４１は、ＣＣＵ５０３９からの制御により、当該ＣＣＵ５０３９によって画像処理が施された画像信号に基づく画像を表示する。内視鏡５００１が例えば４Ｋ（水平画素数３８４０×垂直画素数２１６０）又は８Ｋ（水平画素数７６８０×垂直画素数４３２０）等の高解像度の撮影に対応したものである場合、及び／又は３Ｄ表示に対応したものである場合には、表示装置５０４１としては、それぞれに対応して、高解像度の表示が可能なもの、及び／又は３Ｄ表示可能なものが用いられ得る。４Ｋ又は８Ｋ等の高解像度の撮影に対応したものである場合、表示装置５０４１として５５インチ以上のサイズのものを用いることで一層の没入感が得られる。また、用途に応じて、解像度、サイズが異なる複数の表示装置５０４１が設けられてもよい。
【０２２７】
光源装置５０４３は、例えばＬＥＤ（light emitting diode）等の光源から構成され、術部を撮影する際の照射光を内視鏡５００１に供給する。
【０２２８】
アーム制御装置５０４５は、例えばＣＰＵ等のプロセッサによって構成され、所定のプログラムに従って動作することにより、所定の制御方式に従って支持アーム装置５０２７のアーム部５０３１の駆動を制御する。
【０２２９】
入力装置５０４７は、内視鏡手術システム５０００に対する入力インタフェースである。ユーザは、入力装置５０４７を介して、内視鏡手術システム５０００に対して各種の情報の入力や指示入力を行うことができる。例えば、ユーザは、入力装置５０４７を介して、患者の身体情報や、手術の術式についての情報等、手術に関する各種の情報を入力する。また、例えば、ユーザは、入力装置５０４７を介して、アーム部５０３１を駆動させる旨の指示や、内視鏡５００１による撮像条件（照射光の種類、倍率及び焦点距離等）を変更する旨の指示、エネルギー処置具５０２１を駆動させる旨の指示等を入力する。
【０２３０】
入力装置５０４７の種類は限定されず、入力装置５０４７は各種の公知の入力装置であ

ってよい。入力装置５０４７としては、例えば、マウス、キーボード、タッチパネル、スイッチ、フットスイッチ５０５７及び／又はレバー等が適用され得る。入力装置５０４７としてタッチパネルが用いられる場合には、当該タッチパネルは表示装置５０４１の表示面上に設けられてもよい。

【０２３１】

あるいは、入力装置５０４７は、例えばメガネ型のウェアラブルデバイスやＨＭＤ（Head Mounted Display）等の、ユーザによって装着されるデバイスであり、これらのデバイスによって検出されるユーザのジェスチャや視線に応じて各種の入力が行われる。また、入力装置５０４７は、ユーザの動きを検出可能なカメラを含み、当該カメラによって撮像された映像から検出されるユーザのジェスチャや視線に応じて各種の入力が行われる。更に、入力装置５０４７は、ユーザの声を収音可能なマイクロフォンを含み、当該マイクロフォンを介して音声によって各種の入力が行われる。このように、入力装置５０４７が非接触で各種の情報を入力可能に構成されることにより、特に清潔域に属するユーザ（例えば術者５０６７）が、不潔域に属する機器を非接触で操作することが可能となる。また、ユーザは、所持している術具から手を離すことなく機器を操作することが可能となるため、ユーザの利便性が向上する。

【０２３２】

処置具制御装置５０４９は、組織の焼灼、切開又は血管の封止等のためのエネルギー処置具５０２１の駆動を制御する。気腹装置５０５１は、内視鏡５００１による視野の確保及び術者の作業空間の確保の目的で、患者５０７１の体腔を膨らめるために、気腹チューブ５０１９を介して当該体腔内にガスを送り込む。レコーダ５０５３は、手術に関する各種の情報を記録可能な装置である。プリンタ５０５５は、手術に関する各種の情報を、テキスト、画像又はグラフ等各種の形式で印刷可能な装置である。

【０２３３】

以下、内視鏡手術システム５０００において特に特徴的な構成について、更に詳細に説明する。

【０２３４】

（支持アーム装置）

支持アーム装置５０２７は、基台であるベース部５０２９と、ベース部５０２９から延伸するアーム部５０３１と、を備える。図示する例では、アーム部５０３１は、複数の関節部５０３３ａ、５０３３ｂ、５０３３ｃと、関節部５０３３ｂによって連結される複数のリンク５０３５ａ、５０３５ｂと、から構成されているが、図４８では、簡単のため、アーム部５０３１の構成を簡略化して図示している。実際には、アーム部５０３１が所望の自由度を有するように、関節部５０３３ａ～５０３３ｃ及びリンク５０３５ａ、５０３５ｂの形状、数及び配置、並びに関節部５０３３ａ～５０３３ｃの回転軸の方向等が適宜設定され得る。例えば、アーム部５０３１は、好適に、６自由度以上の自由度を有するように構成され得る。これにより、アーム部５０３１の可動範囲内において内視鏡５００１を自由に移動させることが可能になるため、所望の方向から内視鏡５００１の鏡筒５００３を患者５０７１の体腔内に挿入することが可能になる。

【０２３５】

関節部５０３３ａ～５０３３ｃにはアクチュエータが設けられており、関節部５０３３ａ～５０３３ｃは当該アクチュエータの駆動により所定の回転軸まわりに回転可能に構成されている。当該アクチュエータの駆動がアーム制御装置５０４５によって制御されることにより、各関節部５０３３ａ～５０３３ｃの回転角度が制御され、アーム部５０３１の駆動が制御される。これにより、内視鏡５００１の位置及び姿勢の制御が実現され得る。この際、アーム制御装置５０４５は、力制御又は位置制御等、各種の公知の制御方式によってアーム部５０３１の駆動を制御することができる。

【０２３６】

例えば、術者５０６７が、入力装置５０４７（フットスイッチ５０５７を含む）を介して適宜操作入力を行うことにより、当該操作入力に応じてアーム制御装置５０４５によっ

てアーム部５０３１の駆動が適宜制御され、内視鏡５００１の位置及び姿勢が制御されてよい。当該制御により、アーム部５０３１の先端の内視鏡５００１を任意の位置から任意の位置まで移動させた後、その移動後の位置で固定的に支持することができる。なお、アーム部５０３１は、いわゆるマスタースレイブ方式で操作されてもよい。この場合、アーム部５０３１は、手術室から離れた場所に設置される入力装置５０４７を介してユーザによって遠隔操作され得る。

【０２３７】

また、力制御が適用される場合には、アーム制御装置５０４５は、ユーザからの外力を受け、その外力にならってスムーズにアーム部５０３１が移動するように、各関節部５０３３ａ～５０３３ｃのアクチュエータを駆動させる、いわゆるパワーアシスト制御を行ってもよい。これにより、ユーザが直接アーム部５０３１に触れながらアーム部５０３１を移動させる際に、比較的軽い力で当該アーム部５０３１を移動させることができる。従って、より直感的に、より簡易な操作で内視鏡５００１を移動させることが可能となり、ユーザの利便性を向上させることができる。

【０２３８】

ここで、一般的に、内視鏡下手術では、スコピストと呼ばれる医師によって内視鏡５００１が支持されていた。これに対して、支持アーム装置５０２７を用いることにより、人手によらずに内視鏡５００１の位置をより確実に固定することが可能になるため、術部の画像を安定的に得ることができ、手術を円滑に行うことが可能になる。

【０２３９】

なお、アーム制御装置５０４５は必ずしもカート５０３７に設けられなくてもよい。また、アーム制御装置５０４５は必ずしも１つの装置でなくてもよい。例えば、アーム制御装置５０４５は、支持アーム装置５０２７のアーム部５０３１の各関節部５０３３ａ～５０３３ｃにそれぞれ設けられてもよく、複数のアーム制御装置５０４５が互いに協働することにより、アーム部５０３１の駆動制御が実現されてもよい。

【０２４０】

（光源装置）

光源装置５０４３は、内視鏡５００１に術部を撮影する際の照射光を供給する。光源装置５０４３は、例えばＬＥＤ、レーザ光源又はこれらの組み合わせによって構成される白色光源から構成される。このとき、ＲＧＢレーザ光源の組み合わせにより白色光源が構成される場合には、各色（各波長）の出力強度及び出力タイミングを高精度に制御することができるため、光源装置５０４３において撮像画像のホワイトバランスの調整を行うことができる。また、この場合には、ＲＧＢレーザ光源それぞれからのレーザ光を時分割で観察対象に照射し、その照射タイミングに同期してカメラヘッド５００５の撮像素子の駆動を制御することにより、ＲＧＢそれぞれに対応した画像を時分割で撮像することも可能である。当該方法によれば、当該撮像素子にカラーフィルタを設けなくても、カラー画像を得ることができる。

【０２４１】

また、光源装置５０４３は、出力する光の強度を所定の時間ごとに変更するようにその駆動が制御されてもよい。その光の強度の変更のタイミングに同期してカメラヘッド５００５の撮像素子の駆動を制御して時分割で画像を取得し、その画像を合成することにより、いわゆる黒つぶれ及び白とびのない高ダイナミックレンジの画像を生成することができる。

【０２４２】

また、光源装置５０４３は、特殊光観察に対応した所定の波長帯域の光を供給可能に構成されてもよい。特殊光観察では、例えば、体組織における光の吸収の波長依存性を利用して、通常の観察時における照射光（すなわち、白色光）に比べて狭帯域の光を照射することにより、粘膜表層の血管等の所定の組織を高コントラストで撮影する、いわゆる狭帯域光観察（Narrow Band Imaging）が行われる。あるいは、特殊光観察では、励起光を照射することにより発生する蛍光により画像を得る蛍光観察が行われてもよい。蛍光観察

では、体組織に励起光を照射し当該体組織からの蛍光を観察するもの（自家蛍光観察）、又はインドシアニングリーン（ＩＣＧ）等の試薬を体組織に局注するとともに当該体組織にその試薬の蛍光波長に対応した励起光を照射し蛍光像を得るもの等が行われ得る。光源装置５０４３は、このような特殊光観察に対応した狭帯域光及び／又は励起光を供給可能に構成され得る。

【０２４３】

（カメラヘッド及びＣＣＵ）

図４９を参照して、内視鏡５００１のカメラヘッド５００５及びＣＣＵ５０３９の機能についてより詳細に説明する。図４９は、図４８に示すカメラヘッド５００５及びＣＣＵ５０３９の機能構成の一例を示すブロック図である。

【０２４４】

図４９を参照すると、カメラヘッド５００５は、その機能として、レンズユニット５００７と、撮像部５００９と、駆動部５０１１と、通信部５０１３と、カメラヘッド制御部５０１５と、を有する。また、ＣＣＵ５０３９は、その機能として、通信部５０５９と、画像処理部５０６１と、制御部５０６３と、を有する。カメラヘッド５００５とＣＣＵ５０３９とは、伝送ケーブル５０６５によって双方向に通信可能に接続されている。

【０２４５】

まず、カメラヘッド５００５の機能構成について説明する。レンズユニット５００７は、鏡筒５００３との接続部に設けられる光学系である。鏡筒５００３の先端から取り込まれた観察光は、カメラヘッド５００５まで導光され、当該レンズユニット５００７に入射する。レンズユニット５００７は、ズームレンズ及びフォーカスレンズを含む複数のレンズが組み合わされて構成される。レンズユニット５００７は、撮像部５００９の撮像素子の受光面上に観察光を集光するように、その光学特性が調整されている。また、ズームレンズ及びフォーカスレンズは、撮像画像の倍率及び焦点の調整のため、その光軸上の位置が移動可能に構成される。

【０２４６】

撮像部５００９は撮像素子によって構成され、レンズユニット５００７の後段に配置される。レンズユニット５００７を通過した観察光は、当該撮像素子の受光面に集光され、光電変換によって、観察像に対応した画像信号が生成される。撮像部５００９によって生成された画像信号は、通信部５０１３に提供される。

【０２４７】

撮像部５００９を構成する撮像素子としては、例えばＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）タイプのイメージセンサであり、Ｂａｙｅｒ配列を有するカラー撮影可能なものが用いられる。なお、当該撮像素子としては、例えば４Ｋ以上の高解像度の画像の撮影に対応可能なものが用いられてもよい。術部の画像が高解像度で得られることにより、術者５０６７は、当該術部の様子をより詳細に把握することができ、手術をより円滑に進行することが可能となる。

【０２４８】

また、撮像部５００９を構成する撮像素子は、３Ｄ表示に対応する右目用及び左目用の画像信号をそれぞれ取得するための１対の撮像素子を有するように構成される。３Ｄ表示が行われることにより、術者５０６７は術部における生体組織の奥行きをより正確に把握することが可能になる。なお、撮像部５００９が多板式で構成される場合には、各撮像素子に対応して、レンズユニット５００７も複数系統設けられる。

【０２４９】

また、撮像部５００９は、必ずしもカメラヘッド５００５に設けられなくてもよい。例えば、撮像部５００９は、鏡筒５００３の内部に、対物レンズの直後に設けられてもよい。

【０２５０】

駆動部５０１１は、アクチュエータによって構成され、カメラヘッド制御部５０１５からの制御により、レンズユニット５００７のズームレンズ及びフォーカスレンズを光軸に沿って所定の距離だけ移動させる。これにより、撮像部５００９による撮像画像の倍率及

び焦点が適宜調整され得る。

【０２５１】

通信部５０１３は、ＣＣＵ５０３９との間で各種の情報を送受信するための通信装置によって構成される。通信部５０１３は、撮像部５００９から得た画像信号をＲＡＷデータとして伝送ケーブル５０６５を介してＣＣＵ５０３９に送信する。この際、術部の撮像画像を低レイテンシで表示するために、当該画像信号は光通信によって送信されることが好ましい。手術の際には、術者５０６７が撮像画像によって患部の状態を観察しながら手術を行うため、より安全で確実な手術のためには、術部の動画像が可能な限りリアルタイムに表示されることが求められるからである。光通信が行われる場合には、通信部５０１３には、電気信号を光信号に変換する光電変換モジュールが設けられる。画像信号は当該光電変換モジュールによって光信号に変換された後、伝送ケーブル５０６５を介してＣＣＵ５０３９に送信される。

【０２５２】

また、通信部５０１３は、ＣＣＵ５０３９から、カメラヘッド５００５の駆動を制御するための制御信号を受信する。当該制御信号には、例えば、撮像画像のフレームレートを指定する旨の情報、撮像時の露出値を指定する旨の情報、並びに／又は撮像画像の倍率及び焦点を指定する旨の情報等、撮像条件に関する情報が含まれる。通信部５０１３は、受信した制御信号をカメラヘッド制御部５０１５に提供する。なお、ＣＣＵ５０３９からの制御信号も、光通信によって伝送されてもよい。この場合、通信部５０１３には、光信号を電気信号に変換する光電変換モジュールが設けられ、制御信号は当該光電変換モジュールによって電気信号に変換された後、カメラヘッド制御部５０１５に提供される。

【０２５３】

なお、上記のフレームレートや露出値、倍率、焦点等の撮像条件は、取得された画像信号に基づいてＣＣＵ５０３９の制御部５０６３によって自動的に設定される。つまり、いわゆるＡＥ（Auto Exposure）機能、ＡＦ（Auto Focus）機能及びＡＷＢ（Auto White Balance）機能が内視鏡５００１に搭載される。

【０２５４】

カメラヘッド制御部５０１５は、通信部５０１３を介して受信したＣＣＵ５０３９からの制御信号に基づいて、カメラヘッド５００５の駆動を制御する。例えば、カメラヘッド制御部５０１５は、撮像画像のフレームレートを指定する旨の情報及び／又は撮像時の露光を指定する旨の情報に基づいて、撮像部５００９の撮像素子の駆動を制御する。また、例えば、カメラヘッド制御部５０１５は、撮像画像の倍率及び焦点を指定する旨の情報に基づいて、駆動部５０１１を介してレンズユニット５００７のズームレンズ及びフォーカスレンズを適宜移動させる。カメラヘッド制御部５０１５は、更に、鏡筒５００３やカメラヘッド５００５を識別するための情報を記憶する機能を備えてもよい。

【０２５５】

なお、レンズユニット５００７や撮像部５００９等の構成を、気密性及び防水性が高い密閉構造内に配置することで、カメラヘッド５００５について、オートクレーブ滅菌処理に対する耐性を持たせることができる。

【０２５６】

次に、ＣＣＵ５０３９の機能構成について説明する。通信部５０５９は、カメラヘッド５００５との間で各種の情報を送受信するための通信装置によって構成される。通信部５０５９は、カメラヘッド５００５から、伝送ケーブル５０６５を介して送信される画像信号を受信する。この際、上記のように、当該画像信号は好適に光通信によって送信され得る。この場合、光通信に対応して、通信部５０５９には、光信号を電気信号に変換する光電変換モジュールが設けられる。通信部５０５９は、電気信号に変換した画像信号を画像処理部５０６１に提供する。

【０２５７】

また、通信部５０５９は、カメラヘッド５００５に対して、カメラヘッド５００５の駆動を制御するための制御信号を送信する。当該制御信号も光通信によって送信されてよい。

【０２５８】
画像処理部５０６１は、カメラヘッド５００５から送信されたＲＡＷデータである画像信号に対して各種の画像処理を施す。当該画像処理としては、例えば現像処理、高画質化処理（帯域強調処理、超解像処理、ＮＲ（Noise reduction）処理及び／又は手ブレ補正処理等）、並びに／又は拡大処理（電子ズーム処理）等、各種の公知の信号処理が含まれる。また、画像処理部５０６１は、ＡＥ、ＡＦ及びＡＷＢを行うための、画像信号に対する検波処理を行う。
【０２５９】
画像処理部５０６１は、ＣＰＵやＧＰＵ等のプロセッサによって構成され、当該プロセッサが所定のプログラムに従って動作することにより、上述した画像処理や検波処理が行われ得る。なお、画像処理部５０６１が複数のＧＰＵによって構成される場合には、画像処理部５０６１は、画像信号に係る情報を適宜分割し、これら複数のＧＰＵによって並列的に画像処理を行う。
【０２６０】
制御部５０６３は、内視鏡５００１による術部の撮像、及びその撮像画像の表示に関する各種の制御を行う。例えば、制御部５０６３は、カメラヘッド５００５の駆動を制御するための制御信号を生成する。この際、撮像条件がユーザによって入力されている場合には、制御部５０６３は、当該ユーザによる入力に基づいて制御信号を生成する。あるいは、内視鏡５００１にＡＥ機能、ＡＦ機能及びＡＷＢ機能が搭載されている場合には、制御部５０６３は、画像処理部５０６１による検波処理の結果に応じて、最適な露出値、焦点距離及びホワイトバランスを適宜算出し、制御信号を生成する。
【０２６１】
また、制御部５０６３は、画像処理部５０６１によって画像処理が施された画像信号に基づいて、術部の画像を表示装置５０４１に表示させる。この際、制御部５０６３は、各種の画像認識技術を用いて術部画像内における各種の物体を認識する。例えば、制御部５０６３は、術部画像に含まれる物体のエッジの形状や色等を検出することにより、鉗子等の術具、特定の生体部位、出血、エネルギー処置具５０２１使用時のミスト等を認識することができる。制御部５０６３は、表示装置５０４１に術部の画像を表示させる際に、その認識結果を用いて、各種の手術支援情報を当該術部の画像に重畳表示させる。手術支援情報が重畳表示され、術者５０６７に提示されることにより、より安全かつ確実に手術を進めることが可能になる。
【０２６２】
カメラヘッド５００５及びＣＣＵ５０３９を接続する伝送ケーブル５０６５は、電気信号の通信に対応した電気信号ケーブル、光通信に対応した光ファイバ、又はこれらの複合ケーブルである。
【０２６３】
ここで、図示する例では、伝送ケーブル５０６５を用いて有線で通信が行われていたが、カメラヘッド５００５とＣＣＵ５０３９との間の通信は無線で行われてもよい。両者の間の通信が無線で行われる場合には、伝送ケーブル５０６５を手術室内に敷設する必要がなくなるため、手術室内における医療スタッフの移動が当該伝送ケーブル５０６５によって妨げられる事態が解消され得る。
【０２６４】
以上、本開示に係る技術が適用され得る内視鏡手術システム５０００の一例について説明した。なお、ここでは、一例として内視鏡手術システム５０００について説明したが、本開示に係る技術が適用され得るシステムはかかる例に限定されない。例えば、本開示に係る技術は、検査用軟性内視鏡システムや顕微鏡手術システムに適用されてもよい。
【０２６５】
本開示に係る技術は、以上説明した構成のうち、カメラヘッド５００５に好適に適用され得る。特に、本開示の光学系は、カメラヘッド５００５のレンズユニット５００７に好適に適用され得る。

【０２６６】
＜６．その他の実施の形態＞
本開示による技術は、上記一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。
【０２６７】
例えば、上記各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。
【０２６８】
また、上記一実施の形態および実施例では、実質的に３つのレンズ群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。
【０２６９】
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つのレンズ群で構成し、各レンズ群の構成の最適化を図るようにしたので、軽量かつ振り回し性に優れ、画面全体で光学性能の高い光学系、および撮像装置を実現可能となる。
【０２７０】
［１］
物体側から像面側に向かって順に、
群全体として正の屈折力を有し、フォーカシングの際に群全体が像面に対して固定された第１レンズ群と、
群全体として正または負の屈折力を有し、群全体が光軸方向に移動することによって無限遠から近距離までのフォーカシングを行う第２レンズ群と、
物体側から像面側に向かって順に、３ａ群、３ｂ群、および３ｃ群に分割され、前記３ｂ群が光軸に略垂直な方向に移動することによって像のぶれ補正を行うようになされ、群全体として負または正の屈折力を有し、フォーカシングの際に群全体が像面に対して固定された第３レンズ群と
から構成され、
以下の条件式を満足する
光学系。
Ｌ／ｆ＜１　……（１）
Ｄ＿ｇ１ｍａｘ／ｆ＞０．２３　……（２）
Ｄ＿３ｂＩｍｇ／ｆ＜０．２４　……（３）
ただし、
Ｌ：前記第１レンズ群の最も物体側の面から像面までの距離
ｆ：無限遠合焦時の全系の焦点距離
Ｄ＿ｇ１ｍａｘ：前記第１レンズ群内における光軸上の最大の空気間隔
Ｄ＿３ｂＩｍｇ：前記３ｂ群の最も物体側の面から像面までの距離
とする。
［２］
前記第１レンズ群は、以下の条件式（４），（５）を満足する正レンズを少なくとも１枚有する
上記［１］に記載の光学系。
ｖｄ＿１ｐ＞９０　……（４）
θｇＦ＿１ｐ－（－０．００１８０１＊ｖｄ＿１ｐ＋０．６４８２６２）＞０．０４　……（５）
ただし、
ｖｄ＿１ｐ：前記第１レンズ群内の前記正レンズのｄ線に対するアッベ数
θｇＦ＿１ｐ：前記第１レンズ群内の前記正レンズのｇ線とＦ線との部分分散比
とする。

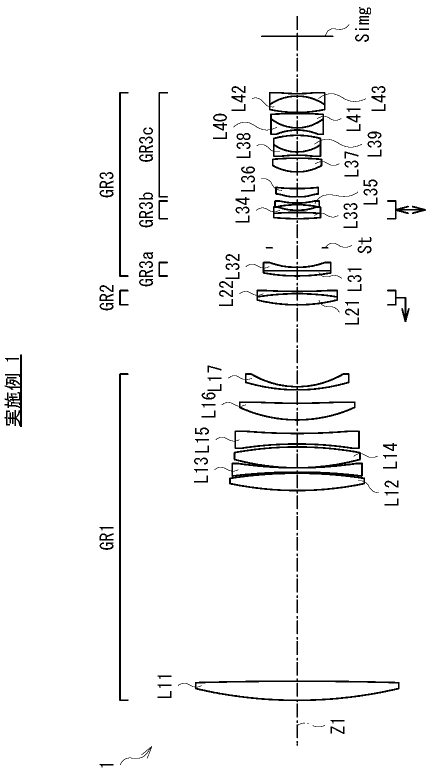
［３］
前記３ｃ群は、以下の条件式（６）を満足する負レンズを少なくとも１枚含む
上記［１］または［２］に記載の光学系。
θｇＦ＿３ｃｎ－（－０．００１８０１＊ｖｄ＿３ｃｎ＋０．６４８２６２）＞０．００８　……（６）
ただし、
θｇＦ＿３ｃｎ：前記３ｃ群内の前記負レンズのｇ線とＦ線との部分分散比
ｖｄ＿３ｃｎ：前記３ｃ群内の前記負レンズのｄ線に対するアッベ数
とする。
［４］
前記３ｃ群は、以下の条件式（７）を満足する負レンズを少なくとも１枚含む
上記［１］ないし［３］のいずれか１つに記載の光学系。
ｖｄ＿３ｃｎ＜３１　……（７）
ただし、
ｖｄ＿３ｃｎ：前記３ｃ群内の前記負レンズのｄ線に対するアッベ数
とする。
［５］
前記３ｃ群は、以下の条件式（８）を満足する負レンズを少なくとも１枚含む
上記［１］ないし［４］のいずれか１つに記載の光学系。
０＜｜ｆ３ｃｎ／ｆ｜＜０．１５　……（８）
ただし、
ｆ３ｃｎ：前記３ｃ群内の前記負レンズの焦点距離
ｆ：無限遠合焦時の全系の焦点距離
とする。
［６］
前記３ｃ群は、以下の条件式（６），（７），（８）のいずれかと条件式（９）とを満足する負レンズを少なくとも１枚含む
上記［１］または［２］に記載の光学系。
θｇＦ＿３ｃｎ－（－０．００１８０１＊ｖｄ＿３ｃｎ＋０．６４８２６２）＞０．００８　……（６）
ｖｄ＿３ｃｎ＜３１　……（７）
０＜｜ｆ３ｃｎ／ｆ｜＜０．１５　……（８）
Ｄ＿３ｃｎＩｍｇ／ｆ＜０．１５　……（９）
ただし、
θｇＦ＿３ｃｎ：前記３ｃ群内の前記負レンズのｇ線とＦ線との部分分散比
ｖｄ＿３ｃｎ：前記３ｃ群内の前記負レンズのｄ線に対するアッベ数
ｆ３ｃｎ：前記３ｃ群内の前記負レンズの焦点距離
ｆ：無限遠合焦時の全系の焦点距離
Ｄ＿３ｃｎＩｍｇ：前記３ｃ群内の前記負レンズの物体側の面頂点と像面との距離
とする。
［７］
前記第１レンズ群は、以下の条件式（１０），（１１）を満足する負レンズを少なくとも１枚有する
上記［１］ないし［６］のいずれか１つに記載の光学系。
ｖｄ＿１ｎ＜３５　……（１０）
θｇＦ＿１ｎ－（－０．００１８０１＊ｖｄ＿１ｎ＋０．６４８２６２）＜０．０１０　……（１１）
ただし、
ｖｄ＿１ｎ：前記第１レンズ群内の前記負レンズのｄ線に対するアッベ数
θｇＦ＿１ｎ：前記第１レンズ群内の前記負レンズのｇ線とＦ線との部分分散比

とする。
［８］
以下の条件式を満足する
上記［１］ないし［７］のいずれか１つに記載の光学系。
０．０５＜｜ｆ３ｃ／ｆ｜＜０．３　……（１２）
ただし、
ｆ３ｃ：前記３ｃ群の焦点距離
ｆ：無限遠合焦時の全系の焦点距離
とする。
［９］
前記第２レンズ群は、接合レンズまたは単レンズからなる
上記［１］ないし［８］のいずれか１つに記載の光学系。
［１０］
前記第２レンズ群は、群全体として正の屈折力を有し
前記第３レンズ群は、群全体として負の屈折力を有する
上記［１］ないし［９］のいずれか１つに記載の光学系。
［１１］
前記第２レンズ群は、群全体として負の屈折力を有し
前記第３レンズ群は、群全体として正の屈折力を有する
上記［１］ないし［９］のいずれか１つに記載の光学系。
［１２］
前記第２レンズ群は、群全体として負の屈折力を有し
前記第３レンズ群は、群全体として負の屈折力を有する
上記［１］ないし［９］のいずれか１つに記載の光学系。
［１３］
光学系と、前記光学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、
前記光学系は、
物体側から像面側に向かって順に、
群全体として正の屈折力を有し、フォーカシングの際に群全体が像面に対して固定された第１レンズ群と、
群全体として正または負の屈折力を有し、群全体が光軸方向に移動することによって無限遠から近距離までのフォーカシングを行う第２レンズ群と、
物体側から像面側に向かって順に、３ａ群、３ｂ群、および３ｃ群に分割され、前記３ｂ群が光軸に略垂直な方向に移動することによって像のぶれ補正を行うようになされ、群全体として負または正の屈折力を有し、フォーカシングの際に群全体が像面に対して固定された第３レンズ群と
から構成され、
以下の条件式を満足する
撮像装置。
Ｌ／ｆ＜１　……（１）
Ｄ＿ｇ１ｍａｘ／ｆ＞０．２３　……（２）
Ｄ＿３ｂＩｍｇ／ｆ＜０．２４　……（３）
ただし、
Ｌ：前記第１レンズ群の最も物体側の面から像面までの距離
ｆ：無限遠合焦時の全系の焦点距離
Ｄ＿ｇ１ｍａｘ：前記第１レンズ群内における光軸上の最大の空気間隔
Ｄ＿３ｂＩｍｇ：前記３ｂ群の最も物体側の面から像面までの距離
とする。
［１４］

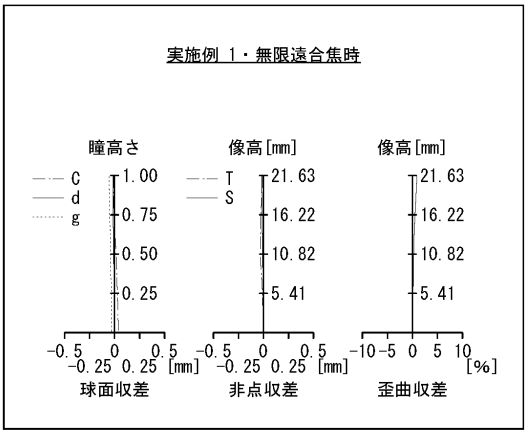
実質的に屈折力を有さないレンズをさらに備えた
上記［１］ないし［１２］のいずれか１つに記載の光学系。
［１５］
前記光学系は、実質的に屈折力を有さないレンズをさらに備える
上記［１３］に記載の撮像装置。
【０２７１】
本出願は、日本国特許庁において２０１９年６月４日に出願された日本特許出願番号第２０１９－１０４６１２号を基礎として優先権を主張するものであり、この出願のすべての内容を参照によって本出願に援用する。
【０２７２】
当業者であれば、設計上の要件や他の要因に応じて、種々の修正、コンビネーション、サブコンビネーション、および変更を想到し得るが、それらは添付の請求の範囲やその均等物の範囲に含まれるものであることが理解される。

【図面】

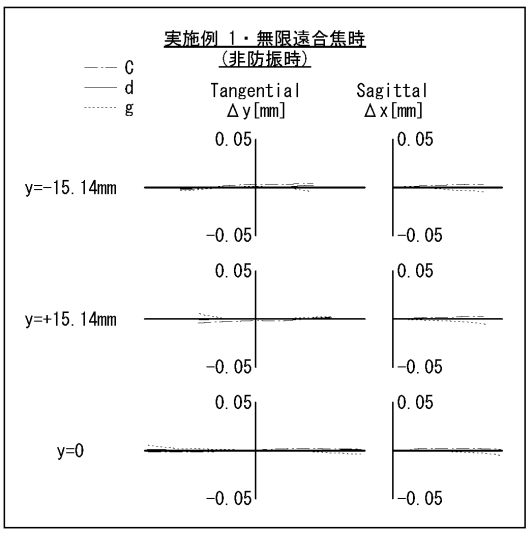
【図１】


実施例 1
Simg
GR3
GR3c
GR3b
GR3a
GR2
GR1
L40
L42
L43
L41
L38
L39
L37
L36
L35
L34
L33
St
L32
L22
L31
L21
L17
L16
L15
L13
L14
L12
L11
Z1
1

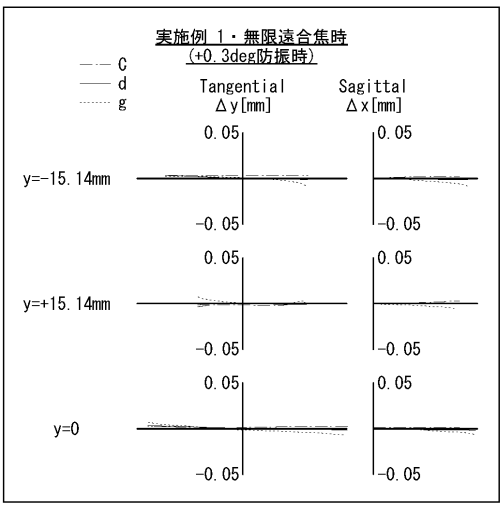
【図２】


実施例 1・無限遠合焦時
瞳高さ
像高[mm]
像高[mm]
C
d
g
T
S
1.00
0.75
0.50
0.25
21.63
16.22
10.82
5.41
-0.5 -0.25 0 0.25 0.5 [mm]
-10 -5 0 5 10 [%]
球面収差
非点収差
歪曲収差

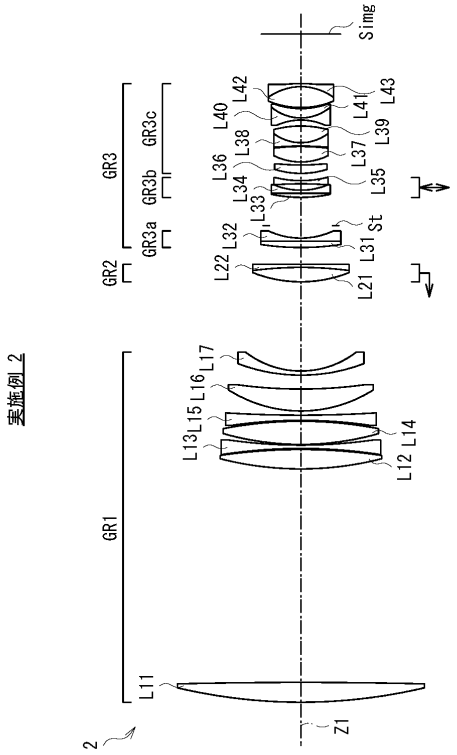
【図３】


実施例 1・無限遠合焦時
(非防振時)
C
d
g
Tangential
Δy[mm]
Sagittal
Δx[mm]
0.05
-0.05
y=-15.14mm
y=+15.14mm
y=0

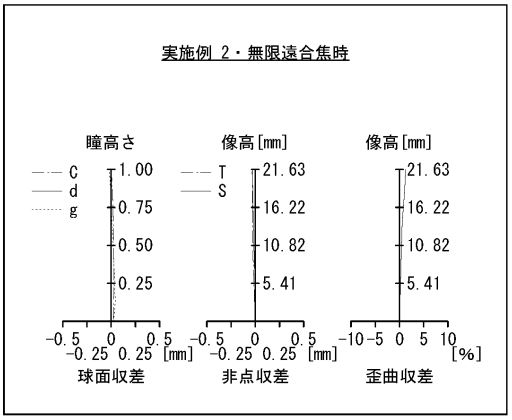
【図４】


実施例 1・無限遠合焦時
(+0.3deg防振時)
C
d
g
Tangential
Δy[mm]
Sagittal
Δx[mm]
0.05
-0.05
y=-15.14mm
y=+15.14mm
y=0

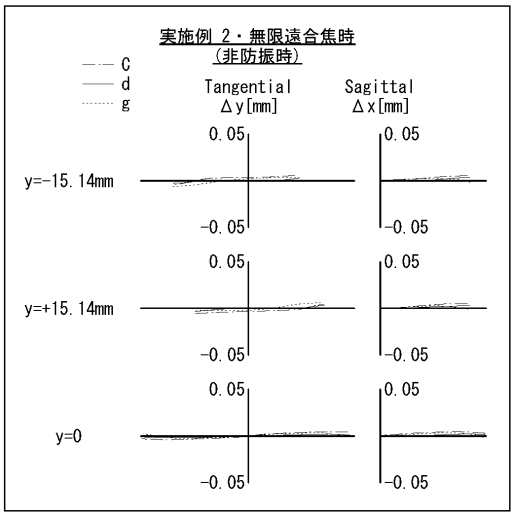
【図５】


実施例 2
Simg
GR3
GR3c
GR3b
GR3a
GR2
GR1
L40
L42
L41
L43
L36
L38
L37
L39
L34
L35
L33
L32
L31
St
L22
L21
L17
L16
L15
L13
L14
L12
L11
2
Z1

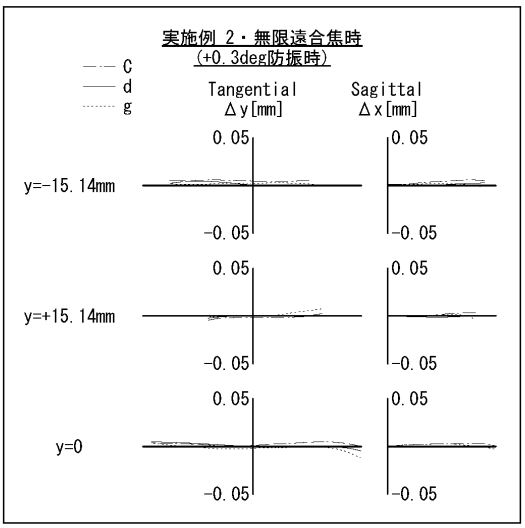
【図６】


実施例 2・無限遠合焦時
瞳高さ
像高[mm]
像高[mm]
C
d
g
T
S
1.00
0.75
0.50
0.25
21.63
16.22
10.82
5.41
−0.5 0 0.5
−0.25 0.25 [mm]
−10 −5 0 5 10
[%]
球面収差
非点収差
歪曲収差

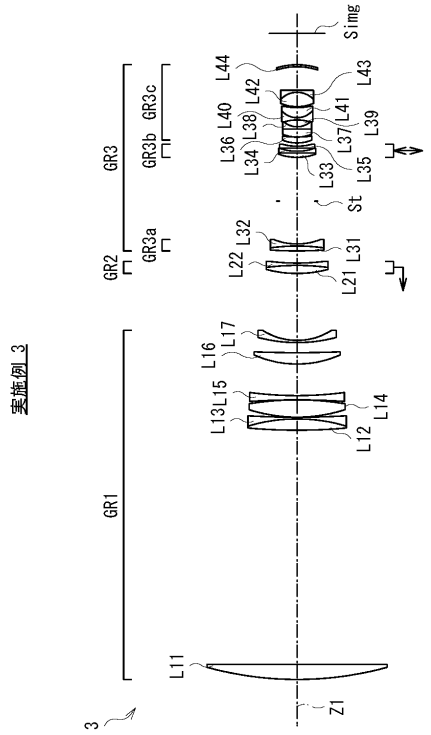
【図７】


実施例 2・無限遠合焦時
(非防振時)
C
d
g
Tangential
Δy[mm]
Sagittal
Δx[mm]
y=−15.14mm
y=+15.14mm
y=0
0.05
−0.05

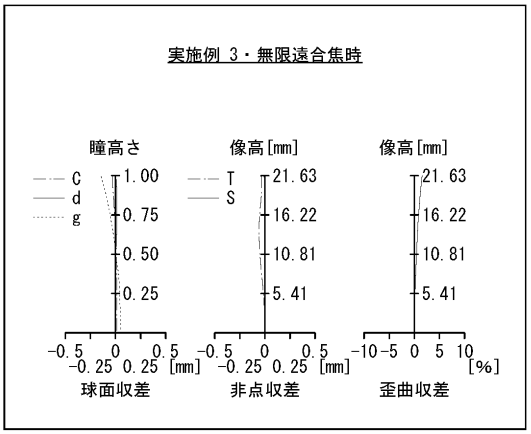
【図８】


実施例 2・無限遠合焦時
(+0.3deg防振時)
C
d
g
Tangential
Δy[mm]
Sagittal
Δx[mm]
y=−15.14mm
y=+15.14mm
y=0
0.05
−0.05

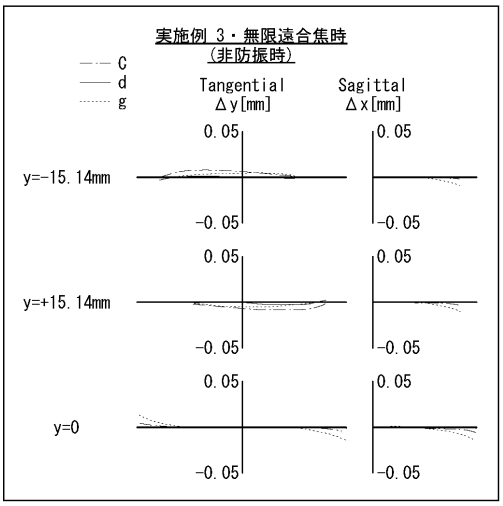
【図９】



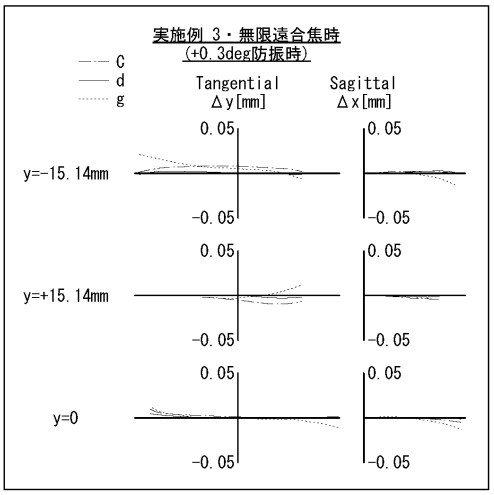
【図１０】



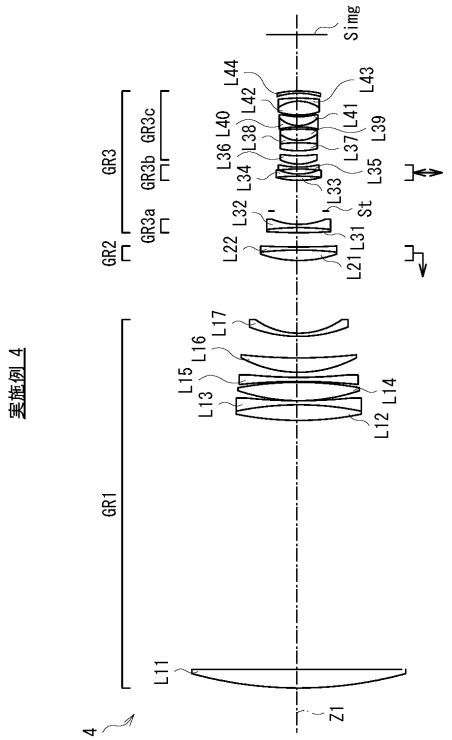
【図１１】



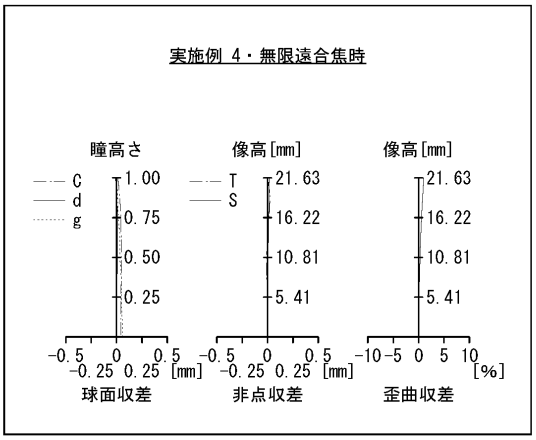
【図１２】



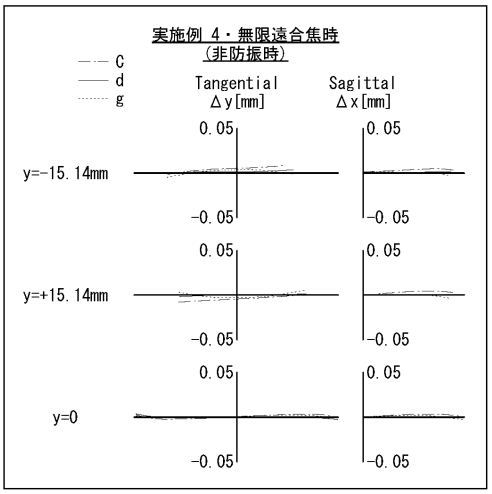
【図１３】



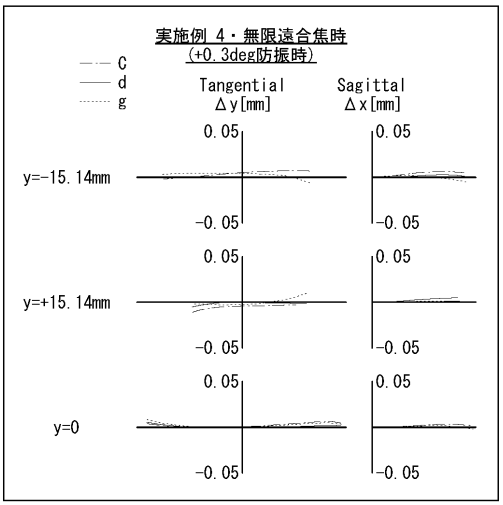
【図１４】



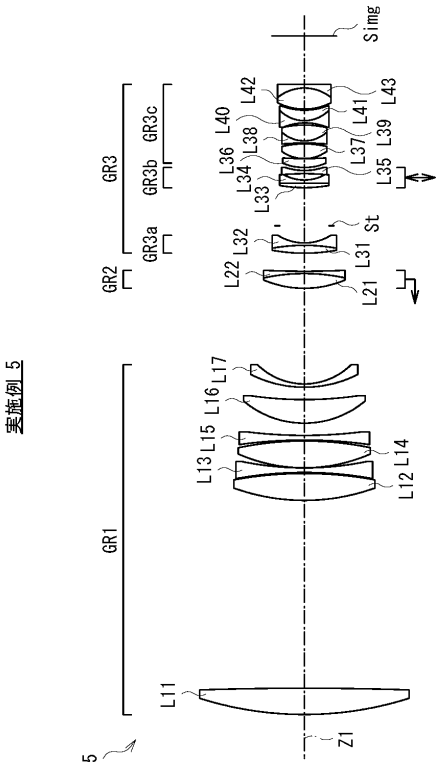
【図１５】



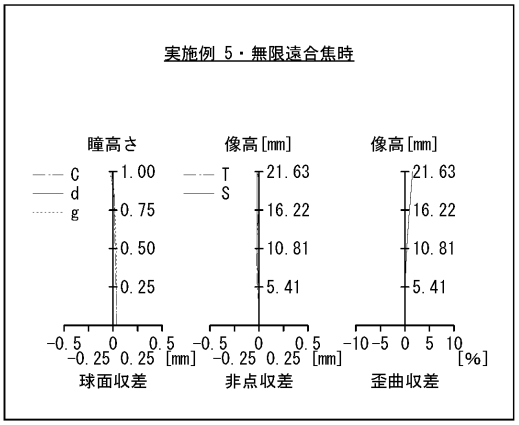
【図１６】



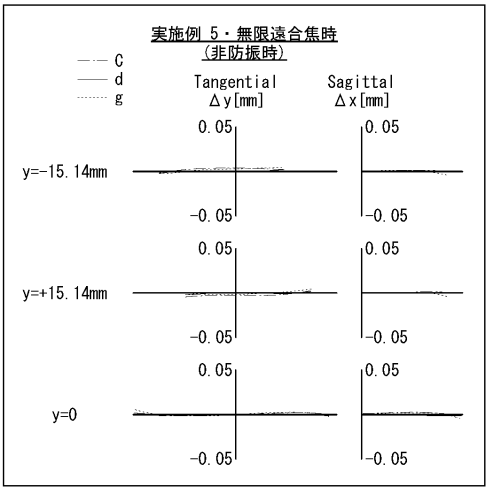
【図１７】



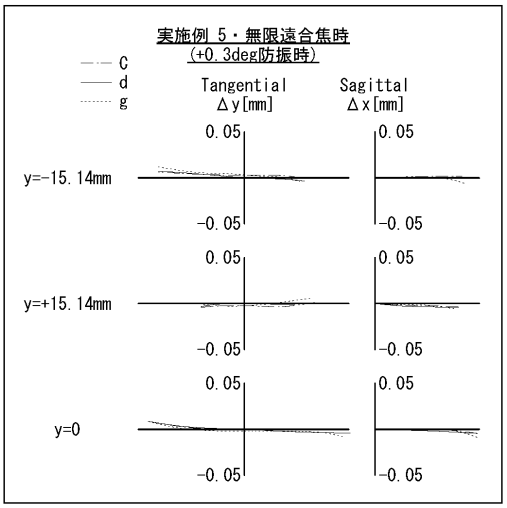
【図１８】



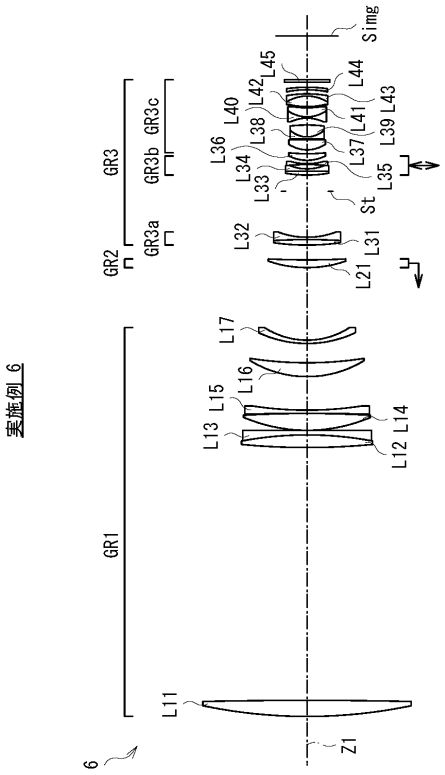
【図１９】



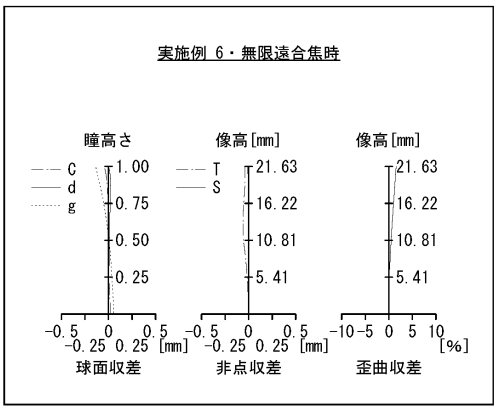
【図２０】



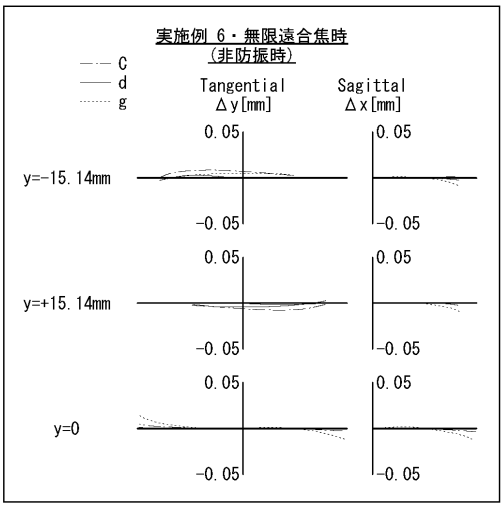
【図２１】



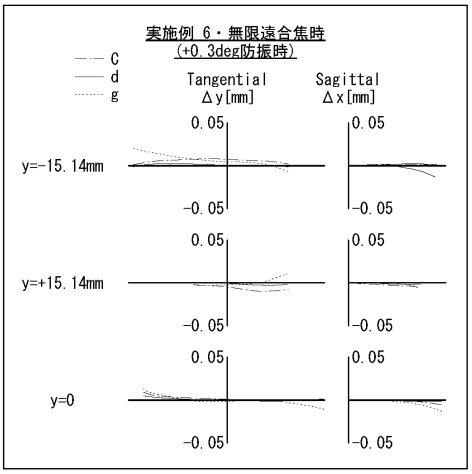
【図２２】



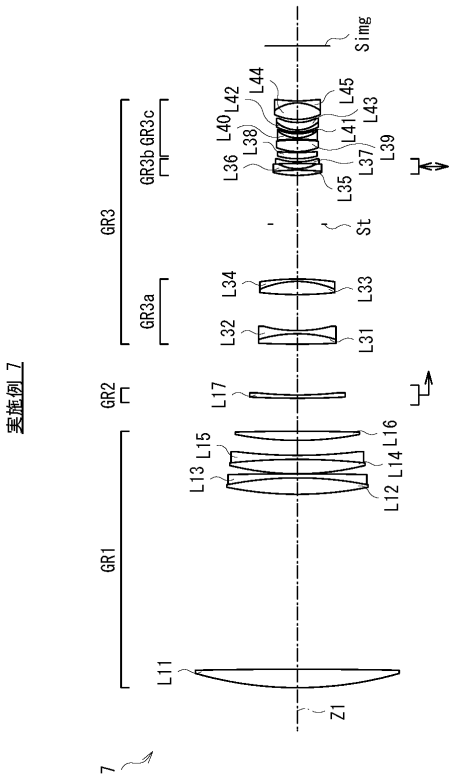
【図２３】



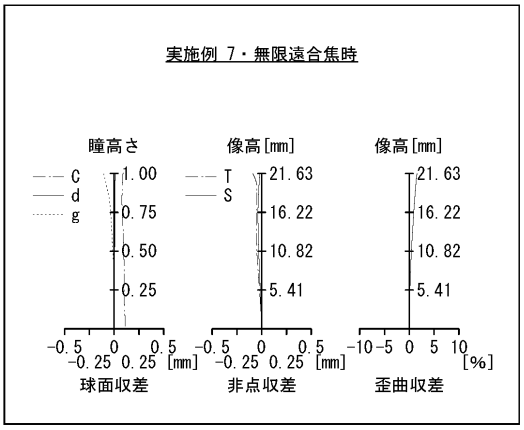
【図２４】



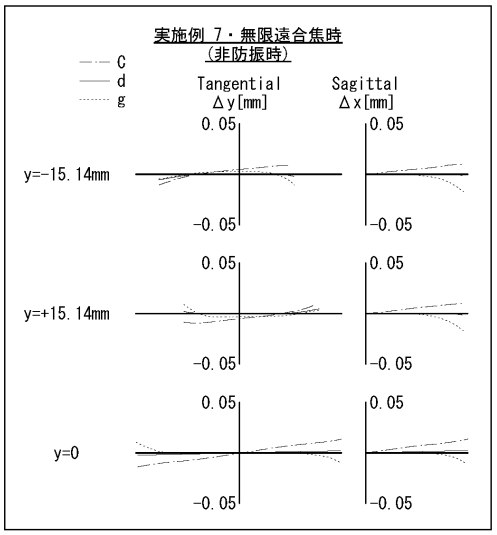
【図２５】



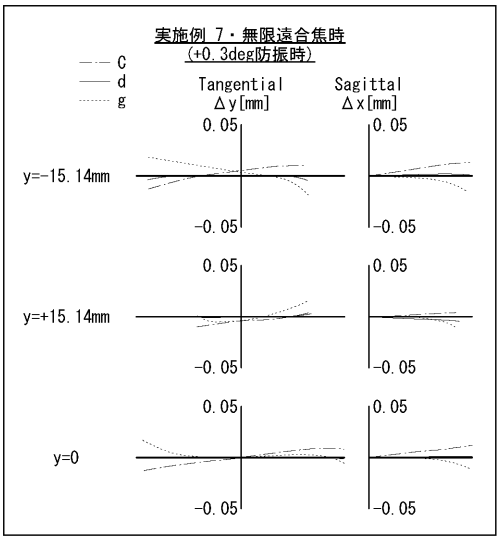
【図２６】



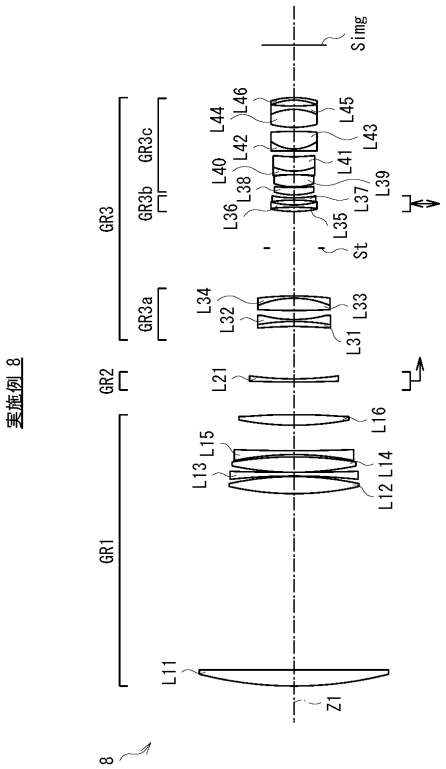
【図２７】



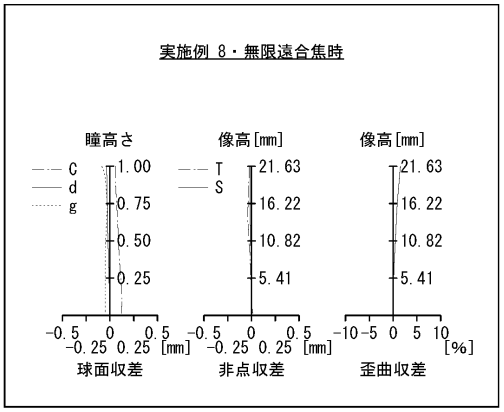
【図２８】



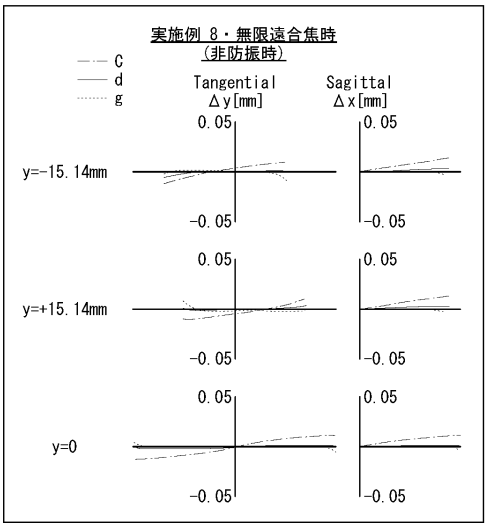
【図２９】



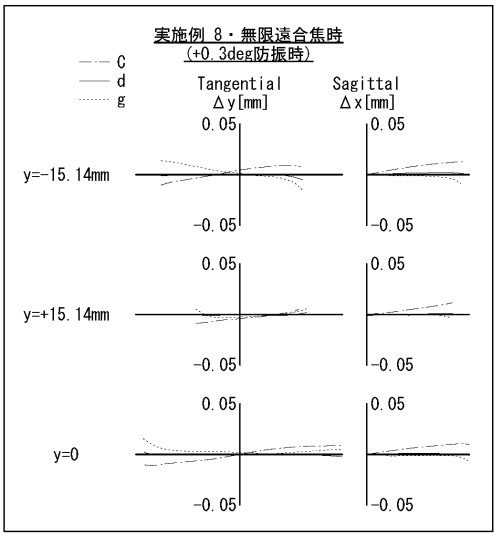
【図３０】



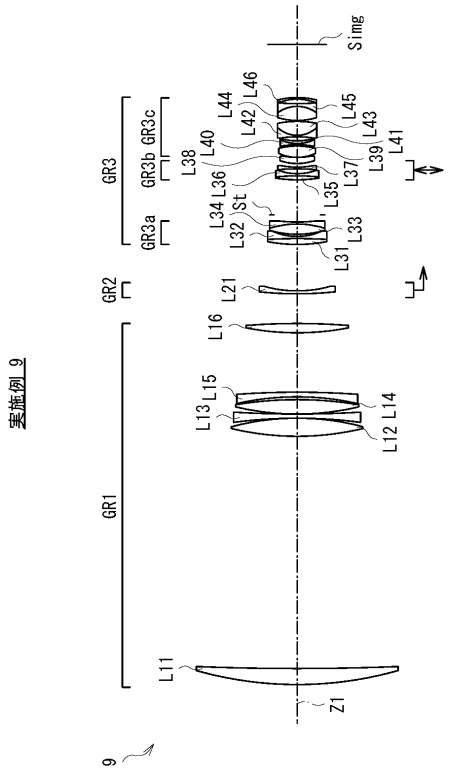
【図３１】



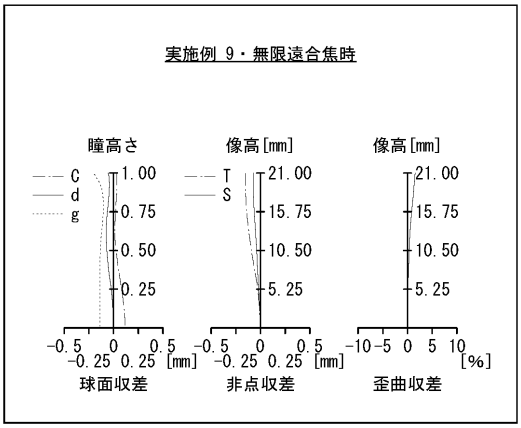
【図３２】



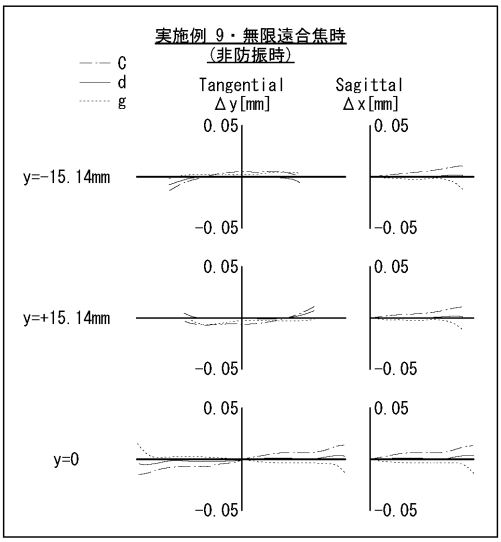
【図３３】



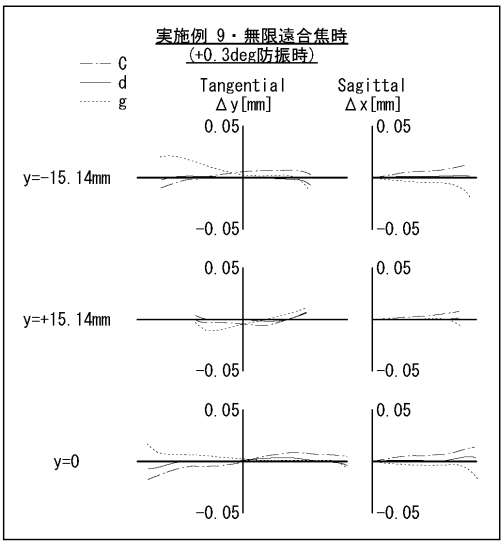
【図３４】



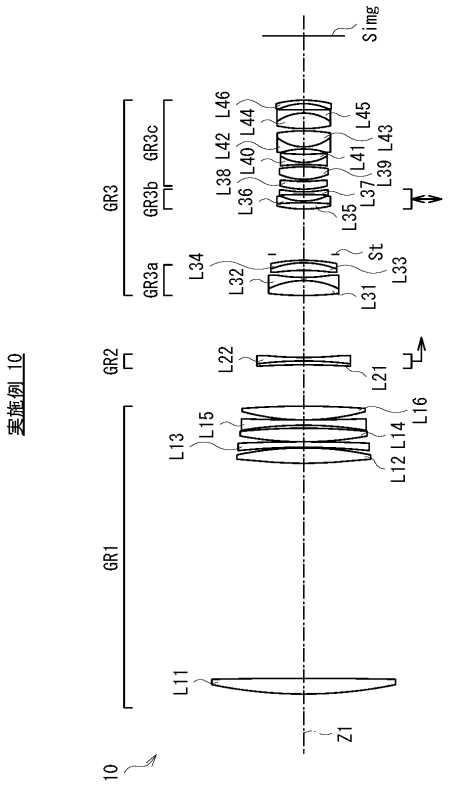
【図３５】



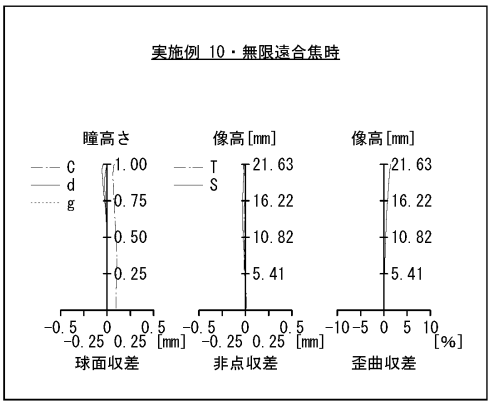
【図３６】



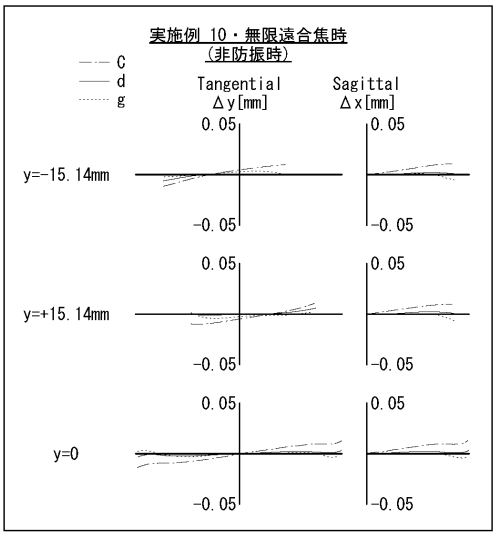
【図３７】



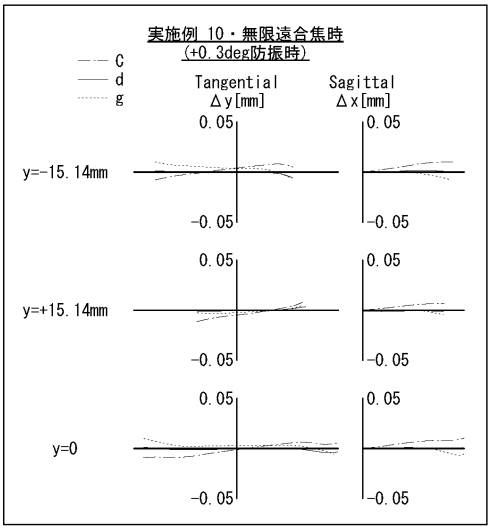
【図３８】



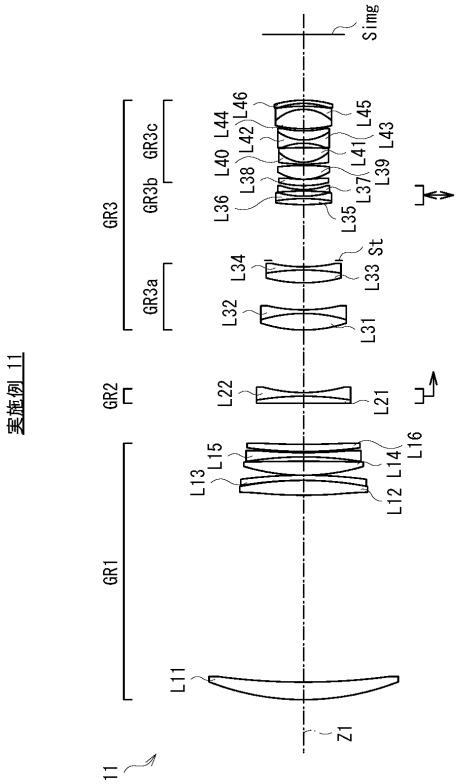
【図３９】



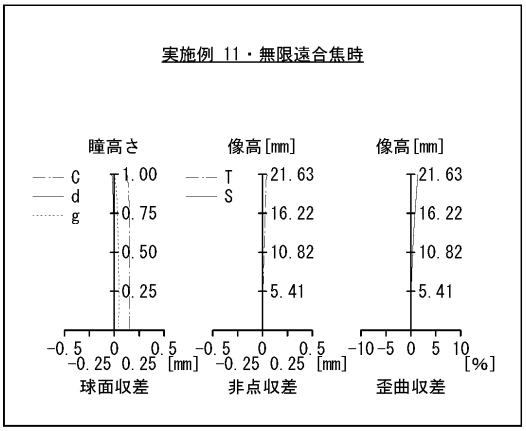
【図４０】



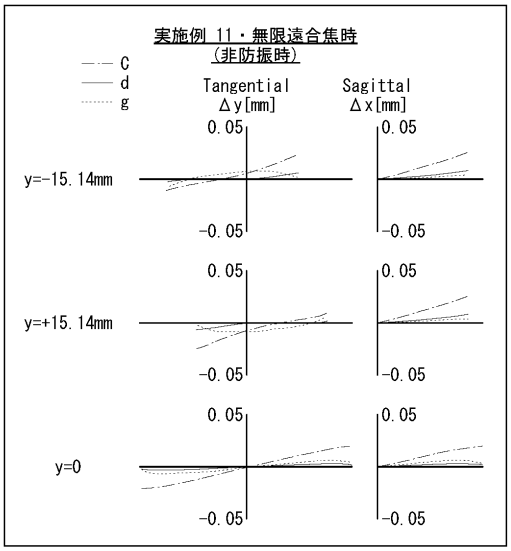
【図４１】



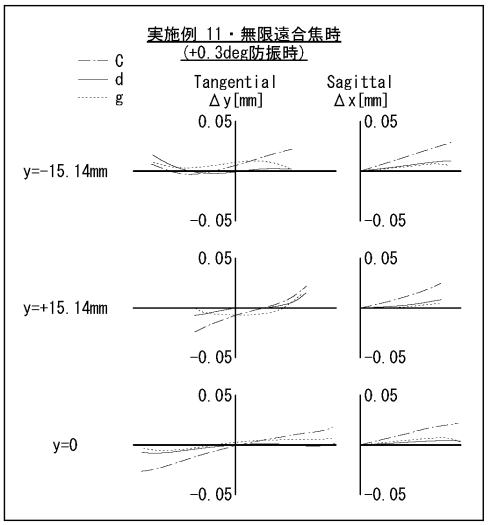
【図４２】



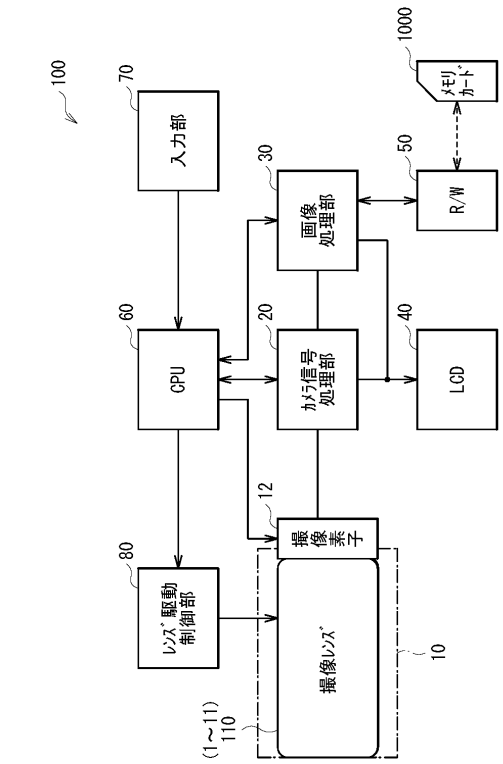
【図４３】



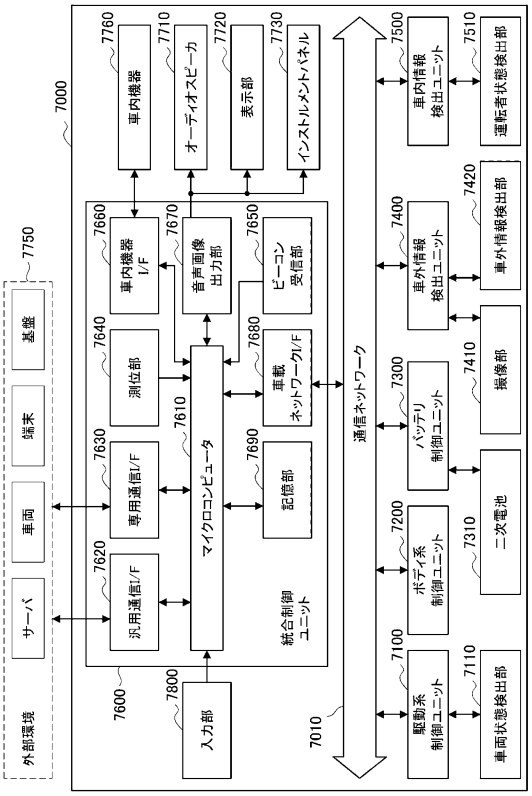
【図４４】



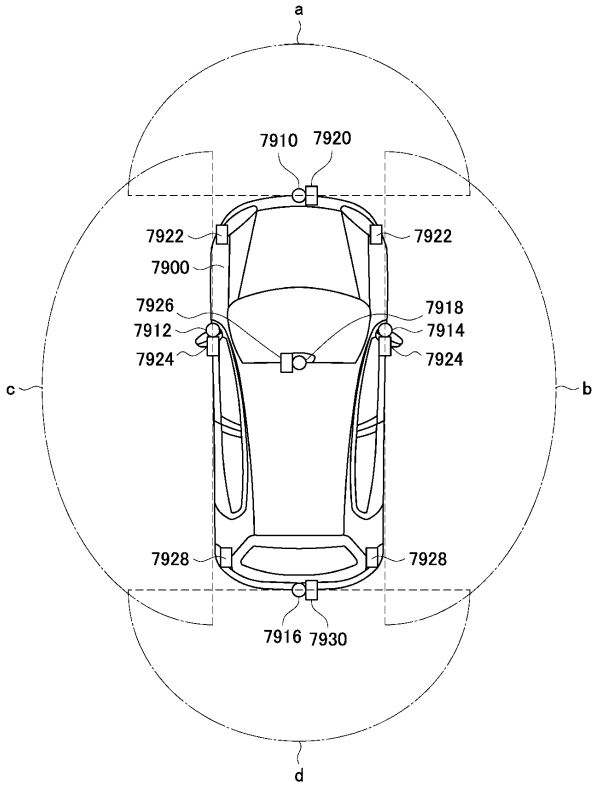
【図４５】



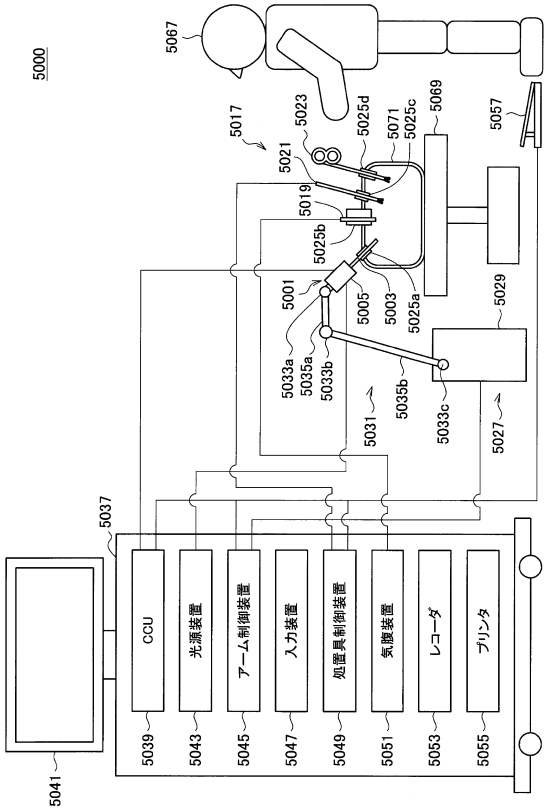
【図４６】



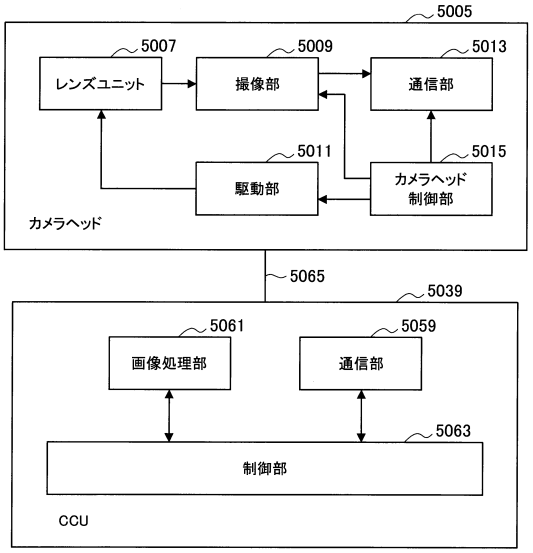
【図４７】



【図４８】



【図４９】


5005
5007
5009
5013
レンズユニット
撮像部
通信部
5011
5015
駆動部
カメラヘッド
制御部
カメラヘッド
5065
5039
5061
5059
画像処理部
通信部
5063
制御部
CCU

フロントページの続き

(56)参考文献　特開２０１９－０６６５４０（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－０３２３９１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－１０１１８３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１７－２１５４９２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－１０１１８２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－０９５５２５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０２Ｂ　１３／０２