

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年6月14日(14.06.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/105012 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 15/20 (2006.01) *G02B 13/18* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/086086

(22) 国際出願日: 2016年12月5日(05.12.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: エスゼット ディージェイアイ
テクノロジー カンパニー リミテッ
ド(SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD) [CN/JP];
〒1350091 東京都港区台場 2-3-1 トレ
ードピアお台場9階 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 松永 滋彦(MATSUNAGA Shigehiko);
〒1350091 東京都港区台場 2-3-1 トレ
ードピアお台場9階 DJI JAPAN株
式会社内 Tokyo (JP). 大畑 篤(OHATA Atsushi);
〒1350091 東京都港区台場 2-3-1 ト
レードピアお台場9階 DJI JAPA
N株式会社内 Tokyo (JP). 湊 篤郎(MINATO

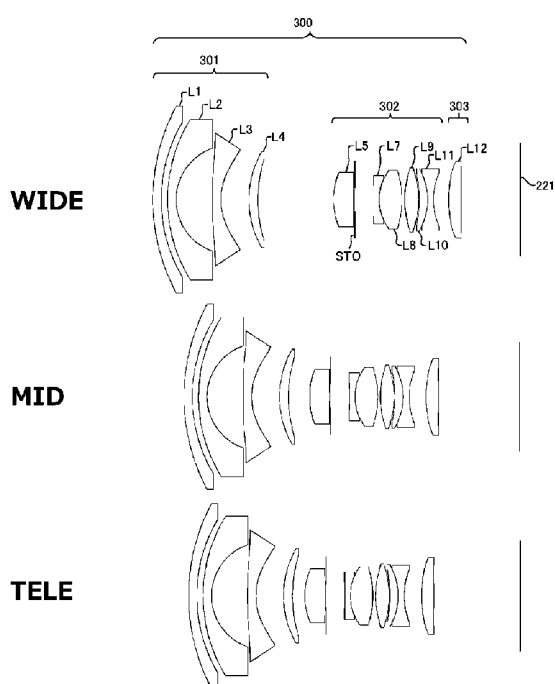
Atsuo); 〒1350091 東京都港区台場 2-3-
1 トレードピアお台場9階 DJI J A
P A N株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 龍華国際特許業務法人(RYUKA IP LAW
FIRM); 〒1631522 東京都新宿区西新宿 1-6
-1 新宿エルタワー22階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS,
RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: ZOOM LENS, IMAGING APPARATUS, MOBILE BODY, AND SYSTEM

(54) 発明の名称: ズームレンズ、撮像装置、移動体及びシステム



(57) Abstract: This zoom lens is provided with, sequential-
ly from the object side: a first lens group that has negative refrac-
tive power; a second lens group that has positive refractive
power; and a third lens group that has positive refractive power.
While the magnification is changed from the wide angle end to
the telephoto end, the interval between the first lens group and
the second lens group is reduced, and the interval between the
second lens group and the third lens group changes. The first
lens group includes four lenses that respectively have negative
refractive power, negative refractive power, negative refractive
power, and positive refractive power sequentially from the ob-
ject side. Conditional expressions of $v1 > 60$, $v2 > 60$, $v3 > 60$, and
 $-2.5 < f1/fw < -1.2$ are satisfied, where $v1$, $v2$, and $v3$ each re-
present the Abbe numbers of the three lenses that have negative
refractive power and that are included in the first lens group,
 $f1$ represents the focal distance of the first lens group, and fw
represents the focal distance of the wide angle end of the entire
system.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とを備える。広角端から望遠端への変倍時に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が減少し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が変化する。第1レンズ群は、物体側から順に、それぞれ負、負、負、正の屈折力を有する4つのレンズを含む。第1レンズ群に含まれる負の屈折力を有する3つのレンズのアップ数をそれぞれ v_1 、 v_2 、 v_3 とし、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、全系の広角端の焦点距離を f_w とすると、条件式 $v_1 > 60$ 、 $v_2 > 60$ 、 $v_3 > 60$ 、 $-2.5 < f_1 / f_w < -1.2$ を満足する。

明 細 書

発明の名称：ズームレンズ、撮像装置、移動体及びシステム

技術分野

[0001] 本発明は、ズームレンズ、撮像装置、移動体及びシステムに関する。

背景技術

[0002] 負－正－正の3群構成のズームレンズが知られている（例えば、特許文献1、2）。

特許文献1 国際公開第2012／066735号

特許文献2 特開2007－249087号公報

特許文献3 特開2014－98811号公報

解決しようとする課題

[0003] 画角が広く、色収差が補正された小型のズームレンズが望まれている。

一般的開示

[0004] 本発明の一態様に係るズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とを備える。広角端から望遠端への変倍時に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が減少し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が変化する。第1レンズ群は、物体側から順に、それぞれ負、負、負、正の屈折力を有する4つのレンズを含む。第1レンズ群に含まれる負の屈折力を有する3つのレンズのアッベ数をそれぞれ v_1 、 v_2 、 v_3 とし、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、全系の広角端の焦点距離を f_w とすると、条件式

$$v_1 > 60$$

$$v_2 > 60$$

$$v_3 > 60$$

$$-2.5 < f_1 / f_w < -1.2$$

を満足する。

[0005] 第2レンズ群は、物体側に、少なくとも1つの正の屈折力を有する非球面

レンズを含んでよい。第2レンズ群は、非球面レンズより像側に、少なくとも2つの接合レンズを含んでよい。少なくとも2つの接合レンズを構成する全ての正レンズのアッベ数 v が $v > 60$ を満足してよい。第2レンズ群の焦点距離を f_2 とすると、条件式

$$1.3 < f_2 / f_w < 2.6$$

を満足してよい。

[0006] 第3レンズ群は、単一のレンズまたは接合レンズから構成され、フォーカス機能を担ってよい。

[0007] 第1レンズ群に含まれる負の屈折力を有する3つのレンズのうち、物体側のレンズが球面レンズであってよい。当該物体側のレンズより像側に位置する2つのレンズのうちの少なくとも1つが非球面レンズであってよい。

[0008] 第1レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズの屈折率を n_4 、アッベ数を v_4 とすると、条件式

$$n_4 > 1.9$$

$$v_4 < 35$$

を満足してよい。

[0009] 広角端から望遠端への変倍時に、第2レンズ群と一体的に移動する絞りを更に備えてよい。

[0010] 第2レンズ群は、物体側より順に、第2aレンズ群と、絞りと、第2bレンズ群とを含んでよい。第2aレンズ群の最も物体側の面と最も像側の面との間の間隔を D_a 、第2レンズ群の最も物体側の面と最も像側の面との間の間隔を D_2 とすると、条件式

$$D_a / D_2 < 0.35$$

を満足してよい。

[0011] 本発明の一態様に係る撮像装置は、上記のズームレンズと、撮像素子とを備える。

[0012] 本発明の一態様に係る移動体は、上記のズームレンズを備えて移動する。

[0013] 移動体は無人航空機であってよい。

[0014] 本発明の一態様に係るシステムは、上記のズームレンズと、ズームレンズを変位可能に支持する支持機構と、支持機構に取り付けられている持ち手部とを備える。

[0015] 上記のズームレンズによれば、画角が広く、収差が良好に補正された小型のズームレンズを提供できる。

[0016] 上記の発明の概要は、本発明の特徴の全てを列挙したものではない。これらの特徴群のサブコンビネーションも発明となりうる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]無人航空機（UAV）100及びコントローラ50を備える移動体システム10の一例を概略的に示す。

[図2]UAV100の機能ブロックの一例を示す。

[図3]第1実施例におけるレンズ系300のレンズ構成を示す。

[図4]広角端から望遠端への変倍時における各レンズ群の移動軌跡を模式的に示す。

[図5]広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。

[図6]中間画角における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。

[図7]望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。

[図8]3波長の光についてのレンズ系300の球面収差図を示す。

[図9]第2実施例におけるレンズ系900のレンズ構成を示す。

[図10]広角端から望遠端への変倍時における各レンズ群の移動軌跡を模式的に示す。

[図11]広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。

[図12]中間画角における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。

[図13]望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。

[図14]レンズ系900の3波長の光についての球面収差図を示す。

[図15]スタビライザ800の一例を示す外観斜視図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は

請求の範囲に係る発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

[0019] 請求の範囲、明細書、図面、及び要約書には、著作権による保護の対象となる事項が含まれる。著作権者は、これらの書類の何人による複製に対しても、特許庁のファイルまたはレコードに表示される通りであれば異議を唱えない。ただし、それ以外の場合、一切の著作権を留保する。

[0020] 図1は、無人航空機（UAV）100及びコントローラ50を備える移動体システム10の一例を概略的に示す。UAV100は、UAV本体101、ジンバル110、複数の撮像装置230、及び撮像装置220を備える。撮像装置220は、レンズ装置160及び撮像部140を備える。UAV100は、撮像装置を備えて移動する移動体の一例である。移動体とは、UAVの他、空中を移動する他の航空機、地上を移動する車両、水上を移動する船舶等を含む概念である。

[0021] UAV本体101は、複数の回転翼を備える。UAV本体101は、複数の回転翼の回転を制御することでUAV100を飛行させる。UAV本体101は、例えば、4つの回転翼を用いてUAV100を飛行させる。回転翼の数は、4つには限定されない。UAV100は、回転翼を有さない固定翼機でもよい。

[0022] 撮像装置230は、所望の撮像範囲に含まれる被写体を撮像する撮像用のカメラである。複数の撮像装置230は、UAV100の飛行を制御するためにUAV100の周囲を撮像するセンシング用のカメラである。撮像装置230は、UAV本体101に固定されていてよい。

[0023] 2つの撮像装置230が、UAV100の機首である正面に設けられてよい。さらに他の2つの撮像装置230が、UAV100の底面に設けられてよい。正面側の2つの撮像装置230はペアとなり、いわゆるステレオカメラとして機能してよい。底面側の2つの撮像装置230もペアとなり、ステレオカメラとして機能してよい。複数の撮像装置230により撮像された画

像に基づいて、UAV 100の周囲の3次元空間データが生成されてよい。
複数の撮像装置230により撮像された被写体までの距離は、複数の撮像装置230によるステレオカメラにより特定され得る。

[0024] UAV 100が備える撮像装置230の数は4つには限定されない。UAV 100は、少なくとも1つの撮像装置230を備えていればよい。UAV 100は、UAV 100の機首、機尾、側面、底面、及び天井面のそれぞれに少なくとも1つの撮像装置230を備えてもよい。撮像装置230は、単焦点レンズ又は魚眼レンズを有してもよい。UAV 100に係る説明において、複数の撮像装置230を、単に撮像装置230と総称する場合がある。

[0025] コントローラ50は、表示部54と操作部52を備える。操作部52は、UAV 100の姿勢を制御するための入力操作をユーザから受け付ける。コントローラ50は、操作部52が受け付けたユーザの操作に基づいて、UAV 100を制御するための信号を送信する。例えば、操作部52は、レンズ装置160の倍率を変更する操作を受け付ける。コントローラ50は、倍率の変更を指示する信号をUAV 100に送信する。

[0026] コントローラ50は、撮像装置230及び撮像装置220の少なくとも一方が撮像した画像を受信する。表示部54は、コントローラ50が受信した画像を表示する。表示部54はタッチ式のパネルであってよい。コントローラ50は、表示部54を通じて、ユーザから入力操作を受け付けてよい。表示部54は、撮像装置220に撮像させるべき被写体の位置をユーザが指定するユーザ操作等を受け付けてよい。

[0027] 撮像部140は、レンズ装置160により結像された光学像の画像データを生成して記録する。レンズ装置160は、撮像部140と一体的に設けられてよい。レンズ装置160は、いわゆる交換レンズであってよい。レンズ装置160は、撮像部140に対して着脱可能に設けられてよい。

[0028] ジンバル110は、撮像装置220を可動に支持する支持機構を有する。撮像装置220は、ジンバル110を介してUAV本体101に取り付けられる。ジンバル110は、撮像装置220を、ピッチ軸を中心に回転可能に

支持する。ジンバル110は、撮像装置220を、ロール軸を中心に回転可能に支持する。ジンバル110は、撮像装置220を、ヨー軸を中心に回転可能に支持する。ジンバル110は、ピッチ軸、ロール軸、及びヨー軸の少なくとも1つの軸を中心に、撮像装置220を回転可能に支持してよい。ジンバル110は、ピッチ軸、ロール軸、及びヨー軸のそれぞれを中心に、撮像装置220を回転可能に支持してよい。ジンバル110は、撮像部140を保持してもよい。ジンバル110は、レンズ装置160を保持してもよい。ジンバル110は、ヨー軸、ピッチ軸、及びロール軸の少なくとも1つを中心に撮像部140及びレンズ装置160を回転させることで、撮像装置220の撮像方向を変更してよい。

[0029] 図2は、UAV100の機能ブロックの一例を示す。UAV100は、インタフェース102、制御部104、メモリ106、ジンバル110、撮像部140、及びレンズ装置160を備える。

[0030] インタフェース102は、コントローラ50と通信する。インタフェース102は、コントローラ50から各種の命令を受信する。制御部104は、コントローラ50から受信した命令に従って、UAV100の飛行を制御する。制御部104は、ジンバル110、撮像部140、及びレンズ装置160を制御する。制御部104は、CPU又はMPUなどのマイクロプロセッサ、MCUなどのマイクロコントローラなどにより構成されてよい。メモリ106は、制御部104がジンバル110、撮像部140、及びレンズ装置160を制御するのに必要なプログラムなどを格納する。

[0031] メモリ106は、コンピュータが可読な記録媒体でよい。メモリ106は、SRAM、DRAM、EPROM、EEPROM、及びUSBメモリなどのフラッシュメモリの少なくとも1つを含んでよい。メモリ106は、UAV100の筐体に設けられてよい。UAV100の筐体から取り外し可能に設けられてよい。

[0032] ジンバル110は、制御部112、ドライバ114、ドライバ116、ドライバ118、駆動部124、駆動部126、駆動部128、及び支持機構

１３０を有する。駆動部１２４、駆動部１２６及び駆動部１２８は、モータであってよい。

[0033] 支持機構１３０は、撮像装置２２０を支持する。支持機構１３０は、撮像装置２２０の撮像方向を可動に支持する。支持機構１３０は、撮像部１４０及びレンズ装置１６０をヨー軸、ピッチ軸、及びロール軸を中心に回転可能に支持する。支持機構１３０は、回転機構１３４、回転機構１３６、及び回転機構１３８を含む。回転機構１３４は、駆動部１２４を用いてヨー軸を中心に撮像部１４０及びレンズ装置１６０を回転させる。回転機構１３６は、駆動部１２６を用いてピッチ軸を中心に撮像部１４０及びレンズ装置１６０を回転させる。回転機構１３８は、駆動部１２８を用いてロール軸を中心に撮像部１４０及びレンズ装置１６０を回転させる。

[0034] 制御部１１２は、制御部１０４からのジンバル１１０の動作命令に応じて、ドライバ１１４、ドライバ１１６、及びドライバ１１８に対して、それぞれの回転角度を示す動作命令を出力する。ドライバ１１４、ドライバ１１６、及びドライバ１１８は、回転角度を示す動作命令に従って駆動部１２４、駆動部１２６、及び駆動部１２８を駆動させる。回転機構１３４、回転機構１３６、及び回転機構１３８は、駆動部１２４、駆動部１２６、及び駆動部１２８によりそれぞれ駆動されて回転し、撮像部１４０及びレンズ装置１６０の姿勢を変更する。

[0035] 撮像部１４０は、レンズ系３００を通過した光により撮像する。撮像部１４０は、制御部２２２、撮像素子２２１及びメモリ２２３を備える。制御部２２２は、ＣＰＵ又はＭＰＵなどのマイクロプロセッサ、ＭＣＵなどのマイクロコントローラなどにより構成されてよい。制御部２２２は、制御部１０４からの撮像部１４０及びレンズ装置１６０に対する動作命令に応じて、撮像部１４０及びレンズ装置１６０を制御する。制御部２２２は、コントローラ５０から受信した信号に基づいて、レンズ装置１６０に変倍を指示する制御命令をレンズ装置１６０に出力する。

[0036] メモリ２２３は、コンピュータが可読な記録媒体でよく、ＳＲＡＭ、ＤＲ

AM、EPROM、EEPROM、及びUSBメモリなどのフラッシュメモリの少なくとも1つを含んでよい。メモリ223は、撮像部140の筐体の内部に設けられてよい。撮像部140の筐体から取り外し可能に設けられてよい。

[0037] 撮像素子221は、撮像部140の筐体の内部に保持され、レンズ装置160を介して結像された光学像の画像データを生成して、制御部222に出力する。制御部222は、撮像素子221から出力された画像データをメモリ223に格納する。制御部222は、画像データを、制御部104を介してメモリ106に出力して格納してもよい。

[0038] レンズ装置160は、ズームレンズである。レンズ装置160は、全長可変のズームレンズである。レンズ装置160は、比較的に広角のズームレンズである。レンズ装置160は、3群ズームレンズである。レンズ装置160は、制御部162、メモリ163、駆動機構161、及びレンズ系300を備える。レンズ系300は、物体側から順に、第1レンズ群301、第2レンズ群302及び第3レンズ群303を備える。本実施形態の説明において、レンズ系300の光軸のことを、単に「光軸」と呼ぶ場合がある。また、「レンズ群」とは、1つ以上のレンズのまとまりのことをいう。単一のレンズから構成されるレンズのことも「レンズ群」と呼ぶ。

[0039] 制御部162は、制御部222からの制御命令に従って、第1レンズ群301、第2レンズ群302及び第3レンズ群303の少なくとも一つを光軸に沿って移動させる。例えば、第2制御部162は、変倍時に、第1レンズ群301、第2レンズ群302及び第3レンズ群303を光軸に沿って移動させる。これにより、変倍時にピント位置の移動が生じないようにする。レンズ装置160のレンズ系300により結像された像は、撮像部140により撮像される。

[0040] 駆動機構161は、第1レンズ群301、第2レンズ群302及び第3レンズ群303を駆動する。駆動機構161は、例えばアクチュエータと、第1レンズ群301、第2レンズ群302及び第3レンズ群303を保持する

保持部材とを備える。アクチュエータには、制御部 162 から駆動用のパルスが供給される。アクチュエータは、供給されたパルスに応じた駆動量だけ変位する。アクチュエータの変位に応じて保持部材が変位することにより、第 1 レンズ群 301、第 2 レンズ群 302 及び第 3 レンズ群 303 が変位する。

[0041] レンズ装置 160 は、撮像部 140 と一体的に設けられてよい。レンズ装置 160 は、いわゆる交換レンズであってよい。レンズ装置 160 は、撮像部 140 に対して着脱可能に設けられてよい。

[0042] 撮像装置 230 は、制御部 232、制御部 234、撮像素子 231、メモリ 233、及びレンズ 235 を備える。制御部 232 は、CPU 又は MPU などのマイクロプロセッサ、MCU などのマイクロコントローラなどにより構成されてよい。制御部 232 は、制御部 104 からの撮像素子 231 の動作命令に応じて、撮像素子 231 を制御する。

[0043] 制御部 234 は、CPU 又は MPU などのマイクロプロセッサ、MCU などのマイクロコントローラなどにより構成されてよい。制御部 234 は、制御部 104 からのレンズ 235 に対する動作命令に応じて、レンズ 235 の焦点距離を制御する。制御部 234 は、レンズ 235 に対する動作命令に応じて、レンズ 235 の焦点を制御してよい。制御部 234 は、レンズ 235 に対する動作命令に応じて、レンズ 235 が有する絞りを制御してよい。

[0044] メモリ 233 は、コンピュータが可読な記録媒体であってよい。メモリ 233 は、SRAM、DRAM、EPROM、EEPROM、及び USB メモリなどのフラッシュメモリの少なくとも 1 つを含んでよい。

[0045] 撮像素子 231 は、レンズ 235 を介して結像された光学像の画像データを生成して、制御部 232 に出力する。制御部 232 は、撮像素子 231 から出力された画像データをメモリ 233 に格納する。

[0046] 本実施形態では、UAV 100 が、制御部 104、制御部 112、制御部 222、制御部 232、制御部 234、及び制御部 162 を備える例について説明する。しかし、制御部 104、制御部 112、制御部 222、制御部

232、制御部234、及び制御部162のうちの複数で実行される処理をいずれか1つの制御部が実行してよい。制御部104、制御部112、制御部222、制御部232、制御部234、及び制御部162で実行される処理を1つの制御部で実行してもよい。本実施形態では、UAV100が、メモリ106、メモリ223、及びメモリ233を備える例について説明する。メモリ106、メモリ223、及びメモリ233のうちの少なくとも1つに記憶される情報は、メモリ106、メモリ223、及びメモリ233のうちの他の1つ又は複数のメモリに記憶してよい。

[0047] レンズ系300において、第1レンズ群301は、負屈折力を有する。第2レンズ群302は、正屈折力を有する。第3レンズ群303は、正屈折力を有する。第1レンズ群301、第2レンズ群302及び第3レンズ群303は、物体側より、第1レンズ群301、第2レンズ群302及び第3レンズ群303の順で設けられる。なお、本実施形態の説明においてレンズ系300の変倍時の挙動を説明する場合、無限遠の被写体に対してレンズ装置160をズームレンズとして機能させる場合の挙動を示す。

[0048] 広角端から望遠端への変倍時に、第1レンズ群301と第2レンズ群302との間隔は減少する。広角端から望遠端への変倍時に、第2レンズ群302と第3レンズ群303との間隔が変化する。広角端から望遠端への変倍時に、第2レンズ群302と第3レンズ群303との間隔が増加してよい。広角端から望遠端への変倍時に、第2レンズ群302と第3レンズ群303との間隔が減少してよい。

[0049] 第1レンズ群301は、物体側から順に、それぞれ負、負、負、正の屈折力を有する4つのレンズを含む。第1レンズ群301に含まれる負の屈折力を有する3つのレンズのアッベ数をそれぞれ v_1 、 v_2 、 v_3 とし、条件式

$$v_1 > 60 \quad (\text{条件式1})$$

$$v_2 > 60 \quad (\text{条件式2})$$

$$v_3 > 60 \quad (\text{条件式3})$$

を満足する。

[0050] 第1レンズ群301において、負の屈折力を有する3つのレンズで負屈折力を分担することができるので、第1レンズ群301の全体の負屈折力を高めることができる。レンズ系300の全長を短くすることができる。また、結像特性を高めることができる。負の屈折力を有する3つのレンズで第1レンズ群301の負屈折力を分担することで、低分散材を用いて負の屈折力を持つレンズを形成することができる。これにより、色収差をより強く補正することができる。なお、色収差をより強く補正するためには、 $v_1 > 65$ 、 $v_2 > 65$ 、及び $v_3 > 65$ を満たすことが望ましい。

[0051] 第1レンズ群301の焦点距離を f_1 、全系（レンズ系300）の広角端の焦点距離を f_w とすると、

$$-2.5 < f_1 / f_w < -1.2 \quad (\text{条件式4})$$

を満足する。

[0052] 条件式4の上限を満足する、すなわち、第1レンズ群301の屈折力を所定の下限閾値より高くすることで、レンズ系300を小型化することができる。条件式4の下限を満足する、すなわち第1レンズ群301の屈折力を所定の上限閾値以上にならないようにすることで、結像特性を高めることができる。

[0053] レンズ系300によれば、負正正の3群構成とし、上記条件式を満足することで、小型でありながら広角で高い結像特性を持つレンズ系を実現できる。

[0054] なお、広角端から望遠端への変倍時に、第1レンズ群301は撮像素子221に対して移動する。広角端から望遠端への変倍時に、第1レンズ群301と撮像素子221との間の間隔が減少する。広角端から望遠端への変倍時に、広角端における画角から望遠端における画角までの全範囲において、第1レンズ群301と撮像素子221との間の間隔が減少する。なお、広角端から望遠端への変倍時に、広角端における画角から予め定められた画角までの範囲においてのみ、第1レンズ群301と撮像素子221との間の間隔が減少してよい。

- [0055] 第2レンズ群302は、物体側に、少なくとも1つの正の屈折力を有する非球面レンズを含んでよい。
- [0056] 第2レンズ群302の正の屈折力を大きくするためには、第2レンズ群302を構成する各レンズの正屈折力を大きくする必要がある。ここで、特に物体側のレンズの正の屈折力を大きくすることで、望遠時におけるレンズ系300の全長を短くすることができる。更に、当該大きい屈折力を持つレンズとして非球面レンズを用いることで、収差を効果的に補正することが可能となる。
- [0057] 第2レンズ群302は、上記物体側の非球面レンズより像側に、少なくとも2つの接合レンズを含んでよい。当該少なくとも2つの接合レンズを構成する全ての正レンズのアッベ数 v が $v > 60$ を満足してよい。
- [0058] 第2レンズ群302を構成する正の屈折力を有するレンズのアッベ数を全て60以上にすることで、第2レンズ群302の屈折力を大きくしつつ、色収差を抑制することができる。これにより、結像特性を高めつつ、レンズ系300を小型化することができる。
- [0059] 第2レンズ群302の焦点距離を f_2 とすると、条件式
- $$1.3 < f_2 / f_w < 2.6 \quad (\text{条件式5})$$
- を満足してよい。
- [0060] 条件式5の上限を満足する、すなわち、第2レンズ群302の屈折力を所定の下限閾値より大きくすることで、レンズ系300を小型化することができる。条件式5の下限を満足する、すなわち、第2レンズ群302の屈折力を所定の上限閾値以上にならないようにすることで、結像特性を高めることができる。
- [0061] 第3レンズ群303は、単一のレンズまたは接合レンズから構成されてよい。第3レンズ群303は、フォーカス機能を担ってよい。第3レンズ群303は、レンズ系300におけるフォーカス機能の少なくとも一部を担ってよい。第3レンズ群303は、レンズ系300におけるフォーカス機能の主成分を担ってよい。

[0062] フォーカス機能を実現するには、いずれかのレンズ群を駆動することが必要となる。レンズ系300においては、フォーカス機能を担うレンズ群を単一のレンズ又は接合レンズとすることで、レンズの駆動機構を簡素化することができる。また、レンズの駆動素子を軽量化することができる。ひいてはレンズ系300全体の小型化に寄与する。

[0063] 第3レンズ群303は、レンズ系300における防振機能を担ってよい。第3レンズ群303は、フォーカス機能に加えて、防振機能を担ってよい。光学的な防振機能を実現するには、いずれかのレンズ群を駆動することが必要となる。レンズ系300においては、防振機能を担うレンズ群を単一のレンズ又は接合レンズとすることで、レンズの駆動機構を簡素化することができる。また、レンズの駆動素子を軽量化することができる。ひいてはレンズ系300全体の小型化に寄与する。

[0064] 第1レンズ群301に含まれる負の屈折力を有する3つのレンズのうち、物体側のレンズが球面レンズであってよい。当該物体側のレンズより像側に位置する2つのレンズのうちの少なくとも1つが非球面レンズであってよい。

[0065] 物体側のレンズの位置では、軸上光線と周辺光線の高さの差が大きくなる。レンズ系300において最も物体側に位置する第1レンズ群301において、像側に位置する2つのレンズのうちの少なくとも1つを非球面レンズにすることで、歪曲収差や像面湾曲を効果的に補正することができる。また、有効径が大きい物体側のレンズを球面レンズにすることで、物体側のレンズを非球面レンズにする場合に比べて、コストを削減することができる。

[0066] 第1レンズ群301に含まれる正の屈折力を有するレンズの屈折率を n_4 、アッベ数を v_4 とすると、条件式

$$n_4 > 1.9 \quad (\text{条件式6})$$

$$v_4 < 35 \quad (\text{条件式7})$$

を満足してよい。

[0067] 第1レンズ群301の正の屈折力を有するレンズが上記条件式6、条件式

7を満足することで、第1レンズ群301の光軸方向の厚みを薄くすることができる。これにより、レンズ系300の全長の短縮化に寄与する。

[0068] 第2レンズ群302は、物体側より順に、第2aレンズ群と、絞りと、第2bレンズ群とを含んでよい。第2aレンズ群の最も物体側の面と最も像側の面との間の間隔を D_a 、第2レンズ群302の最も物体側の面と最も像側の面との間の間隔を D_2 とすると、条件式

$$D_a / D_2 < 0.35 \quad (\text{条件式8})$$

を満足する。

[0069] レンズ系300は、広角端から望遠端への変倍時に、第2レンズ群302と一体的に移動する絞りを備えてよい。

[0070] 第2レンズ群302において、第2aレンズ群の光軸上の間隔が条件式を満足することにより、絞りを物体側に位置することができる。これにより、第1レンズ群301のレンズ径を小さくすることができる。

[0071] 以上に説明したレンズ系300によれば、色収差等の収差が良好に補正され、高い解像力を有する小型で広画角なズームレンズを提供することができる。例えば、広角端の半画角が45度を超える小型で解像力が高い広角ズームレンズを提供し得る。

[0072] 図3は、第1実施例におけるレンズ系300のレンズ構成を、撮像素子221とともに示す。図3は、広角端、中間画角、及び望遠端のそれぞれにおける第1レンズ群301、第2レンズ群302及び第3レンズ群303の位置を示す。なお、STOは絞りを示す。

[0073] ここで、レンズ系300の実施例の説明で用いられる記号等の意味を説明する。レンズ系300が有する複数の面は、面番号 i で識別される。物体側からみてレンズの最初の面を第1面とし、以降、光線が面を通過する順に面番号をカウントアップする。「 D_i 」は、第 i 番目の面と第 $i+1$ 番目の面との間の光軸上の間隔を示す。

[0074] 「 f 」は焦点距離を示す。「 Fno 」はFナンバーを示す。「 ω 」は半画角を示す。「 R 」は曲率半径を示す。曲率半径において、「 INF 」は平面

であることを示す。「 n 」は屈折率を示す。「 v 」は、アッベ数を示す。屈折率 n 及びアッベ数 v は、 d 線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$) における値である。

[0075] 表1は、第1実施例におけるレンズ系300が有するレンズのレンズデータを示す。なお、表1において、 D_i 、 n 及び v は面番号 i に対応づけて示されている。

[表1]

面番号	R	D_i	n	v
1	29.4169	1.250	1.497	81.61
2	22.5600	0.950		
3	22.7094	1.269	1.497	81.61
4	8.1063	5.445		
5*	74.1814	1.269	1.497	81.61
6*	8.7017	4.190		
7	14.2495	1.363	1.95375	32.32
8	20.5557	11.339		
9*	11.2431	3.047	1.59201	67.02
10*	-57.3557	0.000		
STO	INF	2.976		
11	-75.0514	0.800	1.755201	27.5795
12	7.3021	3.415	1.497	81.61
13	-14.6233	0.431		
14	14.5424	2.062	1.92286	20.88
15	-13.5782	0.100		
16	-19.1441	1.256	1.497	81.61
17	-9.2012	0.900	1.84666	23.78
18	10.4240	2.280		
19*	21.9579	1.869	1.59201	67.02
20*	-80	8.788		
21	INF	0.000		

[0076] 表1において、面番号に*が付されている面は、非球面形状を有する面である。表2は、非球面形状を有する面の面番号と、非球面パラメータとを示す。表2において、「 κ 」は、円錐定数（コーニック定数）を示す。「A」、「B」、「C」、及び「D」は、それぞれ4次、6次、8次、及び10次の非球面係数である。また、非球面係数において、「 $E-i$ 」は10を底とする指数表現を示す。すなわち、「 $E-i$ 」は、「 10^{-i} 」を表す。例えば、「 $-1.59777E-05$ 」は、「 -1.59777×10^{-5} 」を表す。

[表2]

面番号	K	A	B	C	D
5	0.00000E+00	-1.59777E-05	3.95992E-07	-5.93608E-09	6.26080E-12
6	0.00000E+00	-1.80789E-04	-2.49179E-06	8.78091E-09	-8.01188E-10
9	0.00000E+00	1.14409E-05	1.08270E-06	1.54490E-07	0.00000E+00
10	0.00000E+00	2.24748E-04	2.44633E-06	2.51330E-07	0.00000E+00
19	0.00000E+00	1.60635E-04	1.12852E-06	4.45422E-08	0.00000E+00
20	0.00000E+00	2.24457E-04	2.14617E-07	7.22202E-08	0.00000E+00

[0077] 「x」をレンズ面の頂点からの光軸方向における距離とし、「y」を光軸に垂直な方向における高さとし、「c」をレンズの頂点における近軸曲率とした場合、非球面形状は次の式によって定義される。

$$x = c y^2 / (1 + (1 - (1 + \kappa) c^2 y^2)^{1/2}) + A y^4 + B y^6 + C y^8 + D y^{10}$$

なお、「x」はサグ量とも呼ばれる。「y」は像高とも呼ばれる。近軸曲率は、曲率半径の逆数である。

[0078] 表3は、広角端、中間画角及び望遠端のそれぞれにおけるレンズ系300の焦点距離、Fナンバー及び半画角を示す。なお、焦点距離は、波長546.07nmの光についての値である。

[表3]

	広角端	中間画角	望遠端
f	7.540	11.160	12.064
Fno	3.580	3.580	3.580
ω	48.163	36.275	34.649

[0079] レンズ系300における広角端と望遠端との間の変倍に際して、第1レンズ群301と第2レンズ群302との間の面間隔D8、第2レンズ群302と第3レンズ群303との間の面間隔D18、第3レンズ群303と撮像素子221との間の面間隔D20が変化し得る。表4は、広角端、中間画角及び望遠端のそれぞれにおける、レンズ系300の全系の焦点距離及び面間隔を示す。

[表4]

	広角端	中間画角	望遠端
f	7.540	11.160	12.064
D8	11.339	3.181	1.900
D18	2.280	2.579	2.649
D20	8.789	12.145	13.000

[0080] 表5は、第1レンズ群301、第2レンズ群302及び第3レンズ群303のそれぞれの焦点距離を示す。

[表5]

レンズ群	焦点距離
第1レンズ群	-14.09
第2レンズ群	14.86
第3レンズ群	29.20

[0081] 図4は、レンズ系300を広角端から望遠端への変倍時に第1レンズ群301、第2レンズ群302及び第3レンズ群303が移動する軌跡を模式的に示す。矢印は、レンズ系300の変倍に際して移動することを示す。図3及び図4に示されるように、第1レンズ群301から撮像素子221までの間隔が可変である。

[0082] 第1レンズ群301は、物体側より、負レンズL1、負レンズL2、負レンズL3及び正レンズL4の4枚のレンズを有する。これにより、特に入射角が大きくなる広角側の軸外光線を緩やかに曲げることができる。したがって、歪曲収差、コマ収差、及び像面湾曲などの軸外収差を良好に補正することができる。また、望遠側の球面収差を良好に補正することができる。また、第1レンズ群301が持つ負の屈折力を3枚の負レンズL1～L3で分担するので、収差を抑えながら第1レンズ群301の負の屈折力を大きくすることができる。また、レンズ系300の全長を短くすることができる。

[0083] 第1レンズ群301の負レンズL1～L3のアッベ数 v は、全て $v > 60$ を満たすことが望ましい。負レンズL1～L3のアッベ数 v は、全て $v > 65$ を満たすことがより好ましい。負レンズである第1レンズ群301に含まれる負レンズを低分散硝材で形成することで、広角側の倍率色収差及び望遠

側の軸上色収差を良好に補正することができる。

[0084] 第2レンズ群302は、物体側より正の単レンズL5、絞りSTO、負正の接合レンズL7及びL8、正の単レンズL9、及び正負の接合レンズL10及びL11を有する。単レンズL5は、上述した第2aレンズ群に対応する。負正の接合レンズL7及びL8は、上述した第2bレンズ群に対応する。正の単レンズL5は、物体側の面及び像面側の面が非球面形状を有する。最も物体側の正の単レンズL5の少なくとも一面を非球面にすることで、球面収差をより良好に補正することができる。なお、正の単レンズL5の一方の面のみが非球面形状を有してよい。

[0085] なお、絞りSTOは、正の単レンズL5と、L7及びL8で示される負正の接合レンズとの間に配置している。このように配置することで、望遠側で第1レンズ群301と第2レンズ群302との間隔を短くすることが出来る。そのため、レンズ系300の全長が短くすることができる。

[0086] 図3及び図4に示されるように、負の屈折力を持つ第1レンズ群301と撮像素子221との間隔は、広角端から望遠端への変倍時に可変である。第1レンズ群301は、広角端から望遠端への変倍時に撮像素子221側へ単調に移動する。第2レンズ群302は、広角端から望遠端への変倍時に撮像素子221側から物体側へ単調に移動する。第3レンズ群303は、広角端から望遠端への変倍時に、物体側へ単調に移動する。第2レンズ群302が主変倍成分を担い、第3レンズ群303が副変倍成分を担う。第3レンズ群303は、変倍に伴う像面変動の補正も担う。

[0087] 図5は、広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。図6は、中間画角における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。図7は、望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。

[0088] 図5から図7に示す球面収差図において、実線はd線(587.6nm)の値を示し、破線はg線(435.8nm)の値を示す。図5から図7に示す非点収差図において、実線はd線のサジタル像面の値を示し、破線はd線のメリディオナル像面の値を示す。図5から図7に示す歪曲収差図は、d線

についての値を示す。各収差図から、レンズ系300は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが分かる。

[0089] 図8は、3波長の光についてのレンズ系300の球面収差図を示す。一点鎖線はc線(656.3nm)、実線はd線(587.6nm)、破線はg線(435.8nm)の値を示す。広角端、中間画角、望遠端ともに、各波長の光について球面収差が0.1mm以内の範囲に収まっている。これにより、色収差が良好に補正されていることが分かる。

[0090] 図9は、第2実施例におけるレンズ系900のレンズ構成を、撮像素子221とともに示す。レンズ系900は、第1レンズ群901と、第2レンズ群902と、第3レンズ群903とを備える。第1レンズ群901、第2レンズ群902及び第3レンズ群903は、それぞれ、レンズ系300における第1レンズ群301、第2レンズ群302及び第3レンズ群303に対応する。レンズ系900に関する説明において、レンズ系900が有する特徴のうち、レンズ系300との相違点のみを説明し、同様の特徴については省略する場合がある。また、レンズ系900の説明で用いられる記号等は、特に説明しない限り、レンズ系300に関連して説明した記号等の意味と同じである。

[0091] 図9には、広角端、中間画角、及び望遠端のそれぞれにおける第1レンズ群901、第2レンズ群902及び第3レンズ群903の位置が示されている。

[0092] 表6は、レンズ系900が有するレンズのレンズデータを示す。

[表6]

面番号	R	Di	n	v
1	43.1108	1.250	1.497	81.61
2	13.7084	0.950		
3	15.8043	1.269	1.59282	68.63
4	9.2123	4.310		
5*	31.6680	1.269	1.497	81.61
6*	10.1003	2.750		
7	14.0492	1.639	1.95375	32.32
8	21.5844	12.060		
9*	203.4096	5.124	1.59201	67.02
10*	-9.5145	0.000		
STO	INF	2.820		
11	-21.2696	0.800	1.76182	26.61
12	9.8339	3.415	1.497	81.61
13	-9.6614	0.644		
14	14.4544	2.661	1.92286	20.88
15	-15.3422	0.407		
16	-20.9324	1.274	1.497	81.61
17	-9.2278	0.900	1.84666	23.78
18	9.6164	3.011		
19*	30.6731	2.062	1.59201	67.02
20*	-80	6.389		
21	INF	0.000		

[0093] 表6において、面番号に*が付されている面は、非球面形状を有する面である。表7は、レンズ系900において非球面形状を有する面と、非球面パラメータとを示す。「A」、「B」、「C」、「D」は、それぞれ4次、6次、8次、及び10次の非球面係数である。

[表7]

面番号	K	A	B	C	D
5	0.00000E+00	-1.27119E-05	3.17630E-07	-7.50536E-09	3.97421E-11
6	0.00000E+00	-1.24515E-04	-1.11142E-06	-8.40434E-09	-1.32273E-10
9	0.00000E+00	-5.51456E-04	-6.26122E-06	7.42880E-10	0.00000E+00
10	0.00000E+00	-4.75595E-05	-1.37644E-06	6.16164E-08	0.00000E+00
19	0.00000E+00	1.09624E-04	-1.61116E-10	-9.57886E-09	0.00000E+00
20	0.00000E+00	1.41803E-04	-1.01149E-07	-1.65211E-08	0.00000E+00

[0094] 表8は、広角端、中間画角及び望遠端のそれぞれにおけるレンズ系900の焦点距離、Fナンバー及び半画角を示す。なお、焦点距離は、波長546

、0.7 nmの光についての値である。

[表8]

	広角端	中間画角	望遠端
f	7.540	11.160	12.064
Fno	3.580	3.580	3.580
ω	48.167	36.268	34.681

[0095] レンズ系900における広角端と望遠端との間の変倍に際して、第1レンズ群901と第2レンズ群902との間の面間隔D8、第2レンズ群902と第3レンズ群903との間の面間隔D18、第3レンズ群903と撮像素子221との間の面間隔D20が変化し得る。表9は、広角端、中間画角及び望遠端のそれぞれにおける、レンズ系900の全系の焦点距離及び面間隔を示す。

[表9]

	広角端	中間画角	望遠端
f	7.540	11.160	12.064
D8	12.060	3.179	1.900
D18	3.011	5.294	6.142
D20	6.389	7.410	7.469

[0096] 表10は、第1レンズ群901、第2レンズ群902及び第3レンズ群903のそれぞれの焦点距離を示す。

[表10]

レンズ群	焦点距離
第1レンズ群	-17.5
第2レンズ群	13.71
第3レンズ群	37.58

[0097] 図10は、レンズ系900を広角端から望遠端への変倍時に第1レンズ群901、第2レンズ群902及び第3レンズ群903が移動する軌跡を模式的に示す。矢印は、レンズ系900の変倍に際して移動することを示す。図9及び図10に示されるように、第1レンズ群901から撮像素子221までの間隔は、変倍時に可変である。

[0098] 第1レンズ群901は、物体側より、負レンズL1、負レンズL2、負レ

ンズ L_3 及び正レンズ L_4 の4枚のレンズを有する。なお、第2実施例において、 L_i は、物体側から i 番目の光学要素のレンズであることを示すための記号である。第2実施例において、第1実施例においてレンズに割り当てられた記号 L_i と同じ記号が割り当てられていても、同じレンズであることを意味しない。

[0099] 第1レンズ群901を、負レンズ L_1 、負レンズ L_2 、負レンズ L_3 及び正レンズ L_4 の4枚のレンズを含んで構成することで、特に入射角が大きくなる広角側の軸外光線を緩やかに曲げることができる。したがって、歪曲収差、コマ収差、及び像面湾曲などの軸外収差を良好に補正することができる。また、望遠側の球面収差を良好に補正することができる。また、第1レンズ群901が持つ負の屈折力を3枚の負レンズ $L_1 \sim L_3$ で分担するので、収差を抑えながら第1レンズ群901の負の屈折力を大きくすることができる。また、レンズ系900の全長を短くすることができる。

[0100] 第1レンズ群901の負レンズ $L_1 \sim L_3$ のアッベ数 v は、全て $v > 60$ であることが望ましい。負レンズである第1レンズ群901に含まれる負レンズを低分散硝材で形成することで、広角側の倍率色収差及び望遠側の軸上色収差を良好に補正することができる。

[0101] 第2レンズ群902は、物体側より、正の単レンズ L_5 、絞りSTO、負正の接合レンズ L_7 及び L_8 、正の単レンズ L_9 、及び正負の接合レンズ L_{10} 及び L_{11} を有する。単レンズ L_5 は、上述した第2aレンズ群に対応する。負正の接合レンズ L_7 及び L_8 は、上述した第2bレンズ群に対応する。正の単レンズ L_5 は、物体側の面及び像面側の面が非球面形状を有する。最も物体側の正の単レンズ L_5 の少なくとも一面を非球面にすることで、球面収差をより良好に補正することができる。なお、正の単レンズ L_5 の一方の面のみが非球面形状を有してよい。

[0102] なお、絞りSTOは、正の単レンズ L_5 と、 L_7 及び L_8 で示される負正の接合レンズとの間に配置している。このように配置することで、望遠側で第1レンズ群301と第2レンズ群302との間隔を短くすることが出来る。

。そのため、レンズ系900の全長が短くすることができる。

- [0103] 図9及び図10に示されるように、負の屈折力を持つ第1レンズ群901と撮像素子221との間隔は、広角端から望遠端への変倍時に可変である。第1レンズ群901は、広角端から望遠端への変倍時に撮像素子221側へ単調に移動する。第2レンズ群902は、広角端から望遠端への変倍時に撮像素子221側から物体側へ単調に移動する。第3レンズ群903は、広角端から望遠端への変倍時に、物体側へ単調に移動する。第2レンズ群902が主変倍成分を担い、第3レンズ群903が副変倍成分を担う。第3レンズ群903は、変倍に伴う像面変動の補正も担う。
- [0104] 図11は、広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。図12は、中間画角における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。図13は、望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。
- [0105] 図11から図13に示す球面収差図において、実線はd線(587.6nm)の値を示し、破線はg線(435.8nm)の値を示す。図11から図13に示す非点収差図において、実線はd線のサジタル像面の値を示し、破線はd線のメリディオナル像面の値を示す。図11から図13に示す歪曲収差図は、d線についての値を示す。各収差図から、レンズ系900は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが分かる。
- [0106] 図14は、レンズ系900の3波長の光についての球面収差図を示す。一点鎖線はc線(656.3nm)、実線はd線(587.6nm)、破線はg線(435.8nm)の値を示す。広角端、中間画角、望遠端ともに、各波長の光について球面収差が0.1mm以内の範囲に収まっている。軸上色収差が良好に補正されていることが分かる。
- [0107] 表11は、第1実施例及び第2実施例の条件式に係る数値をまとめて示す。表11において条件式1、条件式2及び条件式3に対応づけられた数値は、それぞれ負レンズL1、負レンズL2及び負レンズL3のアップベ数を示す。条件式4に対応づけられた数値は、 f_1 / f_w の値を示す。条件式5に対応づけられた数値は、 f_2 / f_w の値を示す。条件式6及び条件式7に対応

づけられた数値は、それぞれ第1レンズ群301に含まれる正の屈折力を有するレンズの屈折率及びアッベ数を示す。条件式8に対応づけられた数値は、 D_a/D_2 を示す。

[表11]

	条件式 1	条件式 2	条件式 3	条件式 4	条件式 5	条件式 6	条件式 7	条件式 8
第1 実施例	81.61	81.61	81.61	-1.87	1.97	1.95	32.32	0.20
第2 実施例	81.61	68.63	81.61	-2.32	1.82	1.95	32.32	0.28

[0108] 以上に説明したレンズ系300及びレンズ系900によれば、高い解像力を有し、小型で広画角なズームレンズを提供することができる。例えば、広角端の半画角が45度を超える小型で解像力が高い広角ズームレンズを提供し得る。

[0109] 図15は、スタビライザ800の一例を示す外観斜視図である。スタビライザ800は、移動体の他の一例である。例えば、スタビライザ800が備えるカメラユニット813が、撮像装置220と同様の構成の撮像装置を備えてよい。カメラユニット813が、レンズ装置160と同様の構成のレンズ装置を備えてよい。

[0110] スタビライザ800は、カメラユニット813、ジンバル820、及び持ち手部803を備える。ジンバル820は、カメラユニット813を回転可能に支持する。ジンバル820は、パン軸809、ロール軸810、及びチルト軸811を有する。ジンバル820は、パン軸809、ロール軸810、及びチルト軸811を中心に、カメラユニット813を回転可能に支持する。ジンバル820は、支持機構の一例である。

[0111] カメラユニット813は、撮像装置の一例である。カメラユニット813は、メモリを挿入するためのスロット812を有する。ジンバル820は、ホルダ807を介して持ち手部803に固定される。

[0112] 持ち手部803は、ジンバル820、カメラユニット813を操作するための各種ボタンを有する。持ち手部803は、シャッターボタン804、録

画ボタン８０５、及び操作ボタン８０６を含む。シャッターボタン８０４が押下されることで、カメラユニット８１３により静止画を記録することができる。録画ボタン８０５が押下されることで、カメラユニット８１３により動画を記録することができる。

[0113] デバイスホルダ８０１が持ち手部８０３に固定されている。デバイスホルダ８０１は、スマートフォンなどのモバイルデバイス８０２を保持する。モバイルデバイス８０２は、ＷｉＦｉなどの無線ネットワークを介してスタビライザ８００と通信可能に接続される。これにより、カメラユニット８１３により撮像された画像をモバイルデバイス８０２の画面に表示させることができる。

[0114] スタビライザ８００においても、カメラユニット８１３がスタビライザ８００の他の部位と干渉することを抑制できる。

[0115] 以上、移動体の一例としてＵＡＶ１００及びスタビライザ８００を取り上げて説明した。撮像装置２２０と同様の構成を有する撮像装置は、ＵＡＶ１００及びスタビライザ以外の移動体に取り付けられてよい。

[0116] 以上において、移動体に取り付けられる撮像装置について説明した。しかし、撮像装置２２０と同様の構成を有する撮像装置は、移動体に取り付けられる撮像装置に限られない。撮像装置２２０と同様の構成は、いわゆるコンパクトデジタルカメラ等のレンズ非交換式のカメラに適用できる。レンズ装置１６０と同様の構成は、一眼レフレックスカメラ等のレンズ交換式カメラの交換レンズに適用できる。レンズ装置１６０と同様の構成は、撮像用の様々なレンズ装置の構成に適用できる。

[0117] 以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、請求の範囲の記載から明らかである。

[0118] 請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プロ

グラム、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現可能である。請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

符号の説明

- [0119] 1 0 移動体システム
 - 5 0 コントローラ
 - 5 2 操作部
 - 5 4 表示部
 - 1 0 0 UAV
 - 1 0 1 UAV本体
 - 1 0 2 インタフェース
 - 1 0 4 制御部
 - 1 0 6 メモリ
 - 1 1 0 ジンバル
 - 1 1 2 制御部
 - 1 1 4、1 1 6、1 1 8 ドライバ
 - 1 2 4、1 2 6、1 2 8 駆動部
 - 1 3 0 支持機構
 - 1 3 4、1 3 6、1 3 8 回転機構
 - 1 4 0 撮像部
 - 1 6 0 レンズ装置
 - 1 6 1 駆動機構
 - 1 6 2 制御部
 - 1 6 3 メモリ
 - 2 2 0、2 3 0 撮像装置

- 2 2 1 撮像素子
- 2 2 2 制御部
- 2 2 3 メモリ
- 2 3 1 撮像素子
- 2 3 2 制御部
- 2 3 3 メモリ
- 2 3 4 制御部
- 2 3 5 レンズ
- 3 0 0 レンズ系
- 3 0 1 第1レンズ群
- 3 0 2 第2レンズ群
- 3 0 3 第3レンズ群
- 8 0 0 スタビライザ
- 8 0 1 デバイスホルダ
- 8 0 2 モバイルデバイス
- 8 0 3 持ち手部
- 8 0 4 シャッターボタン
- 8 0 5 録画ボタン
- 8 0 6 操作ボタン
- 8 0 7 ホルダ
- 8 0 9 パン軸
- 8 1 0 ロール軸
- 8 1 1 チルト軸
- 8 1 2 スロット
- 8 1 3 カメラユニット
- 8 2 0 ジンバル
- 9 0 0 レンズ系
- 9 0 1 第1レンズ群

902 第2レンズ群

903 第3レンズ群

請求の範囲

【請求項1】 物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とを備え、広角端から望遠端への変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が減少し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が変化し、

前記第1レンズ群は、物体側から順に、それぞれ負、負、負、正の屈折力を有する4つのレンズを含み、前記第1レンズ群に含まれる前記負の屈折力を有する3つの前記レンズのアッベ数をそれぞれ v_1 、 v_2 、 v_3 とし、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、全系の広角端の焦点距離を f_w とすると、条件式

$$v_1 > 60$$

$$v_2 > 60$$

$$v_3 > 60$$

$$-2.5 < f_1 / f_w < -1.2$$

を満足するズームレンズ。

【請求項2】 前記第2レンズ群は、物体側に、少なくとも1つの正の屈折力を有する非球面レンズを含み、前記非球面レンズより像側に、少なくとも2つの接合レンズを含み、

前記少なくとも2つの接合レンズを構成する全ての正レンズのアッベ数 v が $v > 60$ を満足し、

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とすると、条件式

$$1.3 < f_2 / f_w < 2.6$$

を満足する

請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項3】 前記第3レンズ群は、単一のレンズまたは接合レンズから構成され、フォーカス機能を担う

請求項1又は2に記載のズームレンズ。

[請求項4] 前記第1レンズ群に含まれる前記負の屈折力を有する3つのレンズのうち、物体側のレンズが球面レンズであり、前記物体側のレンズより像側に位置する2つのレンズのうちの少なくとも1つが非球面レンズである

請求項1又は2に記載のズームレンズ。

[請求項5] 前記第1レンズ群に含まれる正の屈折力を有する前記レンズの屈折率を n_4 、アッベ数を v_4 とすると、条件式

$$n_4 > 1.9$$

$$v_4 < 35$$

を満足する

請求項1又は2に記載のズームレンズ。

[請求項6] 広角端から望遠端への変倍時に、前記第2レンズ群と一体的に移動する絞りを更に備える

請求項1又は2に記載のズームレンズ。

[請求項7] 前記第2レンズ群は、物体側より順に、第2aレンズ群と、絞りと、第2bレンズ群とを含み、

前記第2aレンズ群の最も物体側の面と最も像側の面との間の間隔を D_a 、前記第2レンズ群の最も物体側の面と最も像側の面との間の間隔を D_2 とすると、条件式

$$D_a / D_2 < 0.35$$

を満足する

請求項1又は2に記載のズームレンズ。

[請求項8] 請求項1又は2に記載のズームレンズと、
撮像素子と

を備える撮像装置。

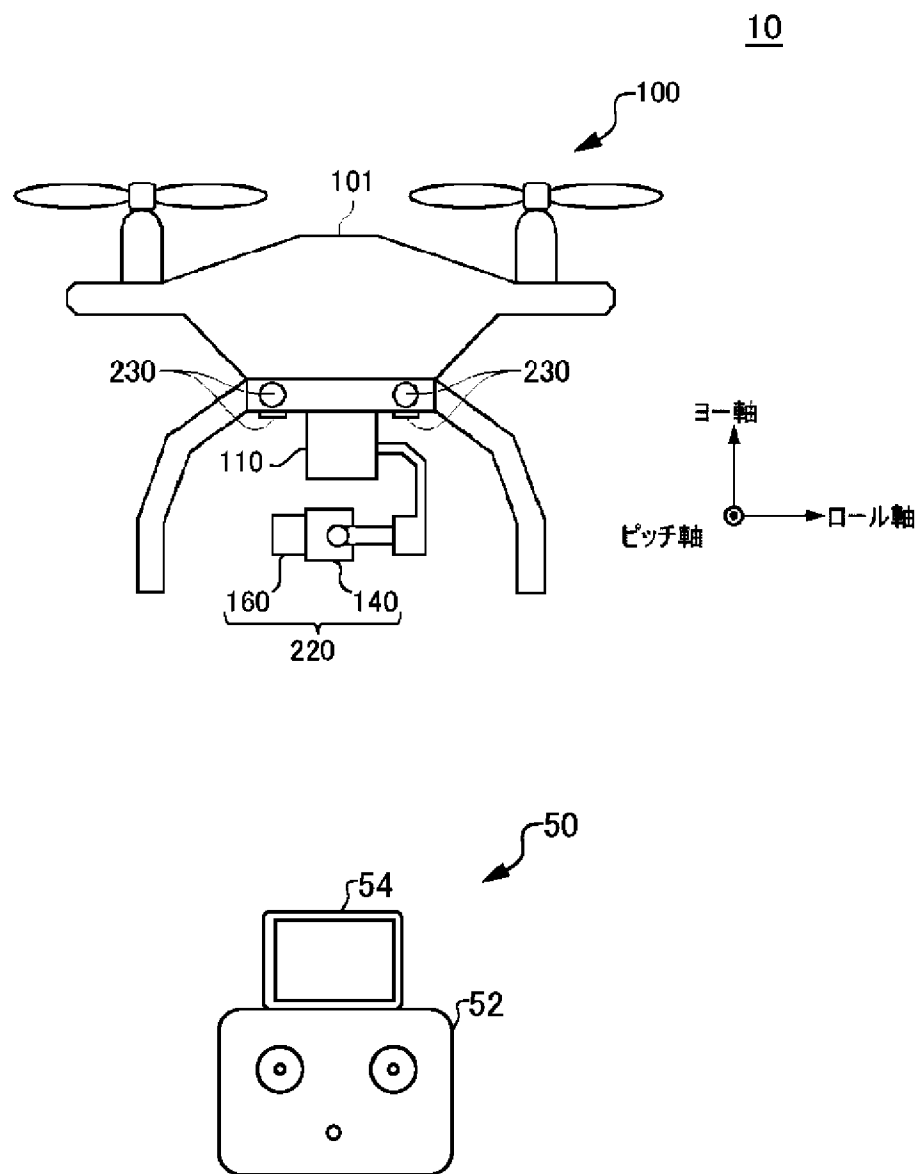
[請求項9] 請求項1又は2に記載のズームレンズを備えて移動する移動体。

[請求項10] 前記移動体は無人航空機である

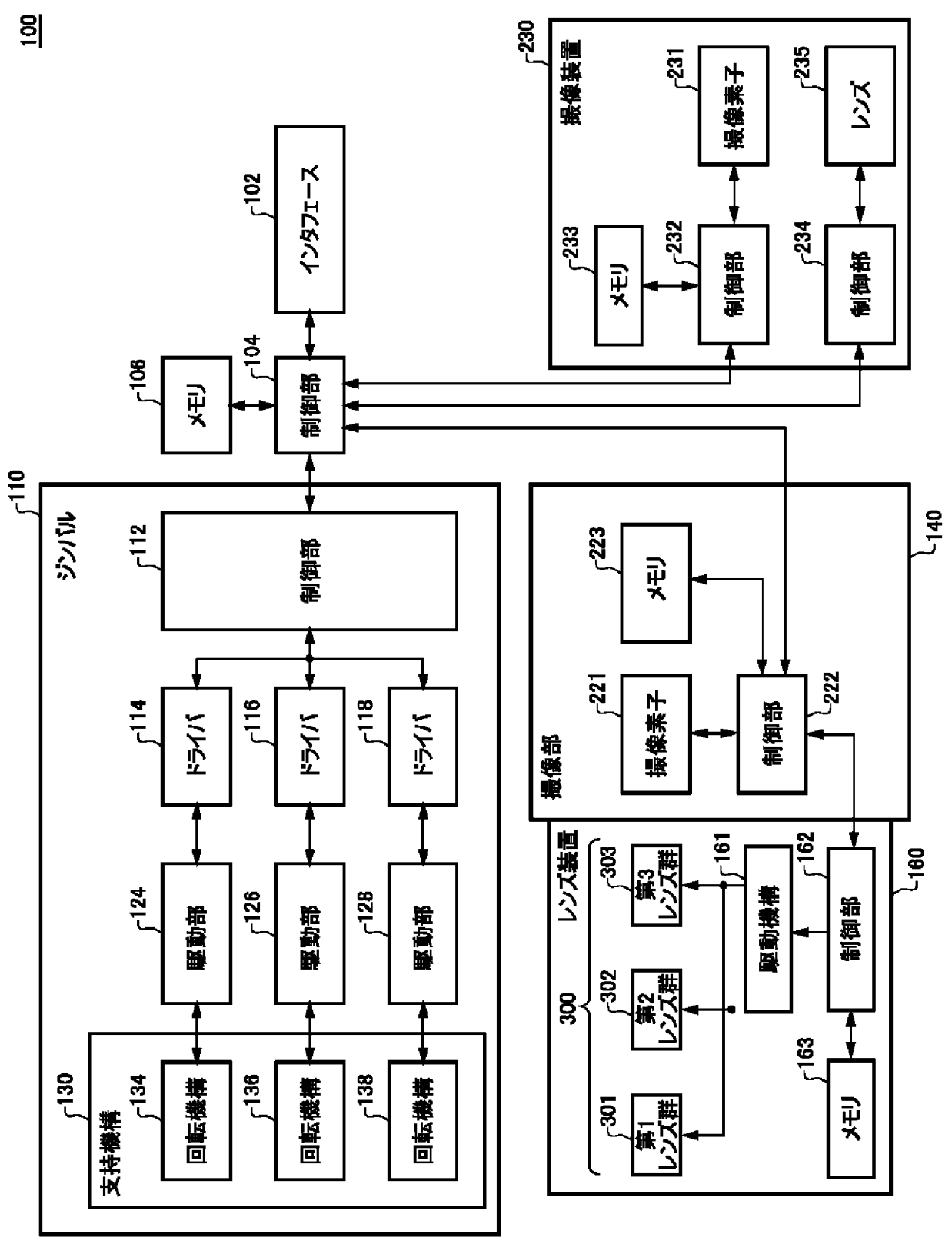
請求項9に記載の移動体。

[請求項11] 請求項 1 又は 2 に記載のズームレンズと、
前記ズームレンズを変位可能に支持する支持機構と、
前記支持機構に取り付けられている持ち手部と
を備えるシステム。

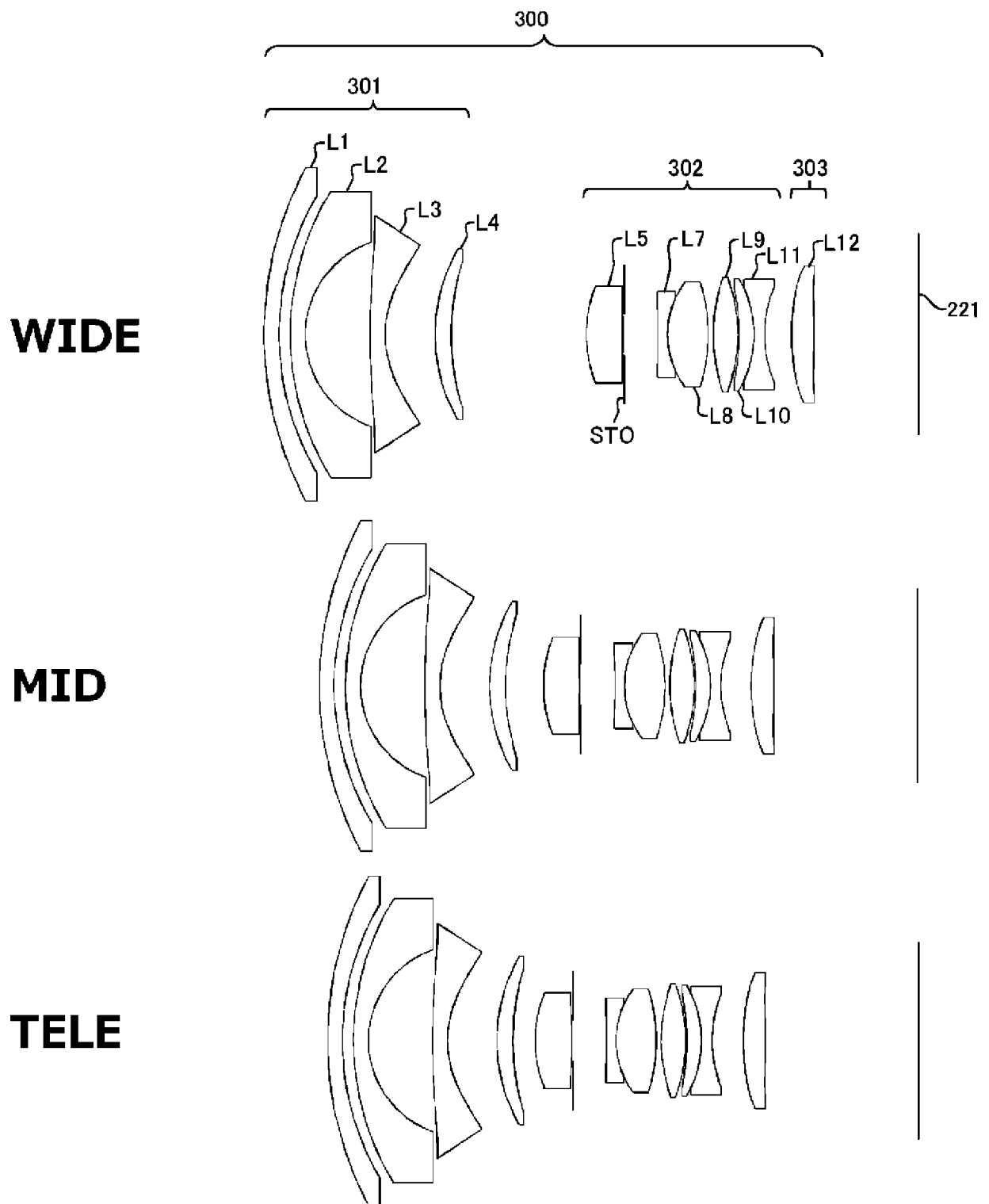
[図1]



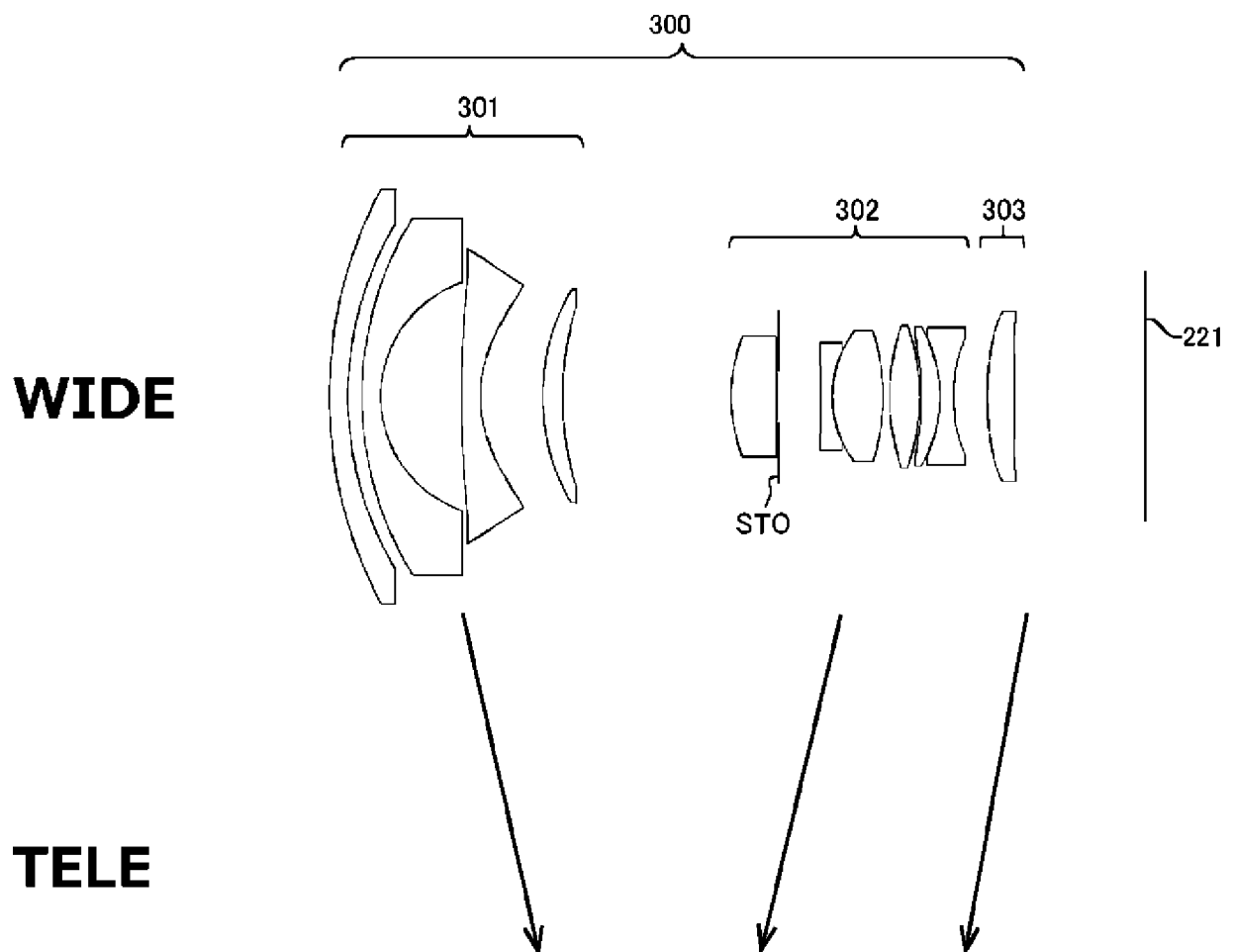
[図2]



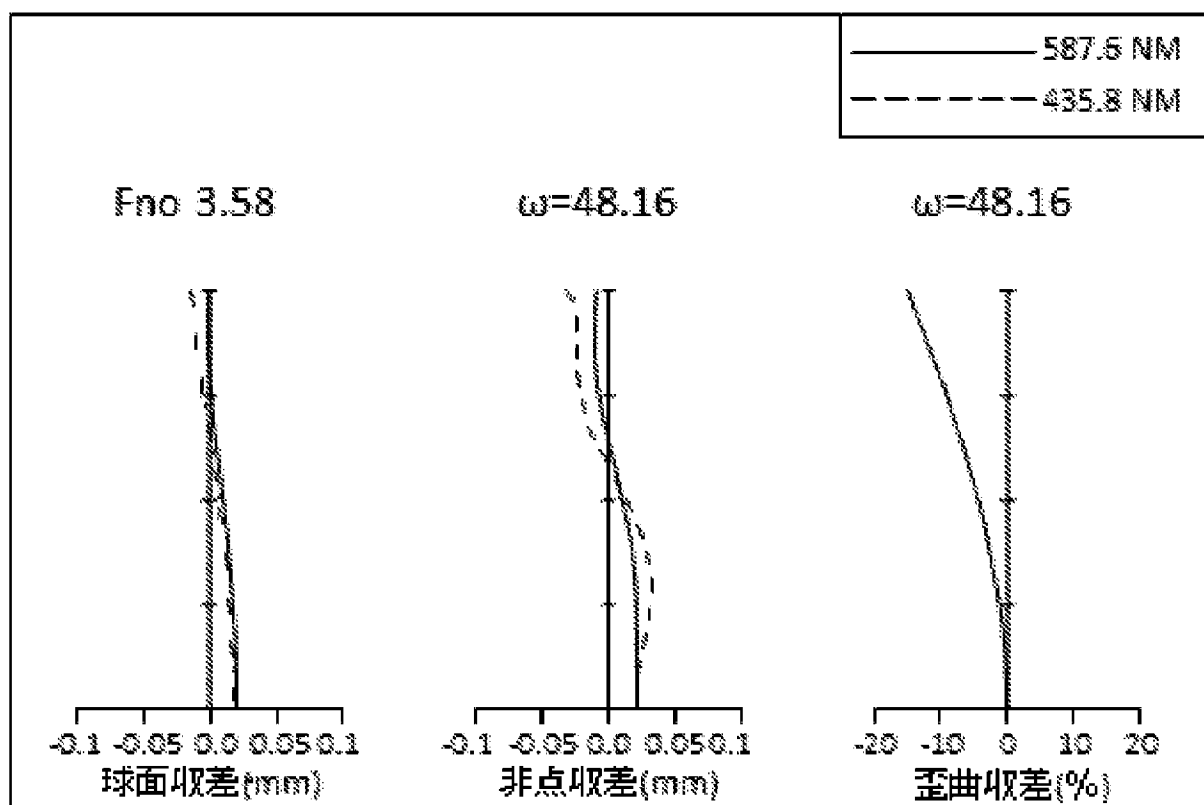
[図3]



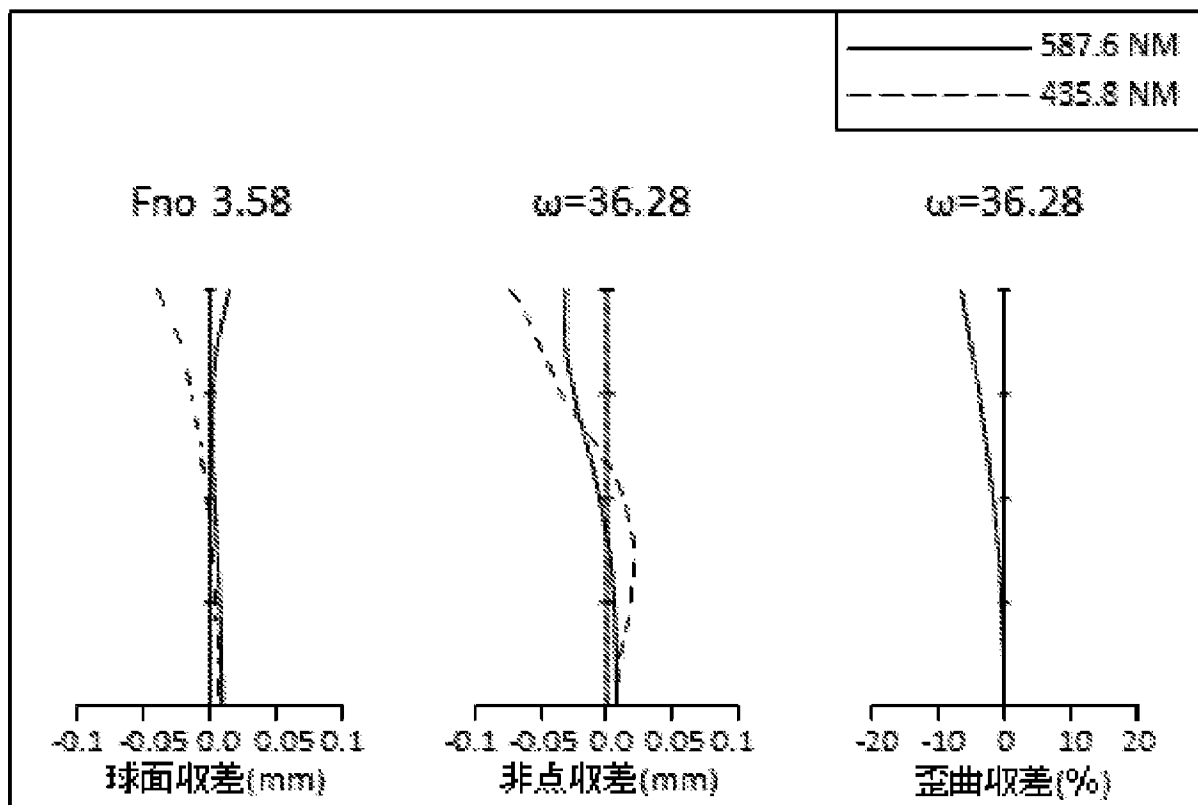
[図4]



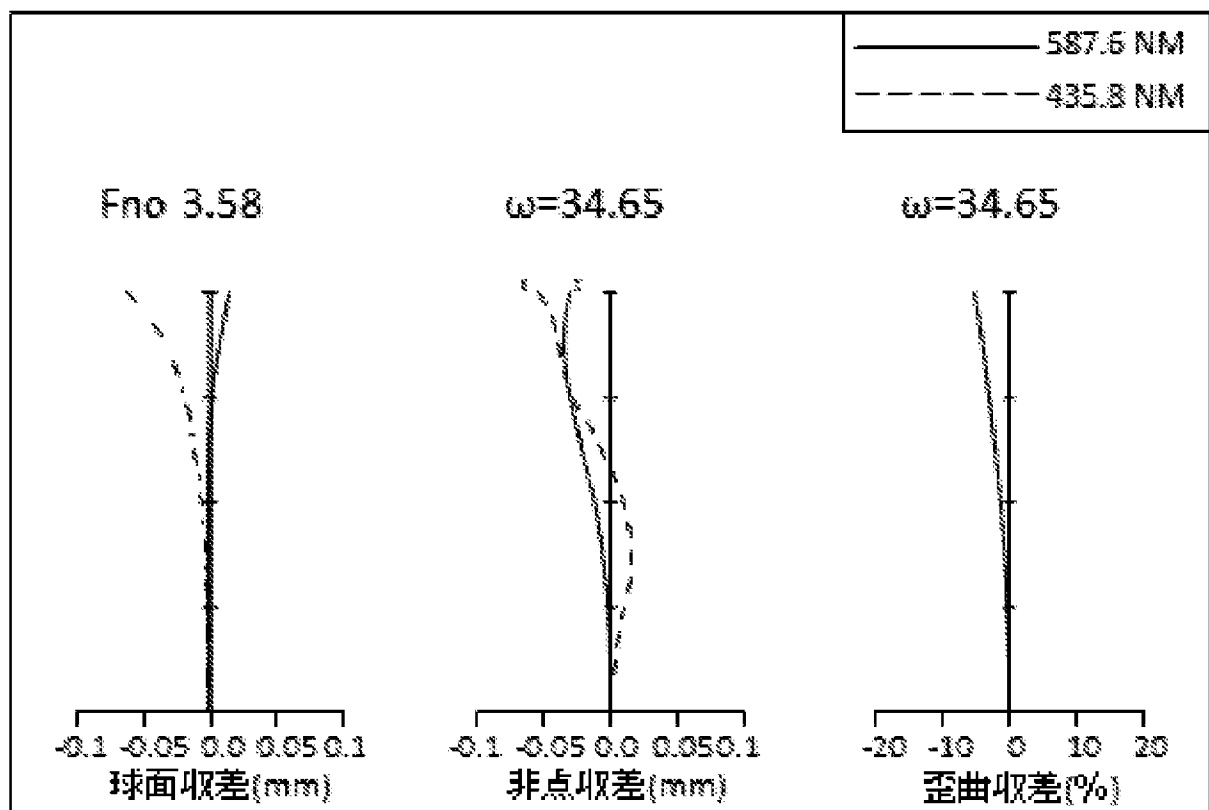
[図5]



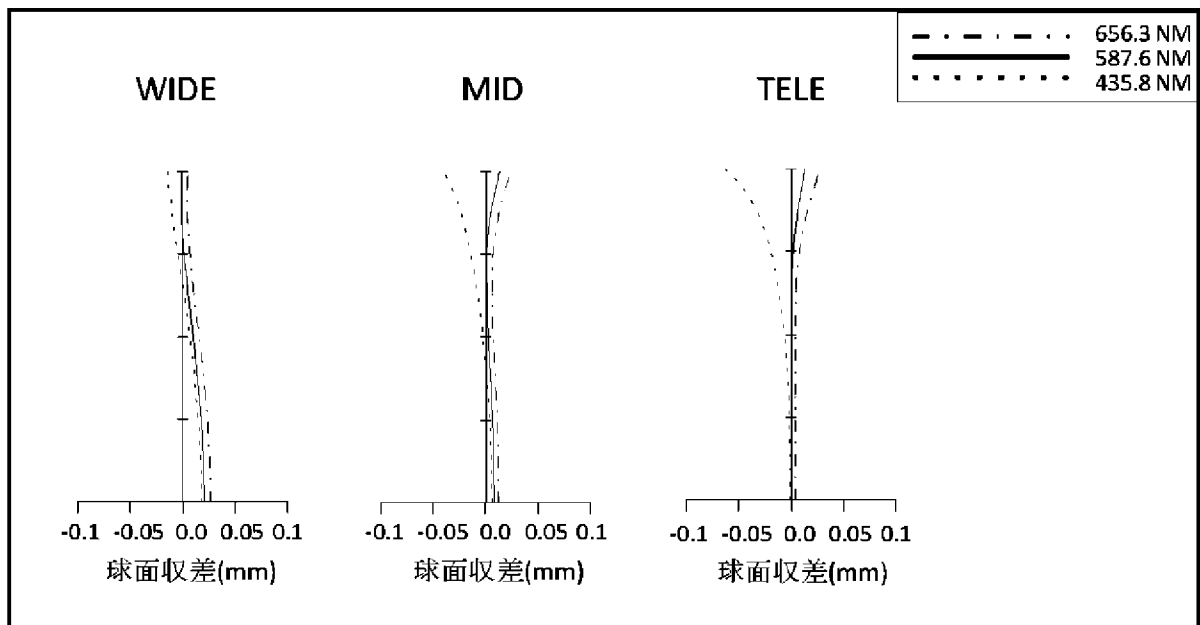
[図6]



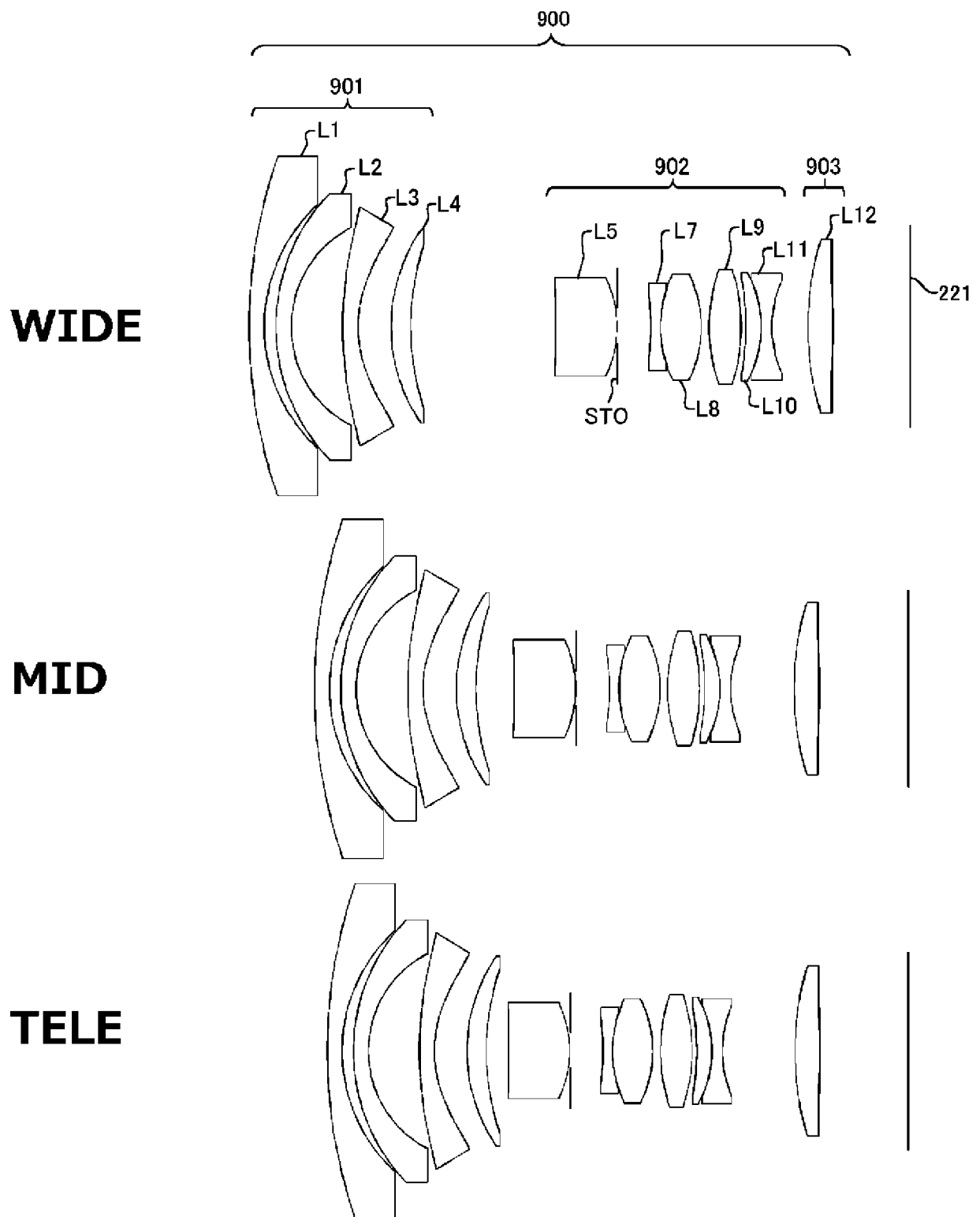
[図7]



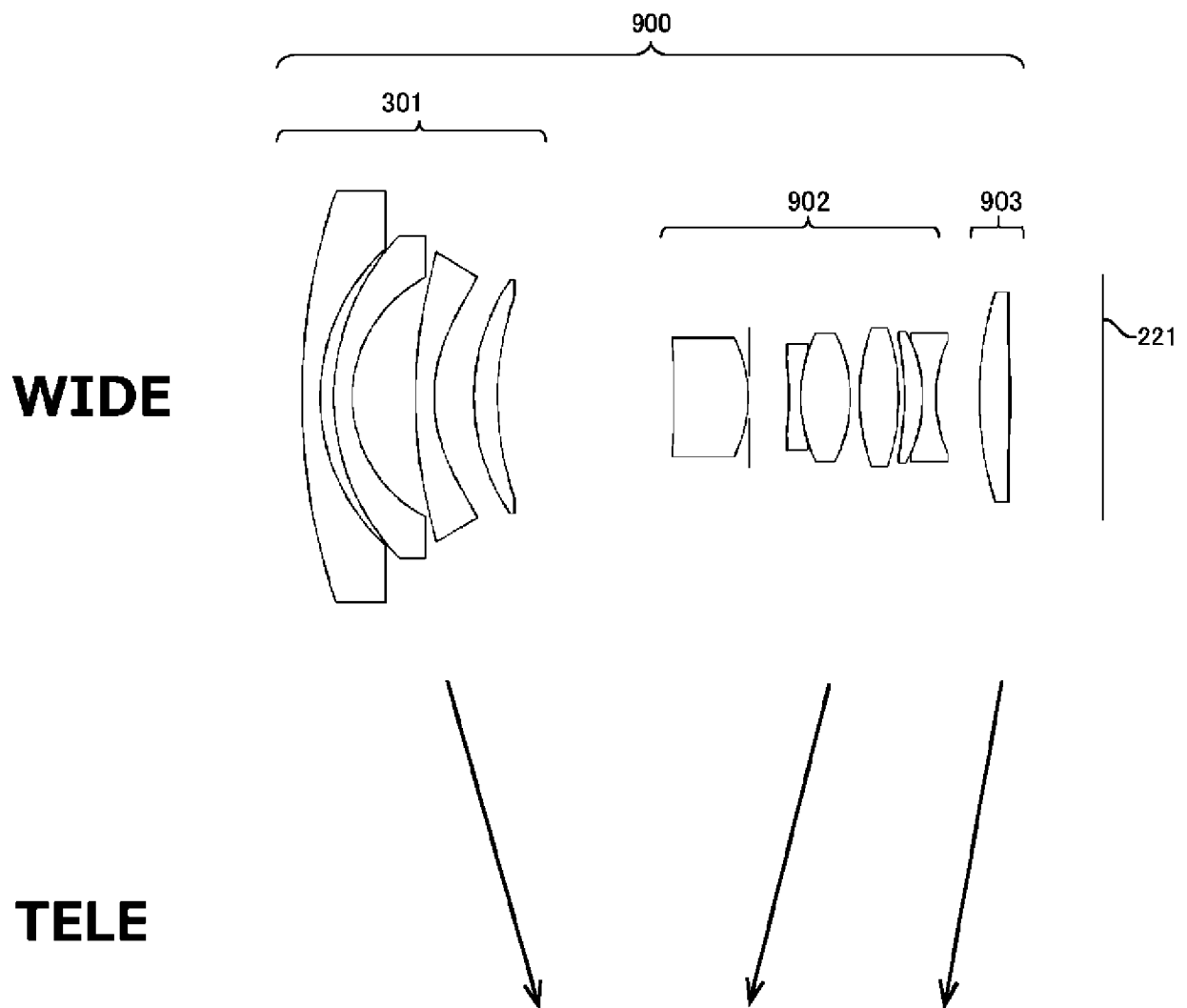
[図8]



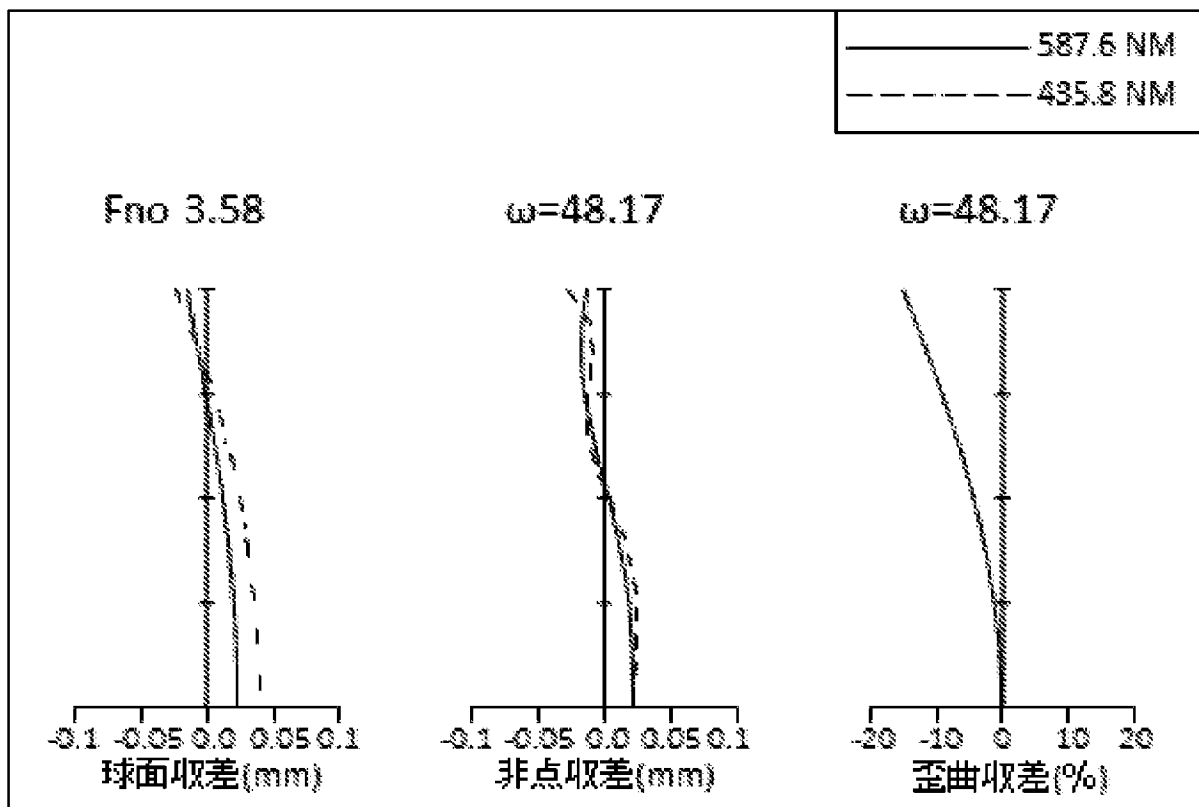
[図9]



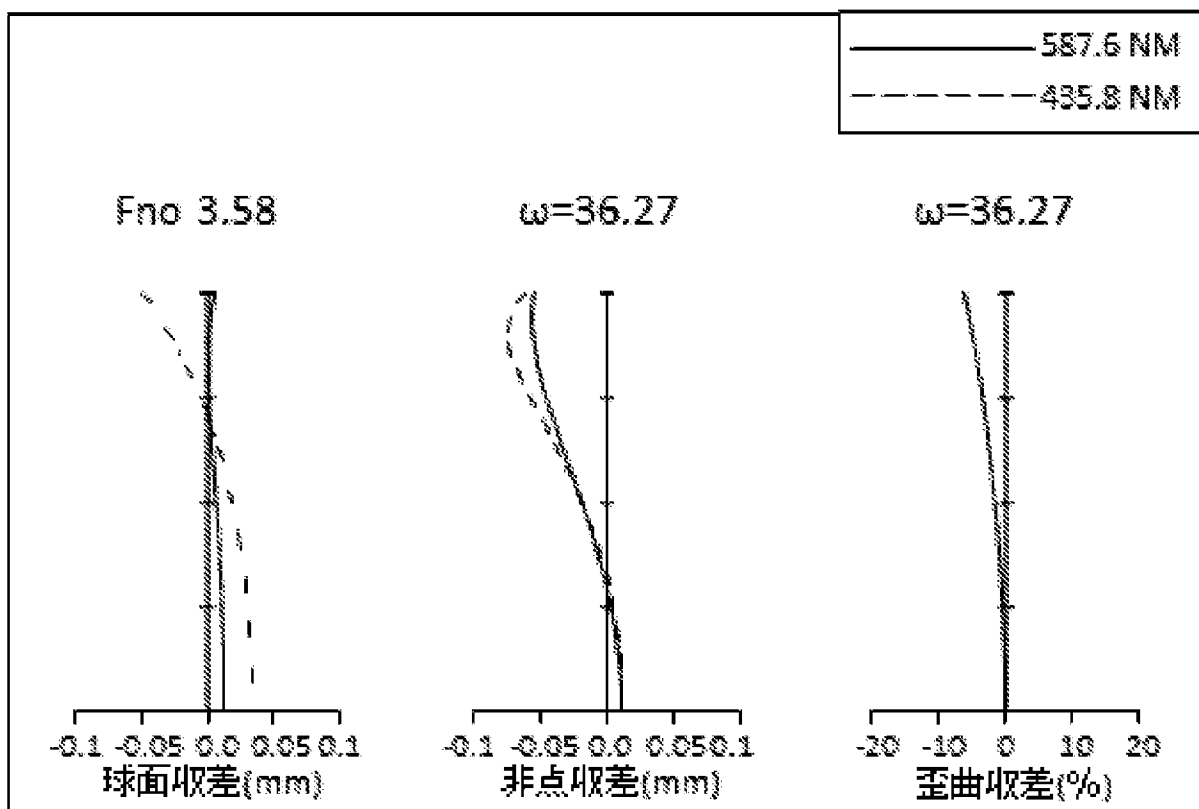
[図10]



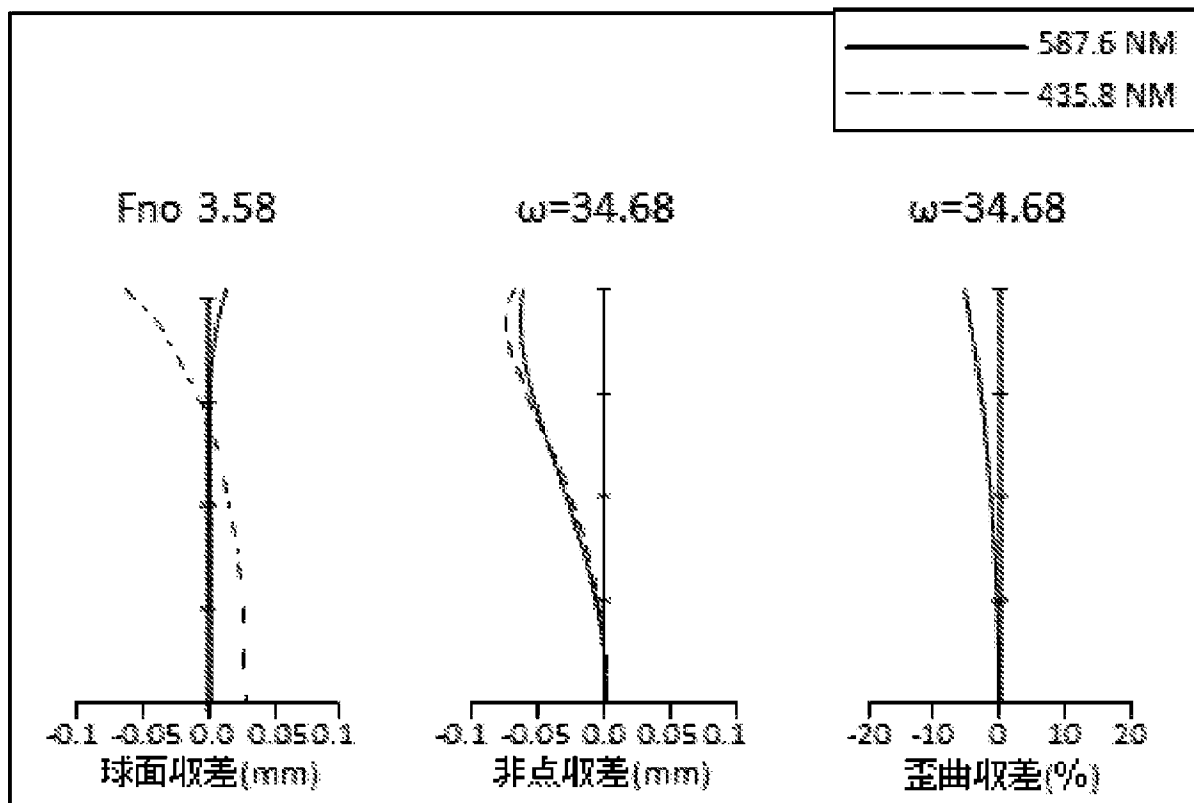
[図11]



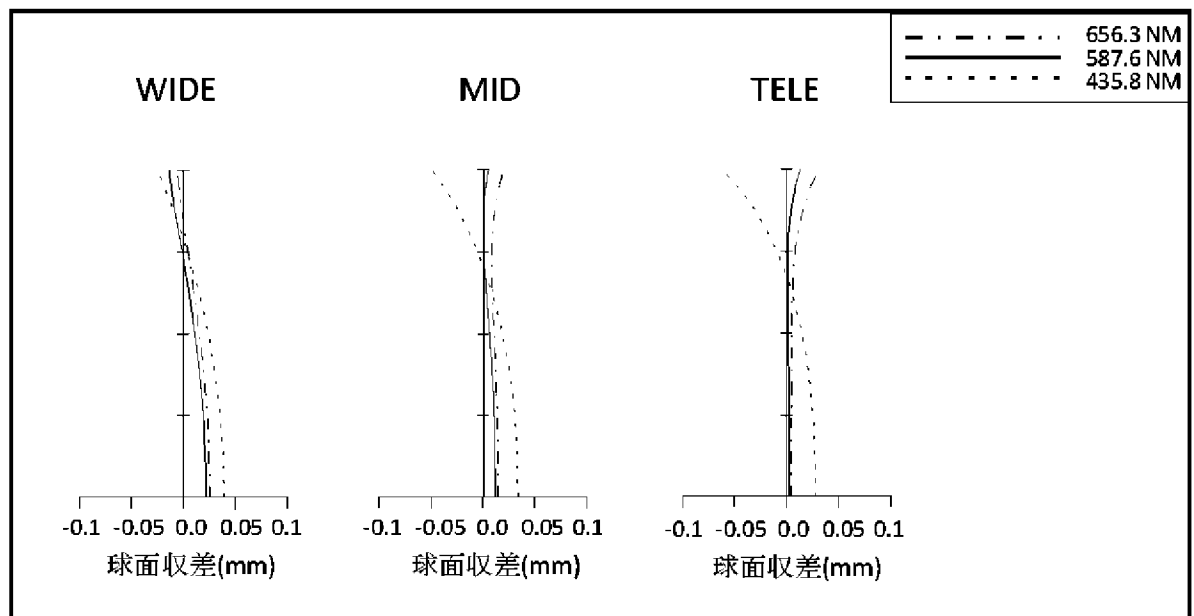
[図12]



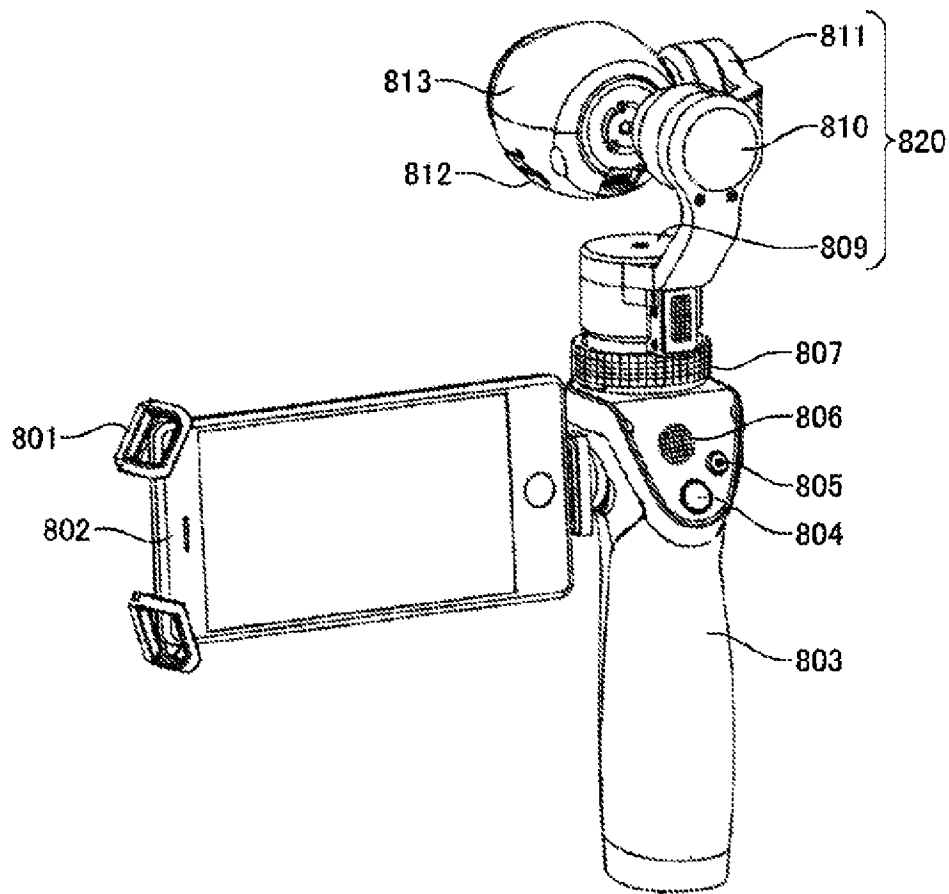
[図13]



[図14]



[図15]

800

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/086086

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B15/20(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B15/20, G02B13/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-189527 A (Olympus Imaging Corp.), 20 July 2006 (20.07.2006), columns concerning 'example 1' & US 2006/0146421 A1 columns concerning 'example 1'	1-11
A	JP 2011-257625 A (Nittoh Kogaku Kabushiki Kaisha), 22 December 2011 (22.12.2011), columns concerning '3rd example' (Family: none)	1-11
A	JP 2015-28530 A (Canon Inc.), 12 February 2015 (12.02.2015), paragraph [0067]; columns concerning 'numerical example 3' (Family: none)	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 February 2017 (13.02.17)

Date of mailing of the international search report
28 February 2017 (28.02.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/086086

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-153443 A (Ricoh Co., Ltd.), 25 August 2014 (25.08.2014), columns concerning all 'examples' (Family: none)	1-11
A	WO 2015/178095 A1 (Olympus Corp.), 26 November 2015 (26.11.2015), columns concerning 'numerical example 1' (Family: none)	1-11

Object to be covered by this search:

1. Claim 1 recites "being provided with, in order from the object side, a first lens group having negative refractive power, a second lens group having positive refractive power, and a third lens group having positive refractive power", and the invention in claim 1 is interpreted as including a zoom lens system obtained by adding another lens group (for example, "a fourth lens group") to a zoom lens system configured to comprise "a first lens group having negative refractive power", "a second lens group having positive refractive power" and "a third lens group having positive refractive power". Meanwhile, the description in this international application recites, as a concrete example, only a zoom lens system configured to comprise "a first lens group having negative refractive power", "a second lens group having positive refractive power" and "a third lens group having positive refractive power".

In the technical field of a lens system, it is common technical knowledge that if the number of lens groups constituting a lens system or the sign (positive or negative) of refractive power of each lens group differs, an obtained optical characteristic (such as aberration) greatly differs. However, the aforementioned description does not recite at all examples and the like related to the aforementioned zoom lens system comprising four or more lens groups, and the like, and there is no theoretical explanation that makes it possible to understand that the aforementioned zoom lens system comprising four or more lens groups, and the like have the same optical characteristic as a zoom lens system configured to comprise "a first lens group having negative refractive power", "a second lens group having positive refractive power" and "a third lens group having positive refractive power".

If so, it cannot be said that a person skilled in the art can perform expansion or generalization to what is obtained by adding a lens group other than those recited in examples recited in the description (the aforementioned zoom lens system comprising four or more lens groups, and the like) while it has the same optical characteristic as those in the examples recited in the description.

Consequently, the invention of claim 1 exceeds the range set forth in the afore-said description, and therefore does not comply with the requirement of the support prescribed under PCT Article 6.

2. Claim 1 indicates that "a first lens group includes, in order from the object side, four lenses having negative, negative, negative, and positive refractive power, respectively", and the invention in claim 1 is interpreted as including a zoom lens system obtained by adding, as "a first lens group", another lens (for example, a fifth "lens") to a zoom lens system comprising "in order from the object side, four lenses having negative, negative, negative, and positive refractive power, respectively", as "a first lens group". Meanwhile, the description in this international application recites, as a concrete example, only a zoom lens system, wherein "a first lens group" comprises, "in order from the object side, four lenses having negative, negative, negative, and positive refractive power, respectively".

For the same reason as the contents mentioned in the abovementioned "1.", it cannot be said that a person skilled in the art can perform expansion or generalization to a zoom lens system configured as above while it has the same optical characteristic as those in the examples recited in the description.

(Continued to next extra sheet)

Consequently, the invention of claim 1 exceeds the range set forth in the afore-said description, and therefore does not comply with the requirement of the support prescribed under PCT Article 6.

Therefore, the search related to this international application was carried out on the scope supported by and disclosed in the description, that is, only on what has the configuration indicated above ("a zoom lens" comprising, "in order from the object side, a first lens group having negative refractive power, a second lens group having positive refractive power, and a third lens group having positive refractive power), wherein "when magnification is changed from a wide-angle end to a telephoto end, the distance between the first lens group and the second lens group decreases, the distance between the second lens group and the third lens group changes, the first lens group" comprises, "in order from the object side, four lenses having negative, negative, negative, and positive refractive power, respectively", and "when Abbe numbers of the three lenses each having negative refractive power included in the first lens group are denoted by v_1 , v_2 , v_3 , respectively, the focal length of the first lens group is denoted by f_1 , and the focal length at the wide-angle end of the entire system is denoted by f_w , conditional expressions $v_1 > 60$, $v_2 > 60$, $v_3 > 60$, $-2.5 < f_1/f_w < -1.2$ are satisfied").

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B15/20(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B15/20, G02B13/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2006-189527 A（オリンパスイメージング株式会社） 2006.07.20, 「実施例1」に関する欄等 & US 2006/0146421 A1, 「Example 1」に関する欄等	1-11
A	JP 2011-257625 A（日東光学株式会社） 2011.12.22, 「第3の実施例」に関する欄等 （ファミリーなし）	1-11
A	JP 2015-28530 A（キヤノン株式会社） 2015.02.12, 段落[0067]、 「数値実施例3」に関する欄等 （ファミリーなし）	1-11

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13.02.2017

国際調査報告の発送日

28.02.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

小倉 宏之

2 V

4 4 6 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-153443 A (株式会社リコー) 2014. 08. 25, 全「実施例」に関する欄等 (ファミリーなし)	1 - 1 1
A	WO 2015/178095 A1 (オリンパス株式会社) 2015. 11. 26, 「数値実施例 1」に関する欄等 (ファミリーなし)	1 - 1 1

[調査の対象について]

1. 請求項1には「物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とを備え」と記載され、請求項1に係る発明には、「負の屈折力を有する第1レンズ群」、「正の屈折力を有する第2レンズ群」及び「正の屈折力を有する第3レンズ群」からなる構成のズームレンズ系に他のレンズ群（例えば「第4レンズ群」）を追加したズームレンズ系も含まれると解される一方、この国際出願における明細書には、具体例として、「負の屈折力を有する第1レンズ群」、「正の屈折力を有する第2レンズ群」及び「正の屈折力を有する第3レンズ群」からなる構成のズームレンズ系が記載されているのみである。そして、レンズ系の技術分野においては、レンズ系を構成するレンズ群の数や各レンズ群の屈折力の符号（正負）が異なると、得られる光学的性能（収差等）が大きく異なることが技術常識であるが、前記明細書には、前記4群以上のレンズ群からなるズームレンズ系等に係る実施例等が一切記載されておらず、また、前記4群以上のレンズ群からなるズームレンズ系等が、「負の屈折力を有する第1レンズ群」、「正の屈折力を有する第2レンズ群」及び「正の屈折力を有する第3レンズ群」からなる構成のズームレンズ系と同様の光学的性能を有していると理解できる程度の原理的説明は存在しない。

そうすると、当業者が、前記明細書に記載されている実施例に記載のもの以外のレンズ群が付加等されたもの（前記4群以上のレンズ群からなるズームレンズ系等）まで、前記明細書に記載される実施例のものと同様の光学的性能を有しつつ拡張ないし一般化できるとはいえない。

したがって、請求項1に係る発明は、前記明細書に記載した範囲を超えるものであり、PCT第6条に規定される裏付けに関する要件を満たしていない。

2. 請求項1には「第1レンズ群は、物体側から順に、それぞれ負、負、負、正の屈折力を有する4つのレンズを含み」と記載され、請求項1に係る発明には、「第1レンズ群」として「物体側から順に、それぞれ負、負、負、正の屈折力を有する4つのレンズ」からなるズームレンズ系に、「第1レンズ群」として他のレンズ（例えば第5番目の「レンズ」）を追加したズームレンズ系も含まれると解される一方、この国際出願における明細書には、具体例として、「第1レンズ群」が「物体側から順に、それぞれ負、負、負、正の屈折力を有する4つのレンズ」からなるズームレンズ系が記載されているのみである。そして、上記「1.」において述べた内容と同様の理由により、そのような構成からなるズームレンズ系まで、当業者が、前記明細書に記載される実施例のものと同様の光学的性能を有しつつ拡張ないし一般化できるとはいえない。

したがって、請求項1に係る発明は、前記明細書に記載した範囲を超えるものであり、PCT第6条に規定される裏付けに関する要件を満たしていない。

よって、この国際出願に係る調査は、前記明細書に裏付けられ、開示されている範囲、すなわち上記指摘の構成を備えるもの（「物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と」からなり、「広角端から望遠端への変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が減少し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が変化し、前記第1レンズ群は、物体側から順に、それぞれ負、負、負、正の屈折力を有する4つのレンズ」からなり、「前記第1レンズ群に含まれる前記負の屈折力を有する3つの前記レンズのアップ数をそれぞれ v_1 、 v_2 、 v_3 とし、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、全系の広角端の焦点距離を f_w とすると、条件式 $v_1 > 60$ $v_2 > 60$ $v_3 > 60$ $-2.5 < f_1 / f_w < -1.2$ を満足するズームレンズ。）」のみを対象として行った。