

(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
2017年8月3日(03.08.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/130663 A1

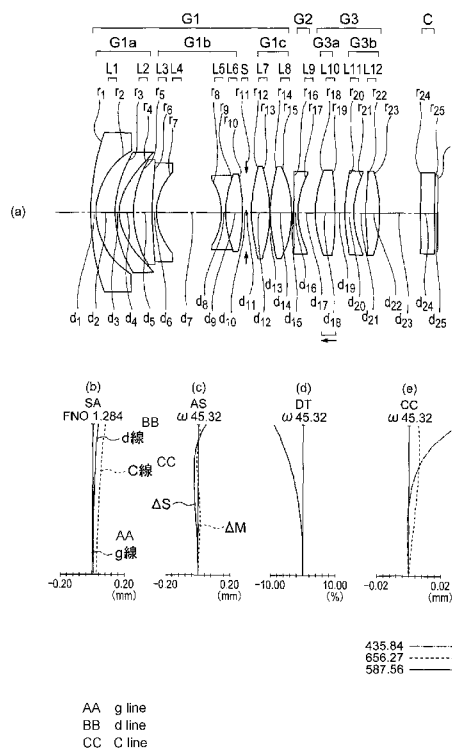
- (51) 国際特許分類:
G02B 13/00 (2006.01) G02B 13/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/000299
- (22) 国際出願日: 2017年1月6日(06.01.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
PCT/JP2016/051962 2016年1月25日(25.01.2016) JP
- (71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 市川啓介 (ICHIKAWA Keisuke); 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 三原伸一 (MIHARA Shinichi); 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 斎藤圭介, 外 (SAITO Keisuke et al.); 〒1010051 東京都千代田区神田神保町1-4-1-3 駿河台下MKビル6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, KH, 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.
- (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), ユーロパ (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),

[続葉有]

(54) Title: SINGLE-FOCUS OPTICAL SYSTEM AND OPTICAL DEVICE PROVIDED THEREWITH

(54) 発明の名称: 単焦点光学系及びそれを備えた光学装置

[図1]



(57) Abstract: In order from the magnification side, this single-focus optical system comprises a first lens group G1 having a positive refractive power, a second lens group G2 having a negative refractive power, and a third lens group G3 having a positive refractive power. In order from the magnification side, the first lens group G1 either consists of a first subgroup, a second subgroup and a third subgroup, or further comprises one positive lens component. The first subgroup has one or multiple negative lens components, the second subgroup has two meniscus lens components, and the third subgroup has multiple positive lens components. In order from the magnification side, the third lens group G3 comprises a front subgroup G3a and a rear subgroup G3b, and the front subgroup G3a consists only of a positive lens component. During focusing, the first lens group G1 is fixed, the front subgroup G3a is mobile and the rear subgroup G3b is fixed, and the interval between the second lens group G2 and the front subgroup G3a and the interval between the front subgroup G3a and the rear subgroup G3b are at least variable.

(57) 要約: 単焦点光学系は、拡大側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、から構成され、第1レンズ群G1は、拡大側から順に、第1副群、第2副群及び第3副群からなるか、又は、更に、1つの正レンズ成分を有し、第1副群は、1つ又は複数の負レンズ成分を有し、第2副群は、2つのメニスカスレンズ成分を有し、第3副群は、複数の正レンズ成分を有し、第3レンズ群G3は、拡大側から順に、前側副群G3aと、後側副群G3bと、からなり、前側副群G3aは、正レンズ成分のみからなり、フォーカス時、第1レンズ群G1は固定で、前側副群G3aは移動可能で、後側副群G3bは固定であり、第2レンズ群G2と前側副群G3aとの間隔、及び前側副群G3aと後側副群G3bとの間隔は少なくとも可変である。

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))

明 細 書

発明の名称：単焦点光学系及びそれを備えた光学装置

技術分野

[0001] 本発明は、単焦点光学系及びそれを備えた光学装置に関する。

背景技術

[0002] 口径比が大きく、且つ画角が広い光学系では、フォーカス時の収差変動が、高い結像性能の確保にとって大きな問題となる。特に、大口径比であるほど、わずかな収差変動が著しい結像性能の劣化を招く。また、画角が広くなるほど、その傾向が強い。

[0003] 口径比が大きい結像光学系におけるフォーカスの例として、望遠レンズにおけるフォーカスがある。例えば、従来の望遠レンズとして、物体から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、負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レンズ群にて構成された望遠レンズがある。この望遠レンズにおけるフォーカスでは、第2レンズ群が移動する。これにより、無限遠から相当な至近距離に亘って、収差変動を小さく収めることができる。ただし、従来の望遠レンズでは画角が15度未満であるため、撮影範囲の中心から周辺部に亘り結像性能を良好に維持できているにすぎない。

[0004] 高い結像性能を有する結像光学系のタイプとして、ガウスタイプが知られている。ガウスタイプの光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する物体側群と、正の屈折力を有する像側群と、より構成されている。

[0005] 物体側群は、2枚乃至3枚の正レンズと、1枚の負レンズとからなる。この負レンズは、直前の正レンズと接合されている場合がある。また、像側群は、1枚の負レンズと、2枚乃至3枚の正レンズと、からなる。この負レンズも、直後の正レンズと接合されている場合がある。

[0006] また、ガウスタイプの光学系は、その中央部を境に物体側の形状と像側の形状がおおむね対称で、且つコンセントリックな形状になっている。コンセントリックな形状では、各レンズで、2つのレンズ面における曲率中心が中

央部の近くに位置している。

[0007] これにより、ガウスタイプの光学系では、大口径比であっても、各収差がある程度良好に補正できている。しかし、従来以上の結像性能を実現しようとする、ガウスタイプの光学系では画角50度弱が限界である。よって、ガウスタイプの光学系で、50度以上の画角の実現は困難である。

[0008] これらの問題を解決した広角撮影レンズが、各種提案されている。提案されている広角撮影レンズでは、Fナンバーが1.4程度になっている。画角が広くFナンバーが小さい広角撮影レンズの光学系として、特許文献1～6に開示された光学系がある。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献1：特開2012-226309号公報
特許文献2：特開2004-101880号公報
特許文献3：特開2009-109723号公報
特許文献4：特開2010-039340号公報
特許文献5：特開2010-097207号公報
特許文献6：特開2011-059290号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 特許文献1や特許文献2の光学系ではFナンバーが1.24であるため、Fナンバーが小さい光学系が実現できている。しかしながら、画角が63.6°であるため、特許文献1や特許文献2の光学系では、画角が十分に広い光学系が実現できていない。

[0011] また、特許文献3、特許文献4、特許文献5及び特許文献6の光学系では、Fナンバーが1.4であるが、これ以上Fナンバーを小さくしようとするか、又は画角を広くしようとする、上述した諸収差の補正がさらに困難となる。

[0012] 本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであって、広い画角と小さいFナンバーを有しながらも、無限遠から至近距離にわたって、合焦時の諸収差が良好に補正された単焦点光学系及びそれを備えた光学装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0013] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の単焦点光学系は、

、

距離が長い方の拡大側の共役点と距離が短い方の縮小側の共役点との共役関係を形成する単焦点光学系であって、

単焦点光学系は、拡大側から順に、

正の屈折力を有する第1レンズ群と、

負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、から構成され、

レンズ成分は、単レンズ又は接合レンズであり、

第1レンズ群は、拡大側から順に、第1副群、第2副群及び第3副群を有するか、又は、第1副群、1つの正レンズ成分、第2副群及び第3副群を有し、

第1副群は、1つの負レンズ成分からなるか、又は、連続した複数の負レンズ成分からなり、

第2副群は、凹面どうしが向かい合った2つのメニスカスレンズ成分からなり、

第3副群は、複数の正レンズ成分からなり、

第2レンズ群は、負レンズ成分のみからなり、

第3レンズ群は、拡大側から順に、前側副群と、後側副群と、からなり、

前側副群は、最も拡大側に正レンズ成分を有し、

フォーカス時、第1レンズ群は固定で、前側副群は少なくとも移動可能で、後側副群は固定であり、

第2レンズ群と前側副群との間隔、及び前側副群と後側副群の間隔は少な

くとも可変で、且つ、

第1レンズ群内、第2レンズ群内、前側副群内、後側副群内の各レンズ面間隔は、一定であることを特徴とする。

[0014] また、本発明の光学装置は、

光学系と、縮小側に配置された撮像素子と、を有し、

撮像素子は撮像面を有し、且つ光学系によって撮像面上に形成された像を電気信号に変換し、

光学系が上述の単焦点光学系であることを特徴とする。

[0015] また、本発明の別の光学装置は、

光学系と、縮小側に配置された表示素子と、を有し、

表示素子は表示面を有し、

表示面上に表示された画像は、光学系によって拡大側に投影され、

光学系が上述の単焦点光学系であることを特徴とする。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、広い画角と小さいFナンバーを有しながらも、無限遠から至近距離にわたって、合焦時の諸収差が良好に補正された単焦点光学系及びそれを備えた光学装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]実施例1に係る単焦点光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

[図2]実施例2に係る単焦点光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

[図3]実施例3に係る単焦点光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

[図4]実施例4に係る単焦点光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無

無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

[図5]実施例5に係る単焦点光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

[図6]実施例6に係る単焦点光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

[図7]実施例7に係る単焦点光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

[図8]実施例8に係る単焦点光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

[図9]実施例9に係る単焦点光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

[図10]実施例10に係る単焦点光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

[図11]実施例11に係る単焦点光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

[図12]実施例12に係る単焦点光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

[図13]実施例13に係る単焦点光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は

、無限遠物体合焦時の収差図である。

[図14]実施例14に係る単焦点光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

[図15]撮像装置の断面図である。

[図16]撮像装置の前方斜視図である。

[図17]撮像装置の後方斜視図である。

[図18]撮像装置の主要部の内部回路の構成ブロック図である。

[図19]投影装置の断面図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下に、本発明に係る単焦点光学系及びそれを備えた光学装置の実施形態及び実施例を、図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態及び実施例によりこの発明が限定されるものではない。

[0019] 本実施形態の単焦点光学系は、距離が長い方の拡大側の共役点と距離が短い方の縮小側の共役点との共役関係を形成する単焦点光学系であって、単焦点光学系は、拡大側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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、から構成され、レンズ成分は、単レンズ又は接合レンズであり、第1レンズ群は、拡大側から順に、第1副群、第2副群及び第3副群を有するか、又は、第1副群、1つの正レンズ成分、第2副群及び第3副群を有し、第1副群は、1つの負レンズ成分からなるか、又は、連続した複数の負レンズ成分からなり、第2副群は、凹面どうしが向かい合った2つのメニスカスレンズ成分からなり、第3副群は、複数の正レンズ成分からなり、第2レンズ群は、負レンズ成分のみからなり、第3レンズ群は、拡大側から順に、前側副群と、後側副群と、からなり、前側副群は、最も拡大側に正レンズ成分を有し、フォーカス時、第1レンズ群は固定で、前側副群は少なくとも移動可能で、後側副群は固定であり、第2レンズ群と前側副群との間隔、及び前側副群と後側副群との間隔は少なくとも可変で、且つ、第1レンズ群内、第2レンズ群内、

前側副群内、後側副群内の各レンズ面間隔は、一定であることを特徴とする。

[0020] 本実施形態の単焦点光学系とガウスタイプの光学系とを比較しながら、本実施形態の単焦点光学系について説明する。以下の説明では、拡大側に物体側が対応し、縮小側に像側が対応する。

[0021] 本実施形態の単焦点光学系は、口径比が大きい光学系である。よって、本実施形態の単焦点光学系では、拡大側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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、で構成された光学系が用いられている。

[0022] また、フォーカスでは、インナーフォーカス方式を用いている。光学系が3つのレンズ群で構成されている場合、収差変動の抑制と軽量化がしやすいように、第2レンズ群、第3レンズ群、あるいは第3レンズ群の一部を移動させる。このようにすることで、フォーカス時の収差変動の抑制とフォーカス用のレンズの軽量化とが容易になる。このようなインナーフォーカス方式を採用した光学系は、従来の望遠レンズにおいて多数見ることが出来る。

[0023] ただし、本実施形態の単焦点光学系は、従来の望遠レンズに比べて、画角がはるかに広い。よって、本実施形態の単焦点光学系では、フォーカス方式を含めた光学系のレンズ構成は、従来の望遠レンズとは異なるレンズ構成を採用している。つまり、ガウスタイプを基本としつつも、さらに広い画角にも対応できる構成とし、フォーカス方式もそれに合わせたインナーフォーカス方式としている。具体的には、第3レンズ群内の拡大側の一部分（第3レンズ群の前側副群）を、フォーカス時に移動させるようにしている。

[0024] 上述のように、画角が広くなると、わずかな収差変動で結像性能が大きく劣化する。フォーカスによる収差変動を小さく収めるための基本的考え方は、合計収差量をできるだけ小さくすることである。ここでの合計収差量とは、正の屈折力を有する第1レンズ群で発生する収差量、負の屈折力を有する第2レンズ群で発生する収差量、及び第3レンズ群内の縮小側の一部分（第3レンズ群の後側副群）で発生する収差量の合計である。特に、第1レンズ

群で発生する収差量を小さく抑えることが肝要である。

[0025] 上述のように、ガウスタイプの光学系は高い結像性能を有する。そのため、ガウスタイプの光学系を変形することで、口径比を更に大きくすると共に、画角を更に広げることが可能である。そこで、本実施形態の単焦点光学系では、広い画角、例えば50度以上の画角においてもフォーカス時の収差変動を極力小さく収めるために、ガウスタイプの光学系をさらに広い画角に対応できるように変形し、変形した光学系を正の屈折力を有する第1レンズ群として用いている。

[0026] このように、本実施形態の単焦点光学系は、ガウスタイプの光学系をベースにしている。すなわち、ガウスタイプにおける基本的なレンズの配列やレンズの形状（以下、「基本配列」という）を極力維持しつつ、様々な工夫を加えている。よって、第1レンズ群は、ガウスタイプの物体側群や像側群と同様の基本配列を備えている。

[0027] ただし、第1レンズ群では、ガウスタイプの物体側群における基本配列や像側群における基本配列を極力維持しつつ、屈折力の配列のバランスをシフトさせて、ガウスタイプの屈折力配置とは異なる屈折力配置としている。

[0028] 具体的には、第1レンズ群のうち、物体側群に相当する部分については、物体側群における正の屈折力を負側にシフトさせた状態にしている。また、第1レンズ群のうち、像側群に相当する部分については、像側群における正の屈折力を正側に大きくシフトした状態にしている。屈折力の負側へのシフトとは、正の屈折力を小さな負の屈折力に変更することや、正の屈折力をより小さな正の屈折力にすることである。屈折力の正側へのシフトとは、正の屈折力をより大きな正の屈折力にすることである。

[0029] このように、本実施形態の単焦点光学系では、ガウスタイプにおける基本配列を極力維持しながら、収差補正にとって有利になるように、光学系の構成を再構成している。すなわち、ガウスタイプの物体側群に相当する部分の屈折力を負側にシフトさせると共に、像側群に相当する部分の屈折力を正側に大きくシフトさせた状態となるように、ガウスタイプにおける基本配列を

再構成している。

[0030] 第1レンズ群は3つの副群を含んでいる。単焦点光学系全系の焦点距離が長いうちは、物体側群に相当する部分の屈折力をあまり負側に大きくシフトしない方がよい。このような事情を鑑み、その場合は第2副群の直前、すなわち、1または複数の負レンズ成分からなる第1副群と第2副群との間に1枚の正レンズ成分を配置してもよい。このようにすることで、球面収差や軸上色収差を良好に補正することができる。ただし、2枚以上の正レンズ成分を配置することは、光学系の全長が長くなり、また、物体側群に相当する部分の径が肥大化するので、かえって好ましくない。

[0031] 一方、単焦点光学系全系の焦点距離を短くする場合には、第1副群と第2副群との間に正レンズ成分は配置しなくてもよい。このようにすることで、画角を広くすることができる。

[0032] 第2副群は、凹面どうしが向かい合った2つのメニスカスレンズ成分からなる。一方のメニスカスレンズ成分は、縮小側に凹面を向けて配置され、他方のメニスカスレンズ成分は、拡大側に凹面を向けて配置されている。よって、本実施形態の単焦点光学系では、一方のメニスカスレンズ成分から拡大側の部分が物体側群に相当する部分になるので、この部分の屈折力が負側にシフトされている。また、他方のメニスカスレンズ成分から縮小側の部分が像側群に相当する部分になるので、この部分の屈折力が正側に大きくシフトしている。

[0033] また、第2レンズ群は、フォーカス時に固定であることが好ましいが、フォーカスのために移動させてもよい。前側副群でフォーカスを行なった際の収差の変動量のいっそうの低減のため、フォーカス時に前側副群とともに、第2レンズ群を移動させてもよい。その際、両者の間隔を変えつつ移動させてもよい。

[0034] また、第2レンズ群からの射出光束をアフォーカルな状態に近づけておくと、インナーフォーカス時の収差変動を小さくしやすくなる。

[0035] 第3レンズ群は、拡大側から順に、前側副群と後側副群とで構成されてい

る。また、前側副群は正レンズ成分のみからなる。第2レンズ群からの射出光束をアフォーカルな状態に近づけておくと、前側副群への入射光束がアフォーカルな状態になる。そこで、フォーカスは、前側副群を移動することで行なうと良い。

[0036] この場合、第1レンズ群と後側副群は固定である。また、第2レンズ群と前側副群との間隔、及び前側副群と後側副群との間隔は、いずれも可変ということになる。また、第1レンズ群内、第2レンズ群内、前側副群内、後側副群内の各レンズ面間隔は一定である。

[0037] また、上述のように、フォーカス時、後側副群は基本的には固定である。しかしながら、収差の変動量の大きさに応じて、後側副群全体を可動とするか、あるいは後側副群の一部を可動としても良い。

[0038] このように、本実施形態の単焦点光学系では、ガウスタイプの光学系に対して、物体側群に相当する部分における屈折力を負側へシフトすると共に、像側群に相当する部分における屈折力を正側へ大きくシフトした構成を採用している。そのため、屈折力の面では、本実施形態の単焦点光学系はガウスタイプの光学系とは異なる。

[0039] しかしながら、本実施形態の単焦点光学系も、ガウスタイプの基本配列を備えている。よって、本実施形態の単焦点光学系は、収差補正のポテンシャルが極めて高い光学系をベースにしているといえることができる。そのため、本実施形態の単焦点光学系では、特に、球面収差、コマ収差、軸上色収差及び倍率色収差を極めて良好に補正できる。その結果、従来のガウスタイプの光学系よりも高い結像性能を有する単焦点光学系を実現することができる。例えば、単焦点光学系において、1.4よりも小さいFナンバーと、50°以上の画角を確保することができる。

[0040] このように、本実施形態の単焦点光学系によれば、標準レンズから広角レンズのカテゴリーにおいて、1.4よりも小さいFナンバーを有し、かつ、収差補正のポテンシャルが極めて高い単焦点光学系を提供することができる。特に、結像性能においては、従来の35mmフィルムサイズ用の単焦点光

学系を凌駕するレベルの結像性能を有することができる。

[0041] また、本実施形態の単焦点光学系では、第2レンズ群は、1つの負レンズ成分からなることが好ましい。

[0042] ガウスタイプの光学系の像側群に相当する部分（以下、「像側部分」という）の屈折力を正側へ大きくシフトすると、像側部分における負の球面収差、コマ収差、正のペッツバル和が大きくなりやすい。そのため、像側部分の屈折力を正側へ大きくシフトすることは、口径比を大きくするには不都合である。

[0043] そこで、像側部分の屈折力を正側へ大きくシフトせず、その代わりに、像側部分の像側に、負レンズ成分のみからなる第2レンズ群を配する。このとき、1つのレンズ成分のみでも、上述の収差は十分補正できる。このようなことから、第2レンズ群を1つの負レンズ成分で構成している。

[0044] また、フォーカスは、基本的には前側副群を単独で移動することにより行なう。しかしながら、前側副群に加えて、第2レンズ群も光軸に沿って移動させても良い。このようにすることで、フォーカス時の収差変動を更に少なくすることができる。また、第2レンズ群は1つのレンズ成分で構成されているので、移動するレンズの重量の増加も、最小限で済ませることができる。

[0045] また、本実施形態の単焦点光学系では、第2レンズ群の負レンズ成分における縮小側面は凹面であり、第2レンズ群の負レンズ成分における縮小側面の曲率絶対値は、拡大側面の曲率絶対値よりも大きいことが好ましい。

[0046] このようにすることで、像側部分の屈折力を正側にシフトさせつつ、球面収差、コマ収差、および非点収差、像面湾曲、さらには軸上色収差、倍率色収差をより良好に補正できる。また、フォーカス時に第2レンズ群を移動させる場合であっても、第2レンズ群を前側副群と別個に移動する場合において、収差変動を極めて少なくすることができる。

[0047] また、本実施形態の単焦点光学系では、後側副群は正レンズと負レンズとを有することが好ましい。

- [0048] 第3レンズ群の後側副群が正レンズを備えることで、縮小側へのテレセントリック性の確保に有利となる。そして、更に、第3レンズ群の後側副群が負レンズを備えることで、テレセントリック性の確保を行いつつも、球面収差、コマ収差、非点収差及び像面湾曲、更には軸上色収差や倍率色収差をより良好に補正できる。
- [0049] また、本実施形態の単焦点光学系では、後側副群の最も縮小側に配置されたレンズは、正の屈折力を有することが好ましい。
- [0050] このようにすることは、射出瞳を像面から遠ざけることに有利となる。
- [0051] また、本実施形態の単焦点光学系では、後側副群は、拡大側から順に、負レンズと、正レンズと、からなるか、又は、負レンズと、正レンズと、正レンズと、からなるか、又は、正レンズと、負レンズと、正レンズと、からなることが好ましい。
- [0052] このようにすることで、後側副群の屈折力を大きくしつつも、球面収差、コマ収差、非点収差及び像面湾曲、更には軸上色収差や倍率色収差をより良好に補正できる。また、光線高の増大を抑え易くなるので、光学系の小型化が行い易くなる。
- [0053] また、本実施形態の単焦点光学系では、後側副群は、1つの正レンズと1つの負レンズからなり、フォーカス時に、第2レンズ群と前側副群との間隔を変えつつ、第2レンズ群と前側副群とを移動させることが好ましい。
- [0054] フォーカス時に前側副群を移動させた際に各収差の変動量が許容できないほど大きい場合には、第2レンズ群と共に、両者の間隔を変えつつ光軸上を移動させることが好ましい。これにより、球面収差の変動や非点収差の変動を抑えることができる。
- [0055] また、本実施形態の単焦点光学系では、後側副群は、2つの正レンズと1つの負レンズからなり、フォーカス時に、第2レンズ群と前側副群との間隔を変えつつ、前側副群を移動させることが好ましい。
- [0056] 後側副群は、1つの正レンズと1つの負レンズにて構成するよりも、2つの正レンズと1つの負レンズにて構成したほうが良い。このようにすることで

、設計基準となる撮影倍率においても、球面収差の補正レベルや非点収差の補正レベルを、更に高めることができる。また、フォーカスに伴う収差変動もさらに少なくなる。

[0057] また、本実施形態の単焦点光学系では、前側副群は正の単レンズであることが好ましい。

[0058] フォーカスに伴う収差変動を抑えるには、フォーカス時に前側副群が光軸に沿って移動するのが最も良い。その際、移動するレンズ群の重量が問題になる。そこで、前側副群を1つの単レンズにて構成することで、移動するレンズ群の重量を軽量にできる。これにより、収差変動を悪化させずに、高速でフォーカスすることが可能になる。

[0059] また、本実施形態の単焦点光学系では、第1レンズ群は、最も縮小側に縮小側正レンズ成分を有することが好ましい。

[0060] このようにすることで、口径比をより大きくした場合や、画角をより広げた場合でも、十分なバックフォーカスを確保しつつ、球面収差、コマ収差、非点収差及び像面湾曲、更には軸上色収差や倍率色収差をより良好に補正できる。

[0061] また、本実施形態の単焦点光学系では、第2副群は、拡大側に凹面を向けた接合レンズを含み、2つのメニスカスレンズ成分のうちの一方は、第2副群の接合レンズであり、第2副群の接合レンズは、拡大側から順に、負レンズと正レンズとからなることが好ましい。

[0062] このようにすることで、球面収差、コマ収差、非点収差及び像面湾曲、更には軸上色収差や倍率色収差をより良好に補正できる。

[0063] また、本実施形態の単焦点光学系では、第2副群は、拡大側に凹面を向けた接合レンズと、縮小側レンズ成分と、を有し、2つのメニスカスレンズ成分のうちの一方は、第2副群の接合レンズであり、他方は、縮小側レンズ成分であり、第2副群の接合レンズは、拡大側から順に、負レンズと正レンズとからなり、縮小側レンズ成分は、第2副群の接合レンズの拡大側に、第2副群の接合レンズと隣接して配置され、縮小側レンズ成分の形状は、拡大側

に凸面を向けたメニスカス形状であることが好ましい。

[0064] このようにすることで、口径比をより大きくした場合や、画角をより広くした場合でも、球面収差、コマ収差、非点収差及び像面湾曲、更には軸上色収差や倍率色収差をより良好に補正できる。

[0065] また、本実施形態の単焦点光学系では、第2レンズ群の縮小側には、第3レンズ群のみが配置されていることが好ましい。

[0066] 画角を広くすると焦点距離が短くなる。また、結像性能を向上させようとすると、第2レンズ群や第3レンズ群を構成するレンズ成分の枚数が多くなる。

[0067] そこで、このようにすることで、焦点距離が短くなった場合や、レンズ成分の枚数が多くなった場合でも、十分なバックフォーカスを確保しつつ、球面収差、コマ収差、非点収差及び像面湾曲、更には軸上色収差や倍率色収差をより良好に補正できる。

[0068] また、本実施形態の単焦点光学系では、第1レンズ群は、最も拡大側に拡大側レンズ成分を有し、以下の条件式(1)を満足することが好ましい。

$$0.65 < SF_{11} < 3.5 \quad (1)$$

ここで、

$$SF_{11} = (R_{F11} + R_{R11}) / (R_{F11} - R_{R11}) \text{ であり、}$$

R_{F11} は、拡大側レンズ成分における最も拡大側面の曲率半径、

R_{R11} は、拡大側レンズ成分における最も縮小側面の曲率半径、

である。

[0069] 条件式(1)の上限値を上回らないようにすることで、特に非点収差の補正が容易になる。条件式(1)の下限値を下回らないようにすることで、特に樽型の歪曲収差の補正が容易になる。

[0070] ここで、条件式(1)に代えて、以下の条件式(1')を満足するとより良い。

$$0.75 < SF_{11} < 3.0 \quad (1')$$

また、条件式(1)に代えて、以下の条件式(1'')を満足するとなお良

い。

$$0.85 < S F_{11} < 2.5 \quad (1'')$$

[0071] また、本実施形態の単焦点光学系では、第2副群は、縮小側レンズ成分を有し、縮小側レンズ成分は、2つのメニスカスレンズ成分のうち、拡大側に位置するメニスカスレンズ成分であって、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$1.1 < S F_{12} < 1.5 \quad (2)$$

ここで、

$$S F_{12} = (R_{F12} + R_{R12}) / (R_{F12} - R_{R12}) \text{ であり、}$$

R_{F12} は、縮小側レンズ成分における最も拡大側面の曲率半径、

R_{R12} は、縮小側レンズ成分における最も縮小側面の曲率半径、

である。

[0072] 条件式(2)の上限値を上回らないようにするか、又は条件式(2)の下限値を下回らないようにすることで、口径比を大きくすると共に、画角を広くしても、球面収差とコマ収差とをバランスよく補正することが容易になる。

[0073] ここで、条件式(2)に代えて、以下の条件式(2')を満足するとより良い。

$$1.4 < S F_{12} < 1.0 \quad (2')$$

また、条件式(2)に代えて、以下の条件式(2'')を満足するとなお良い。

$$1.7 < S F_{12} < 8.0 \quad (2'')$$

[0074] また、本実施形態の単焦点光学系では、第2副群は、接合レンズを有し、第2副群の接合レンズは、2つのメニスカスレンズ成分のうち、縮小側に位置するメニスカスレンズ成分であって、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$-1.2 < S F_{13} < -1.0 \quad (3)$$

ここで、

$SF_{13} = (R_{F13} + R_{R13}) / (R_{F13} - R_{R13})$ であり、

R_{F13} は、第2副群の接合レンズにおける最も拡大側面の曲率半径、

R_{R13} は、第2副群の接合レンズにおける最も縮小側面の曲率半径、

である。

[0075] 条件式(3)の上限値を上回らないようにするか、又は条件式(3)の下限値を下回らないようにすることで、口径比を大きくすると共に、画角を広くしても、球面収差とコマ収差とをバランスよく補正することが容易になる。

[0076] ここで、条件式(3)に代えて、以下の条件式(3')を満足するとより良い。

$$-9.0 < SF_{13} < -1.2 \quad (3')$$

また、条件式(3)に代えて、以下の条件式(3'')を満足するとよい。

$$-6.0 < SF_{13} < -1.4 \quad (3'')$$

[0077] また、本実施形態の単焦点光学系では、第3副群における複数の正レンズ成分は、最も拡大側に位置する前側正レンズ成分と、最も縮小側に位置する後側正レンズ成分と、を有し、以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

$$-2.0 < SF_{14} - SF_{15} < 6.0 \quad (4)$$

ここで、

$$SF_{14} = (R_{F14} + R_{R14}) / (R_{F14} - R_{R14})、$$

$$SF_{15} = (R_{F15} + R_{R15}) / (R_{F15} - R_{R15}) \text{ であり、}$$

R_{F14} は、前側正レンズ成分における最も拡大側面の曲率半径、

R_{R14} は、前側正レンズ成分における最も縮小側面の曲率半径、

R_{F15} は、後側正レンズ成分における最も拡大側面の曲率半径、

R_{R15} は、後側正レンズ成分における最も縮小側面の曲率半径、

である。

[0078] 第3副群において、複数の正レンズ成分が配置されている位置では、軸上

光線高が高くなっている。そのため、複数の正レンズ成分における各レンズ成分の形状は、像全体の鮮鋭性に影響のある球面収差の補正に関係が深い。

[0079] また、この軸上光線束は、第3副群の拡大側では発散状態になっている。第3副群では、発散状態を収斂状態に転じさせるために、各正レンズ成分のシェーピングファクターが拡大側から縮小側にて負の方向になるように、正レンズ成分の各々を並べるのがよい。そして、複数の正レンズ成分のうち、両端に位置する正レンズ成分のシェーピングファクターの差がある適当な値をとることが必要である。

[0080] 条件式(4)の上限値を上回らないようにするか、又は条件式(4)の下限値を下回らないようにすることで、口径比を大きくすると共に、画角を広くしても、球面収差を補正することが容易になる。

[0081] ここで、条件式(4)に代えて、以下の条件式(4')を満足するとより良い。

$$-1.6 < SF_{14} - SF_{15} < 4.5 \quad (4')$$

また、条件式(4)に代えて、以下の条件式(4'')を満足するとなお良い。

$$-1.2 < SF_{14} - SF_{15} < 3.0 \quad (4'')$$

[0082] また、本実施形態の単焦点光学系では、第2レンズ群の負レンズ成分は、以下の条件式(5)を満足することが好ましい。

$$0 < SF_{21} < 5.0 \quad (5)$$

ここで、

$$SF_{21} = (R_{F21} + R_{R21}) / (R_{F21} - R_{R21}) \text{ であり、}$$

R_{F21} は、第2レンズ群の負レンズ成分における最も拡大側面の曲率半径、

R_{R21} は、第2レンズ群の負レンズ成分における最も縮小側面の曲率半径、

である。

[0083] 光学系の小型化や軽量化のためには、光学系を構成するレンズ成分の枚数を減らすことが好ましい。しかしながら、レンズ成分の枚数を減らしていくと、インナーフォーカスにおいて前側副群のみを移動した場合は、前側副群

が関与する各種条件を仮に満足したとしても、収差変動を十分に抑えられないことがある。このような場合には、前側副群との相対的間隔を変化させながら、第2レンズ群を移動させると良い。そして、その場合、条件式(5)を満足すると良い。

[0084] 条件式(5)の上限値を上回らないようにすることで、非点収差の変動の増大を抑えることができる。条件式(5)の下限値を下回らないようにすることで、球面収差の変動の増大を抑えることができる。

[0085] ここで、条件式(5)に代えて、以下の条件式(5')を満足するとより良い。

$$0.3 < SF_{21} < 4.0 \quad (5')$$

また、条件式(5)に代えて、以下の条件式(5'')を満足するとなお良い。

$$0.5 < SF_{21} < 3.0 \quad (5'')$$

[0086] また、本実施形態の単焦点光学系は、以下の条件式(6)を満足することが好ましい。

$$-2.5 < SF_{31} < 1.0 \quad (6)$$

ここで、

$$SF_{31} = (R_{F31} + R_{R31}) / (R_{F31} - R_{R31}) \text{ であり、}$$

R_{F31} は、前側副群の正レンズ成分における最も拡大側面の曲率半径、

R_{R31} は、前側副群の正レンズ成分における最も縮小側面の曲率半径、

である。

[0087] インナーフォーカスを用いる場合には、収差変動が問題となる。インナーフォーカスにおいて、光軸に沿って移動するレンズ群を前側副群にすると、収差変動を最も少なくできる。よって、安定したフォーカスが行える。更に、条件式(6)を満足することで、収差変動を十分に抑えることができる。

[0088] 条件式(6)の上限値を上回らないようにすることで、球面収差の変動の増大を抑えることができる。条件式(6)の下限値を下回らないようにすることで、非点収差の変動の増大を抑えることができる。

[0089] ここで、条件式（６）に代えて、以下の条件式（６'）を満足するとより良い。

$$-2.0 < SF_{31} < 0.7 \quad (6')$$

また、条件式（６）に代えて、以下の条件式（６''）を満足するとなお良い。

$$-1.6 < SF_{31} < 0.4 \quad (6'')$$

[0090] また、本実施形態の単焦点光学系では、第１レンズ群は、最も縮小側に縮小側正レンズ成分を有し、縮小側正レンズ成分は単レンズであり、横軸を Nd_{1PR} 、及び縦軸を νd_{1PR} とする直交座標系において、 $Nd_{1PR} = \alpha \times \nu d_{1PR} + \beta_{1PR}$ 、但し、 $\alpha = -0.01$ 、で表される直線を設定したときに、以下の条件式（１１）の範囲の下限值 $\beta_{1PR} = 2.25$ であるときの直線で定まる領域と、以下の条件式（１２）及び（１３）で定まる領域との両方の領域に、縮小側正レンズ成分の Nd_{1PR} 及び νd_{1PR} が含まれることが好ましい。

$$2.25 \leq \beta_{1PR} \quad (11)$$

$$1.40 < Nd_{1PR} \quad (12)$$

$$3.5 < \nu d_{1PR} \quad (13)$$

ここで、

Nd_{1PR} は、縮小側正レンズ成分の屈折率、

νd_{1PR} は、縮小側正レンズ成分のアッベ数、

である。

[0091] 第１レンズ群において、複数の正レンズ成分が配置されている位置では、軸上光線高が高くなっている。そのため、複数の正レンズ成分では、特に、軸上色収差や球面収差の色収差が発生しやすい。

[0092] 縮小側正レンズ成分は、第１レンズ群において最も縮小側に位置している。この位置は、第１レンズ群の接合レンズから最も離れた位置である。

[0093] 第１レンズ群の小型化と軽量化のためには、縮小側正レンズ成分を単レンズにて構成することが好ましい。ただし、縮小側正レンズ成分が配置されている位置では、上述のように色収差が発生し易い。そこで、縮小側正レンズ

成分を単レンズで構成する場合、この縮小側正レンズ成分の屈折率とアッペ数が、条件式（１１）、（１２）、（１３）で決まる領域に含まれるようにする。このようにすることで、軸上色収差や球面収差の色収差の発生を抑えることができる。

[0094] また、本実施形態の単焦点光学系では、前側副群は１つの正レンズ成分からなり、その正レンズ成分は単レンズであり、横軸を $N d_{3PF}$ 、及び縦軸を νd_{3PF} とする直交座標系において、 $N d_{3PF} = \alpha \times \nu d_{3PF} + \beta_{3PF}$ 、但し、 $\alpha = -0.01$ 、で表される直線を設定したときに、以下の条件式（１４）の範囲の下限値 $\beta_{3PF} = 2.15$ であるときの直線で定まる領域と、以下の条件式（１５）及び（１６）で定まる領域との両方の領域に、前側副群の正レンズ成分の $N d_{3PF}$ 及び νd_{3PF} が含まれることが好ましい。

$$2.15 \leq \beta_{3PF} \quad (14)$$

$$1.45 < N d_{3PF} \quad (15)$$

$$2.5 < \nu d_{3PF} \quad (16)$$

ここで、

$N d_{3PF}$ は、前側副群の正レンズ成分の屈折率、

νd_{3PF} は、前側副群の正レンズ成分のアッペ数、

である。

[0095] 前側副群がフォーカス時に移動する場合、色収差の変動の小さいことが望まれる。前側副群の正レンズ成分の屈折率とアッペ数が、条件式（１４）、（１５）、（１６）で決まる領域に含まれるようにする。このようにすることで、軸上色収差、倍率色収差、球面収差の色収差、あるいは色コマの発生を抑えることができる。

[0096] また、本実施形態の単焦点光学系では、第１レンズ群は、最も拡大側に拡大側レンズ成分を有し、以下の条件式（Ａ）を満足することが好ましい。

$$0 < f / e_{N1F} < 2 \quad (A)$$

ここで、

f は、無限遠物体合焦時の単焦点光学系全系の焦点距離、

e_{N1F} は、第1レンズ群の拡大側レンズ成分における最大有効口径、である。

[0097] 条件式 (A) の上限値を上回ると、画角を広げることが困難になる。すなわち、画角を広げようとする、球面収差、歪曲収差及び非点収差が発生し易い。一方、条件式 (A) の下限値を下回ると、光学系が径方向に大型化し易い。

[0098] ここで、条件式 (A) に代えて、以下の条件式 (A') を満足すると良い。

$$0.1 < f / e_{N1F} < 1.5 \quad (A')$$

また、条件式 (A) に代えて、以下の条件式 (A'') を満足すると良い。

$$0.2 < f / e_{N1F} < 1 \quad (A'')$$

[0099] また、本実施形態の単焦点光学系では、開口絞りを有し、以下の条件式 (B) を満足することが好ましい。

$$0 < (f / e_{AS}) / Fno < 2 \quad (B)$$

ここで、

f は、無限遠物体合焦時の単焦点光学系全系の焦点距離、

e_{AS} は、開口絞りの最大直径、

Fno は、無限遠物体合焦時の単焦点光学系全系のFナンバー、である。

[0100] 条件式 (B) の上限値を上回ると、画角を広くすることが困難になる。すなわち、画角を広げようとする、球面収差と色収差の補正が困難になる。一方、条件式 (B) の下限値を下回ると、光学系が径方向に大型化し易い。

[0101] ここで、条件式 (B) に代えて、以下の条件式 (B') を満足すると良い。

$$0.2 < (f / e_{AS}) / Fno < 1 \quad (B')$$

また、条件式 (B) に代えて、以下の条件式 (B'') を満足すると良い。

$$0.3 < (f / e_{AS}) / Fno < 0.9 \quad (B'')$$

[0102] また、本実施形態の単焦点光学系は、以下の条件式 (C) を満足することが好ましい。

$$0 < T_{air\ max} / \Sigma d \leq 0.3 \quad (C)$$

ここで、

$T_{air\ max}$ は、単焦点光学系の最も拡大側に位置する面から最も縮小側に位置する面までの間で最も大きい軸上空気間隔、

Σd は、単焦点光学系の最も拡大側に位置する面から最も縮小側に位置する面までの軸上間隔、

である。

[0103] 条件式 (C) は、高い光学性能の確保、光学系の全長の短縮化及び結像光学系の外径の小径化に有利となる条件式である。

[0104] レンズ同士の空気間隔を適度に広くすることは、光学性能の向上に繋がる。ただし、 Σd 、すなわち、単焦点光学系の最も拡大側に位置するレンズ面から最も縮小側に位置するレンズ面までの軸上間隔に対して、レンズ同士の空気間隔を過剰に広げて光学性能を確保することは、光学系の全長の増加と光学系の大口径化につながり易い。

[0105] そこで、条件式 (C) を満足することで、光学系の全長の短縮化と小径化を行いつつ、高い光学性能の実現に必要なレンズ枚数の確保に有利となる。

[0106] ここで、条件式 (C) に代えて、以下の条件式 (C') を満足すると良い。

$$0.03 < T_{air\ max} / \Sigma d \leq 0.27 \quad (C')$$

また、条件式 (C) に代えて、以下の条件式 (C'') を満足するとなお良い。

$$0.07 < T_{air\ max} / \Sigma d \leq 0.24 \quad (C'')$$

[0107] なお、最も大きい軸上空気間隔は、第2副群内に設けることが好ましい。このようにすることは、特に、コマ収差などの軸外収差を良好に補正するうえで有利となる。

[0108] また、本実施形態の光学装置は、光学系と、縮小側に配置された撮像素子と、を有し、

撮像素子は撮像面を有し、且つ光学系によって撮像面上に形成された像を電気信号に変換し、光学系が上述の単焦点光学系であることを特徴とする。

[0109] 本実施形態の光学装置によれば、広い撮影範囲を、低ノイズ、高解像度で撮像することができる。

[0110] また、本実施形態の光学装置は、光学系と、縮小側に配置された表示素子と、を有し、

表示素子は表示面を有し、表示面上に表示された画像は、光学系によって拡大側に投影され、光学系が上述の単焦点光学系であることを特徴とする。

[0111] 本実施形態の光学装置によれば、広い投影範囲に、低ノイズ、高解像度で像を投影することができる。

[0112] なお、上述の単焦点光学系や光学装置は、複数の構成を同時に満足してもよい。このようにすることが、良好な単焦点光学系や光学装置を得る上で好ましい。また、好ましい構成の組み合わせは任意である。また、各条件式について、より限定した条件式の数値範囲の上限値又は下限値のみを限定しても構わない。

[0113] 以下に、単焦点光学系の実施例を、図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

[0114] 以下、単焦点光学系の実施例 1 ～ 14 を図面に基づいて説明する。

[0115] 図 1 (a) ～図 14 (a) は、各実施例の単焦点光学系におけるレンズ断面図を示している。なお、レンズ断面図は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図である。

[0116] また、図 1 (b) ～図 14 (b) は、各実施例の単焦点光学系における球面収差 (SA) を示し、図 1 (c) ～図 14 (c) は非点収差 (AS) を示し、図 1 (d) ～図 14 (d) は歪曲収差 (DT) を示し、図 1 (e) ～図 14 (e) は倍率色収差 (CC) を示している。なお、各収差図は、無限遠物体合焦時の収差図である。また “ ω ” は半画角を表している。

- [0117] また、各実施例のレンズ断面図では、第1レンズ群をG1、第2レンズ群をG2、第3レンズ群をG3、第1副群をG1a、第2副群をG1b、第3副群をG1c、前側副群をG3a、後側副群をG3b、カバーガラスをC、像面をIで示してある。
- [0118] また、図示しないが、第3レンズ群G3と像面Iとの間に、ローパスフィルタを構成する平行平板が配置されていても良い。なお、平行平板の表面に、赤外光を制限する波長域制限コートを施しても良い。また、カバーガラスCの表面に波長域制限用の多層膜を施してもよい。また、そのカバーガラスCにローパスフィルタ作用を持たせるようにしてもよい。
- [0119] また、単焦点光学系を撮像に用いる場合、像面Iには撮像素子が配置される。一方、単焦点光学系を投影に用いる場合、像面Iには表示素子が配置される。各実施例の構成の説明では、単焦点光学系を撮像に用いることを前提に説明する。よって、拡大側を物体側、縮小側を像側とする。
- [0120] 実施例1に係る単焦点光学系について説明する。実施例1に係る単焦点光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、で構成されている。第1レンズ群G1は開口絞りSを含んでいる。
- [0121] 第1レンズ群G1は、第1副群G1aと、第2副群G1bと、第3副群G1cと、で構成されている。第1副群G1aは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、で構成されている。第2副群G1bは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6と、で構成されている。第3副群G1cは、両凸正レンズL7と、両凸正レンズL8と、で構成されている。ここで、正メニスカスレンズL3と負メニスカスレンズL4とが接合されている。また、両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とが接合されている。
- [0122] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL9で構成されている。

- [0123] 第3レンズ群G3は、前側副群G3aと、後側副群G3bと、で構成されている。前側副群G3aは、両凸正レンズL10で構成されている。後側副群G3bは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凸正レンズL12と、で構成されている。
- [0124] また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前側副群G3aが光軸に沿って物体側へ移動する。
- [0125] 非球面は、負メニスカスレンズL2の両面と、両凸正レンズL7の両面と、両凸正レンズL12の両面と、の合計6面に設けられている。
- [0126] 実施例2に係る単焦点光学系について説明する。実施例2に係る単焦点光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、で構成されている。第1レンズ群G1は開口絞りSを含んでいる。
- [0127] 第1レンズ群G1は、第1副群G1aと、第2副群G1bと、第3副群G1cと、で構成されている。第1副群G1aは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、で構成されている。第2副群G1bは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6と、で構成されている。第3副群G1cは、両凸正レンズL7と、両凸正レンズL8と、で構成されている。ここで、正メニスカスレンズL3と負メニスカスレンズL4とが接合されている。
- [0128] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL9で構成されている。
- [0129] 第3レンズ群G3は、前側副群G3aと、後側副群G3bと、で構成されている。前側副群G3aは、両凸正レンズL10で構成されている。後側副群G3bは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凸正レンズL12と、で構成されている。
- [0130] また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前側副群G3aが光軸に沿って物体側へ移動する。

- [0131] 非球面は、負メニスカスレンズL 2の両面と、両凸正レンズL 7の両面と、両凸正レンズL 1 2の両面と、の合計6面に設けられている。
- [0132] 実施例3に係る単焦点光学系について説明する。実施例3に係る単焦点光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G 1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G 2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G 3と、で構成されている。第1レンズ群G 1は開口絞りSを含んでいる。
- [0133] 第1レンズ群G 1は、第1副群G 1 aと、第2副群G 1 bと、第3副群G 1 cと、で構成されている。第1副群G 1 aは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1で構成されている。第2副群G 1 bは、両凸正レンズL 2と、両凹負レンズL 3と、両凹負レンズL 4と、両凸正レンズL 5と、で構成されている。第3副群G 1 cは、両凸正レンズL 6と、両凸正レンズL 7と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL 2と両凹負レンズL 3とが接合されている。また、両凹負レンズL 4と両凸正レンズL 5とが接合されている。
- [0134] 第2レンズ群G 2は、両凹負レンズL 8で構成されている。
- [0135] 第3レンズ群G 3は、前側副群G 3 aと、後側副群G 3 bと、で構成されている。前側副群G 3 aは、両凸正レンズL 9で構成されている。後側副群G 3 bは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 0と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 2と、で構成されている。
- [0136] また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前側副群G 3 aが光軸に沿って物体側へ移動する。
- [0137] 非球面は、負メニスカスレンズL 1の像側面と、両凸正レンズL 6の両面と、正メニスカスレンズL 1 1の像側面と、の合計4面に設けられている。
- [0138] 実施例4に係る単焦点光学系について説明する。実施例4に係る単焦点光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G 1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G 2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G 3と、で構成されている。第1レンズ群G 1は開口絞りSを含んでいる。

- [0139] 第1レンズ群G1は、第1副群G1aと、第2副群G1bと、第3副群G1cと、で構成されている。第1副群G1aは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1で構成されている。第2副群G1bは、両凸正レンズL2と、両凹負レンズL3と、両凹負レンズL4と、両凸正レンズL5と、で構成されている。第3副群G1cは、両凸正レンズL6と、両凸正レンズL7と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL2と両凹負レンズL3とが接合されている。また、両凹負レンズL4と両凸正レンズL5とが接合されている。
- [0140] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL8で構成されている。
- [0141] 第3レンズ群G3は、前側副群G3aと、後側副群G3bと、で構成されている。前側副群G3aは、両凸正レンズL9で構成されている。後側副群G3bは、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL10と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凸正レンズL12と、で構成されている。
- [0142] また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前側副群G3aが光軸に沿って物体側へ移動する。
- [0143] 非球面は、負メニスカスレンズL1の像側面と、両凸正レンズL6の両面と、正メニスカスレンズL10の物体側面と、両凸正レンズL12の物体側面と、の合計5面に設けられている。
- [0144] 実施例5に係る単焦点光学系について説明する。実施例5に係る単焦点光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、で構成されている。第1レンズ群G1は開口絞りSを含んでいる。
- [0145] 第1レンズ群G1は、第1副群G1aと、第2副群G1bと、第3副群G1cと、で構成されている。第1副群G1aは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1で構成されている。第2副群G1bは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレン

ズL 3と、両凹負レンズL 4と、両凸正レンズL 5と、で構成されている。
第3副群G 1 cは、両凸正レンズL 6と、両凸正レンズL 7と、で構成されている。ここで、正メニスカスレンズL 2と負メニスカスレンズL 3とが接合されている。また、両凹負レンズL 4と両凸正レンズL 5とが接合されている。

[0146] 第2レンズ群G 2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 8で構成されている。

[0147] 第3レンズ群G 3は、前側副群G 3 aと、後側副群G 3 bと、で構成されている。前側副群G 3 aは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 9で構成されている。後側副群G 3 bは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 10と、両凸正レンズL 11と、で構成されている。

[0148] また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前側副群G 3 aが光軸に沿って物体側へ移動する。

[0149] 非球面は、負メニスカスレンズL 1の両面と、両凸正レンズL 6の両面と、両凸正レンズL 11の像側面と、の合計5面に設けられている。

[0150] 実施例6に係る単焦点光学系について説明する。実施例6に係る単焦点光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G 1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G 2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G 3と、で構成されている。第1レンズ群G 1は開口絞りSを含んでいる。

[0151] 第1レンズ群G 1は、第1副群G 1 aと、第2副群G 1 bと、第3副群G 1 cと、で構成されている。第1副群G 1 aは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1で構成されている。第2副群G 1 bは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4と、両凹負レンズL 5と、両凸正レンズL 6と、で構成されている。第3副群G 1 cは、両凸正レンズL 7と、両凸正レンズL 8と、で構成されている。ここで、正メニスカスレンズL 2と負メニスカスレンズL 3とが接合されている。また、負メニスカスレンズL 4、両凹負レンズL 5及び両凸正レンズL 6が接合されて

いる。

[0152] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL9と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL10と、で構成されている。ここで、負メニスカスレンズL9と正メニスカスレンズL10とが接合されている。

[0153] 第3レンズ群G3は、前側副群G3aと、後側副群G3bと、で構成されている。前側副群G3aは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL11で構成されている。後側副群G3bは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と、両凸正レンズL13と、で構成されている。

[0154] また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前側副群G3aが光軸に沿って物体側へ移動する。

[0155] 非球面は、負メニスカスレンズL1の両面と、両凸正レンズL7の両面と、両凸正レンズL13の像側面と、の合計5面に設けられている。

[0156] 実施例7に係る単焦点光学系について説明する。実施例7に係る単焦点光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、で構成されている。第1レンズ群G1は開口絞りSを含んでいる。

[0157] 第1レンズ群G1は、第1副群G1aと、第2副群G1bと、第3副群G1cと、で構成されている。第1副群G1aは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1で構成されている。第2副群G1bは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、両凹負レンズL4と、両凸正レンズL5と、で構成されている。第3副群G1cは、両凸正レンズL6と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL7と、両凸正レンズL8と、で構成されている。ここで、正メニスカスレンズL2と負メニスカスレンズL3とが接合されている。また、両凹負レンズL4と両凸正レンズL5とが接合されている。また、負メニスカスレンズL7と両凸正レンズL8とが接合されている。

[0158] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL9で構

成されている。

[0159] 第3レンズ群G3は、前側副群G3aと、後側副群G3bと、で構成されている。前側副群G3aは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL10で構成されている。後側副群G3bは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凸正レンズL12と、で構成されている。

[0160] また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前側副群G3aが光軸に沿って物体側へ移動する。

[0161] 非球面は、負メニスカスレンズL1の両面と、両凸正レンズL6の両面と、両凸正レンズL12の像側面と、の合計5面に設けられている。

[0162] 実施例8に係る単焦点光学系について説明する。実施例8に係る単焦点光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、で構成されている。第1レンズ群G1は開口絞りSを含んでいる。

[0163] 第1レンズ群G1は、第1副群G1aと、第2副群G1bと、第3副群G1cと、で構成されている。第1副群G1aは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、で構成されている。第2副群G1bは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5と、両凹負レンズL6と、両凸正レンズL7と、で構成されている。第3副群G1cは、両凸正レンズL8と、両凸正レンズL9と、で構成されている。ここで、正メニスカスレンズL3と負メニスカスレンズL4とが接合されている。また、正メニスカスレンズL5、両凹負レンズL6及び両凸正レンズL7が接合されている。

[0164] 第2レンズ群G2は、両凹負レンズL10で構成されている。

[0165] 第3レンズ群G3は、前側副群G3aと、後側副群G3bと、で構成されている。前側副群G3aは、両凸正レンズL11で構成されている。後側副群G3bは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と、両凸正レンズL13と、で構成されている。

- [0166] また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前側副群G 3 aが光軸に沿って物体側へ移動する。
- [0167] 非球面は、負メニスカスレンズL 2の両面と、両凸正レンズL 8の両面と、両凸正レンズL 13の両面と、の合計6面に設けられている。
- [0168] 実施例9に係る単焦点光学系について説明する。実施例9に係る単焦点光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G 1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G 2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G 3と、で構成されている。第1レンズ群G 1は開口絞りSを含んでいる。
- [0169] 第1レンズ群G 1は、第1副群G 1 aと、正レンズ成分G 1 dと、第2副群G 1 bと、第3副群G 1 cと、で構成されている。第1副群G 1 aは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1で構成されている。正レンズ成分G 1 dは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2で構成されている。第2副群G 1 bは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 5と、両凹負レンズL 6と、両凸正レンズL 7と、で構成されている。第3副群G 1 cは、両凸正レンズL 8と、両凸正レンズL 9と、で構成されている。ここで、正メニスカスレンズL 3と負メニスカスレンズL 4とが接合されている。また、負メニスカスレンズL 5、両凹負レンズL 6及び両凸正レンズL 7が接合されている。
- [0170] 第2レンズ群G 2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 10で構成されている。
- [0171] 第3レンズ群G 3は、前側副群G 3 aと、後側副群G 3 bと、で構成されている。前側副群G 3 aは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 11で構成されている。後側副群G 3 bは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 12と、両凸正レンズL 13と、で構成されている。
- [0172] また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前側副群G 3 aが光軸に沿って物体側へ移動する。
- [0173] 非球面は、負メニスカスレンズL 1の像側面と、両凸正レンズL 13の両

面と、の合計3面に設けられている。

[0174] 実施例10に係る単焦点光学系について説明する。実施例10に係る単焦点光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、で構成されている。第1レンズ群G1は開口絞りSを含んでいる。

[0175] 第1レンズ群G1は、第1副群G1aと、第2副群G1bと、第3副群G1cと、で構成されている。第1副群G1aは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、で構成されている。第2副群G1bは、両凸正レンズL3と、両凹負レンズL4と、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6と、で構成されている。第3副群G1cは、両凸正レンズL7と、両凸正レンズL8と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL3と両凹負レンズL4とが接合されている。また、両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とが接合されている。

[0176] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL9で構成されている。

[0177] 第3レンズ群G3は、前側副群G3aと、後側副群G3bと、で構成されている。前側副群G3aは、両凸正レンズL10で構成されている。後側副群G3bは、両凹負レンズL11と、両凸正レンズL12と、で構成されている。ここで、両凹負レンズL11と両凸正レンズL12とが接合されている。

[0178] また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、第2レンズ群G2が光軸に沿って像側に移動すると共に、前側副群G3aが光軸に沿って物体側へ移動する。

[0179] 非球面は、負メニスカスレンズL2の両面と、負メニスカスレンズL9の両面と、両凸正レンズL10の両面と、の合計6面に設けられている。

[0180] 実施例11に係る単焦点光学系について説明する。実施例11に係る単焦点光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G

3と、で構成されている。第1レンズ群G1は開口絞りSを含んでいる。

[0181] 第1レンズ群G1は、第1副群G1aと、第2副群G1bと、第3副群G1cと、で構成されている。第1副群G1aは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、で構成されている。第2副群G1bは、両凸正レンズL3と、両凹負レンズL4と、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6と、で構成されている。第3副群G1cは、両凸正レンズL7と、両凸正レンズL8と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL9と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL3と両凹負レンズL4とが接合されている。また、両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とが接合されている。両凸正レンズL8と負メニスカスレンズL9とが接合されている。

[0182] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL10で構成されている。

[0183] 第3レンズ群G3は、前側副群G3aと、後側副群G3bと、で構成されている。前側副群G3aは、両凸正レンズL11と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と、で構成されている。後側副群G3bは、両凸正レンズL13で構成されている。

[0184] また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、第2レンズ群G2が光軸に沿って像側に移動すると共に、前側副群G3aが光軸に沿って物体側へ移動する。

[0185] 非球面は、負メニスカスレンズL2の両面と、負メニスカスレンズL10の両面と、両凸正レンズL11の両面と、の合計6面に設けられている。

[0186] 実施例12に係る単焦点光学系について説明する。実施例12に係る単焦点光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、で構成されている。第1レンズ群G1は開口絞りSを含んでいる。

[0187] 第1レンズ群G1は、第1副群G1aと、第2副群G1bと、第3副群G1cと、で構成されている。第1副群G1aは、物体側に凸面を向けた負メ

ニスカスレンズL 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 と、で構成されている。第2副群G 1 bは、両凸正レンズL 3 と、両凹負レンズL 4 と、両凹負レンズL 5 と、両凸正レンズL 6 と、で構成されている。第3副群G 1 cは、両凸正レンズL 7 と、両凸正レンズL 8 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 9 と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL 3 と両凹負レンズL 4 とが接合されている。また、両凹負レンズL 5 と両凸正レンズL 6 とが接合されている。両凸正レンズL 8 と負メニスカスレンズL 9 とが接合されている。

[0188] 第2レンズ群G 2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 10で構成されている。

[0189] 第3レンズ群G 3は、前側副群G 3 aと、後側副群G 3 bと、で構成されている。前側副群G 3 aは、両凸正レンズL 11と、両凸正レンズL 12と、で構成されている。後側副群G 3 bは、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 13で構成されている。

[0190] また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、第2レンズ群G 2が光軸に沿って像側に移動すると共に、前側副群G 3 aが光軸に沿って物体側へ移動する。

[0191] 非球面は、負メニスカスレンズL 2の両面と、負メニスカスレンズL 10の両面と、両凸正レンズL 11の両面と、の合計6面に設けられている。

[0192] 実施例13に係る単焦点光学系について説明する。実施例13に係る単焦点光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G 1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G 2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G 3と、で構成されている。第1レンズ群G 1は開口絞りSを含んでいる。

[0193] 第1レンズ群G 1は、第1副群G 1 aと、第2副群G 1 bと、第3副群G 1 cと、で構成されている。第1副群G 1 aは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2と、で構成されている。第2副群G 1 bは、両凸正レンズL 3と、両凹負レンズL 4と、両凹負レンズL 5と、両凸正レンズL 6と、で構成されている。第

3副群G 1 cは、両凸正レンズL 7と、両凸正レンズL 8と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 9と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL 3と両凹負レンズL 4とが接合されている。また、両凹負レンズL 5と両凸正レンズL 6とが接合されている。両凸正レンズL 8と負メニスカスレンズL 9とが接合されている。

[0194] 第2レンズ群G 2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 10で構成されている。

[0195] 第3レンズ群G 3は、前側副群G 3 aと、後側副群G 3 bと、で構成されている。前側副群G 3 aは、両凸正レンズL 11と、両凸正レンズL 12と、で構成されている。後側副群G 3 bは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 13で構成されている。

[0196] また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、第2レンズ群G 2が光軸に沿って像側に移動すると共に、前側副群G 3 aが光軸に沿って物体側へ移動する。

[0197] 非球面は、負メニスカスレンズL 2の両面と、負メニスカスレンズL 10の両面と、の合計4面に設けられている。

[0198] 実施例14に係る単焦点光学系について説明する。実施例14に係る単焦点光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G 1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G 2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G 3と、で構成されている。第1レンズ群G 1は開口絞りSを含んでいる。

[0199] 第1レンズ群G 1は、第1副群G 1 aと、第2副群G 1 bと、第3副群G 1 cと、で構成されている。第1副群G 1 aは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2と、で構成されている。第2副群G 1 bは、両凸正レンズL 3と、両凹負レンズL 4と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 5と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 6と、で構成されている。第3副群G 1 cは、両凸正レンズL 7と、両凸正レンズL 8と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 9と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL 3と両凹負レンズ

L 4 とが接合されている。また、負メニスカスレンズL 5 と正メニスカスレンズL 6 とが接合されている。両凸正レンズL 8 と負メニスカスレンズL 9 とが接合されている。

[0200] 第2レンズ群G 2 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 0 で構成されている。

[0201] 第3レンズ群G 3 は、前側副群G 3 a と、後側副群G 3 b と、で構成されている。前側副群G 3 a は、両凸正レンズL 1 1 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 2 と、で構成されている。後側副群G 3 b は、両凸正レンズL 1 3 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 4 と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL 1 3 と負メニスカスレンズL 1 4 とが接合されている。

[0202] また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、第2レンズ群G 2 が光軸に沿って像側に移動すると共に、前側副群G 3 a が光軸に沿って像側へ移動する。

[0203] 非球面は、負メニスカスレンズL 2 の両面と、負メニスカスレンズL 1 0 の両面と、の合計4面に設けられている。

[0204] 次に、上記各実施例の単焦点光学系を構成する光学部材の数値データを掲げる。なお、各実施例の数値データにおいて、 r_1 、 r_2 、…は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 d_2 、…は各レンズの肉厚または空気間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} 、…は各レンズのd線での屈折率、 ν_{d1} 、 ν_{d2} 、…は各レンズの阿ッベ数、*印は非球面である。

[0205] また、各種データにおいて、 f は単焦点光学系全系の焦点距離、FNO. はFナンバー、 ω は半画角、FBはバックフォーカス、LTLは全長、 f_1 、 f_2 …は各レンズ群の焦点距離である。なお、全長は、レンズ最前面からレンズ最終面までの距離にバックフォーカスを加えたものである。バックフォーカスは、レンズ最終面から近軸像面までの距離を空気換算して表したものである。また、角度の単位は°（度）である。また、無限遠は無限遠物体合焦時、至近は近距離物体合焦時を表す。

[0206] また、非球面形状は、光軸方向を z 、光軸に直交する方向を y にとり、円錐係数を k 、非球面係数を A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} としたとき、次の式で表される。

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + k) (y / r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

また、非球面係数において、「 $e - n$ 」（ n は整数）は、「 10^{-n} 」を示している。なお、これら諸元値の記号は後述の実施例の数値データにおいても共通である。

[0207] 数値実施例 1

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd
物面	∞	∞		
1	68.633	1.50	1.48749	70.23
2	20.456	5.09		
3*	25.251	1.50	1.49700	81.61
4*	13.822	4.00		
5	28.857	5.26	1.85478	24.80
6	124.136	1.20	1.43700	95.00
7	17.000	18.34		
8	-16.803	1.20	1.60562	43.70
9	28.758	4.83	1.60300	65.44
10	-50.740	1.10		
11(絞り)	∞	1.50		
12*	41.636	5.17	1.74320	49.34
13*	-32.375	0.20		
14	47.229	5.98	1.43700	95.00

15	-30.189	0.61		
16	11751.918	1.20	1.85478	24.80
17	24.912	可変		
18	33.059	5.50	1.79952	42.22
19	-87.841	可変		
20	57.438	2.50	1.91082	35.25
21	27.174	3.36		
22*	88.944	3.85	1.74320	49.34
23*	-42.968	11.68		
24	∞	4.00	1.51633	64.14
25	∞	0.80		
像面	∞			

非球面データ

第3面

k=0.000

A4=-1.29223e-05, A6=-9.69874e-09

第4面

k=-1.465

A4=2.42723e-05, A6=-6.44530e-08

第12面

k=0.000

A4=-1.11398e-05, A6=2.53854e-08

第13面

k=0.000

A4=2.02171e-05, A6=7.76790e-09, A8=7.28212e-11

第22面

k=0.000

A4=-5.66065e-06, A6=-7.20694e-08, A8=-1.81582e-10

第 2 3 面

k=0.000

A4=1.43073e-05, A6=-9.15370e-08

各種データ

	無限遠	至近
f	11.81	11.91
F N O.	1.28	1.30
2 ω	90.63	88.71
F B (in air)	15.12	13.95
L T L (in air)	96.58	95.42
d17	4.86	3.44
d19	2.74	4.15

各群焦点距離

f1=127.10 f2=-29.21 f3=26.97

f3a=30.66 f3b=100.68

[0208] 数値実施例 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
物面	∞	∞		
1	65.851	1.50	1.48749	70.23
2	20.176	4.50		
3*	22.730	1.50	1.49700	81.61
4*	13.136	4.00		

5	23.624	5.10	1.85478	24.80
6	57.035	1.21	1.43700	95.00
7	17.122	18.00		
8	-17.661	1.20	1.65412	39.68
9	22.589	1.00	1.63387	23.37
10	26.594	4.54	1.60300	65.44
11	-89.737	1.10		
12(絞り)	∞	1.50		
13*	35.460	5.66	1.74320	49.34
14*	-31.356	0.20		
15	49.448	6.38	1.43700	95.00
16	-29.190	0.94		
17	507.132	1.20	1.85478	24.80
18	23.200	可変		
19	31.139	5.50	1.79952	42.22
20	-91.759	可変		
21	54.909	2.41	1.91082	35.25
22	29.219	2.95		
23*	63.079	3.68	1.74320	49.34
24*	-74.437	11.55		
25	∞	4.00	1.51633	64.14
26	∞	0.80		
像面	∞			

非球面データ

第3面

k=0.000

A4=-9.78455e-06, A6=-1.28580e-08

第4面

$$k=-0.993$$

$$A4=1.16198e-05, A6=-2.84717e-08$$

第13面

$$k=0.000$$

$$A4=-1.50718e-05, A6=2.77101e-08$$

第14面

$$k=0.000$$

$$A4=2.14724e-05, A6=3.69792e-09, A8=8.79712e-11$$

第23面

$$k=0.000$$

$$A4=2.53647e-05, A6=9.99169e-08, A8=-1.35395e-10$$

第24面

$$k=0.000$$

$$A4=4.50034e-05, A6=1.14644e-07$$

各種データ

	無限遠	至近
f	12.24	12.33
F N O.	1.29	1.30
2 ω	88.49	86.24
F B (in air)	14.99	13.75
L T L (in air)	96.57	95.33
d18	4.84	3.31
d20	2.67	4.20

各群焦点距離

$$f1=188.55 \quad f2=-28.47 \quad f3=26.27$$

f3a=29.67 f3b=120.29

[0209] 数値実施例 3

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
物面	∞	∞		
1	55.316	1.50	1.51633	64.14
2*	15.000	8.82		
3	46.333	4.65	1.84666	23.78
4	-78.364	1.24	1.43700	95.00
5	17.000	10.34		
6	-17.875	2.10	1.59551	39.24
7	25.000	5.87	1.61800	63.33
8	-46.136	1.10		
9(絞り)	∞	1.40		
10*	37.313	6.31	1.74320	49.34
11*	-37.245	0.20		
12	49.882	6.77	1.43700	95.00
13	-33.353	2.07		
14	-295.867	1.20	1.85478	24.80
15	21.368	可変		
16	33.561	5.50	1.79952	42.22
17	-217.693	可変		
18	119.921	2.00	1.88300	40.76
19	63.052	3.18		
20	-109.338	3.00	1.51633	64.14
21*	-32.214	3.67		

22	31.684	3.00	1.88300	40.76
23	45.758	10.26		
24	∞	4.00	1.51633	64.14
25	∞	0.80		
像面	∞			

非球面データ

第2面

$$k=-0.320$$

$$A4=1.54598e-07, A6=-7.63147e-09$$

第10面

$$k=0.000$$

$$A4=-7.99511e-06, A6=9.67542e-09$$

第11面

$$k=0.000$$

$$A4=1.31647e-05, A6=4.53645e-09, A8=3.39285e-11$$

第21面

$$k=0.000$$

$$A4=1.49626e-05, A6=8.34024e-09$$

各種データ

	無限遠	至近
f	16.66	17.45
FNO.	1.42	1.50
2ω	70.00	64.82
FB(in air)	13.70	11.07
LTL(in air)	98.58	95.95
d15	8.35	3.97

d17 2.60 6.97

各群焦点距離

f1=580.39 f2=-23.27 f3=27.35

f3a=36.73 f3b=66.57

[0210] 数値実施例4

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
物面	∞	∞		
1	55.000	1.50	1.51633	64.14
2*	15.002	7.00		
3	48.913	6.00	1.85478	24.80
4	-73.957	3.82	1.43700	95.00
5	17.004	9.30		
6	-17.053	1.20	1.59551	39.24
7	30.955	5.62	1.61800	63.33
8	-38.217	1.10		
9(絞り)	∞	1.40		
10*	42.692	5.92	1.74320	49.34
11*	-34.094	0.20		
12	39.953	5.56	1.43700	95.00
13	-51.816	1.67		
14	619.837	1.20	1.85478	24.80
15	21.560	可変		
16	33.102	5.50	1.79952	42.22
17	-386.731	可変		

18*	-178.902	3.00	1.88202	37.22
19	-52.267	0.73		
20	45.046	2.00	1.84666	23.78
21	20.259	3.66		
22*	35.000	6.00	1.88202	37.22
23	-417.070	10.26		
24	∞	4.00	1.51633	64.14
25	∞	0.80		
像面	∞			

非球面データ

第2面

$k=-0.331$

$A4=2.01299e-06$, $A6=1.26419e-09$

第10面

$k=0.000$

$A4=-5.11114e-06$, $A6=-4.28164e-09$

第11面

$k=0.000$

$A4=9.60803e-06$, $A6=-5.34232e-09$

第18面

$k=0.000$

$A4=-1.63529e-05$, $A6=1.23564e-08$

第22面

$k=0.000$

$A4=1.25657e-05$, $A6=1.00542e-08$

各種データ

	無限遠	至近
f	16.66	17.73
F N O.	1.44	1.53
2 ω	70.98	64.67
F B (in air)	13.70	11.01
L T L (in air)	98.58	95.89
d15	8.95	3.90
d17	3.54	8.59

各群焦点距離

f1=872.04 f2=-26.16 f3=26.79

f3a=38.36 f3b=56.43

[0211] 数値実施例 5

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
物面	∞	∞		
1*	55.000	1.50	1.51633	64.14
2*	16.152	6.97		
3	29.296	4.07	1.84666	23.78
4	101.854	1.20	1.43700	95.00
5	19.616	15.89		
6	-17.432	4.87	1.59551	39.24
7	25.000	5.57	1.61800	63.33
8	-92.125	1.10		
9(絞り)	∞	1.40		
10*	37.422	5.35	1.74320	49.34

11*	-48.463	0.20		
12	97.641	5.22	1.43700	95.00
13	-36.290	1.06		
14	67.175	1.20	1.85478	24.80
15	22.469	可変		
16	27.990	5.50	1.79952	42.22
17	1083.136	可変		
18	42.272	1.20	1.84666	23.78
19	26.765	4.83		
20	108.668	2.99	1.85135	40.10
21*	-83.062	16.00		
22	∞	4.00	1.51633	64.14
23	∞	0.80		
像面	∞			

非球面データ

第1面

$k=0.000$

$A4=2.05263e-07, A6=1.50467e-09$

第2面

$k=-0.478$

$A4=1.44855e-06, A6=4.07338e-09$

第1 O 面

$k=0.000$

$A4=-6.18215e-06, A6=1.05767e-08, A8=-1.01733e-12$

第1 I 面

$k=0.000$

$A4=1.41829e-05, A6=4.00552e-09, A8=1.28494e-11$

第 2 1 面

k=0.000

A4=6.95815e-06, A6=-7.27390e-09, A8=1.20429e-10, A10=-1.47139e-13

各種データ

	無限遠	至近
f	16.66	16.91
F N O.	1.43	1.45
2 ω	70.07	66.23
F B (in air)	19.44	17.02
L T L (in air)	98.58	96.16
d15	6.38	3.42
d17	2.64	5.60

各群焦点距離

f1=264.88 f2=-39.99 f3=31.60

f3a=35.85 f3b=130.12

[0212] 数値実施例 6

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
物面	∞	∞		
1*	55.000	1.50	1.51633	64.14
2*	15.866	6.97		
3	28.845	4.31	1.84666	23.78
4	107.478	1.20	1.43700	95.00
5	18.949	14.69		

6	-18.993	3.00	1.48749	70.23
7	-21.079	3.58	1.59551	39.24
8	25.000	4.98	1.61800	63.33
9	-108.625	1.10		
10(絞り)	∞	1.40		
11*	34.431	5.13	1.74320	49.34
12*	-58.517	0.20		
13	120.039	5.09	1.43700	95.00
14	-34.477	0.40		
15	60.590	1.20	1.85478	24.80
16	21.916	3.00	1.72916	54.68
17	21.005	可変		
18	26.689	5.50	1.79952	42.22
19	832.960	可変		
20	42.130	1.20	1.84666	23.78
21	26.461	3.62		
22	149.304	2.95	1.85135	40.10
23*	-67.374	15.24		
24	∞	4.00	1.51633	64.14
25	∞	0.80		
像面	∞			

非球面データ

第1面

k=0.000

A4=1.50334e-06, A6=2.70556e-11

第2面

k=-0.411

A4=1.28017e-06, A6=4.80963e-09

第 1 1 面

k=0.000

A4=-4.87988e-06, A6=1.17476e-08, A8=-6.75147e-12

第 1 2 面

k=0.000

A4=1.59393e-05, A6=8.28110e-09, A8=2.14937e-12

第 2 3 面

k=0.000

A4=8.94284e-06, A6=-9.84673e-09, A8=1.43300e-10, A10=-1.25485e-13

各種データ

	無限遠	至近
f	16.66	16.88
F N O.	1.42	1.45
2 ω	70.03	65.99
F B (in air)	18.68	16.26
L T L (in air)	98.58	96.16
d17	6.28	3.32
d19	2.60	5.56

各群焦点距離

f1=223.39 f2=-39.28 f3=30.28

f3a=34.38 f3b=133.48

[0213] 数値実施例 7

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
物面	∞	∞		
1*	55.000	1.50	1.51633	64.14
2*	16.125	6.97		
3	29.591	4.37	1.84666	23.78
4	103.166	1.20	1.43700	95.00
5	19.711	15.57		
6	-16.595	4.10	1.59551	39.24
7	37.147	6.02	1.61800	63.33
8	-57.498	1.10		
9(絞り)	∞	1.40		
10*	41.780	4.79	1.80139	45.46
11*	-54.286	0.20		
12	164.256	1.50	1.85478	24.80
13	83.954	4.44	1.49700	81.61
14	-35.424	0.73		
15	71.580	1.20	1.85478	24.80
16	23.525	可変		
17	28.159	5.50	1.79952	42.22
18	1984.563	可変		
19	43.251	1.20	1.84666	23.78
20	26.498	5.57		
21	81.401	3.13	1.85135	40.10
22*	-97.149	15.78		
23	∞	4.00	1.51633	64.14
24	∞	0.80		
像面	∞			

非球面データ

第1面

$$k=0.000$$

$$A4=-5.11598e-08, A6=1.36220e-09$$

第2面

$$k=-0.610$$

$$A4=4.85768e-06, A6=1.05229e-08$$

第1 O 面

$$k=0.000$$

$$A4=-3.02186e-06, A6=9.47984e-09, A8=-1.70103e-12$$

第1 1 面

$$k=0.000$$

$$A4=1.40851e-05, A6=4.65529e-09, A8=7.42704e-12$$

第2 2 面

$$k=0.000$$

$$A4=6.29976e-06, A6=-4.34187e-09, A8=9.61350e-11, A10=-6.34737e-14$$

各種データ

	無限遠	至近
f	16.66	16.95
F N O.	1.46	1.48
2 ω	70.09	66.16
F B (in air)	19.21	16.78
L T L (in air)	98.58	96.15
d16	6.27	3.30
d18	2.60	5.57

各群焦点距離

f1=310.38 f2=-41.47 f3=31.47

f3a=35.68 f3b=120.43

[0214] 数値実施例 8

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
物面	∞	∞		
1	65.000	1.50	1.48749	70.23
2	20.352	4.18		
3*	22.897	1.50	1.49700	81.61
4*	13.436	4.00		
5	26.350	5.03	1.85478	24.80
6	76.295	1.20	1.43700	95.00
7	17.000	15.18		
8	-15.995	3.00	1.48749	70.23
9	-14.283	1.20	1.64475	33.54
10	85.276	3.27	1.84666	23.88
11	-213.311	1.10		
12(絞り)	∞	1.50		
13*	45.405	5.56	1.74320	49.34
14*	-25.578	0.20		
15	50.511	7.22	1.43700	95.00
16	-23.847	0.86		
17	-135.825	1.20	1.85478	24.80
18	29.364	可変		
19	36.457	5.50	1.79952	42.22
20	-77.603	可変		

21	58.885	1.69	1.91082	35.25
22	27.913	4.71		
23*	38.651	5.51	1.74320	49.34
24*	-76.495	10.67		
25	∞	4.00	1.51633	64.10
26	∞	0.80		
像面	∞			

非球面データ

第3面

k=0.000

A4=-8.67381e-06, A6=-1.52838e-08

第4面

k=-1.730

A4=4.50965e-05, A6=-9.37725e-08

第13面

k=0.000

A4=-1.81144e-05, A6=5.36818e-08

第14面

k=0.000

A4=2.39398e-05, A6=1.85863e-08, A8=2.49805e-10

第23面

k=0.000

A4=1.79461e-05, A6=2.84439e-08, A8=-2.73318e-11

第24面

k=0.000

A4=3.73837e-05, A6=2.54385e-08

各種データ

	無限遠	至近
f	11.95	12.12
F N O.	1.28	1.31
2 ω	89.73	87.75
F B (in air)	14.10	12.90
L T L (in air)	96.58	95.38
d18	4.72	3.09
d20	2.64	4.26

各群焦点距離

f1=143.32 f2=-28.15 f3=26.16

f3a=31.70 f3b=71.44

[0215] 数値実施例 9

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
物面	∞	∞		
1	2001.088	1.50	1.51633	64.14
2*	22.789	8.41		
3	35.991	4.83	1.95375	32.32
4	1807.600	0.40		
5	50.246	3.14	2.00069	25.46
6	234.306	1.50	1.51742	52.43
7	17.304	9.97		
8	-27.245	3.00	1.48749	70.23
9	-50.147	1.50	1.85478	24.80

10	27.655	7.47	1.78800	47.37
11	-52.785	0.20		
12	52.554	4.40	1.72916	54.68
13	-88.981	0.20		
14	29.031	5.30	1.72916	54.68
15	-494.693	0.60		
16(絞り)	∞	1.20		
17	141.241	1.20	1.78470	26.29
18	17.290	可変		
19	26.523	3.64	2.00100	29.13
20	164.404	可変		
21	130.893	1.93	1.68893	31.07
22	19.289	8.61		
23*	36.901	4.45	1.88202	37.22
24*	-69.881	10.79		
25	∞	4.00	1.51633	64.10
26	∞	0.80		
像面	∞			

非球面データ

第2面

$k=-0.427$

$A4=3.69032e-06, A6=-1.58361e-09$

第2.3面

$k=0.000$

$A4=-2.78737e-06, A6=-3.91587e-08$

第2.4面

$k=0.000$

$$A4=-4.39512e-07, A6=-4.96676e-08$$

各種データ

	無限遠	至近
f	25.77	26.40
F N O.	1.28	1.32
2 ω	46.51	43.40
F B (in air)	14.23	11.45
L T L (in air)	96.49	93.71
d18	6.71	4.10
d20	2.10	4.71

各群焦点距離

$$f1=121.35 \quad f2=-25.21 \quad f3=29.20$$

$$f3a=31.18 \quad f3b=64.19$$

[0216] 数値実施例 1 O

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd
物面	∞	∞		
1	45.177	1.50	1.48749	70.23
2	17.000	4.00		
3*	21.613	1.50	1.49700	81.55
4*	16.408	3.71		
5	33.130	4.48	1.96883	28.00
6	-186.862	1.04	1.54957	51.13
7	14.440	9.33		

8	-18.541	1.20	1.85478	24.80
9	28.572	5.84	1.72861	54.71
10	-30.117	1.54		
11	286.405	4.55	1.99807	29.24
12	-33.276	0.43		
13	36.446	3.78	1.72662	54.82
14	-2481.168	1.40		
15(絞り)	∞	可変		
16*	84.278	1.20	1.88202	37.22
17*	24.173	可変		
18*	42.431	4.89	1.72905	54.69
19*	-31.908	可変		
20	-82.933	1.50	1.84665	23.78
21	36.531	5.54	1.60104	64.35
22	-28.145	12.38		
23	∞	4.00	1.51633	64.10
24	∞	0.80		
像面	∞			

非球面データ

第3面

k=0.000

A4=5.19654e-05, A6=-2.81630e-07, A8=7.08313e-13

第4面

k=0.000

A4=5.38337e-05, A6=-3.12605e-07, A8=-7.17510e-10

第16面

k=0.000

$A4=-1.30471e-05, A6=1.96636e-07, A8=-5.69299e-10$

第 1 7 面

$k=0.000$

$A4=-7.78499e-06, A6=1.86510e-07, A8=-3.57991e-10$

第 1 8 面

$k=0.000$

$A4=-1.34050e-07, A6=8.63654e-09, A8=-4.17685e-11$

第 1 9 面

$k=0.000$

$A4=2.46242e-05, A6=-1.08174e-08, A8=-3.39479e-11$

各種データ

	無限遠	至近
f	14.43	14.96
F N O.	1.29	1.34
2ω	80.45	73.46
F B (in air)	15.81	12.92
L T L (in air)	88.12	85.23
d15	4.10	6.92
d17	8.69	4.33
d19	2.10	3.63

各群焦点距離

$f1=20.13 \quad f2=-38.79 \quad f3=24.62$

$f3a=25.69 \quad f3b=172.42$

[0217] 数値実施例 1 1

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
物体面	∞	∞		
1	45.000	1.50	1.48749	70.23
2	17.000	4.00		
3*	20.802	1.50	1.49700	81.61
4*	13.402	4.91		
5	37.068	5.17	2.00100	29.14
6	-39.405	1.04	1.72916	54.68
7	18.277	5.82		
8	-13.946	1.20	1.85478	24.80
9	56.512	5.37	1.72916	54.68
10	-22.225	0.40		
11	260.055	4.50	2.00100	29.14
12	-28.480	0.40		
13	38.666	5.75	1.72916	54.68
14	-27.911	1.20	2.00100	29.14
15	-110.215	1.00		
16(絞り)	∞	可変		
17*	51.126	1.20	1.88202	37.22
18*	20.989	可変		
19*	39.897	7.31	1.49700	81.61
20*	-17.627	0.20		
21	-24.280	1.00	1.84666	23.78
22	-40.202	可変		
23	42.775	3.33	1.72916	54.68
24	-701.792	11.00		
25	∞	4.00	1.51633	64.14

26	∞	0.80
像面	∞	

非球面データ

第3面

K=0.000

A4=9.08846e-05, A6=-6.39230e-07, A8=1.13258e-09

第4面

K=0.000

A4=9.92883e-05, A6=-6.83159e-07, A8=-4.32420e-10

第17面

K=0.000

A4=-8.41322e-06, A6=1.44375e-07, A8=-3.49169e-10

第18面

K=0.000

A4=-6.14470e-06, A6=1.22230e-07, A8=3.84840e-12

第19面

K=0.000

A4=3.94883e-07, A6=1.27238e-08, A8=-1.35175e-10

第20面

K=0.000

A4=2.80722e-05, A6=1.95944e-08, A8=-4.00034e-12

各種データ

	無限遠	至近
f	14.43	15.16
FNO.	1.40	1.48
2 ω	82.92	75.46

F B (in air)	14.44	11.44
L T L (in air)	87.58	84.58
d16	4.10	6.92
d18	10.16	4.17
d22	2.10	5.27

各群焦点距離

f1=19.70 f2=-41.14 f3=23.97

f1a=-32.04 f1b=-41.88 f1c=17.76

f3a=38.46 f3b=55.40

[0218] 数值実施例 1 2

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
物体面	∞	∞		
1	60.189	1.50	1.48749	70.23
2	17.473	4.00		
3*	26.555	1.50	1.49700	81.61
4*	15.210	3.35		
5	30.129	5.81	2.00100	29.14
6	-44.429	1.07	1.72916	54.68
7	17.095	6.03		
8	-15.452	1.20	1.85478	24.80
9	56.088	5.72	1.72916	54.68
10	-23.325	0.40		
11	118.596	5.56	2.00100	29.14
12	-33.444	1.98		

13	39.762	5.92	1.72916	54.68
14	-23.721	1.20	2.00100	29.14
15	-99.801	1.00		
16(絞り)	∞	可変		
17*	140.297	1.20	1.90270	31.00
18*	24.809	可変		
19*	106.523	2.92	1.59201	67.02
20*	-47.722	0.20		
21	42.783	5.04	1.49700	81.61
22	-22.900	可変		
23	-103.544	2.21	1.84666	23.78
24	-205.872	11.01		
25	∞	4.00	1.51633	64.14
26	∞	0.80		
像面	∞			

非球面データ

第3面

K=0.000

A4=9.40184e-06, A6=-1.98217e-07, A8=3.31395e-10

第4面

K=0.000

A4=3.40910e-06, A6=-2.73377e-07, A8=-2.15265e-10

第17面

K=0.000

A4=-1.24456e-05, A6=2.39814e-07, A8=-3.03332e-10

第18面

K=0.000

A4=-1.01208e-05, A6=2.14397e-07, A8=4.79603e-11

第 1 9 面

K=0.000

A4=2.52849e-05, A6=7.79603e-09, A8=-3.47965e-10

第 2 0 面

K=0.000

A4=4.88603e-05, A6=9.22061e-08, A8=-4.91683e-10

各種データ

	無限遠	至近
f	14.43	14.78
F N O.	1.41	1.45
2 ω	82.93	76.73
F B (in air)	14.44	11.57
L T L (in air)	87.59	84.71
d16	4.16	6.46
d18	8.91	5.08
d22	2.26	3.79

各群焦点距離

f1=20.30 f2=-33.55 f3=22.13

f1a=-28.99 f1b=-63.53 f1c=18.90

f3a=20.59 f3b=-248.51

[0219] 数値実施例 1 3

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
-----	---	---	----	-----

物体面	∞	∞		
1	65.393	1.50	1.48749	70.23
2	17.000	4.00		
3*	29.854	1.50	1.49700	81.61
4*	15.050	5.30		
5	26.142	5.48	2.00100	29.14
6	-57.508	1.00	1.72916	54.68
7	18.187	8.78		
8	-17.166	1.20	1.85478	24.80
9	40.532	5.69	1.72916	54.68
10	-24.507	0.40		
11	87.779	4.90	2.00100	29.14
12	-32.145	0.40		
13	37.708	5.99	1.72916	54.68
14	-23.914	1.20	2.00100	29.14
15	-337.234	1.00		
16(絞り)	∞	可変		
17*	57.399	1.20	1.90270	31.00
18*	19.133	可変		
19	244.887	3.72	1.60300	65.44
20	-33.663	0.20		
21	72.290	3.02	1.49700	81.61
22	-49.740	可変		
23	55.596	2.09	1.61800	63.40
24	202.632	11.00		
25	∞	4.00	1.51633	64.14
26	∞	0.80		
像面	∞			

非球面データ

第3面

$$K=0.000$$

$$A4=1.54005e-05, A6=-1.04347e-07, A8=1.95885e-10$$

第4面

$$K=0.000$$

$$A4=6.23139e-06, A6=-7.93262e-08, A8=-4.84356e-10$$

第17面

$$K=0.000$$

$$A4=-6.71946e-05, A6=4.85285e-07, A8=-1.88865e-09$$

第18面

$$K=0.000$$

$$A4=-6.45030e-05, A6=4.03838e-07, A8=-1.69636e-09$$

各種データ

	無限遠	至近
f	14.43	14.90
F N O.	1.42	1.47
2 ω	83.00	75.45
F B (in air)	14.44	11.53
L T L (in air)	87.58	84.67
d16	4.10	7.04
d18	8.39	4.10
d22	2.10	3.45

各群焦点距離

$$f1=17.56 \quad f2=-32.27 \quad f3=22.97$$

f1a=-25.82 f1b=-142.91 f1c=18.59

f3a=27.45 f3b=123.31

[0220] 数値実施例 1 4

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
物体面	∞	∞		
1	45.000	1.50	1.48749	70.23
2	17.000	4.00		
3*	25.869	1.50	1.49700	81.61
4*	14.487	7.83		
5	37.032	3.88	2.00100	29.14
6	-88.764	1.00	1.72916	54.68
7	23.657	5.07		
8	-14.752	1.20	1.85478	24.80
9	-1625.256	4.56	1.72916	54.68
10	-21.240	0.40		
11	267.339	4.29	2.00100	29.14
12	-30.803	0.40		
13	32.576	5.66	1.72916	54.68
14	-29.862	1.20	2.00100	29.14
15	-149.921	1.00		
16(絞り)	∞	可変		
17*	75.163	1.20	1.88202	37.22
18*	17.953	可変		
19	290.903	5.96	1.72916	54.68
20	-17.556	1.00		

21	-17.137	1.00	1.84666	23.78
22	-25.469	可変		
23	39.348	4.83	1.72916	54.68
24	-40.934	1.00	1.84666	23.78
25	-132.577	11.00		
26	∞	4.00	1.51633	64.14
27	∞	0.80		
像面	∞			

非球面データ

第3面

K=0.000

A4=-2.16977e-05, A6=4.90705e-08, A8=8.33904e-11

第4面

K=0.000

A4=-3.93825e-05, A6=1.94260e-08, A8=-2.98886e-10

第17面

K=0.000

A4=-1.27936e-04, A6=1.06204e-06, A8=-4.99338e-09

第18面

K=0.906

A4=-1.47742e-04, A6=9.31301e-07, A8=-5.48604e-09

各種データ

	無限遠	至近
f	14.43	15.79
F N O.	1.42	1.56
2 ω	83.01	71.52

F B (in air)	14.44	11.20
L T L (in air)	87.58	84.34
d16	4.10	8.72
d18	8.46	4.10
d22	2.10	1.84

各群焦点距離

$f1=17.58$ $f2=-27.01$ $f3=21.08$

$f1a=-29.92$ $f1b=-68.53$ $f1c=17.94$

$f3a=35.18$ $f3b=45.85$

[0221] 次に、各実施例における条件式(1)～(6)、(11)～(16)、(A)～(C)の値を掲げる。- (ハイフン) は該当する構成がないことを示す。

	実施例1	実施例2	実施例3
(1) SF_{11}	1.849216	1.883483	1.74412
(2) SF_{12}	3.867456	6.266637	2.159096
(3) SF_{13}	-1.99022	-1.49007	-2.26496
(4) $SF_{14}-SF_{15}$	-0.09497	-0.19619	-0.19767
(5) SF_{21}	1.004249	1.09588	0.865285
(6) SF_{31}	-0.45311	-0.49325	-0.73285
(11) β_{1PR}	2.387	2.387	2.387
(12) Nd_{1PR}	1.437	1.437	1.437
(13) νd_{1PR}	95	95	95
(14) β_{3PF}	2.22172	2.22172	2.22172
(15) Nd_{3PF}	1.79952	1.79952	1.79952
(16) νd_{3PF}	42.22	42.22	42.22
(A) f/e_{N1F}	0.266035	0.268675	0.526715
(B) $(f/e_{AS})/Fno$	0.410625	0.435104	0.483278

(C) $T_{air\ max}/\Sigma d$	0.225136	0.220675	0.121833
	実施例 4	実施例 5	実施例 6
(1) SF_{11}	1.750158	1.831512	1.810862
(2) SF_{12}	2.065768	5.052872	4.829473
(3) SF_{13}	-2.61156	-1.46675	-1.42381
(4) $SF_{14}-SF_{15}$	0.241234	-0.58664	-0.81288
(5) SF_{21}	1.072074	2.005149	2.061253
(6) SF_{31}	-0.84231	-1.05305	-1.0662
(11) β_{1PR}	2.387	2.387	2.387
(12) Nd_{1PR}	1.437	1.437	1.437
(13) νd_{1PR}	95	95	95
(14) β_{3PF}	2.22172	2.22172	2.22172
(15) Nd_{3PF}	1.79952	1.79952	1.79952
(16) νd_{3PF}	42.22	42.22	42.22
(A) f/e_{N1F}	0.494627	0.465597	0.462187
(B) $(f/e_{AS})/Fno$	0.518237	0.495078	0.497837
(C) $T_{air\ max}/\Sigma d$	0.109536	0.200766	0.183893
	実施例 7	実施例 8	実施例 9
(1) SF_{11}	1.829582	1.911671	1.023039
(2) SF_{12}	4.990424	4.636364	2.050608
(3) SF_{13}	-1.8114	-1.16213	-3.13348
(4) $SF_{14}-SF_{15}$	-0.77537	-0.07925	0.631767
(5) SF_{21}	1.979078	0.644476	1.278975
(6) SF_{31}	-1.02879	-0.36074	-1.38473
(11) β_{1PR}	2.3131	2.387	2.27596
(12) Nd_{1PR}	1.497	1.437	1.72916

(13) νd_{1PR}	81.61	95	54.68
(14) β_{3PF}	2.22172	2.22172	2.2923
(15) Nd_{3PF}	1.79952	1.79952	2.001
(16) νd_{3PF}	42.22	42.22	29.13
(A) f/e_{N1F}	0.462367	0.269916	0.730584
(B) $(f/e_{AS})/Fno$	0.496741	0.441007	0.784507
(C) $T_{air\ max}/\Sigma d$	0.196223	0.184073	0.121224

	実施例 1 0	実施例 1 1	実施例 1 2
(1) SF_{11}	2.206675	2.214285714	1.818143509
(2) SF_{12}	2.545236	2.945261321	3.623316837
(3) SF_{13}	-4.20337	-4.368607937	-4.925264508
(4) $SF_{14}-SF_{15}$	1.762865	1.283163847	0.990251003
(5) SF_{21}	1.804355	2.392869941	1.429641919
(6) SF_{31}	0.141558	0.387156665	0.381218779
(11) β_{1PR}	2.27482	-	-
(12) Nd_{1PR}	1.72662	-	-
(13) νd_{1PR}	54.82	-	-
(14) β_{3PF}	2.27595	-	-
(15) Nd_{3PF}	1.72905	-	-
(16) νd_{3PF}	54.69	-	-
(A) f/e_{N1F}	0.415558	0.414137209	0.421148459
(B) $(f/e_{AS})/Fno$	0.496789	0.524466613	0.549847658
(C) $T_{air\ max}/\Sigma d$	0.129057	0.138869369	0.121810103

	実施例 1 3	実施例 1 4
(1) SF_{11}	1.702582404	2.214285714
(2) SF_{12}	5.572495286	4.537589628

(3) SF_{13}	-5.677056371	-5.547379778
(4) $SF_{14}-SF_{15}$	1.262770138	1.436359664
(5) SF_{21}	1.999986934	1.627618851
(6) SF_{31}	0.758296066	0.886170285
(11) β_{1PR}	-	-
(12) Nd_{1PR}	-	-
(13) νd_{1PR}	-	-
(14) β_{3PF}	-	-
(15) Nd_{3PF}	-	-
(16) νd_{3PF}	-	-
(A) f/e_{N1F}	0.408074074	0.422232916
(B) $(f/e_{AS})/Fno$	0.545939865	0.562462673
(C) $T_{air\ max}/\Sigma d$	0.120041014	0.115647003

[0222] 本実施形態の光学装置としては、例えば、撮像装置や投影装置がある。以下、撮像装置と投影装置の具体例を説明する。

[0223] 図15は、撮像装置としての一眼ミラーレスカメラの断面図である。図15において、一眼ミラーレスカメラ1の鏡筒内には撮影光学系2が配置される。マウント部3は、撮影光学系2を一眼ミラーレスカメラ1のボディに着脱可能とする。マウント部3としては、スクリュタイプのマウントやバヨネットタイプのマウント等が用いられる。この例では、バヨネットタイプのマウントを用いている。また、一眼ミラーレスカメラ1のボディには、撮像素子面4、バックモニタ5が配置されている。なお、撮像素子としては、小型のCCD又はCMOS等が用いられている。

[0224] そして、一眼ミラーレスカメラ1の撮影光学系2として、例えば上記実施例1～14に示した単焦点光学系が用いられる。

[0225] 図16、図17は、撮像装置の構成の概念図を示す。図16は撮像装置としての一眼ミラーレスカメラ40の前方斜視図、図17は同後方斜視図である。この一眼ミラーレスカメラ40の撮影光学系41に、上記実施例1～1

4 に示した単焦点光学系が用いられている。

[0226] この実施形態の一眼ミラーレスカメラ 40 は、撮影用光路 42 上に位置する撮影光学系 41、シャッターボタン 45、液晶表示モニター 47 等を含み、一眼ミラーレスカメラ 40 の上部に配置されたシャッターボタン 45 を押圧すると、それに連動して撮影光学系 41、例えば実施例 1 の単焦点光学系を通して撮影が行われる。撮影光学系 41 によって形成された物体像が、結像面近傍に設けられた撮像素子（光電変換面）上に形成される。この撮像素子で受光された物体像は、処理手段によって電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター 47 に表示される。また、撮影された電子画像は記憶手段に記録することができる。

[0227] 図 18 は、一眼ミラーレスカメラ 40 の主要部の内部回路を示すブロック図である。なお、以下の説明では、前述した処理手段は、例えば CDS / ADC 部 24、一時記憶メモリ 17、画像処理部 18 等で構成され、記憶手段は、記憶媒体部 19 等で構成される。

[0228] 図 18 に示すように、一眼ミラーレスカメラ 40 は、操作部 12 と、この操作部 12 に接続された制御部 13 と、この制御部 13 の制御信号出力ポートにバス 14 及び 15 を介して接続された撮像駆動回路 16 並びに一時記憶メモリ 17、画像処理部 18、記憶媒体部 19、表示部 20、及び設定情報記憶メモリ部 21 を備えている。

[0229] 上記の一時記憶メモリ 17、画像処理部 18、記憶媒体部 19、表示部 20、及び設定情報記憶メモリ部 21 は、バス 22 を介して相互にデータの入力、出力が可能とされている。また、撮像駆動回路 16 には、CCD 49 と CDS / ADC 部 24 が接続されている。

[0230] 操作部 12 は、各種の入力ボタンやスイッチを備え、これらを介して外部（カメラ使用者）から入力されるイベント情報を制御部 13 に通知する。制御部 13 は、例えば CPU などからなる中央演算処理装置であって、不図示のプログラムメモリを内蔵し、プログラムメモリに格納されているプログラムにしたがって、一眼ミラーレスカメラ 40 全体を制御する。

- [0231] CCD 49は、撮像駆動回路16により駆動制御され、撮影光学系41を介して形成された物体像の画素ごとの光量を電気信号に変換し、CDS／ADC部24に出力する撮像素子である。
- [0232] CDS／ADC部24は、CCD 49から入力する電気信号を増幅し、かつ、アナログ／デジタル変換を行って、この増幅とデジタル変換を行っただけの映像生データ（ベイヤーデータ、以下RAWデータという。）を一時記憶メモリ17に出力する回路である。
- [0233] 一時記憶メモリ17は、例えばSDRAM等からなるバッファであり、CDS／ADC部24から出力されるRAWデータを一時的に記憶するメモリ装置である。画像処理部18は、一時記憶メモリ17に記憶されたRAWデータ又は記憶媒体部19に記憶されているRAWデータを読み出して、制御部13にて指定された画質パラメータに基づいて歪曲収差補正を含む各種画像処理を電氣的に行う回路である。
- [0234] 記憶媒体部19は、例えばフラッシュメモリ等からなるカード型又はスティック型の記録媒体を着脱自在に装着して、これらのフラッシュメモリに、一時記憶メモリ17から転送されるRAWデータや画像処理部18で画像処理された画像データを記録して保持する。
- [0235] 表示部20は、液晶表示モニター47などにて構成され、撮影したRAWデータ、画像データや操作メニューなどを表示する。設定情報記憶メモリ部21には、予め各種の画質パラメータが格納されているROM部と、操作部12の入力操作によってROM部から読み出された画質パラメータを記憶するRAM部が備えられている。
- [0236] このように構成された一眼ミラーレスカメラ40では、撮影光学系41として本発明の単焦点光学系を採用することで、広い撮影範囲を、低ノイズ、高解像度で撮像することができる。なお、本発明の単焦点光学系は、クイックリターンミラーを持つタイプの撮像装置にも用いることができる。
- [0237] 図19は、投影装置としてのプロジェクタの断面図である。図19に示すように、プロジェクタ100は、光源部110と、照明部120と、画像形

成部 130 と、投射部 140 と、を有する。

[0238] 光源部 110 は、光源 111 と反射部材 112 とを有する。光源 111 から照明光が出射する。照明光は白色光である。照明光は反射部材 112 で反射され、照明部 120 に入射する。

[0239] 照明部 120 は、第 1 のダイクロイックミラー 121 と、第 2 のダイクロイックミラー 122 と、第 3 のダイクロイックミラー 123 と、第 1 の反射部材 124 と、第 2 の反射部材 125 と、を有する。

[0240] 第 1 のダイクロイックミラー 121 では、赤色の波長域の光（以下、「赤色光」という）が透過され、それ以外の波長域の光は反射される。第 2 のダイクロイックミラー 122 では、緑色の波長域の光（以下、「緑色光」という）が反射され、それ以外の波長域の光は透過される。第 3 のダイクロイックミラー 123 では、青色の波長域の光（以下、「青色光」という）が反射され、それ以外の波長域の光は透過される。赤色光、緑色光および青色光は、画像形成部 130 に入射する。なお、第 3 のダイクロイックミラー 123 の代わりに、通常の平面反射鏡を用いても良い。

[0241] 画像形成部 130 は、第 1 の表示素子 131 と、第 2 の表示素子 132 と、第 3 の表示素子 133 と、を有する。

[0242] 第 1 の表示素子 131 には、第 1 の反射部材 124 を介して赤色光が照射される。第 2 の表示素子 132 には緑色光が照射される。第 3 の表示素子 133 には、第 2 の反射部材 125 を介して青色光が照射される。

[0243] ここで、第 1 の表示素子 131、第 2 の表示素子 132 及び第 3 の表示素子 133 には、同じ画像が表示されている。よって、第 1 の表示素子 131 では赤色の画像が表示され、第 2 の表示素子 132 では緑色の画像が表示され、第 3 の表示素子 133 では青色の画像が表示される。

[0244] 第 1 の表示素子 131、第 2 の表示素子 132 及び第 3 の表示素子 133 から出射した光は、投射部 140 に入射する。

[0245] 投射部 140 は、ダイクロイックプリズム 141 と、投影光学系 142 と、を有する。

[0246] 第1の表示素子131、第2の表示素子132及び第3の表示素子133から出射した光は、ダイクロイックプリズム141で合成される。上述のように、画像形成部130では、赤色の画像、緑色の画像及び青色の画像が表示されている。ダイクロイックプリズム141によって、3つの画像が合成される。

[0247] 投影光学系142は、合成された3つの画像を所定の位置に投影する。この投影光学系142に、例えば上記実施例1～14に示した単焦点光学系が用いられている。

[0248] なお、画像形成部130は、DMD（デジタルミラーデバイス）等のライトバルブとしても良い。この場合、光源部110からの光をライトバルブで反射させ、ライトバルブからの画像を、投射部140にて拡大投影するように構成すれば良い。

[0249] このように構成されたプロジェクタ100では、投影光学系142として本発明の単焦点光学系を採用することで、広い投影範囲に、低ノイズ、高解像度で像を投影することができる。

産業上の利用可能性

[0250] 以上のように、本発明に係る単焦点光学系は、広い画角と小さいFナンバーを有しながらも、無限遠から至近距離にわたって、合焦時の諸収差が良好に補正された単焦点光学系に適している。また、本発明に係る光学装置は、広い撮影範囲を、低ノイズ、高解像度で撮像する撮像装置や、広い投影範囲に、低ノイズ、高解像度で像を投影する投影装置に適している。

符号の説明

[0251] G1 第1レンズ群
G2 第2レンズ群
G3 第3レンズ群
G3a 前側副群
G3b 後側副群
S 明るさ（開口）絞り

- 1 像面
 - 1 一眼ミラーレスカメラ
 - 2 撮影光学系
 - 3 鏡筒のマウント部
 - 4 撮像素子面
 - 5 バックモニタ
- 1 2 操作部
- 1 3 制御部
- 1 4、1 5 バス
- 1 6 撮像駆動回路
- 1 7 一時記憶メモリ
- 1 8 画像処理部
- 1 9 記憶媒体部
- 2 0 表示部
- 2 1 設定情報記憶メモリ部
- 2 2 バス
- 2 4 CDS／ADC部
- 4 0 一眼ミラーレスカメラ
 - 4 1 撮影光学系
 - 4 2 撮影用光路
 - 4 5 シャッターボタン
 - 4 7 液晶表示モニター
 - 4 9 CCD
- 1 0 0 プロジェクタ
- 1 1 0 光源部
 - 1 1 1 光源
 - 1 1 2 反射部材
- 1 2 0 照明部

- 1 2 1 第1のダイクロイックミラー
- 1 2 2 第2のダイクロイックミラー
- 1 2 3 第3のダイクロイックミラー
- 1 2 4 第1の反射部材
- 1 2 5 第2の反射部材
- 1 3 0 画像形成部
- 1 3 1 第1の表示素子
- 1 3 2 第2の表示素子
- 1 3 3 第3の表示素子
- 1 4 0 投射部
- 1 4 1 ダイクロイックプリズム
- 1 4 2 投影光学系

請求の範囲

[請求項1] 距離が長い方の拡大側の共役点と距離が短い方の縮小側の共役点との共役関係を形成する単焦点光学系であって、

前記単焦点光学系は、拡大側から順に、

正の屈折力を有する第1レンズ群と、

負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、から構成され、

レンズ成分は、単レンズ又は接合レンズであり、

前記第1レンズ群は、拡大側から順に、第1副群、第2副群及び第3副群を有するか、又は、前記第1副群、1つの正レンズ成分、前記第2副群及び前記第3副群を有し、

前記第1副群は、1つの負レンズ成分からなるか、又は、連続した複数の負レンズ成分からなり、

前記第2副群は、凹面どうしが向かい合った2つのメニスカスレンズ成分からなり、

前記第3副群は、複数の正レンズ成分からなり、

前記第2レンズ群は、負レンズ成分のみからなり、

前記第3レンズ群は、拡大側から順に、前側副群と、後側副群と、からなり、

前記前側副群は、最も拡大側に正レンズ成分を有し、

フォーカス時、前記第1レンズ群は固定で、前記前側副群は少なくとも移動可能で、前記後側副群は固定であり、

前記第2レンズ群と前記前側副群との間隔、及び前記前側副群と前記後側副群との間隔は少なくとも可変で、且つ、

前記第1レンズ群内、前記第2レンズ群内、前記前側副群内、前記後側副群内の各レンズ面間隔は、一定であることを特徴とする単焦点光学系。

[請求項2] 前記第2レンズ群は、1つの負レンズ成分からなることを特徴とす

る請求項 1 に記載の単焦点光学系。

[請求項3] 前記第 2 レンズ群の前記負レンズ成分における縮小側面は凹面であり、

前記第 2 レンズ群の前記負レンズ成分における縮小側面の曲率絶対値は、拡大側面の曲率絶対値よりも大きいことを特徴とする請求項 2 に記載の単焦点光学系。

[請求項4] 前記後側副群は正レンズと負レンズとを有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の単焦点光学系。

[請求項5] 前記後側副群の最も縮小側に配置されたレンズは、正の屈折力を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の単焦点光学系。

[請求項6] 前記後側副群は、拡大側から順に、負レンズと、正レンズと、からなるか、又は、負レンズと、正レンズと、正レンズと、からなるか、又は、正レンズと、負レンズと、正レンズと、からなることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の単焦点光学系。

[請求項7] 前記後側副群は、1 つの正レンズと 1 つの負レンズからなり、フォーカス時に、前記第 2 レンズ群と前記前側副群との間隔を変えつつ、前記第 2 レンズ群と前記前側副群とを移動させることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の単焦点光学系。

[請求項8] 前記後側副群は、2 つの正レンズと 1 つの負レンズからなり、フォーカス時に、前記第 2 レンズ群と前記前側副群との間隔を変えつつ、前記前側副群を移動させることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の単焦点光学系。

[請求項9] 前記前側副群は正の単レンズであることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の単焦点光学系。

[請求項10] 前記第 1 レンズ群は、最も縮小側に縮小側正レンズ成分を有することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の単焦点光学系。

[請求項11] 前記第2副群は、拡大側に凹面を向けた接合レンズを含み、
前記2つのメニスカスレンズ成分のうち的一方は、前記第2副群の前記接合レンズであり、
前記第2副群の前記接合レンズは、拡大側から順に、負レンズと正レンズとからなることを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の単焦点光学系。

[請求項12] 前記第2副群は、拡大側に凹面を向けた接合レンズと、縮小側レンズ成分と、を有し、
前記2つのメニスカスレンズ成分のうち的一方は、前記第2副群の前記接合レンズであり、他方は、前記縮小側レンズ成分であり、
前記第2副群の前記接合レンズは、拡大側から順に、負レンズと正レンズとからなり、
前記縮小側レンズ成分は、前記第2副群の前記接合レンズの拡大側に、前記第2副群の前記接合レンズと隣接して配置され、
前記縮小側レンズ成分の形状は、拡大側に凸面を向けたメニスカス形状であることを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の単焦点光学系。

[請求項13] 前記第2レンズ群の縮小側には、前記第3レンズ群のみが配置されていることを特徴とする請求項1乃至12のいずれか一項に記載の単焦点光学系。

[請求項14] 前記第1レンズ群は、最も拡大側に拡大側レンズ成分を有し、
以下の条件式(1)を満足することを特徴とする請求項1に記載の単焦点光学系。

$$0.65 < S F_{11} < 3.5 \quad (1)$$

ここで、

$$S F_{11} = (R_{F11} + R_{R11}) / (R_{F11} - R_{R11}) \text{ であり、}$$

R_{F11} は、前記拡大側レンズ成分における最も拡大側面の曲率半径、

R_{R11} は、前記拡大側レンズ成分における最も縮小側面の曲率半径、

である。

[請求項15]

前記第2副群は、縮小側レンズ成分を有し、

前記縮小側レンズ成分は、前記2つのメニスカスレンズ成分のうち、拡大側に位置するメニスカスレンズ成分であって、

以下の条件式(2)を満足することを特徴とする請求項1に記載の単焦点光学系。

$$1. \quad 1 < S F_{12} < 1.5 \quad (2)$$

ここで、

$$S F_{12} = (R_{F12} + R_{R12}) / (R_{F12} - R_{R12}) \text{ であり、}$$

R_{F12} は、前記縮小側レンズ成分における最も拡大側面の曲率半径、

R_{R12} は、前記縮小側レンズ成分における最も縮小側面の曲率半径、

である。

[請求項16]

前記第2副群は、接合レンズを有し、

前記第2副群の前記接合レンズは、前記2つのメニスカスレンズ成分のうち、縮小側に位置するメニスカスレンズ成分であって、

以下の条件式(3)を満足することを特徴とする請求項1に記載の単焦点光学系。

$$-1.2 < S F_{13} < -1.0 \quad (3)$$

ここで、

$$S F_{13} = (R_{F13} + R_{R13}) / (R_{F13} - R_{R13}) \text{ であり、}$$

R_{F13} は、前記第2副群の前記接合レンズにおける最も拡大側面の曲率半径、

R_{R13} は、前記第2副群の前記接合レンズにおける最も縮小側面の曲率半径、

である。

[請求項17]

前記第3副群における前記複数の正レンズ成分は、最も拡大側に位置する前側正レンズ成分と、最も縮小側に位置する後側正レンズ成分と、を有し、

以下の条件式（４）を満足することを特徴とする請求項１に記載の単焦点光学系。

$$-2.0 < SF_{14} - SF_{15} < 6.0 \quad (4)$$

ここで、

$$SF_{14} = (R_{F14} + R_{R14}) / (R_{F14} - R_{R14})、$$

$$SF_{15} = (R_{F15} + R_{R15}) / (R_{F15} - R_{R15}) \text{ であり、}$$

R_{F14} は、前記前側正レンズ成分における最も拡大側面の曲率半径、

R_{R14} は、前記前側正レンズ成分における最も縮小側面の曲率半径、

R_{F15} は、前記後側正レンズ成分における最も拡大側面の曲率半径、

R_{R15} は、前記後側正レンズ成分における最も縮小側面の曲率半径、

である。

[請求項18]

前記第２レンズ群の前記負レンズ成分は、

以下の条件式（５）を満足することを特徴とする請求項２に記載の単焦点光学系。

$$0 < SF_{21} < 5.0 \quad (5)$$

ここで、

$$SF_{21} = (R_{F21} + R_{R21}) / (R_{F21} - R_{R21}) \text{ であり、}$$

R_{F21} は、前記第２レンズ群の前記負レンズ成分における最も拡大側面の曲率半径、

R_{R21} は、前記第２レンズ群の前記負レンズ成分における最も縮小側面の曲率半径、

である。

[請求項19]

以下の条件式（６）を満足することを特徴とする請求項１に記載の単焦点光学系。

$$-2.5 < SF_{31} < 1.0 \quad (6)$$

ここで、

$$SF_{31} = (R_{F31} + R_{R31}) / (R_{F31} - R_{R31}) \text{ であり、}$$

R_{F31} は、前記前側副群の前記正レンズ成分における最も拡大側面の

曲率半径、

R_{R31} は、前記前側副群の前記正レンズ成分における最も縮小側面の曲率半径、

である。

[請求項20]

前記第1レンズ群は、最も縮小側に縮小側正レンズ成分を有し、前記縮小側正レンズ成分は単レンズであり、

横軸を $N d_{1PR}$ 、及び縦軸を νd_{1PR} とする直交座標系において、

$N d_{1PR} = \alpha \times \nu d_{1PR} + \beta_{1PR}$ 、但し、 $\alpha = -0.01$ 、で表される直線を設定したときに、

以下の条件式(11)の範囲の下限值 $\beta_{1PR} = 2.25$ であるときの直線で定まる領域と、以下の条件式(12)及び(13)で定まる領域との両方の領域に、前記縮小側正レンズ成分の $N d_{1PR}$ 及び νd_{1PR} が含まれることを特徴とする請求項1に記載の単焦点光学系。

$$2.25 \leq \beta_{1PR} \quad (11)$$

$$1.40 < N d_{1PR} \quad (12)$$

$$3.5 < \nu d_{1PR} \quad (13)$$

ここで、

$N d_{1PR}$ は、前記縮小側正レンズ成分の屈折率、

νd_{1PR} は、前記縮小側正レンズ成分のアッベ数、

である。

[請求項21]

前記前側副群は1つの正レンズ成分からなり、前記前側副群の前記正レンズ成分は単レンズであり、

横軸を $N d_{3PF}$ 、及び縦軸を νd_{3PF} とする直交座標系において、

$N d_{3PF} = \alpha \times \nu d_{3PF} + \beta_{3PF}$ 、但し、 $\alpha = -0.01$ 、で表される直線を設定したときに、

以下の条件式(14)の範囲の下限值 $\beta_{3PF} = 2.15$ であるときの直線で定まる領域と、以下の条件式(15)及び(16)で定まる領域との両方の領域に、前記前側副群の前記正レンズ成分の $N d_{3PF}$ 及び

νd_{3PF} が含まれることを特徴とする請求項1に記載の単焦点光学系。

$$2. \quad 1.5 \leq \beta_{3PF} \quad (14)$$

$$1. \quad 4.5 < N d_{3PF} \quad (15)$$

$$2.5 < \nu d_{3PF} \quad (16)$$

ここで、

$N d_{3PF}$ は、前記前側副群の前記正レンズ成分の屈折率、

νd_{3PF} は、前記前側副群の前記正レンズ成分のアッベ数、

である。

[請求項22] 前記第1レンズ群は、最も拡大側に拡大側レンズ成分を有し、
以下の条件式(A)を満足することを特徴とする請求項1乃至21
のいずれか一項に記載の単焦点光学系。

$$0 < f / e_{N1F} < 2 \quad (A)$$

ここで、

f は、無限遠物体合焦時の前記単焦点光学系全系の焦点距離、

e_{N1F} は、前記第1レンズ群の前記拡大側レンズ成分における最大有効口径、

である。

[請求項23] 開口絞りを有し、
以下の条件式(B)を満足することを特徴とする請求項1乃至22
のいずれか一項に記載の単焦点光学系。

$$0 < (f / e_{AS}) / Fno < 2 \quad (B)$$

ここで、

f は、無限遠物体合焦時の前記単焦点光学系全系の焦点距離、

e_{AS} は、前記開口絞りの最大直径、

Fno は、無限遠物体合焦時の前記単焦点光学系全系のFナンバー、
である。

[請求項24] 以下の条件式(C)を満足することを特徴とする請求項1乃至23

のいずれか一項に記載の単焦点光学系。

$$0 < T_{\text{air max}} / \Sigma d \leq 0.3 \quad (\text{C})$$

ここで、

$T_{\text{air max}}$ は、前記単焦点光学系の最も拡大側に位置する面から最も縮小側に位置する面までの間で最も大きい軸上空気間隔、

Σd は、前記単焦点光学系の最も拡大側に位置する面から最も縮小側に位置する面までの軸上間隔、

である。

[請求項25]

光学系と、縮小側に配置された撮像素子と、を有し、

前記撮像素子は撮像面を有し、且つ前記光学系によって前記撮像面上に形成された像を電気信号に変換し、

前記光学系が請求項1乃至24のいずれか一項に記載の単焦点光学系であることを特徴とする光学装置。

[請求項26]

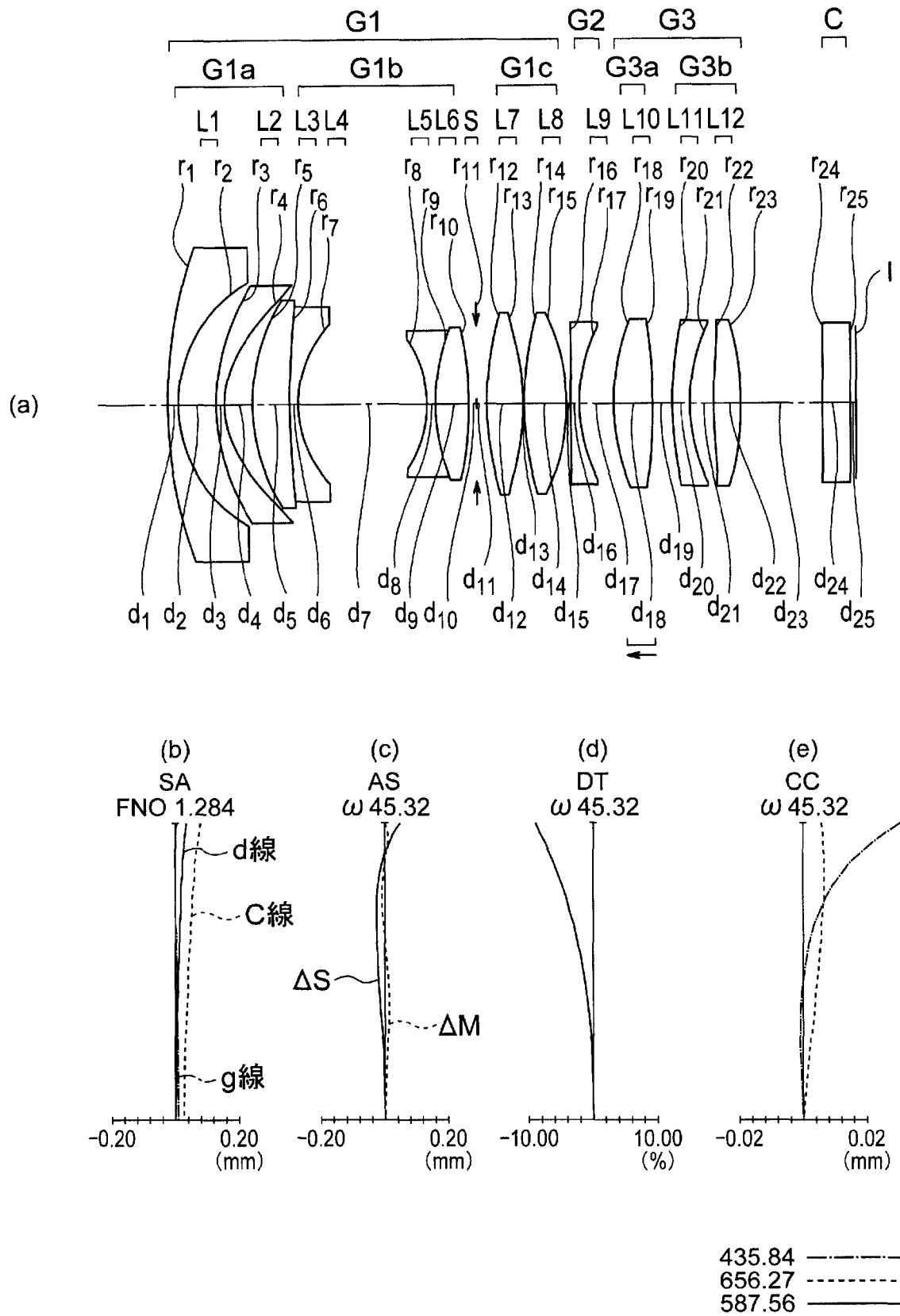
光学系と、縮小側に配置された表示素子と、を有し、

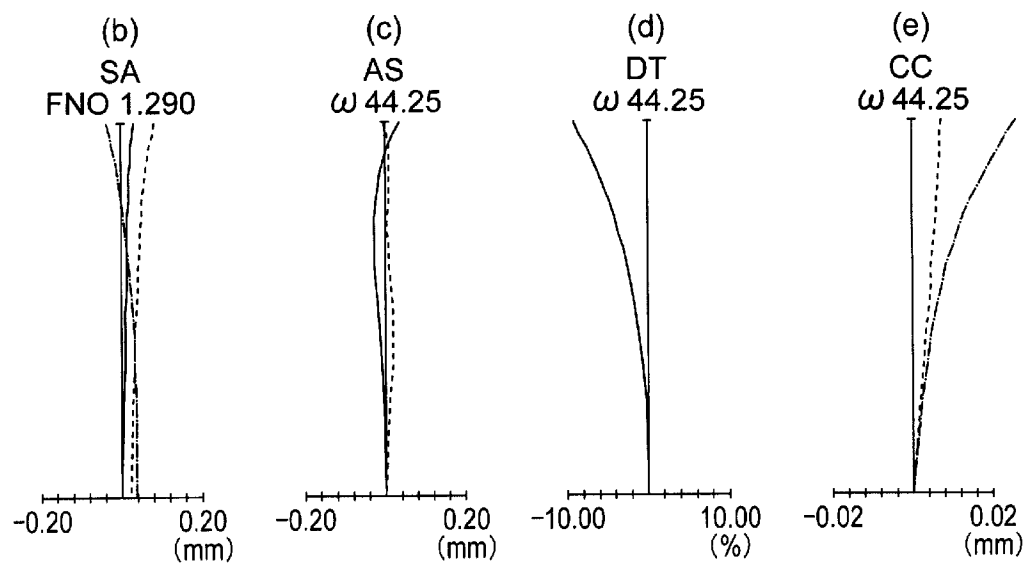
前記表示素子は表示面を有し、

前記表示面上に表示された画像は、前記光学系によって拡大側に投影され、

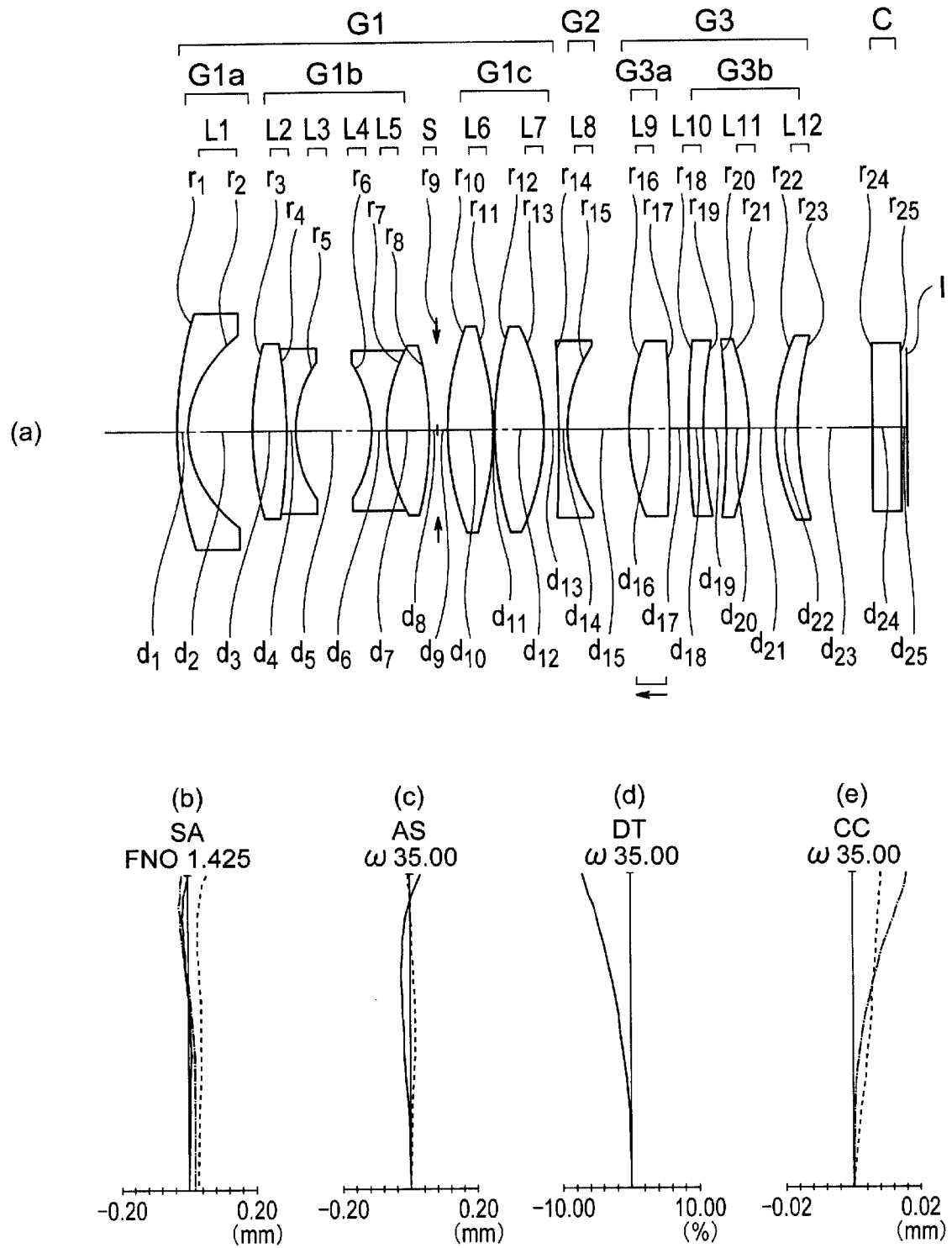
前記光学系が請求項1乃至24のいずれか一項に記載の単焦点光学系であることを特徴とする光学装置。

[図1]

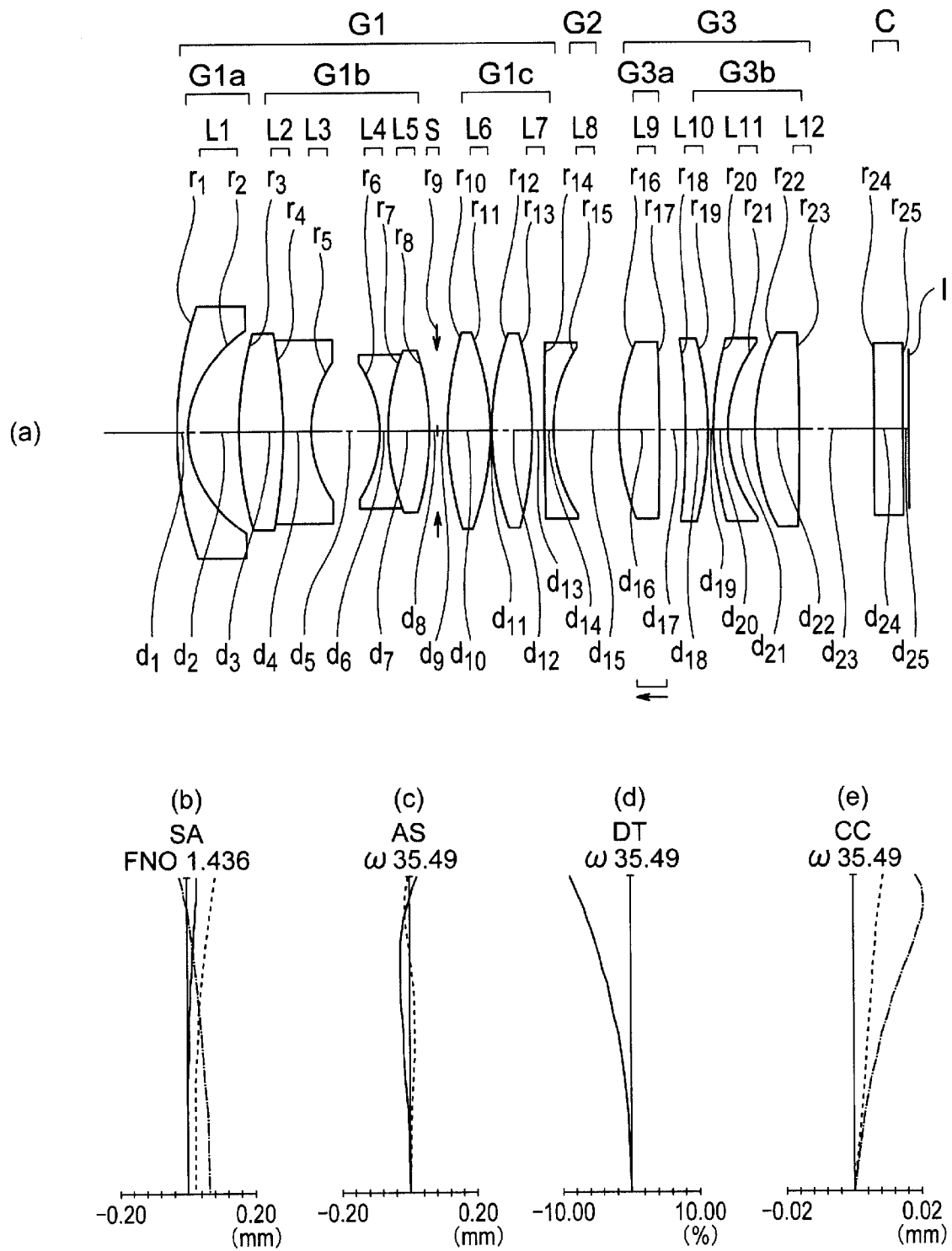




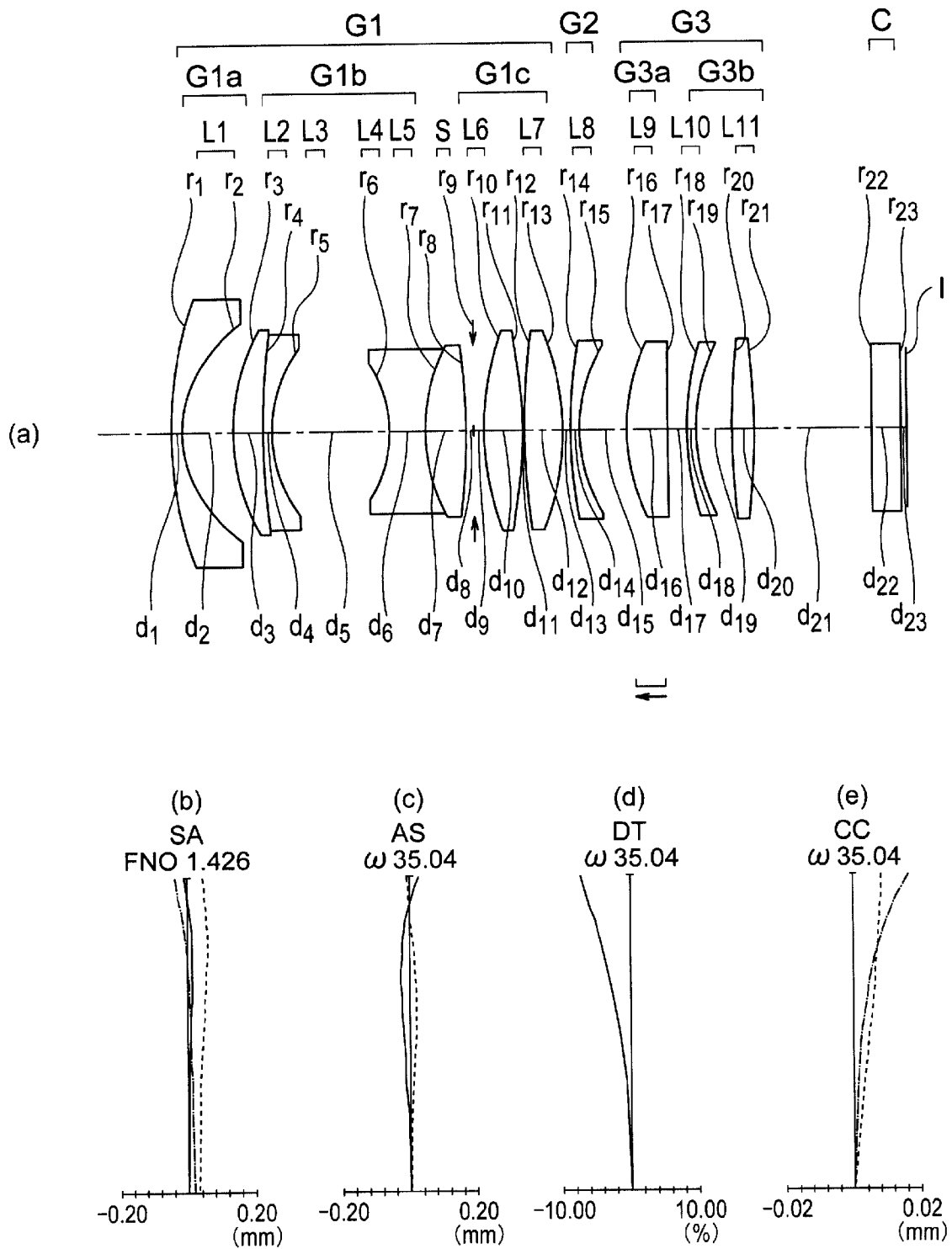
[図3]



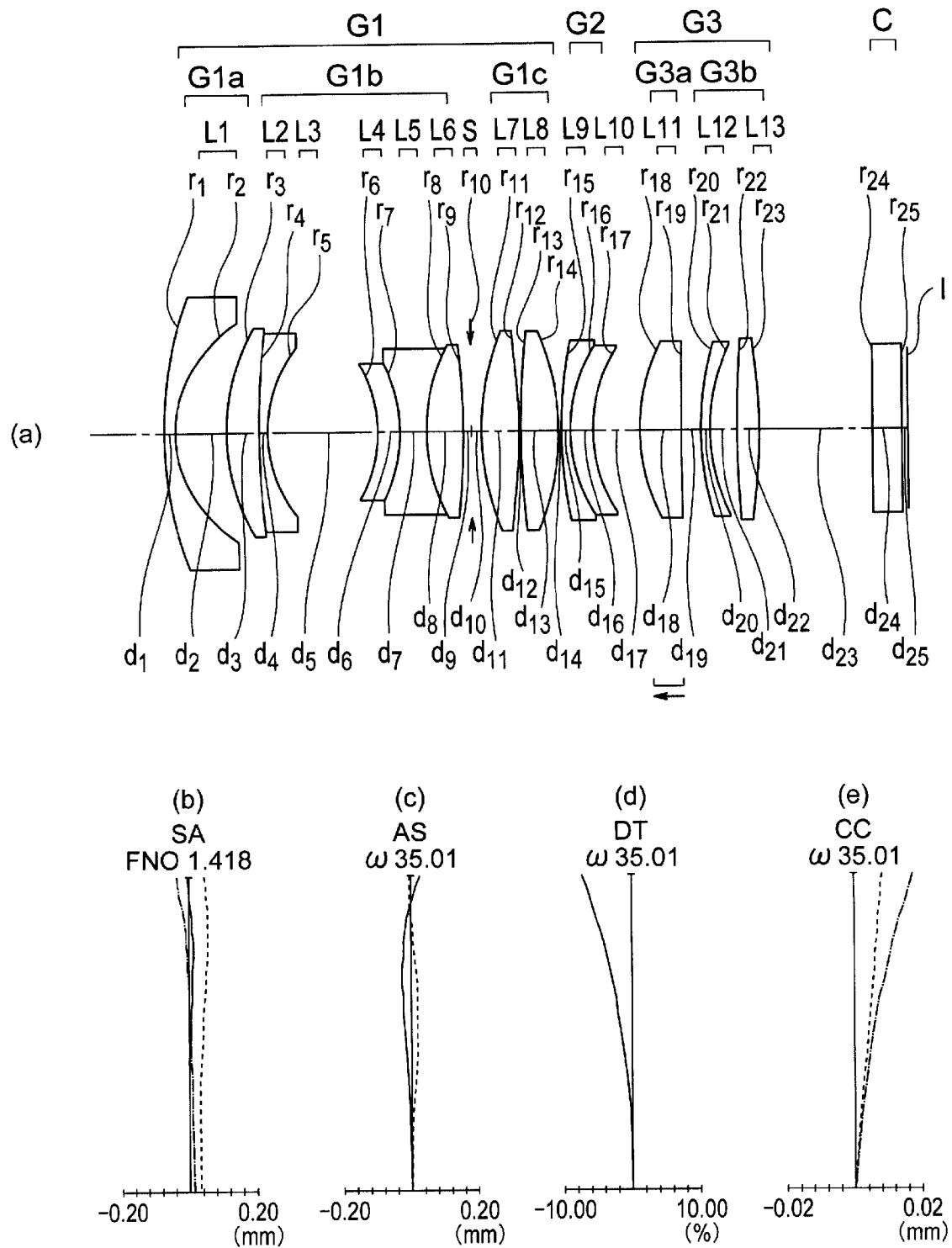
[図4]



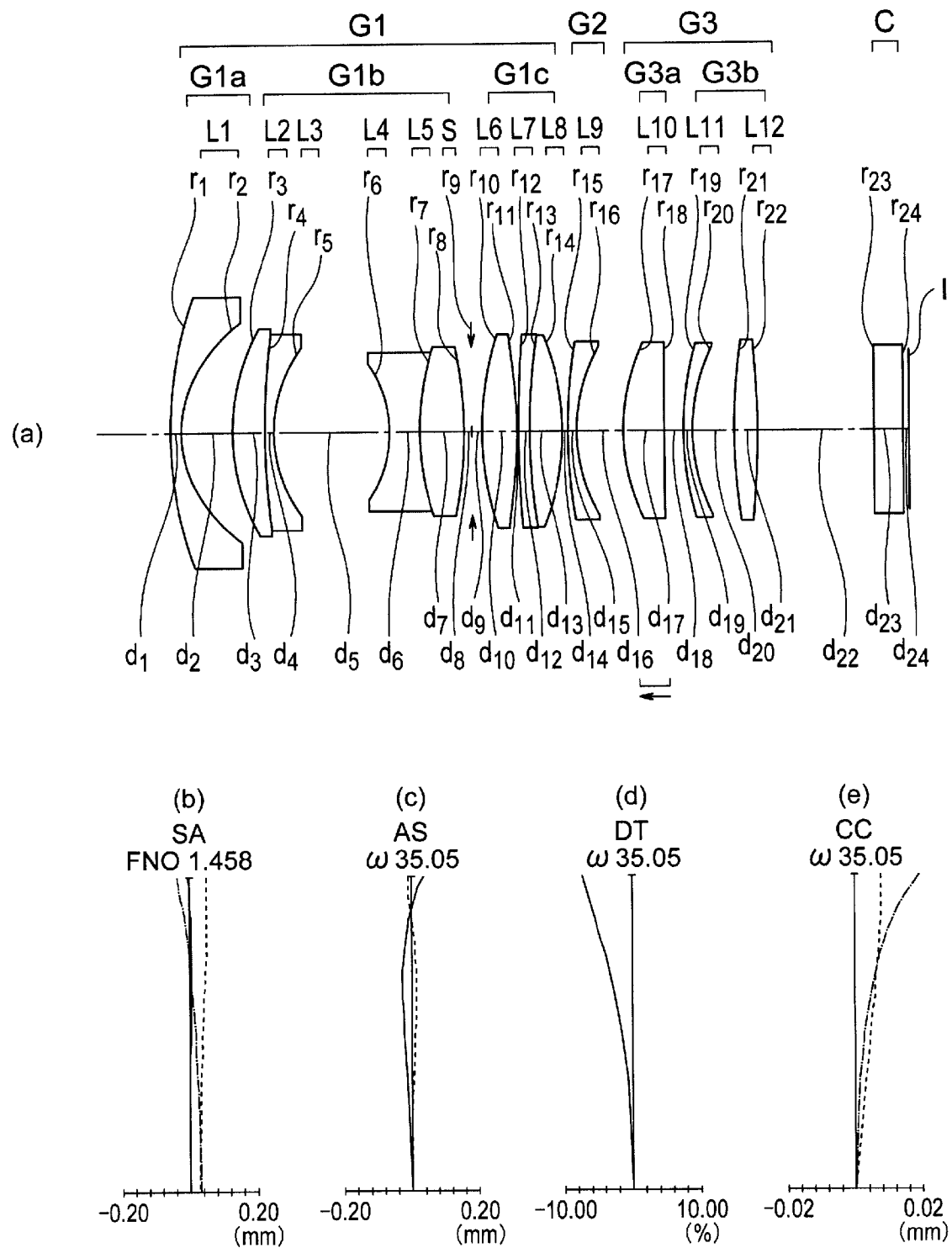
[図5]

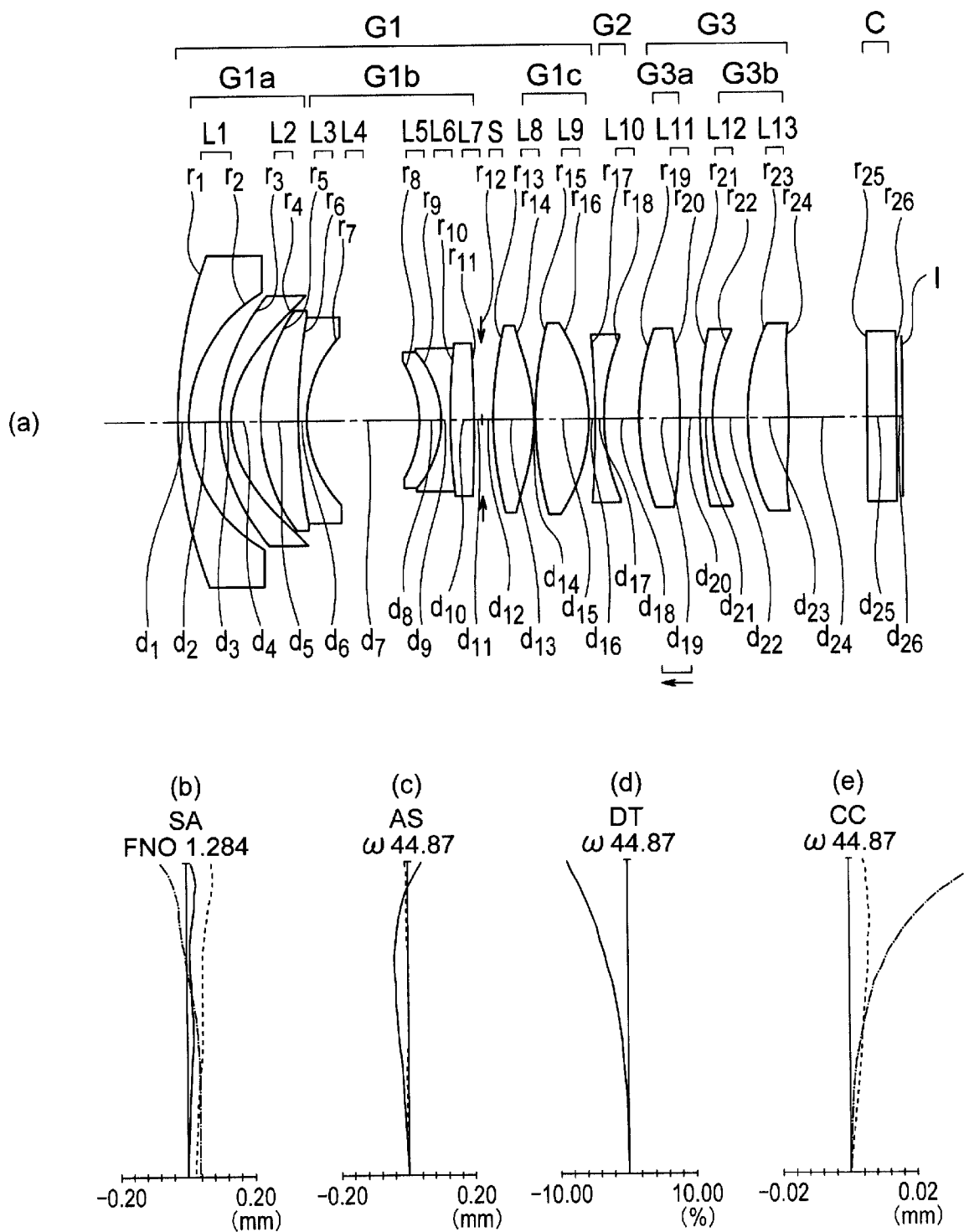


[図6]

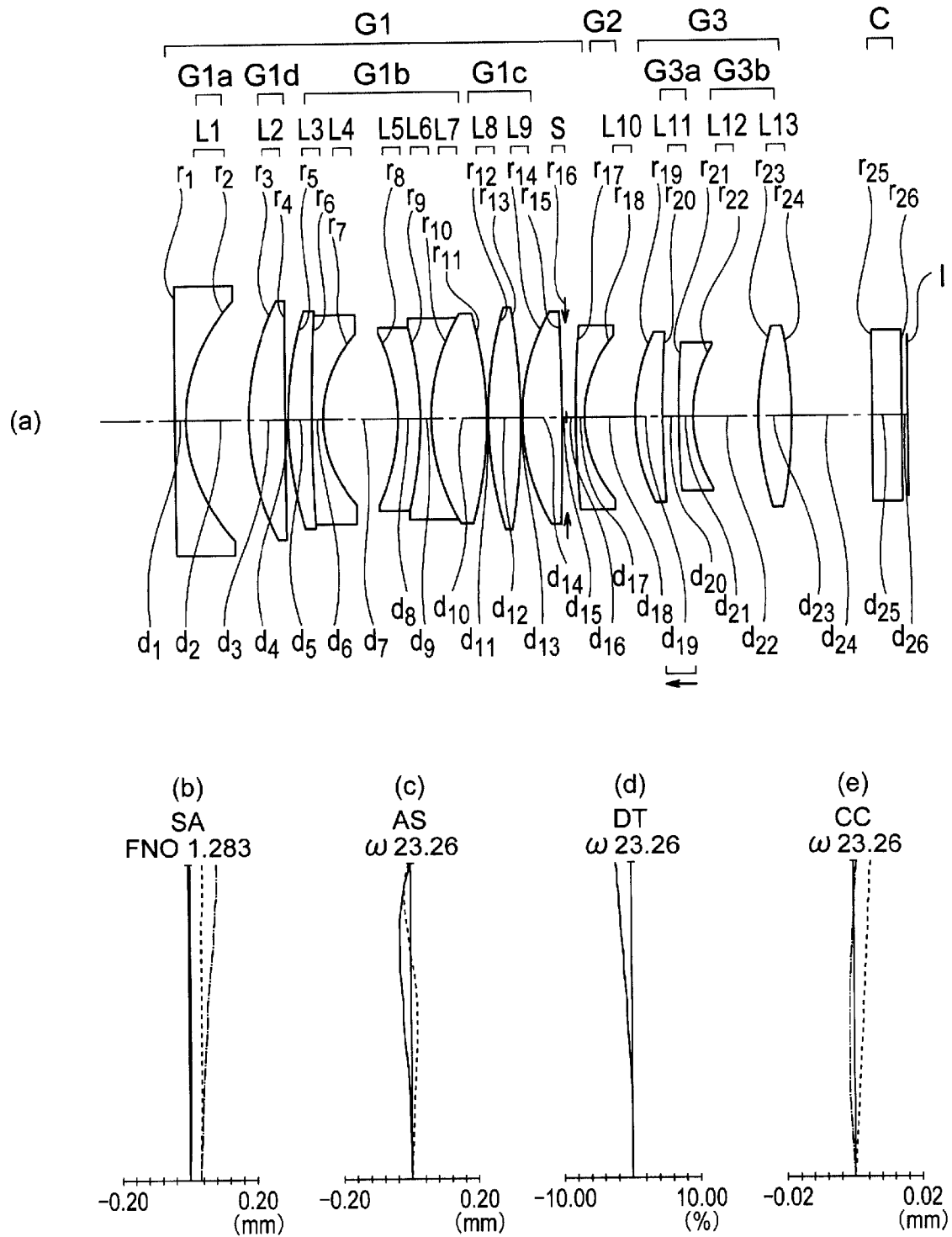


[図7]

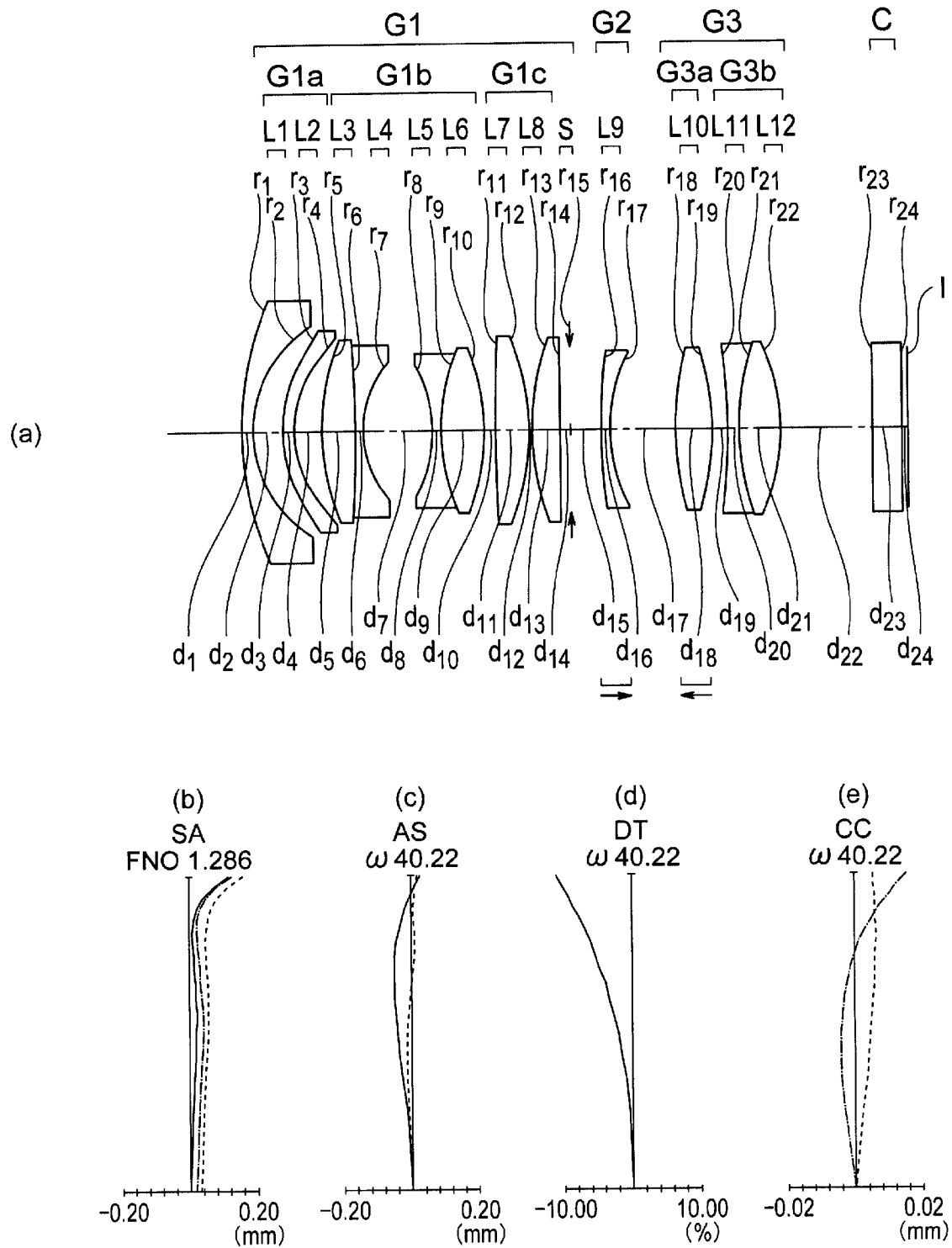




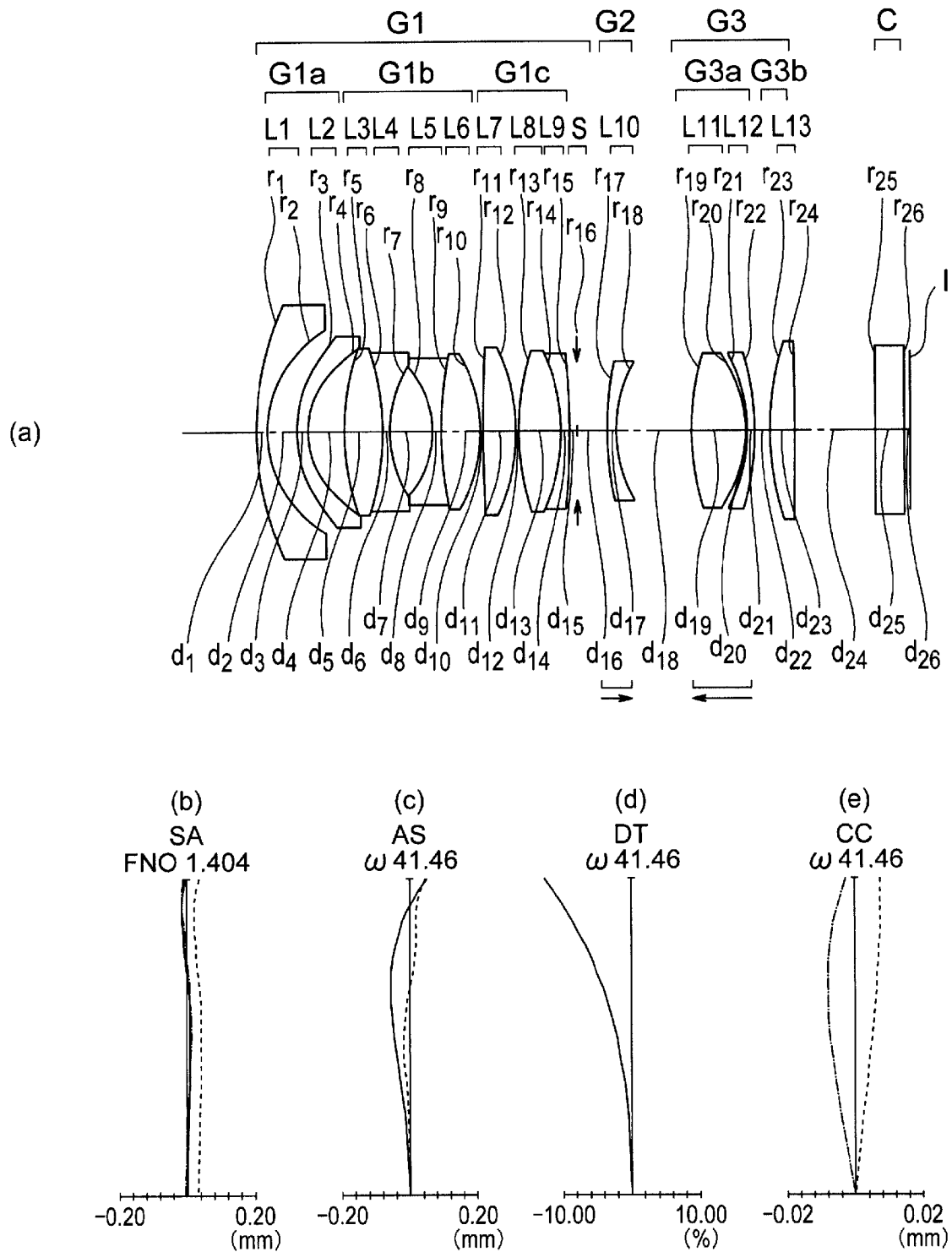
[図9]



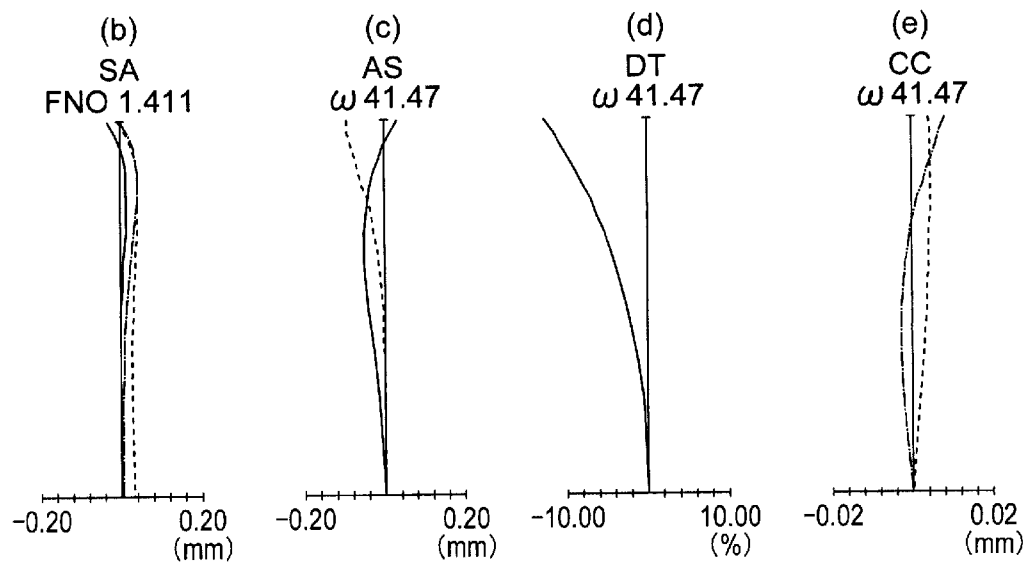
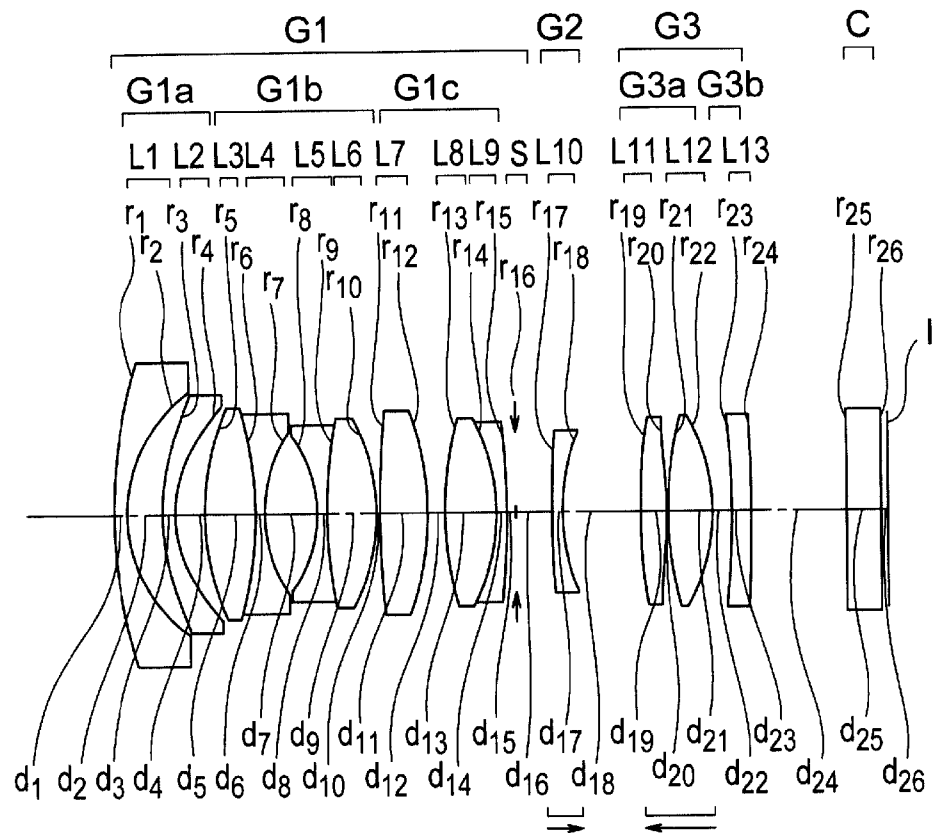
[図10]



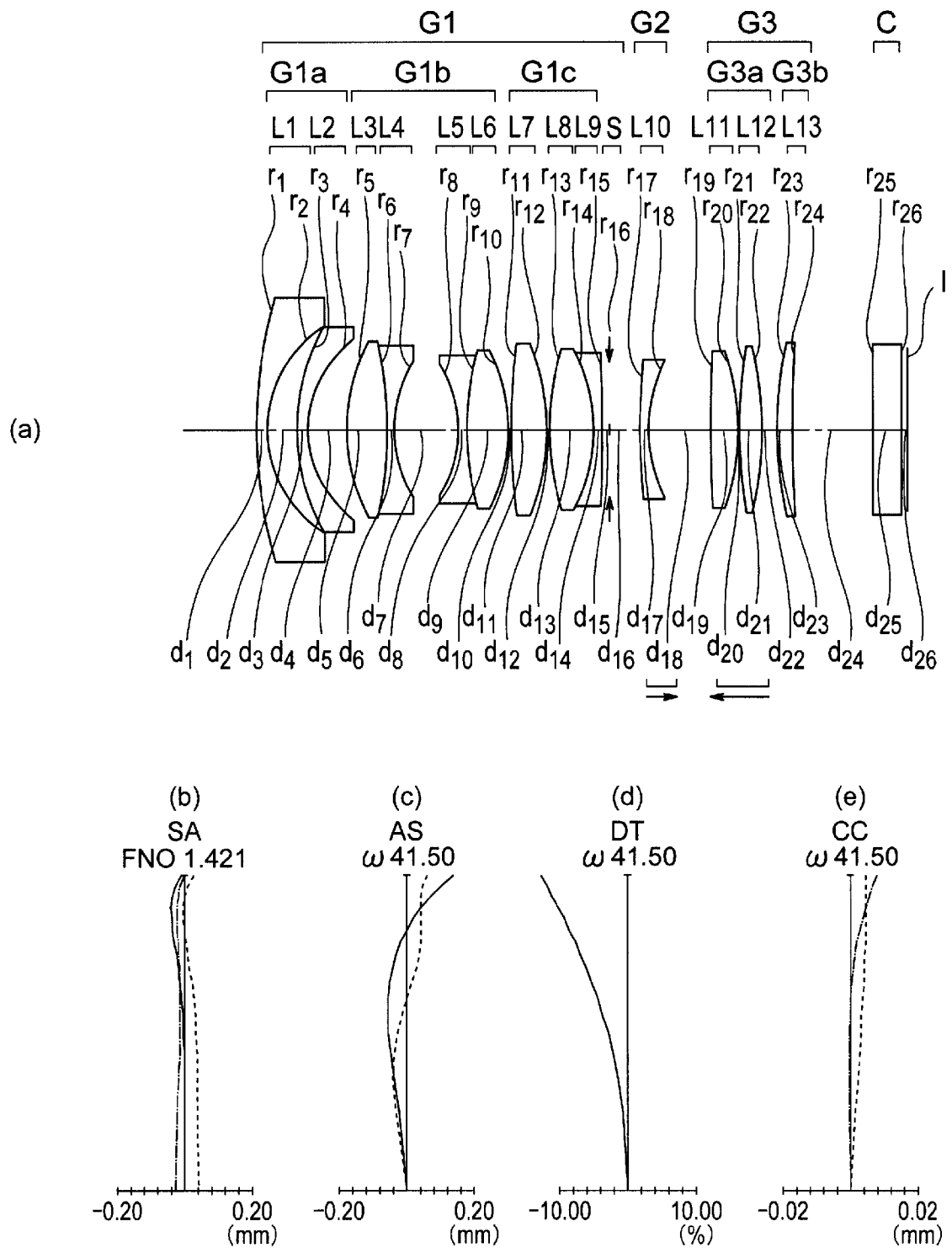
[図11]



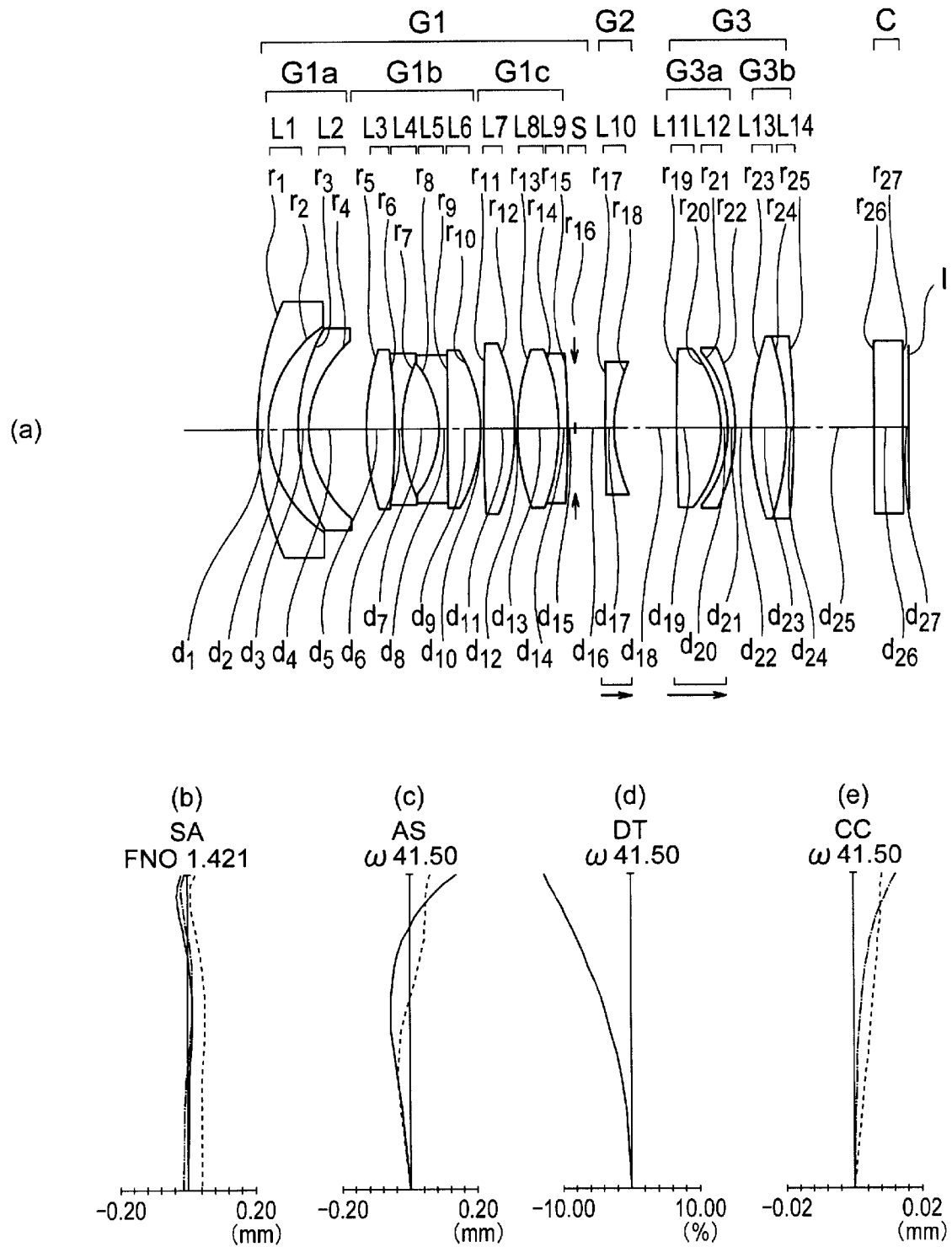
(a)



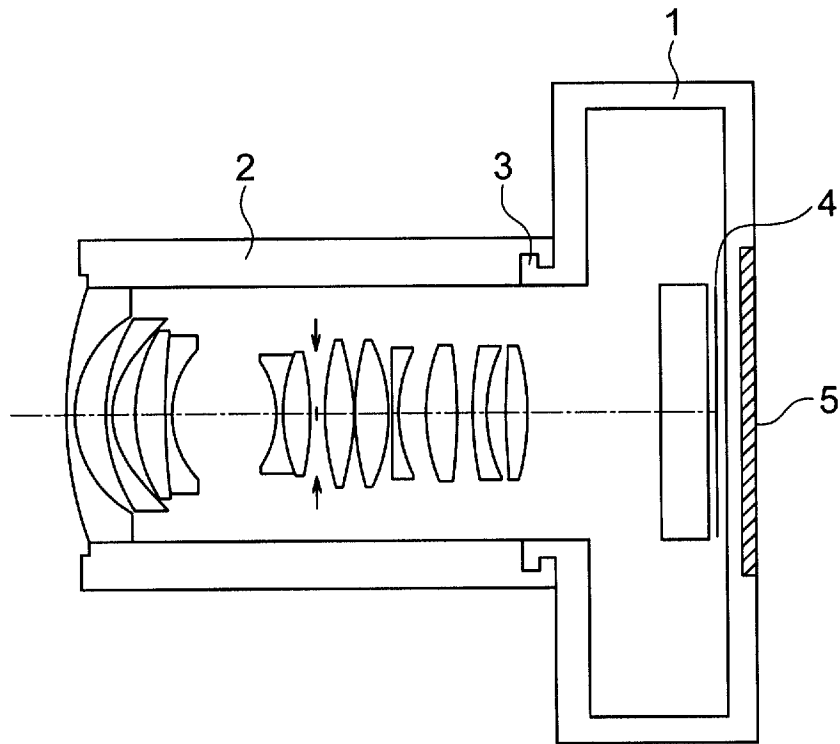
[図13]



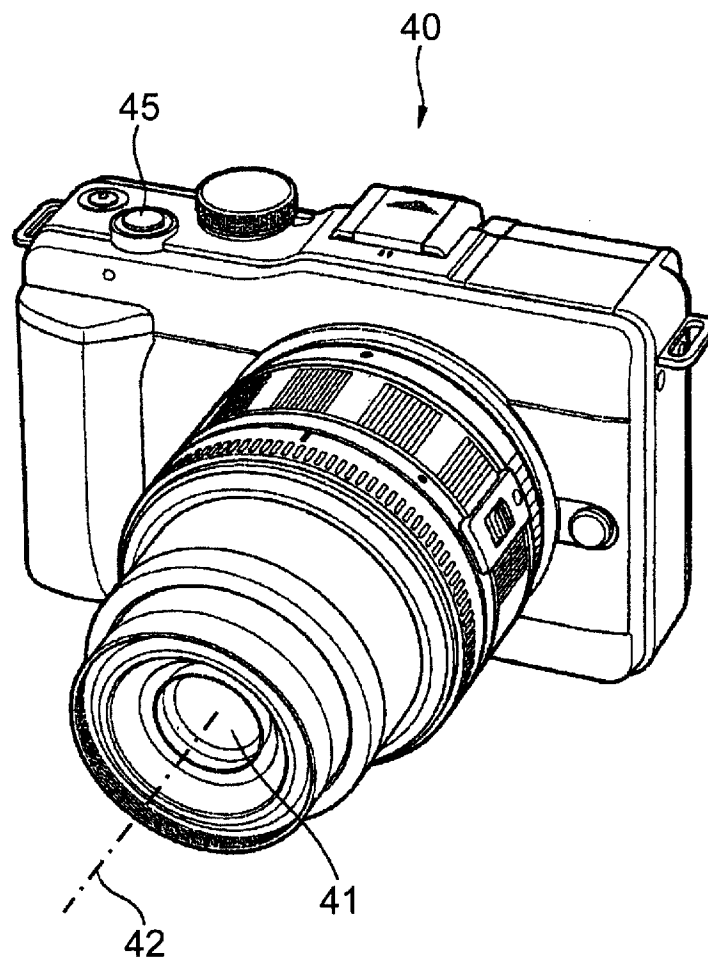
[図14]



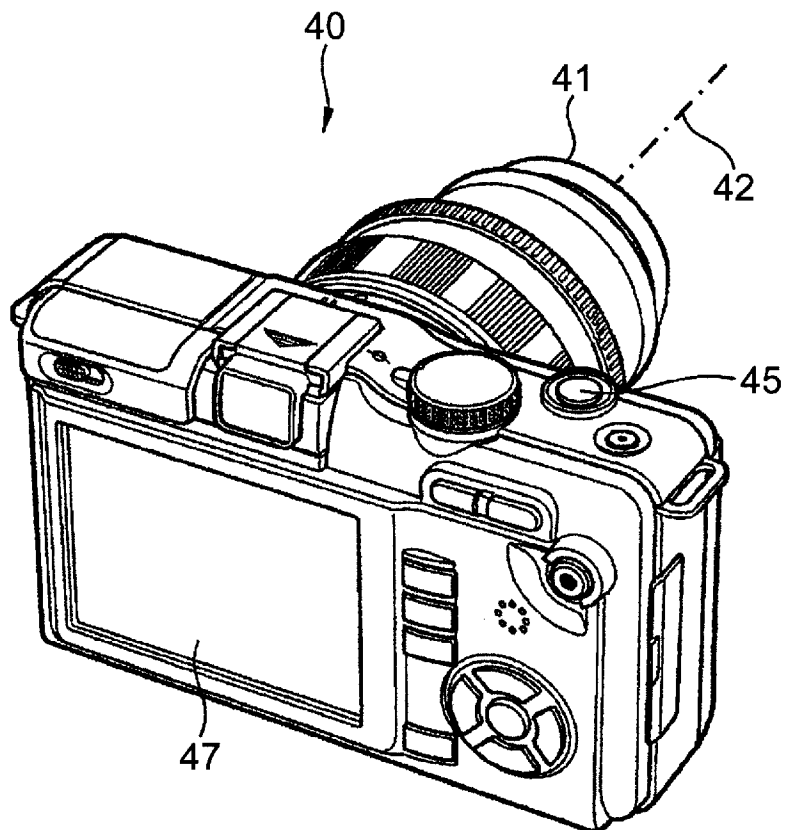
[図15]



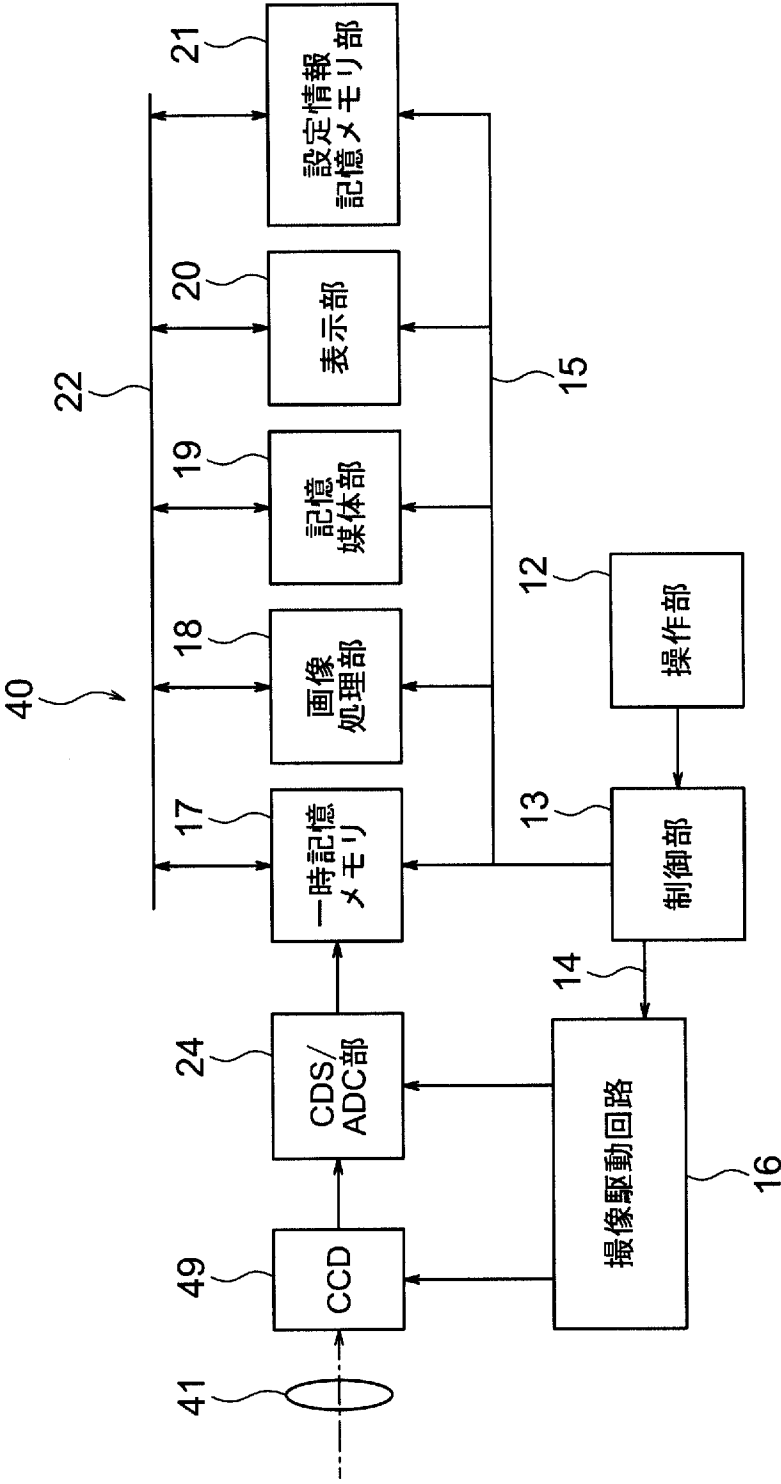
[図16]



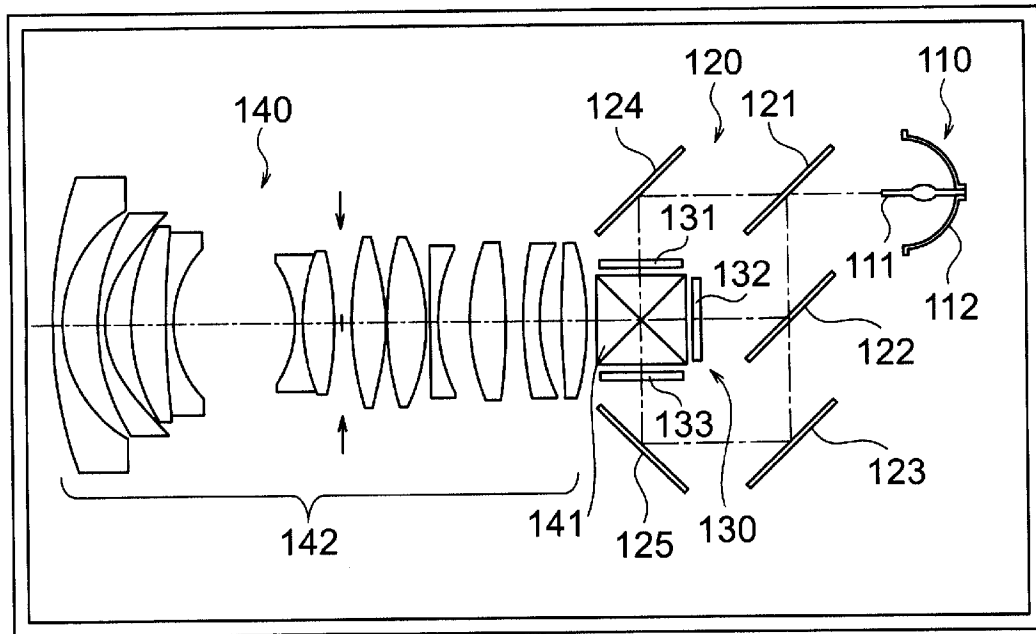
[図17]



[図18]



[図19]

100
↓

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/000299

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B13/00(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)

G02B13/00, 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 2008-233284 A (Nikon Corp.), 02 October 2008 (02.10.2008), each example (Family: none)	1-26
A	JP 2007-94176 A (Nikon Corp.), 12 April 2007 (12.04.2007), each example & US 2007/0070520 A1 examples	1-26
A	JP 2009-186790 A (Fujinon Corp.), 20 August 2009 (20.08.2009), each example (Family: none)	1-26

☒ 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
03 February 2017 (03.02.17)

Date of mailing of the international search report
14 February 2017 (14.02.17)

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/JP2017/000299

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 2001-249275 A (Nikon Corp.), 14 September 2001 (14.09.2001), each carrying-out mode (Family: none)	1-26

Object to be covered by this search:

Concerning the configuration of a single focus optical system, specified in claim 1 is "that..., sequentially from the magnification side, the first lens group has a first subgroup, a second subgroup, and a third subgroup, or has the first subgroup, one positive lens component, the second subgroup, and the third subgroup, ...". It is thus understood that the single focus optical system having the first lens group which is configured from the first subgroup, the second subgroup, and the third subgroup, or the first subgroup, one positive lens component, the second subgroup, and the third subgroup includes a single focus optical system having a first lens group to which another lens or lens group is added. Meanwhile, disclosed in the description as a specific example is only the single focus optical system having the first lens group which is configured from the first subgroup, the second subgroup, and the third subgroup, or the first subgroup, one positive lens component, the second subgroup, and the third subgroup.

Then, in the technical field of the lens system, it is common general knowledge that lens systems configured from different number of lenses or lens groups will provide a significantly different optical performance such as aberration.

In contrast to this, in the description, there is no statement on a single focus optical system having a first lens group which includes a lens or a lens group other than the first subgroup, the second subgroup, and the third subgroup, or the first subgroup, one positive lens component, the second subgroup, and the third subgroup. Furthermore, there exists no such a rational statement that is enough to make it understandable that the single focus optical system having a lens or lens group other than the first subgroup, the second subgroup, and the third subgroup, or the first subgroup, one positive lens component, the second subgroup, and the third subgroup has the same optical performance as that of the single focus optical system having the first lens group which is configured from the first subgroup, the second subgroup, and the third subgroup, or the first subgroup, one positive lens component, the second subgroup, and the third subgroup.

In this context, it cannot be said to extend or generalize the optical system of the embodiment, disclosed in the description, to an optical system to which a lens or a lens group other than those of the embodiment is added while having the same optical performance as that of the optical system of the embodiment.

Further, there is a similar problem with respect to claims which are dependent on claim 1.

Consequently, the inventions of claims 1-26 exceed the range set forth in the description, and do not comply with the requirement of the support prescribed under PCT Article 6.

Therefore, no meaningful search could be carried out on and thus no search was conducted on single focus optical systems having a first lens group other than the first lens group which is configured from the first subgroup, the second subgroup, and the third subgroup, or the first subgroup, one positive lens component, the second subgroup, and the third subgroup.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B13/00(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. G02B13/00, 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 2008-233284 A (株式会社ニコン) 2008.10.02, 各実施例 (ファミリーなし)	1-26
A	JP 2007-94176 A (株式会社ニコン) 2007.04.12, 各実施例 & US 2007/0070520 A1, Examples	1-26
A	JP 2009-186790 A (フジノン株式会社) 2009.08.20, 各実施例 (ファミリーなし)	1-26

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

03.02.2017

国際調査報告の発送日

14.02.2017

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)

堀井 康司

2 V

3 7 1 3

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 2001-249275 A (株式会社ニコン) 2001.09.14, 各実施形態 (ファミリーなし)	1-26

＜調査対象について＞

単焦点光学系の構成に関して、請求項1には、「・・・前記第1レンズ群は、拡大側から順に、第1副群、第2副群及び第3副群を有するか、又は、前記第1副群、1つの正レンズ成分、前記第2副群及び前記第3副群を有し、・・・」と記載されており、第1副群、第2副群、第3副群、或いは、第1副群、1つの正レンズ成分、第2副群、第3副群から構成される第1レンズ群を有する単焦点光学系に、他のレンズ或いはレンズ群を追加した第1レンズ群を有する単焦点光学系も含まれると解される一方、明細書には、具体例として、第1副群、第2副群、第3副群、或いは、第1副群、1つの正レンズ成分、第2副群、第3副群から構成される第1レンズ群を有する単焦点光学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或いはレンズ群の数が異なると、得られる収差等の光学性能が大きく異なることが技術常識である。これに対して、明細書には、第1副群、第2副群、第3副群、或いは、第1副群、1つの正レンズ成分、第2副群、第3副群以外のレンズ或いはレンズ群を含む第1レンズ群を有する単焦点光学系が一切記載されておらず、また、前記、第1副群、第2副群、第3副群、或いは、第1副群、1つの正レンズ成分、第2副群、第3副群以外のレンズ或いはレンズ群を有する単焦点光学系が、第1副群、第2副群、第3副群、或いは、第1副群、1つの正レンズ成分、第2副群、第3副群から構成される第1レンズ群を有する単焦点光学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、明細書に記載されている、前記実施例のもの以外のレンズ或いはレンズ群が付加されたものにまで、前記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。また、請求項1に従属する請求項についても同様の問題が存在する。

したがって、請求項1－26に係る発明は、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、第1副群、第2副群、第3副群、或いは、第1副群、1つの正レンズ成分、第2副群、第3副群から構成されるもの以外の第1レンズ群を有する単焦点光学系については、有意義な調査を行うことができないため、調査を行わなかった。