

(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7月5日(05.07.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/124248 A1

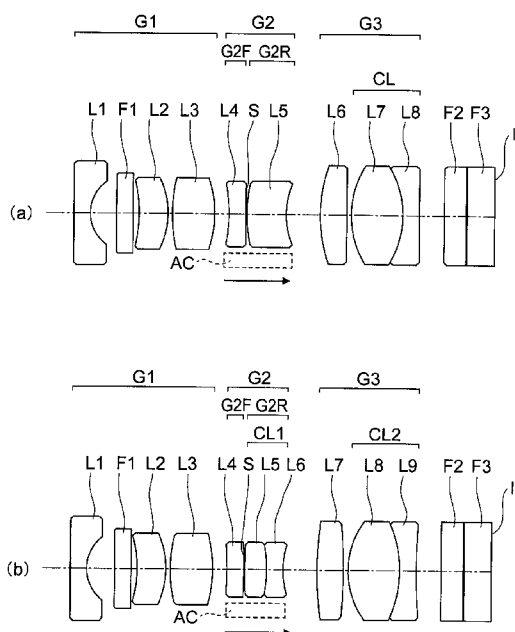
- (51) 国際特許分類:
G02B 13/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/047131
- (22) 国際出願日: 2017年12月27日(27.12.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-255818 2016年12月28日(28.12.2016) JP
- (71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 河西研 (KASAI Ken); 〒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1-41-3 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, JO, 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,

(54) Title: ENDOSCOPE OBJECTIVE OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称: 内視鏡対物光学系



(57) Abstract: Provided is an endoscope objective optical system having a small diameter and good image formation capability, while being capable of magnifying observation and normal observation. The endoscope objective optical system comprises, in order from the object side, a first lens group G1 having positive refractive power, a second lens group G2 having negative refractive power, and a third lens group G3 having positive refractive power, such that the lens surface of the second lens group G2 positioned closest to the image has a concave surface facing toward the image, and the second lens group G2 moves along the light axis.

(57) 要約: 拡大観察と通常観察が可能でありながら、細径で、且つ、良好な結像性能を有する内視鏡対物光学系を提供すること。内視鏡対物光学系は、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、からなり、第2レンズ群G2の最も像側に位置するレンズ面は、像側に凹面を向けた面であり、第2レンズ群G2は、光軸に沿って移動する。

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：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：内視鏡対物光学系

技術分野

[0001] 本発明は内視鏡対物光学系に関する。

背景技術

[0002] 内視鏡のニーズとして拡大観察がある。特に耳鼻咽喉科や頭頸部外科において、拡大観察のニーズが近年高まっている。

[0003] 耳鼻咽喉科や頭頸部外科では、前癌病変を発見可能とすることに期待がかかっている。前癌病変を発見可能とするためには、喉頭の表面上の毛細血管や咽頭の表面上の毛細血管の観察を行う必要がある。より具体的には、毛細血管における血流を観察し、その血流の状態を識別する。このようにすることで、前癌病変を発見可能とすることができる。

[0004] ただし、毛細血管は非常に細い。そのため、血流の観察には拡大観察が必要になる。このようなことから、耳鼻咽喉科や頭頸部外科で用いられる内視鏡には、高倍の拡大光学系が必要になる。

[0005] また、前癌病変の発見以外でも、拡大観察は用いられる。例えば、様々な病変部の診断では、病変部を詳細に観察する必要がある。そのため、病変部の診断にも拡大観察が用いられる。

[0006] 医療用内視鏡では、体腔内を観察するために、細長い挿入部が体腔内に挿入される。体腔内では、挿入部を様々な方向に向かって進ませなければならない。体腔内の組織を傷つけずに挿入部を進ませるためには、挿入部の進行方向を見定める必要がある。そのため、医療用内視鏡には、広角の光学系が求められる。

[0007] また、拡大観察では観察範囲が狭いことから、拡大観察で観察対象を見つけることは容易ではない。そのため、拡大観察における観察範囲よりも広い範囲を、観察できることが必要になる。このようなことから、医療用内視鏡には、広角の光学系が求められる。

[0008] 拡大観察では、対物レンズから物体位置までの距離（以下、「物体距離」という）は、例えば、1 mm～4 mm程度である。一方、上述のような広い範囲の観察（以下、「通常観察」という）では、物体距離は、4 mmよりもはるかに長い。

[0009] 拡大観察と通常観察が行える内視鏡対物レンズが、特許文献1に開示されている。特許文献1の内視鏡対物レンズは、正の第1群と、負の第2群と、正の第3群と、を有し、第2群が移動する。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特許第4 8 3 4 7 9 9号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 特許文献1の内視鏡対物レンズでは、第2群の最も物体側に位置するレンズ面は、物体側に凸面を向けている。この場合、第2群に入射する光線の高さが高くなる。そのため、特許文献1の内視鏡対物レンズでは、第2群が十分に細径化されているとはいえない。

[0012] また、特許文献1の内視鏡対物レンズでは、変倍を行うために、少なくとも第2群中のレンズ群を移動させている。レンズ群を移動させる場合、移動させるレンズ群の近傍に駆動機構を配置することが好ましい。

[0013] 上述のように、特許文献1の内視鏡対物レンズでは、第2群が十分に細径化されているとはいえない。そのため、どの群の近傍に駆動機構を配置したとしても、挿入部の径が太くなる。

[0014] また、特許文献1には、第2群が2つのレンズ群で構成されている内視鏡対物レンズが開示されている。この内視鏡対物レンズでは、近傍端で変倍が行われた場合、2つのレンズ群が、各々異なる移動量で移動する。そのため、移動機構が複雑で、且つ、大型になる。その結果、挿入部の径が太くなる。

[0015] 特に、耳鼻咽喉科用の内視鏡では、挿入部の細径化が要求される。よって、挿入部の径が太くなることは好ましくない。

[0016] 本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、拡大観察と通常観察が可能でありながら、細径で、且つ、良好な結像性能を有する内視鏡対物光学系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

[0017] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る内視鏡対物光学系は、

物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群と、負屈折力の第2レンズ群と、正屈折力の第3レンズ群と、からなり、

第2レンズ群の最も像側に位置するレンズ面は、像側に凹面を向けた面であり、

第2レンズ群は、光軸に沿って移動することを特徴とする。

[0018] また、本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る別の内視鏡対物光学系は、

物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群と、負屈折力の第2レンズ群と、正屈折力の第3レンズ群と、からなり、

第2レンズ群は、物体側から順に、前群と、明るさ絞りと、後群と、からなり、

第2レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面は、物体側に凹面を向けた面であり、

第2レンズ群の最も像側に位置するレンズ面は、像側に凹面を向けた面であり、

第2レンズ群は、光軸に沿って移動することを特徴とする。

発明の効果

[0019] 本発明の一実施形態に係る内視鏡対物光学系は、拡大観察と通常観察が可能でありながら、細径で、且つ、良好な結像性能を有するという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本実施形態に係る内視鏡対物光学系の構成を示す断面図である。

[図2]軸上光線の様子と軸外光線の様子を示す図である。

[図3]実施例 1 の内視鏡対物光学系の断面図である。

[図4]実施例 1 の内視鏡対物光学系の収差図である。

[図5]実施例 2 の内視鏡対物光学系の断面図である。

[図6]実施例 2 の内視鏡対物光学系の収差図である。

[図7]実施例 3 の内視鏡対物光学系の断面図である。

[図8]実施例 3 の内視鏡対物光学系の収差図である。

[図9]実施例 4 の内視鏡対物光学系の断面図である。

[図10]実施例 4 の内視鏡対物光学系の収差図である。

[図11]実施例 5 の内視鏡対物光学系の断面図である。

[図12]実施例 5 の内視鏡対物光学系の収差図である。

[図13]実施例 6 の内視鏡対物光学系の断面図である。

[図14]実施例 6 の内視鏡対物光学系の収差図である。

[図15]実施例 7 の内視鏡対物光学系の断面図である。

[図16]実施例 7 の内視鏡対物光学系の収差図である。

[図17]実施例 8 の内視鏡対物光学系の断面図である。

[図18]実施例 8 の内視鏡対物光学系の収差図である。

[図19]実施例 9 の内視鏡対物光学系の断面図である。

[図20]実施例 9 の内視鏡対物光学系の収差図である。

[図21]実施例 10 の内視鏡対物光学系の断面図である。

[図22]実施例 10 の内視鏡対物光学系の収差図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本実施形態に係る内視鏡対物光学系について、図面を用いて、このような構成をとった理由と作用を説明する。なお、以下の実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0022] 本実施形態に係る内視鏡対物光学系は、物体側から順に、正屈折力の第 1

レンズ群と、負屈折力の第2レンズ群と、正屈折力の第3レンズ群と、からなり、第2レンズ群の最も像側に位置するレンズ面は、像側に凹面を向けた面であり、第2レンズ群は、光軸に沿って移動することを特徴とする。

[0023] 本実施形態に係る内視鏡対物光学系は、以下の条件式(1)、(3)を満足することが好ましい。

$$-2.1 < f_2 / f_W < -1 \quad (1)$$

$$0.45 < \Sigma d_2 / D_2 < 0.64 \quad (3)$$

ここで、

f_2 は、第2レンズ群の焦点距離、

f_W は、通常観察時の内視鏡対物光学系全系の焦点距離、

f_{2F} は、前群の焦点距離、

Σd_2 は、第2レンズ群の厚み、

D_2 は、第1レンズ群の最も像側に位置するレンズ面から第3レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面までの距離、
である。

[0024] 光学系の構成の技術的意義と、条件式の技術的意義については後述する。

[0025] また、本実施形態に係る内視鏡対物光学系は、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群と、負屈折力の第2レンズ群と、正屈折力の第3レンズ群と、からなり、第2レンズ群は、物体側から順に、前群と、明るさ絞りと、後群と、からなり、第2レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面は、物体側に凹面を向けた面であり、第2レンズ群の最も像側に位置するレンズ面は、像側に凹面を向けた面であり、第2レンズ群は、光軸に沿って移動することを特徴とする。

[0026] 本実施形態に係る内視鏡対物光学系では、通常観察と拡大観察とが行える。通常観察では広い範囲を低倍で観察し、拡大観察では狭い範囲を高倍で観察する。よって、内視鏡対物光学系は、通常観察と拡大観察の両方で、良好な結像性能を有している必要がある。

[0027] 本実施形態に係る内視鏡対物光学系では、光学系は、物体側から順に、正

屈折力の第1レンズ群と、負屈折力の第2レンズ群と、正屈折力の第3レンズ群と、で構成されている。このようにすることで、屈折力の並びが対称になる。そのため、通常観察と拡大観察の両方で、収差を良好に補正することができるだけでなく、光学系全体の小型化を実現しやすくなる。

[0028] 図1は、本実施形態に係る内視鏡対物光学系の具体的な構成を示す断面図であって、(a)は第1実施形態に係る内視鏡対物光学系の断面図、(b)は第2実施形態に係る内視鏡対物光学系の断面図である。

[0029] 第1実施形態に係る内視鏡対物光学系は、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、で構成されている。第2レンズ群G2に、明るさ絞りSが配置されている。

[0030] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、負の第1レンズL1と、正の第2レンズL2と、正の第3レンズL3と、を有している。

[0031] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、前群G2Fと、明るさ絞りSと、後群G2Rと、を有する。前群G2Fは、負の第4レンズL4を有している。後群G2Rは、負の第5レンズL5を有している。第4レンズL4の物体側レンズ面は最も物体側に位置し、物体側に凹面を向けている。第5レンズL5の像側レンズ面は最も像側に位置し、像側に凹面を向けている。

[0032] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、正の第6レンズL6と、正の第7レンズL7と、負の第8レンズL8と、を有している。第7レンズL7と第8レンズL8は接合され、接合レンズCLを構成している。

[0033] 第2実施形態に係る内視鏡対物光学系は、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、で構成されている。第2レンズ群G2に、明るさ絞りSが配置されている。

[0034] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、負の第1レンズL1と、正の第2レンズL2と、正の第3レンズL3と、を有している。

[0035] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、前群G2Fと、明るさ絞りSと、

後群G 2 Rと、を有する。前群G 2 Fは、負の第4レンズL 4を有している。後群G 2 Rは、正の第5レンズL 5と、負の第6レンズL 6と、を有している。第5レンズL 5と第6レンズL 6は接合され、接合レンズC L 1を構成している。第4レンズL 4の物体側レンズ面は最も物体側に位置し、物体側に凹面を向けている。第6レンズL 6の像側レンズ面は最も像側に位置し、像側に凹面を向けている。

[0036] 第3レンズ群G 3は、物体側から順に、正の第7レンズL 7と、正の第8レンズL 8と、負の第9レンズL 9と、を有している。第8レンズL 8と第9レンズL 9は接合され、接合レンズC L 2を構成している。

[0037] 第1実施形態に係る内視鏡対物光学系と第2実施形態に係る内視鏡対物光学系（以下、「本実施形態に係る内視鏡対物光学系」という）では、第1レンズL 1と第2レンズL 2との間に、第1の平行平板F 1が配置されている。第1の平行平板F 1は、内視鏡対物光学系中の任意の位置に配置することができる。第9レンズL 9の像側に、第2の平行平板F 2と第3の平行平板F 3が配置されている。第2の平行平板F 2と第3の平行平板F 3は接合されている。

[0038] 第2の平行平板F 2は、カバーガラスである。第3の平行平板F 3は、イメージャーガラスである。第3の平行平板F 3の像側には、撮像素子（不図示）が配置されている。第3の平行平板F 3の像側面は、像面Iになっている。撮像素子の撮像面は、第3の平行平板F 3の像側面と一致している。

[0039] 本実施形態に係る内視鏡対物光学系では、第2レンズ群G 2は、物体側から順に、前群G 2 Fと、明るさ絞りSと、後群G 2 Rと、を有する。

[0040] 第2レンズ群G 2の構成について説明する。図2は軸上光線の様子と軸外光線の様子を示す図であって、（a）は第1の構成における光線の様子を示す図、（b）は第2の構成における光線の様子を示す図である。

[0041] 各図において、第2レンズ群G 2の構成は、簡略に描かれている。また、軸上光線は破線で示され、軸外光線は実線で示されている。これらの光線は、物体の高さを1 mm、第2レンズ群G 2の焦点距離を1 mmとしたときの

光線である。第1の構成における倍率と第2の構成における倍率は同じである。

[0042] また、各図において、 OH は、物体高を表している。具体的には、物体高は1 mmである。物体の像は虚像である。 $IH1$ は第1の構成における像高、 $IH2$ は第2の構成における像高である。 $IH1$ と $IH2$ は、バックフォーカスとなる位置における高さである。

[0043] 第2レンズ群 $G2$ は全体として負の屈折作用を有し、また、近軸結像が成立しているものとする。この場合、軸上結像（近軸領域での結像）のみ考え、また、第2レンズ群 $G2$ を薄肉レンズで表すと、第2レンズ群 $G2$ の構成は、図2（a）に示すように、1枚の負レンズ LN が明るさ絞り S の近傍に配置された構成（以下、「第1の構成」という）となる。

[0044] 図示は省略しているが、負レンズの LN の物体側には第1レンズ群 $G1$ が位置し、負レンズの LN の像側には第3レンズ群 $G3$ が位置している。軸外光線に着目すると、第1の構成では、第1レンズ群 $G1$ 側と第3レンズ群 $G3$ 側の両方で、光線高が高くなる。

[0045] そこで、第2レンズ群 $G2$ における負の屈折作用を分散させる。具体的には、第2レンズ群 $G2$ を、前群 $G2F$ と、後群 $G2R$ と、で構成する。前群 $G2F$ と後群 $G2R$ を、各々薄肉レンズで表すと、第2レンズ群 $G2$ の構成は、図2（b）に示すように、負レンズ $LN1$ と負レンズ $LN2$ が、共に明るさ絞り S から離れた位置に配置された構成（以下、「第2の構成」という）になる。

[0046] 第2の構成では、負レンズ $LN1$ での光線高と、負レンズ $LN2$ での光線高が、共に低くなる。すなわち、第2の構成によれば、前群 $G2F$ での軸外光線のレンズ面へ入射する光線の高さと、後群 $G2R$ での軸外光線のレンズ面へ入射する光線の高さが、共に低くなる。その結果、第1レンズ群 $G1$ 側のレンズ面での光線高と、第3レンズ群 $G3$ 側のレンズ面での光線高を下げるができる。

[0047] また、第2の構成では、軸外光線の高さが低くなるので、 $IH2 < IH1$

となる。

[0048] 実際のレンズでは、レンズに厚みがある。そこで、前群G 2 Fでは、最も物体側に位置するレンズ面を、物体側に凹面を向けた面とし、後群G 2 Rでは、最も像側に位置するレンズ面を、像側に凹面を向けた面にする。このようにすることで、第2レンズ群G 2における光線高を低くすることができる。その結果、第2レンズ群G 2の径を十分に小さくすることができる。

[0049] 例えば、前群G 2 Fでは、最も物体側に位置するレンズを平凹レンズとし、後群G 2 Rでは、最も像側に位置するレンズを平凹レンズとすることができる。そして、2つの平凹レンズは、平面が明るさ絞りS側に位置するように配置すれば良い。

[0050] 本実施形態に係る内視鏡対物光学系では、通常観察と拡大観察が行える。通常観察時と拡大観察時とでは、物点距離が異なる。通常観察と拡大観察との切り替えでは、物点距離が変化しても、鮮明な像が形成されることが好ましい。そのためには、レンズ群を少なくとも1つ、光軸に沿って移動する必要がある。

[0051] 内視鏡対物光学系が複数のレンズ群で構成されている場合、合焦のために移動させるレンズ群は、どのレンズ群であっても良い。また、移動させるレンズ群の数は、1つでも複数でも良い。

[0052] ただし、内視鏡対物光学系の全体を移動させる場合、全てのレンズ群を移動させることになる。この場合、移動させるレンズ群の重量が大きくなる。このため、駆動機構にかかる負担が大きくなり、また、駆動機構も大型化する。よって、全てのレンズ群を移動させることは、好ましくない。

[0053] また、複数のレンズ群を移動させる場合も、1つのレンズ群を移動させる場合に比べて、駆動機構にかかる負担が大きくなり、また、駆動機構も大型化する。

[0054] このようなことから、移動させるレンズ群の数は、少ないほうが好ましい。移動させるレンズ群の数を1つにすると、駆動機構を簡略化できるという効果を奏する。

[0055] また、レンズ群は固定しておき、その代わりに、撮像素子を移動させることもできる。しかしながら、撮像素子を移動させる場合も、駆動機構が必要になる。撮像素子を移動させる場合、駆動機構の構造が複雑化する。そのため、駆動機構の重量が大きくなる。また、駆動機構にかかる負担も大きくなり、また、駆動機構も大型化する。よって、撮像素子を移動させることは、好ましくない。

[0056] 駆動機構は、内視鏡対物光学系の周囲に配置される。上述のように、本実施形態に係る内視鏡対物光学系では、第2レンズ群G2が十分に細径化されている。そのため、図1(a)、(b)に示すように、本実施形態に係る内視鏡対物光学系では、第2レンズ群G2の近傍に駆動機構ACを配置することができる。その結果、挿入部の径が太くなることを防ぐことができる。また、移動させるレンズ群の数が1つなので、駆動機構を簡略化することができる。

[0057] 駆動機構ACとしては、例えば、リニアアクチュエータを用いることができる。リニアアクチュエータは、移動対象を保持する軟磁性体と、永久磁石と、コイルと、を有する。永久磁石とコイルは、軟磁性体の外周部に、同心円状に配置されている。

[0058] リニアアクチュエータは、電磁誘導による磁場変動を利用した素子である。リニアアクチュエータでは、コイルへの電流を変化させることで磁場変化を起こし、軟磁性体、すなわち対象物体を磁力により移動させている。

[0059] 第2レンズ群G2の移動では、前群G2F、明るさ絞りS及び後群G2Rを一体で移動させることが好ましい。この場合、前群G2Fと明るさ絞りSとの間隔や、明るさ絞りSと後群G2Rとの間隔は、通常観察時と拡大観察時と同じである。

[0060] すなわち、第2レンズ群が移動している間、前群G2Fと明るさ絞りSとの間隔や、明るさ絞りSと後群G2Rとの間隔は、全く変化しない。そのため、駆動機構を、より簡略化することができる。

[0061] ただし、前群G2Fと明るさ絞りSとの間隔や、明るさ絞りSと後群G2

Rとの間隔は、通常観察時と拡大観察時とで異なるようにしても良い。

[0062] 本実施形態に係る内視鏡対物光学系は、以下の条件式（１）、（２）、（３）を満足することが好ましい。

$$-2.1 < f_2 / f_W < -1 \quad (1)$$

$$-3.7 < f_{2F} / f_2 < 1.9 \quad (2)$$

$$0.45 < \Sigma d_2 / D_2 < 0.64 \quad (3)$$

ここで、

f_2 は、第２レンズ群の焦点距離、

f_W は、通常観察時の内視鏡対物光学系全系の焦点距離、

f_{2F} は、前群の焦点距離、

Σd_2 は、第２レンズ群の厚み、

D_2 は、第１レンズ群の最も像側に位置するレンズ面から第３レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面までの距離、

である。

[0063] 条件式（１）は、第２レンズ群の焦点距離と、通常観察時の内視鏡対物光学系全系の焦点距離との比に関する条件式である。

[0064] 条件式（１）の下限値を下回ると、視野角が過大となる。この場合、第１レンズ群における光線高、または第３レンズ群における光線高が高くなる。そのため、光学系を構成するレンズの外径の増大、すなわち、光学系の径方向の増加を招いてしまう。よって、条件式（１）の下限値を下回することは好ましくない。

[0065] 条件式（１）の上限値を上回ると、視野角を十分に確保することができなくなる。そのため、通常観察時に、広い範囲を観察することができなくなる。

[0066] 条件式（２）は、前群の焦点距離と、第２レンズ群の焦点距離との比に関する条件式である。

[0067] 条件式（２）の下限値を下回ると、前群における負の屈折作用が過小となる。この場合、第２レンズ群全体の負屈折力を適切に維持する必要があるの

で、後群の最も像側に位置するレンズ面における負の屈折作用が強くなる。その結果、像面湾曲の過剰を引き起こす。よって、条件式（２）の下限値を下回することは好ましくない。

[0068] 条件式（２）の上限値を上回ると、第１レンズ群における光線高と第３レンズ群における光線高のどちらか一方が高くなる。この場合、結果的に光学系の径方向の増加を招くことになる。よって、条件式（２）の上限値を上回することは好ましくない。

[0069] 条件式（３）は、第２レンズ群の厚みと、第１レンズ群から第３レンズ群までの間隔との比に関する条件式である。第２レンズ群の厚みは、第２レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面から最も像側に位置するレンズ面までの距離の絶対値である。また、第１レンズ群から第３レンズ群までの間隔は、第１レンズ群の最も像側に位置するレンズ面から第３レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面までの距離の絶対値である。

[0070] 条件式（３）の下限値を下回ると、第１レンズ群の像側における光線高と第３レンズ群の物体側における光線高が、共に高くなる。そのため、光学系の径方向の増加を招いてしまう。よって、条件式（３）の下限値を下回することは好ましくない。

[0071] 条件式（３）の上限値を上回ると、像面へ入射する主光線の入射角度が大きくなる。この場合、特に第２レンズ群が像側に移動したときに、軸外での光量低下を招く。すなわち、拡大観察時に、像の周辺部が暗くなる。よって、条件式（３）の上限値を上回することは好ましくない。

[0072] 本実施形態に係る内視鏡対物光学系では、第２レンズ群は、少なくとも１つの所定のレンズを含み、所定のレンズは、平凹レンズまたはメニスカスレンズであり、以下の条件式（４）を満足することが好ましい。

$$1.85 < N2 \quad (4)$$

ここで、

N2は、所定のレンズのe線に対する屈折率、である。

[0073] 第2レンズ群は、明るさ絞りを挟んで、物体側に前群が位置し、像側に後群が位置する構成を備え、全体として負屈折力を有する。前群または後群の少なくとも一方が所定のレンズを含むことで、近軸結像を良好に保ったまま、軸外光線の高さを抑えることができる。所定のレンズは、平凹レンズまたはメニスカスレンズである。

[0074] 条件式(4)は、所定のレンズの屈折率に関する条件式である。上述のように、所定のレンズは、第2レンズ群に少なくとも1つ含まれている平凹レンズ、またはメニスカスレンズである。

[0075] 条件式(4)を満足することで、屈折率の高い硝材が所定のレンズに用いられることになる。所定のレンズにおける硝材の屈折率を高くすると、第2レンズ群における空気換算長を短くすることができる。その結果、第2レンズ群における軸外光線の高さを下げることができる。

[0076] 条件式(4)の下限値を下回ると、第1レンズ群における光線高、または、第3レンズ群における光線高が高くなる。よって、条件式(4)の下限値を下回るとは好ましくない。

[0077] 本実施形態に係る内視鏡対物光学系は、以下の条件式(5)を満足することが好ましい。

$$-0.55 < P2 / fW < -0.22 \quad (5)$$

ここで、

P2は、第2レンズ群におけるペッツバール和、

fWは、通常観察時の内視鏡対物光学系全系の焦点距離、

である。

[0078] 条件式(5)は、第2レンズ群のペッツバール和を、通常観察時の内視鏡対物光学系全系の焦点距離で規格化したものである。

[0079] 条件式(5)の下限値を下回ると、像面湾曲が過剰となる。よって、条件式(5)の下限値を下回るとは好ましくない。条件式(5)の上限値を上回ると、第2レンズ群における凹面の曲率半径が大きくなる。その結果、球面収差が補正不足になる。よって、条件式(5)の上限値を上回るとは好

ましくない。

[0080] 条件式（５）に代えて、以下の条件式（５'）を満足することが好ましい。

$$-0.45 < P2 / fW < -0.27 \quad (5')$$

[0081] 条件式（５'）を満足することで、像面湾曲と球面収差を良好に補正することができる。

[0082] 本実施形態に係る内視鏡対物光学系は、以下の条件式（６）を満足することが好ましい。

$$0.4 < \Sigma L2F / \Sigma L2R < 1.25 \quad (6)$$

ここで、

$\Sigma L2F$ は、前群のレンズの空気換算長の総和、

$\Sigma L2R$ は、後群のレンズの空気換算長の総和、

である。

[0083] 条件式（６）は、前群のレンズの空気換算長の総和と、後群のレンズの空気換算長の総和との比に関する条件式である。

[0084] 条件式（６）の下限値を下回ると、明るさ絞りと第３レンズ群との実質的な距離が大きくなる。この場合、第３レンズ群における光線高が高くなる。そのため、第３レンズ群を構成するレンズの外径の増大を招いてしまう。よって、条件式（６）の下限値を下回することは好ましくない。

条件式（６）の上限値を上回ると、第１レンズ群と明るさ絞りとの実質的な距離が大きくなる。この場合、第１レンズ群における光線高が高くなりすぎる。そのため、第１レンズ群を構成するレンズの外径の増大を招いてしまう。よって、条件式（６）の上限値を上回することは好ましくない。

[0085] 本実施形態に係る内視鏡対物光学系では、明るさ絞り面の近傍に、正屈折力を有するレンズ面を位置させても良い。

[0086] このようにすることにより、第２レンズ群全体の負屈折力を適切な大きさに保ちながら、前群における凹面の屈折力や後群における凹面の屈折力に、自由度を与えることができる。その結果、前群の厚みや後群の厚みの制御を

容易に行うことができる。また、軸外収差を良好に補正できるので、像の周辺部における結像性能を良好にすることができる。

[0087] また、このようにすることは、第2レンズ群における光線高の制御作用と、像面湾曲の補正作用や倍率色収差の補正作用に有効である。

[0088] 本実施形態に係る内視鏡対物光学系では、前群の屈折力は正屈折力であっても良い。

[0089] 前群が正屈折力を有することで、明るさ絞り面の近傍に正屈折力を有するレンズ面を位置させた場合と同様の効果が得られる。

[0090] (実施例1)

実施例1に係る内視鏡対物光学系について説明する。図3は、実施例1に係る内視鏡対物光学系のレンズ断面図であって、(a)は通常観察状態における断面図、(b)は拡大観察状態における断面図である。

[0091] 実施例1の内視鏡対物光学系は、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、からなる。

[0092] 第1レンズ群G1は、物体側が平面である平凹負レンズL1と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、両凸正レンズL3と、からなる。平凹負レンズL1の硝材として、サファイアを用いることができる。

[0093] 第2レンズ群G2は、像側が平面である平凹負レンズL4と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL5と、からなる。平凹負レンズL4によって前群が構成され、負メニスカスレンズL5によって後群が構成されている。

[0094] 明るさ絞りSは、平凹負レンズL4と負メニスカスレンズL5との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、平凹負レンズL4の像側面の面頂に位置している。

[0095] 第3レンズ群G3は、像側が平面である平凸正レンズL6と、両凸正レンズL7と、像側が平面である平凹負レンズL8と、からなる。ここで、両凸正レンズL7と平凹負レンズL8とで、接合レンズが形成されている。

[0096] 平凹負レンズL 1 と正メニスカスレンズL 2 との間には、平行平板F 1 が配置されている。平行平板F 1 は、赤外カットフィルタである。第3レンズ群G 3 の像側には、平行平板F 2 と、平行平板F 3 と、が配置されている。平行平板F 2 は、カバーガラスである。平行平板F 3 は、イメージャーガラスである。

[0097] 通常観察から拡大観察への切り替えに伴って、第2レンズ群G 2 が像側に移動する。第2レンズ群G 2 の移動では、平凹負レンズL 4、明るさ絞りS 及び負メニスカスレンズL 5 は、一体で移動する。

[0098] 図4 (a)、(b)、(c) 及び (d) は、それぞれ、実施例1 の通常観察状態における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) の収差図である。図4 (e)、(f)、(g) 及び (h) は、それぞれ、実施例1 の拡大観察状態における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) の収差図である。

[0099] 各収差図において、横軸は収差量を表している。球面収差、非点収差及び倍率収差については、収差量の単位はmmである。また、歪曲収差については、収差量の単位は%である。また、 ω は半画角で単位は $^{\circ}$ (度)、F N O はF ナンバーである。また、収差曲線の波長の単位はnmである。これらは、他の実施例でも同じである。

[0100] (実施例2)

実施例2 に係る内視鏡対物光学系について説明する。図5 は、実施例2 に係る内視鏡対物光学系のレンズ断面図であって、(a) は通常観察状態における断面図、(b) は拡大観察状態における断面図である。

[0101] 実施例2 の内視鏡対物光学系は、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G 1 と、負屈折力の第2レンズ群G 2 と、正屈折力の第3レンズ群G 3 と、からなる。

[0102] 第1レンズ群G 1 は、物体側が平面である平凹負レンズL 1 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2 と、両凸正レンズL 3 と、からなる。

[0103] 第2レンズ群G 2 は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4 と、物

体側が平面である平凹負レンズL 5と、からなる。正メニスカスレンズL 4によって前群が構成され、平凹負レンズL 5によって後群が構成されている。

[0104] 明るさ絞りSは、正メニスカスレンズL 4と平凹負レンズL 5との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、平凹負レンズL 5の物体側面の面頂に位置している。

[0105] 第3レンズ群G 3は、物体側が平面である平凸正レンズL 6と、両凸正レンズL 7と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 8と、からなる。ここで、両凸正レンズL 7と負メニスカスレンズL 8とで、接合レンズが形成されている。

[0106] 平凹負レンズL 1と正メニスカスレンズL 2との間には、平行平板F 1が配置されている。第3レンズ群G 3の像側には、平行平板F 2と、平行平板F 3と、が配置されている。

[0107] 通常観察から拡大観察への切り替えに伴って、第2レンズ群G 2が像側に移動する。第2レンズ群G 2の移動では、正メニスカスレンズL 4、明るさ絞りS及び平凹負レンズL 5は、一体で移動する。

[0108] 図6 (a)、(b)、(c)及び(d)は、それぞれ、実施例2の通常観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)の収差図である。図6 (e)、(f)、(g)及び(h)は、それぞれ、実施例2の拡大観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)の収差図である。

[0109] (実施例3)

実施例3に係る内視鏡対物光学系について説明する。図7は、実施例3に係る内視鏡対物光学系のレンズ断面図であって、(a)は通常観察状態における断面図、(b)は拡大観察状態における断面図である。

[0110] 実施例3の内視鏡対物光学系は、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G 1と、負屈折力の第2レンズ群G 2と、正屈折力の第3レンズ群G 3と、からなる。

- [0111] 第1レンズ群G1は、物体側が平面である平凹負レンズL1と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、両凸正レンズL3と、からなる。
- [0112] 第2レンズ群G2は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL5と、からなる。正メニスカスレンズL4によって前群が構成され、負メニスカスレンズL5によって後群が構成されている。
- [0113] 明るさ絞りSは、正メニスカスレンズL4と負メニスカスレンズL5との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、負メニスカスレンズL5の物体側面の面頂に位置している。
- [0114] 第3レンズ群G3は、像側が平面である平凸正レンズL6と、両凸正レンズL7と、像側が平面である平凹負レンズL8と、からなる。ここで、両凸正レンズL7と平凹負レンズL8とで、接合レンズが形成されている。
- [0115] 平凹負レンズL1と正メニスカスレンズL2との間には、平行平板F1が配置されている。第3レンズ群G3の像側には、平行平板F2と、平行平板F3と、が配置されている。
- [0116] 通常観察から拡大観察への切り替えに伴って、第2レンズ群G2が像側に移動する。第2レンズ群G2の移動では、正メニスカスレンズL4、明るさ絞りS及び負メニスカスレンズL5は、一体で移動する。
- [0117] 図8(a)、(b)、(c)及び(d)は、それぞれ、実施例3の通常観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)の収差図である。図8(e)、(f)、(g)及び(h)は、それぞれ、実施例3の拡大観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)の収差図である。
- [0118] (実施例4)
- 実施例4に係る内視鏡対物光学系について説明する。図9は、実施例4に係る内視鏡対物光学系のレンズ断面図であって、(a)は通常観察状態における断面図、(b)は拡大観察状態における断面図である。
- [0119] 実施例4の内視鏡対物光学系は、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ

群G 1 と、負屈折力の第2レンズ群G 2 と、正屈折力の第3レンズ群G 3 と、からなる。

[0120] 第1レンズ群G 1 は、物体側が平面である平凹負レンズL 1 と、両凹負レンズL 2 と、両凸正レンズL 3 と、両凸正レンズL 4 と、からなる。ここで、両凹負レンズL 2 と両凸正レンズL 3 とで、接合レンズが形成されている。

[0121] 第2レンズ群G 2 は、像側が平面である平凹負レンズL 5 と、物体側が平面である平凹負レンズL 6 と、からなる。平凹負レンズL 5 によって前群が構成され、平凹負レンズL 6 によって後群が構成されている。

[0122] 明るさ絞りS は、平凹負レンズL 5 と平凹負レンズL 6 との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りS は、平凹負レンズL 5 の像側面の面頂に位置している。

[0123] 第3レンズ群G 3 は、両凸正レンズL 7 と、両凸正レンズL 8 と、両凹負レンズL 9 と、からなる。ここで、両凸正レンズL 8 と両凹負レンズL 9 とで、接合レンズが形成されている。

[0124] 第3レンズ群G 3 の像側には、平行平板F 1、平行平板F 2 及び平行平板F 3 が配置されている。

[0125] 通常観察から拡大観察への切り替えに伴って、第2レンズ群G 2 が像側に移動する。第2レンズ群G 2 の移動では、平凹負レンズL 5、明るさ絞りS 及び平凹負レンズL 6 は、一体で移動する。

[0126] 図10 (a)、(b)、(c) 及び(d) は、それぞれ、実施例4 の通常観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC) の収差図である。図10 (e)、(f)、(g) 及び(h) は、それぞれ、実施例4 の拡大観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC) の収差図である。

[0127] (実施例5)

実施例5 に係る内視鏡対物光学系について説明する。図11 は、実施例5

に係る内視鏡対物光学系のレンズ断面図であって、（a）は通常観察状態における断面図、（b）は拡大観察状態における断面図である。

[0128] 実施例5の内視鏡対物光学系は、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、からなる。

[0129] 第1レンズ群G1は、物体側が平面である平凹負レンズL1と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、両凸正レンズL3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、接合レンズが形成されている。

[0130] 第2レンズ群G2は、像側が平面である平凹負レンズL5と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6と、からなる。平凹負レンズL5によって前群が構成され、負メニスカスレンズL6によって後群が構成されている。

[0131] 明るさ絞りSは、平凹負レンズL5と負メニスカスレンズL6との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、平凹負レンズL5の像側面の面頂に位置している。

[0132] 第3レンズ群G3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、からなる。ここで、両凸正レンズL8と負メニスカスレンズL9とで、接合レンズが形成されている。

[0133] 第3レンズ群G3の像側には、平行平板F1、平行平板F2及び平行平板F3が配置されている。

[0134] 通常観察から拡大観察への切り替えに伴って、第2レンズ群G2が像側に移動する。第2レンズ群G2の移動では、平凹負レンズL5、明るさ絞りS及び負メニスカスレンズL6は、一体で移動する。

[0135] 図12（a）、（b）、（c）及び（d）は、それぞれ、実施例5の通常観察状態における球面収差（SA）、非点収差（AS）、歪曲収差（DT）、倍率色収差（CC）の収差図である。図12（e）、（f）、（g）及び（h）は、それぞれ、実施例5の拡大観察状態における球面収差（SA）、

非点収差（A S）、歪曲収差（D T）、倍率色収差（C C）の収差図である。

[0136] （実施例 6）

実施例 6 に係る内視鏡対物光学系について説明する。図 1 3 は、実施例 6 に係る内視鏡対物光学系のレンズ断面図であって、（a）は通常観察状態における断面図、（b）は拡大観察状態における断面図である。

[0137] 実施例 6 の内視鏡対物光学系は、物体側から順に、正屈折力の第 1 レンズ群 G 1 と、負屈折力の第 2 レンズ群 G 2 と、正屈折力の第 3 レンズ群 G 3 と、からなる。

[0138] 第 1 レンズ群 G 1 は、物体側が平面である平凹負レンズ L 1 と、像側が平面である平凹負レンズ L 2 と、物体側が平面である平凸正レンズ L 3 と、両凸正レンズ L 4 と、からなる。ここで、平凹負レンズ L 2 と平凸正レンズ L 3 とで、接合レンズが形成されている。

[0139] 第 2 レンズ群 G 2 は、像側が平面である平凹負レンズ L 5 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。平凹負レンズ L 5 によって前群が構成され、負メニスカスレンズ L 6 によって後群が構成されている。

[0140] 明るさ絞り S は、平凹負レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞り S は、平凹負レンズ L 5 の像側面の面頂に位置している。

[0141] 第 3 レンズ群 G 3 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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 8 と負メニスカスレンズ L 9 とで、接合レンズが形成されている。

[0142] 平凹負レンズ L 1 と平凹負レンズ L 2 との間には、平行平板 F 1 が配置されている。第 3 レンズ群 G 3 の像側には、平行平板 F 2 と、平行平板 F 3 と、が配置されている。

[0143] 通常観察から拡大観察への切り替えに伴って、第 2 レンズ群 G 2 が像側に移動する。第 2 レンズ群 G 2 の移動では、平凹負レンズ L 5、明るさ絞り S

及び負メニスカスレンズL 6は、一体で移動する。

[0144] 図14 (a)、(b)、(c)及び(d)は、それぞれ、実施例6の通常観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)の収差図である。図14 (e)、(f)、(g)及び(h)は、それぞれ、実施例6の拡大観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)の収差図である。

[0145] (実施例7)

実施例7に係る内視鏡対物光学系について説明する。図15は、実施例7に係る内視鏡対物光学系のレンズ断面図であって、(a)は通常観察状態における断面図、(b)は拡大観察状態における断面図である。

[0146] 実施例7の内視鏡対物光学系は、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、からなる。

[0147] 第1レンズ群G1は、物体側が平面である平凹負レンズL1と、像側が平面である平凹負レンズL2と、物体側が平面である平凸正レンズL3と、両凸正レンズL4と、からなる。ここで、平凹負レンズL2と平凸正レンズL3とで、接合レンズが形成されている。

[0148] 第2レンズ群G2は、像側が平面である平凹負レンズL5と、物体側が平面である平凹負レンズL6と、からなる。平凹負レンズL5によって前群が構成され、平凹負レンズL6によって後群が構成されている。

[0149] 明るさ絞りSは、平凹負レンズL5と平凹負レンズL6との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、平凹負レンズL5の像側面の面頂に位置している。

[0150] 第3レンズ群G3は、物体側が平面である平凸正レンズL7と、両凸正レンズL8と、像側が平面である平凹負レンズL9と、からなる。ここで、両凸正レンズL8と平凹負レンズL9とで、接合レンズが形成されている。

[0151] 第3レンズ群G3の像側には、平行平板F1、平行平板F2及び平行

平面板 F 3 が配置されている。

[0152] 通常観察から拡大観察への切り替えに伴って、第 2 レンズ群 G 2 が像側に移動する。第 2 レンズ群 G 2 の移動では、平凹負レンズ L 5、明るさ絞り S 及び平凹負レンズ L 6 は、一体で移動する。

[0153] 図 1 6 (a)、(b)、(c) 及び (d) は、それぞれ、実施例 7 の通常観察状態における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) の収差図である。図 1 6 (e)、(f)、(g) 及び (h) は、それぞれ、実施例 7 の拡大観察状態における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) の収差図である。

[0154] (実施例 8)

実施例 8 に係る内視鏡対物光学系について説明する。図 1 7 は、実施例 8 に係る内視鏡対物光学系のレンズ断面図であって、(a) は通常観察状態における断面図、(b) は拡大観察状態における断面図である。

[0155] 実施例 8 の内視鏡対物光学系は、物体側から順に、正屈折力の第 1 レンズ群 G 1 と、負屈折力の第 2 レンズ群 G 2 と、正屈折力の第 3 レンズ群 G 3 と、からなる。

[0156] 第 1 レンズ群 G 1 は、物体側が平面である平凹負レンズ L 1 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、からなる。

[0157] 第 2 レンズ群 G 2 は、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、両凹負レンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と両凹負レンズ L 6 とで、接合レンズが形成されている。負メニスカスレンズ L 4 によって前群が構成され、両凸正レンズ L 5 と両凹負レンズ L 6 とによって後群が構成されている。

[0158] 明るさ絞り S は、負メニスカスレンズ L 4 と両凸正レンズ L 5 との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞り S は、両凸正レンズ L 5 の物体側面の面頂に位置している。

[0159] 第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 7 と、両凸正レンズ L 8 と、両凹負

レンズL 9と、からなる。ここで、両凸正レンズL 8と両凹負レンズL 9とで、接合レンズが形成されている。

[0160] 平凹負レンズL 1と正メニスカスレンズL 2との間には、平行平板F 1が配置されている。第3レンズ群G 3の像側には、平行平板F 2と、平行平板F 3と、が配置されている。

[0161] 通常観察から拡大観察への切り替えに伴って、第2レンズ群G 2が像側に移動する。第2レンズ群G 2の移動では、負メニスカスレンズL 4、明るさ絞りS、両凸正レンズL 5及び両凹負レンズL 6は、一体で移動する。

[0162] 図18(a)、(b)、(c)及び(d)は、それぞれ、実施例8の通常観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)の収差図である。図18(e)、(f)、(g)及び(h)は、それぞれ、実施例8の拡大観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)の収差図である。

[0163] (実施例9)

実施例9に係る内視鏡対物光学系について説明する。図19は、実施例9に係る内視鏡対物光学系のレンズ断面図であって、(a)は通常観察状態における断面図、(b)は拡大観察状態における断面図である。

[0164] 実施例9の内視鏡対物光学系は、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G 1と、負屈折力の第2レンズ群G 2と、正屈折力の第3レンズ群G 3と、からなる。

[0165] 第1レンズ群G 1は、物体側が平面である平凹負レンズL 1と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2と、両凸正レンズL 3と、からなる。

[0166] 第2レンズ群G 2は、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4と、両凸正レンズL 5と、両凹負レンズL 6と、からなる。ここで、両凸正レンズL 5と両凹負レンズL 6とで、接合レンズが形成されている。負メニスカスレンズL 4によって前群が構成され、両凸正レンズL 5と両凹負レンズL 6とによって後群が構成されている。

[0167] 明るさ絞り S は、負メニスカスレンズ L 4 と両凸正レンズ L 5 との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞り S は、両凸正レンズ L 5 の物体側面の面頂に位置している。

[0168] 第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 7 と、両凸正レンズ L 8 と、両凹負レンズ L 9 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 8 と両凹負レンズ L 9 とで、接合レンズが形成されている。

[0169] 平凹負レンズ L 1 と正メニスカスレンズ L 2 との間には、平行平板 F 1 が配置されている。第 3 レンズ群 G 3 の像側には、平行平板 F 2 と、平行平板 F 3 と、が配置されている。

[0170] 通常観察から拡大観察への切り替えに伴って、第 2 レンズ群 G 2 が像側に移動する。第 2 レンズ群 G 2 の移動では、負メニスカスレンズ L 4、明るさ絞り S、両凸正レンズ L 5 及び両凹負レンズ L 6 は、一体で移動する。

[0171] 図 20 (a)、(b)、(c) 及び (d) は、それぞれ、実施例 9 の通常観察状態における球面収差 (SA)、非点収差 (AS)、歪曲収差 (DT)、倍率色収差 (CC) の収差図である。図 20 (e)、(f)、(g) 及び (h) は、それぞれ、実施例 9 の拡大観察状態における球面収差 (SA)、非点収差 (AS)、歪曲収差 (DT)、倍率色収差 (CC) の収差図である。

[0172] (実施例 10)

実施例 10 に係る内視鏡対物光学系について説明する。図 21 は、実施例 10 に係る内視鏡対物光学系のレンズ断面図であって、(a) は通常観察状態における断面図、(b) は拡大観察状態における断面図である。

[0173] 実施例 10 の内視鏡対物光学系は、物体側から順に、正屈折力の第 1 レンズ群 G 1 と、負屈折力の第 2 レンズ群 G 2 と、正屈折力の第 3 レンズ群 G 3 と、からなる。

[0174] 第 1 レンズ群 G 1 は、物体側が平面である平凹負レンズ L 1 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、からなる。

[0175] 第 2 レンズ群 G 2 は、物体側が平面である平凹負レンズ L 4 からなる。

- [0176] 明るさ絞り S は、平凹負レンズ L 4 の物体面の近傍に配置されている。
- [0177] 第 3 レンズ群 G 3 は、像側が平面である平凸正レンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 と、像側が平面である平凹負レンズ L 7 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 6 と平凹負レンズ L 7 とで、接合レンズが形成されている。
- [0178] 平凹負レンズ L 1 と正メニスカスレンズ L 2 との間には、平行平板 F 1 が配置されている。第 3 レンズ群 G 3 の像側には、平行平板 F 2 と、平行平板 F 3 と、が配置されている。
- [0179] 通常観察から拡大観察への切り替えに伴って、第 2 レンズ群 G 2 が像側に移動する。第 2 レンズ群 G 2 の移動では、明るさ絞り S と平凹負レンズ L 4 は、一体で移動する。
- [0180] 図 2 2 (a) 、 (b) 、 (c) 及び (d) は、それぞれ、実施例 1 0 の通常観察状態における球面収差 (S A) 、非点収差 (A S) 、歪曲収差 (D T) 、倍率色収差 (C C) の収差図である。図 2 2 (e) 、 (f) 、 (g) 及び (h) は、それぞれ、実施例 1 0 の拡大観察状態における球面収差 (S A) 、非点収差 (A S) 、歪曲収差 (D T) 、倍率色収差 (C C) の収差図である。
- [0181] 以下に、上記各実施例の数値データを示す。面データにおいて、 r は各レンズ面の曲率半径、 d は各レンズ面間の間隔、 n_e は各レンズの e 線の屈折率、 ν_d は各レンズのアッベ数、絞りは明るさ絞り、である。
- [0182] 各種データにおいて、 $O B J$ は物点距離、 f は e 線における焦点距離、 F 数は F ナンバー、 ω は視野角、 $I H$ は像高、である。
- [0183] 数値実施例 1

単位 mm

面データ

面番号	r	d	n_e	ν_d
1	∞	0.300	1.77066	71.8
2	0.7030	0.480		

3	∞	0.300	1.52300	65.1
4	∞	0.110		
5	-2.4610	0.520	1.51825	63.9
6	-1.4850	0.080		
7	2.9200	0.770	1.75844	52.1
8	-1.9610	可変		
9	-2.8190	0.310	1.85504	23.6
10	∞	0.000		
11(絞り)	∞	0.020		
12	2.7030	0.720	1.97189	17.3
13	1.4440	可変		
14	2.7030	0.480	1.88815	40.5
15	∞	0.080		
16	1.7170	0.930	1.73234	54.5
17	-1.7170	0.300	2.01169	28.1
18	∞	0.450		
19	∞	0.400	1.51825	64.1
20	∞	0.020	1.51500	64.0
21	∞	0.500	1.61350	50.5
22(像面)	∞			

各種データ

	通常観察	拡大観察
O B J	12.00	2.85
f	0.99	1.07
F n o	5.63	5.85
$\omega(^{\circ})$	106.8°	80.5°
I H (mm)	0.75	0.75

d8	0.260	0.540
d13	0.620	0.340

[0184] 数値実施例 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	ne	ν d
1	∞	0.320	1.88815	40.8
2	0.7063	0.430		
3	∞	0.300	1.52300	65.1
4	∞	0.150		
5	-2.4918	0.510	1.69979	55.3
6	-1.2267	0.090		
7	4.2141	0.730	1.73234	54.5
8	-2.0953	可変		
9	-2.6363	0.357	2.01169	28.1
10	-2.5243	0.020		
11(絞り)	∞	0.000		
12	∞	0.643	2.01169	28.3
13	1.1524	可変		
14	∞	0.480	1.88815	40.8
15	-2.2296	0.080		
16	1.7072	0.823	1.59143	60.9
17	-2.6473	0.300	1.97189	17.3
18	-12.0134	1.188		
19	∞	0.400	1.51825	64.1
20	∞	0.020	1.51500	64.0
21	∞	0.500	1.61350	50.5

22(像面) ∞

各種データ

	通常観察	拡大観察
O B J	12.00	3.50
f	0.95	1.26
F n o	5.31	6.26
$\omega(^{\circ})$	104.3 $^{\circ}$	62.2 $^{\circ}$
I H (mm)	0.75	0.75
d8	0.260	0.680
d13	0.620	0.200

[0185] 数値実施例 3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	ne	νd
1	∞	0.300	1.77066	71.8
2	0.7030	0.480		
3	∞	0.300	1.52300	65.1
4	∞	0.110		
5	-2.4610	0.520	1.51825	63.9
6	-1.4850	0.080		
7	2.9200	0.770	1.75844	52.1
8	-1.9610	可変		
9	-1.8000	0.402	1.85504	23.6
10	-1.9191	0.020		
11(絞り)	∞	0.000		
12	5.0000	0.628	1.97189	17.3

13	1.1897	可変		
14	2.7030	0.480	1.88815	40.5
15	∞	0.080		
16	1.7170	0.930	1.73234	54.5
17	-1.7170	0.300	2.01169	28.1
18	∞	0.450		
19	∞	0.400	1.51825	64.1
20	∞	0.020	1.51500	64.0
21	∞	0.500	1.61350	50.5
22(像面)	∞			

各種データ

	通常観察	拡大観察
O B J	12.00	2.85
f	0.98	1.06
F n o	5.74	5.97
$\omega(^{\circ})$	108.3 $^{\circ}$	81.0 $^{\circ}$
I H (mm)	0.75	0.75
d8	0.260	0.540
d13	0.630	0.340

[0186] 数値実施例4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	ne	νd
1	∞	0.300	1.77066	71.8
2	0.8299	0.473		
3	-3.5356	0.300	2.01169	28.1

4	1.3737	0.700	1.75844	52.1
5	-1.8531	0.060		
6	2.3120	0.750	1.88815	40.5
7	-2.6375	可変		
8	-4.9521	0.498	2.01169	28.1
9	∞	0.000		
10(絞り)	∞	0.030		
11	∞	0.400	2.01169	28.3
12	1.8571	可変		
13	2.4588	0.633	1.88815	40.5
14	-4.6447	0.060		
15	1.7303	0.745	1.69979	55.3
16	-1.2308	0.300	2.01169	28.1
17	8.1714	0.100		
18	∞	0.300	1.52300	65.1
19	∞	0.197		
20	∞	0.600	1.51825	64.1
21	∞	0.020	1.51500	64.0
22	∞	0.500	1.61350	50.5
23(像面)	∞			

各種データ

	通常観察	拡大観察
O B J	11.50	3.25
f	1.03	1.16
F n o	5.39	5.82
$\omega(^{\circ})$	90.8 $^{\circ}$	66.3 $^{\circ}$
I H (mm)	0.75	0.75

d7	0.230	0.520
d12	0.547	0.257

[0187] 数値実施例 5

単位 mm

面データ

面番号	r	d	ne	νd
1	∞	0.300	1.77066	71.8
2	0.5874	0.552		
3	-0.8605	0.393	2.01169	28.1
4	-1.0217	0.060		
5	2.0638	0.700	1.82017	46.4
6	-0.9200	0.300	1.85504	23.6
7	-1.8345	可変		
8	-3.3916	0.459	1.88815	40.5
9	∞	0.000		
10(絞り)	∞	0.030		
11	13.6515	0.599	2.01169	28.1
12	1.6354	可変		
13	2.5409	0.675	1.88815	40.5
14	-7.4142	0.100		
15	1.8079	0.930	1.69979	55.3
16	-1.2860	0.300	2.01169	28.1
17	-13.7738	0.100		
18	∞	0.300	1.52300	65.1
19	∞	0.283		
20	∞	0.600	1.51825	64.1
21	∞	0.020	1.51500	64.0

22	∞	0.500	1.61350	50.5
23(像面)	∞			

各種データ

	通常観察	拡大観察
O B J	11.50	3.25
f	0.98	1.14
F n o	5.33	5.82
$\omega(^{\circ})$	107.3 $^{\circ}$	73.8 $^{\circ}$
I H (mm)	0.75	0.75
d7	0.250	0.527
d12	0.549	0.272

[0188] 数値実施例 6

単位 m m

面データ

面番号	r	d	ne	νd
1	∞	0.300	1.77066	71.8
2	0.7030	0.430		
3	∞	0.300	1.52300	65.1
4	∞	0.152		
5	-2.4390	0.300	2.01169	28.1
6	∞	0.450	1.73234	54.7
7	-1.5821	0.030		
8	3.1750	0.730	1.82017	46.4
9	-2.4256	可変		
10	-4.6121	0.310	2.01169	28.1
11	∞	0.000		

12(絞り)	∞	0.020		
13	2.4154	0.720	1.93430	18.7
14	1.1456	可変		
15	2.7365	0.480	1.88815	40.5
16	-77.2763	0.080		
17	1.6566	0.940	1.73234	54.5
18	-1.5656	0.300	2.01169	28.1
19	-1469.9702	0.410		
20	∞	0.400	1.51825	64.1
21	∞	0.020	1.51500	64.0
22	∞	0.500	1.61350	50.5
23(像面)	∞			

各種データ

	通常観察	拡大観察
O B J	12.00	2.85
f	0.95	1.03
F n o	5.51	5.75
$\omega(^{\circ})$	111.7 $^{\circ}$	82.35 $^{\circ}$
I H (mm)	0.75	0.75
d9	0.260	0.565
d14	0.620	0.315

[0189] 数値実施例 7

単位 mm

面データ

面番号	r	d	ne	νd
1	∞	0.300	1.77066	71.8

2	0.6146	0.602		
3	-3.3604	0.313	1.93430	18.7
4	∞	0.500	1.80811	46.6
5	-1.5548	0.050		
6	5.7019	0.700	1.82017	46.4
7	-2.0235	可変		
8	-19.7784	0.385	2.01169	28.1
9	∞	0.000		
10(絞り)	∞	0.030		
11	∞	0.473	2.01169	28.3
12	1.7147	可変		
13	∞	0.500	1.73234	54.7
14	-2.9114	0.060		
15	1.5213	0.900	1.73234	54.5
16	-1.6229	0.300	2.01169	28.1
17	∞	0.100		
18	∞	0.300	1.52300	65.1
19	∞	0.300		
20	∞	0.600	1.51825	64.1
21	∞	0.020	1.51500	64.0
22	∞	0.500	1.61350	50.5
23(像面)	∞			

各種データ

	通常観察	拡大観察
O B J	11.50	2.90
f	0.96	1.05
F n o	5.64	5.9

$\omega(^{\circ})$	109.5°	83.1°
I H (mm)	0.75	0.75
d7	0.280	0.551
d12	0.581	0.310

[0190] 数値実施例 8

単位 mm

面データ

面番号	r	d	ne	νd
1	∞	0.300	1.77066	71.8
2	0.7265	0.510		
3	∞	0.300	1.52300	65.1
4	∞	0.110		
5	-2.1754	0.520	1.51825	63.9
6	-1.5852	0.080		
7	2.6313	0.770	1.82017	46.4
8	-2.4479	可変		
9	-6.3004	0.310	2.01169	28.1
10	-11.9369	0.020		
11(絞り)	∞	0.000		
12	14.9442	0.400	2.01169	28.1
13	-2.3569	0.300	1.85504	23.6
14	1.5468	可変		
15	6.7294	0.480	1.88815	40.5
16	-8.4050	0.080		
17	1.5307	0.930	1.73234	54.5
18	-2.1409	0.300	2.01169	28.1
19	11.0751	0.450		

20	∞	0.400	1.51825	64.1
21	∞	0.020	1.51500	64.0
22	∞	0.500	1.61350	50.5
23(像面)	∞	0.000		

各種データ

	通常観察	拡大観察
O B J	12.00	2.85
f	1.01	1.07
F n o	5.66	5.74
$\omega(^{\circ})$	103.1 $^{\circ}$	79.4 $^{\circ}$
I H (mm)	0.75	0.75
d8	0.260	0.600
d14	0.620	0.284

[0191] 数値実施例9

単位 mm

面データ

面番号	r	d	ne	νd
1	∞	0.300	1.77066	71.8
2	0.7129	0.518		
3	∞	0.300	1.52300	65.1
4	∞	0.110		
5	-2.2813	0.520	1.51825	63.9
6	-1.5684	0.080		
7	2.1863	0.719	1.69979	55.3
8	-2.1826	可変		
9	-7.1754	0.310	1.88815	40.5

10	-9.7269	0.030		
11(絞り)	∞	0.000		
12	11.6454	0.400	1.77621	49.4
13	-4.0836	0.325	2.01169	28.1
14	1.8826	可変		
15	5.7087	0.480	1.88815	40.5
16	-6.6163	0.080		
17	1.5481	0.930	1.73234	54.5
18	-2.0839	0.300	2.01169	28.1
19	13.7216	0.450		
20	∞	0.400	1.51825	64.1
21	∞	0.020	1.51500	64.0
22	∞	0.500	1.61350	50.5
23(像面)	∞	0.000		

各種データ

	通常観察	拡大観察
O B J	12.00	2.85
f	0.99	1.08
F n o	5.48	5.67
$\omega(^{\circ})$	110.5 $^{\circ}$	80.4 $^{\circ}$
I H (mm)	0.75	0.75
d8	0.260	0.602
d14	0.620	0.278

[0192] 数値実施例 1 O

単位 mm

面データ

面番号	r	d	ne	νd
1	∞	0.200	1.77066	71.8
2	0.7030	0.540		
3	∞	0.300	1.52300	65.1
4	∞	0.080		
5	-4.9950	0.560	1.75844	52.3
6	-2.2560	0.080		
7	2.5930	0.770	1.75844	52.3
8	-2.1070	可変		
9(絞り)	∞	0.030		
10	∞	0.680	1.85504	23.8
11	1.3810	可変		
12	2.5930	0.480	1.88815	40.8
13	∞	0.080		
14	1.5810	0.900	1.69979	55.5
15	-1.5810	0.300	2.01169	28.3
16	∞	0.380		
17	∞	0.400	1.51825	64.1
18	∞	0.020	1.51500	64.0
19	∞	0.500	1.61350	50.5
20(像面)	∞	0.000		

各種データ

	通常観察	拡大観察
O B J	12.50	2.85
f	0.96	1.03
F n o	5.65	5.87
$\omega(^{\circ})$	112.3 $^{\circ}$	86.0 $^{\circ}$

I H (mm)	0.754	0.754
d8	0.170	0.440
d11	0.600	0.330

[0193] 以下、実施例 1 ～実施例 10 に係る内視鏡対物光学系における条件式 (1) ～ (6) の数値を示す。- (ハイフン) は該当する構成がないことを示す。

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3
(1) f_2/f_W	-1.64	-1.19	-1.67
(2) f_2F/f_2	2.03	-19.84	-37.37
(3) $\Sigma d_2/D_2$	0.54	0.54	0.54
(4) N_2	1.85	2	1.85
(5) P_2/f_W	-0.32	-0.45	-0.34
(6) $\Sigma L_2F/\Sigma L_2R$	0.46	0.56	0.68

条件式	実施例 4	実施例 5	実施例 6
(1) f_2/f_W	-1.21	-1.17	-1.73
(2) f_2F/f_2	3.93	3.36	2.78
(3) $\Sigma d_2/D_2$	0.54	0.58	0.54
(4) N_2	2	1.88	2
(5) P_2/f_W	-0.36	-0.42	-0.35
(6) $\Sigma L_2F/\Sigma L_2R$	1.24	0.82	0.41

条件式	実施例 7	実施例 8	実施例 9
(1) f_2/f_W	-1.59	-1.99	-1.78
(2) f_2F/f_2	12.80	6.75	18.52
(3) $\Sigma d_2/D_2$	0.51	0.54	0.55
(4) N_2	2	2	1.88
(5) P_2/f_W	-0.33	-0.28	-0.27
(6) $\Sigma L_2F/\Sigma L_2R$	0.81	0.43	0.42

条件式	実施例 10
(1) f_2/f_W	-1.68
(2) f_{2F}/f_2	-
(3) $\Sigma d_2/D_2$	0.46
(4) N_2	1.86
(5) P_2/f_W	-0.34
(6) $\Sigma L_{2F}/\Sigma L_{2R}$	-

[0194] 以上、本発明の種々の実施形態について説明したが、本発明は、これらの実施形態のみに限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲で、これら実施形態の構成を適宜組合せて構成した実施形態も本発明の範疇となるものである。

符号の説明

[0195] G1 第1レンズ群
 G2 第2レンズ群
 G3 第3レンズ群
 G2F 前群
 G2R 後群
 L1～L9 レンズ
 CL、CL1、CL2 接合レンズ
 S 明るさ絞り
 F1、F2、F3 平行平板
 I 像面
 AC 駆動機構
 OH 物体高
 IH1、IH2 像高
 LN、LN1、LN2 負レンズ

請求の範囲

- [請求項1] 物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群と、負屈折力の第2レンズ群と、正屈折力の第3レンズ群と、からなり、
- 前記第2レンズ群の最も像側に位置するレンズ面は、像側に凹面を向けた面であり、
- 前記第2レンズ群は、光軸に沿って移動することを特徴とする内視鏡対物光学系。
- [請求項2] 以下の条件式(1)、(3)を満足することを特徴とする請求項1に記載の内視鏡対物光学系。
- $$-2.1 < f_2 / f_W < -1 \quad (1)$$
- $$0.45 < \Sigma d_2 / D_2 < 0.64 \quad (3)$$
- ここで、
- f_2 は、前記第2レンズ群の焦点距離、
- f_W は、通常観察時の前記内視鏡対物光学系全系の焦点距離、
- Σd_2 は、前記第2レンズ群の厚み、
- D_2 は、前記第1レンズ群の最も像側に位置するレンズ面から第3レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面までの間隔、
- である。
- [請求項3] 物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群と、負屈折力の第2レンズ群と、正屈折力の第3レンズ群と、からなり、
- 前記第2レンズ群は、物体側から順に、前群と、明るさ絞りと、後群と、からなり、
- 前記第2レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面は、物体側に凹面を向けた面であり、
- 前記第2レンズ群の最も像側に位置するレンズ面は、像側に凹面を向けた面であり、
- 前記第2レンズ群は、光軸に沿って移動することを特徴とする内視鏡対物光学系。

[請求項4] 条件式 (1)、(2)、(3) を満足することを特徴とする請求項 3 に記載の内視鏡対物光学系。

$$-2.1 < f_2 / f_W < -1 \quad (1)$$

$$-3.7 < f_{2F} / f_2 < 1.9 \quad (2)$$

$$0.45 < \Sigma d_2 / D_2 < 0.64 \quad (3)$$

ここで、

f_2 は、前記第 2 レンズ群の焦点距離、

f_W は、通常観察時の前記内視鏡対物光学系全系の焦点距離、

f_{2F} は、前記前群の焦点距離、

Σd_2 は、前記第 2 レンズ群の厚み、

D_2 は、前記第 1 レンズ群の最も像側に位置するレンズ面から第 3 レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面までの間隔、
である。

[請求項5] 前記第 2 レンズ群は、少なくとも 1 つの所定のレンズを含み、
前記所定のレンズは、平凹レンズまたはメニスカスレンズであり、
以下の条件式 (4) を満足することを特徴とする請求項 4 に記載の内視鏡対物光学系。

$$1.85 < N_2 \quad (4)$$

ここで、

N_2 は、前記所定のレンズの e 線に対する屈折率、
である。

[請求項6] 以下の条件式 (5) を満足することを特徴とする請求項 2 または 5 に記載の内視鏡対物光学系。

$$-0.55 < P_2 / f_W < -0.22 \quad (5)$$

ここで、

P_2 は、前記第 2 レンズ群におけるペッツバール和、

f_W は、通常観察時の前記内視鏡対物光学系全系の焦点距離、
である。

[請求項7] 以下の条件式（6）を満足することを特徴とする請求項6に記載の内視鏡対物光学系。

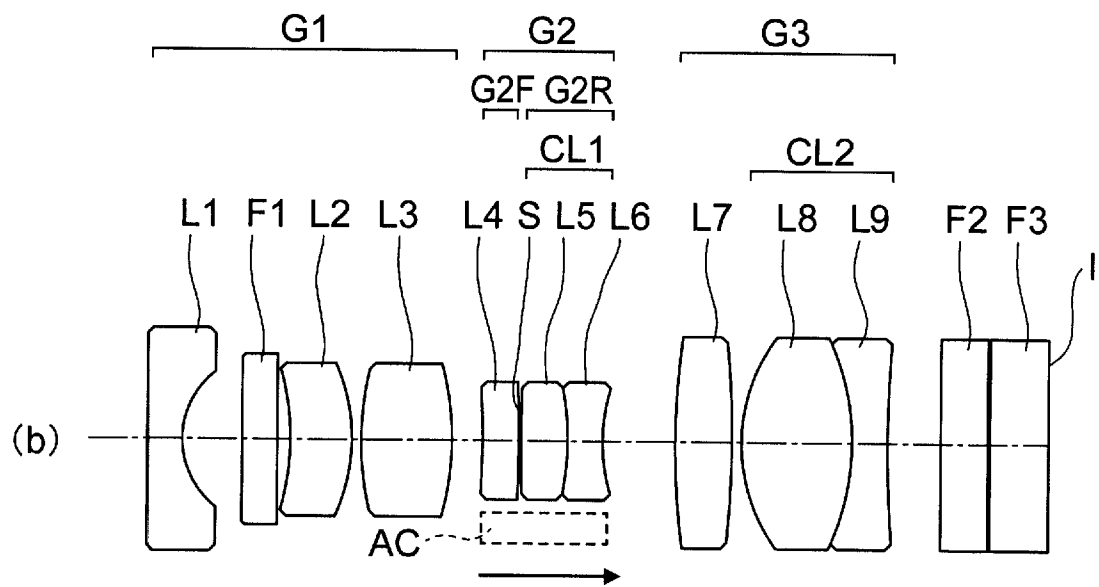
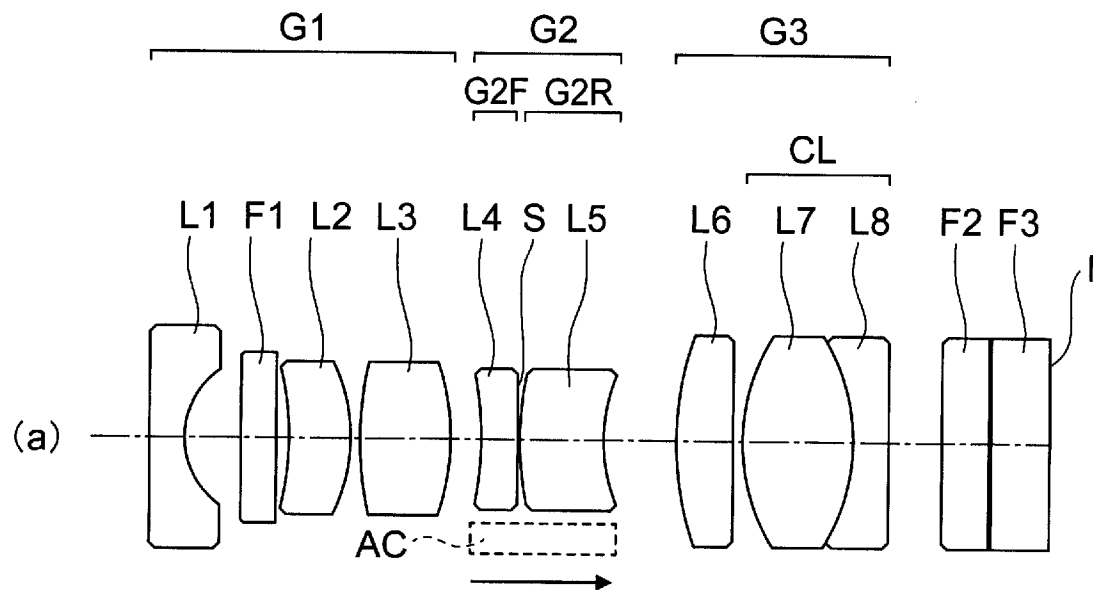
$$0.4 < \Sigma L_{2F} / \Sigma L_{2R} < 1.25 \quad (6)$$

ここで、

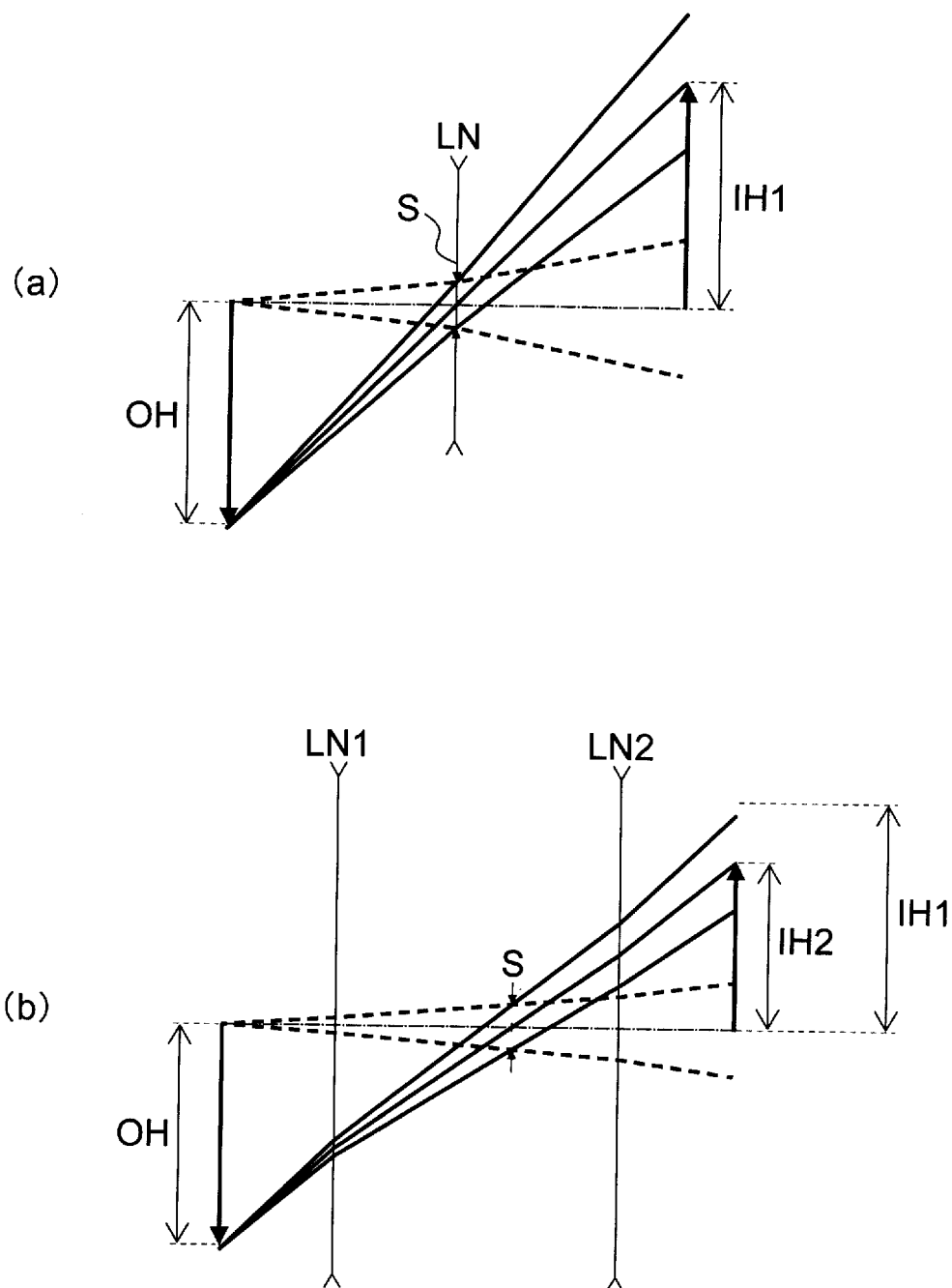
ΣL_{2F} は、前記前群のレンズの空気換算長の総和、

ΣL_{2R} は、前記後群のレンズの空気換算長の総和、
である。

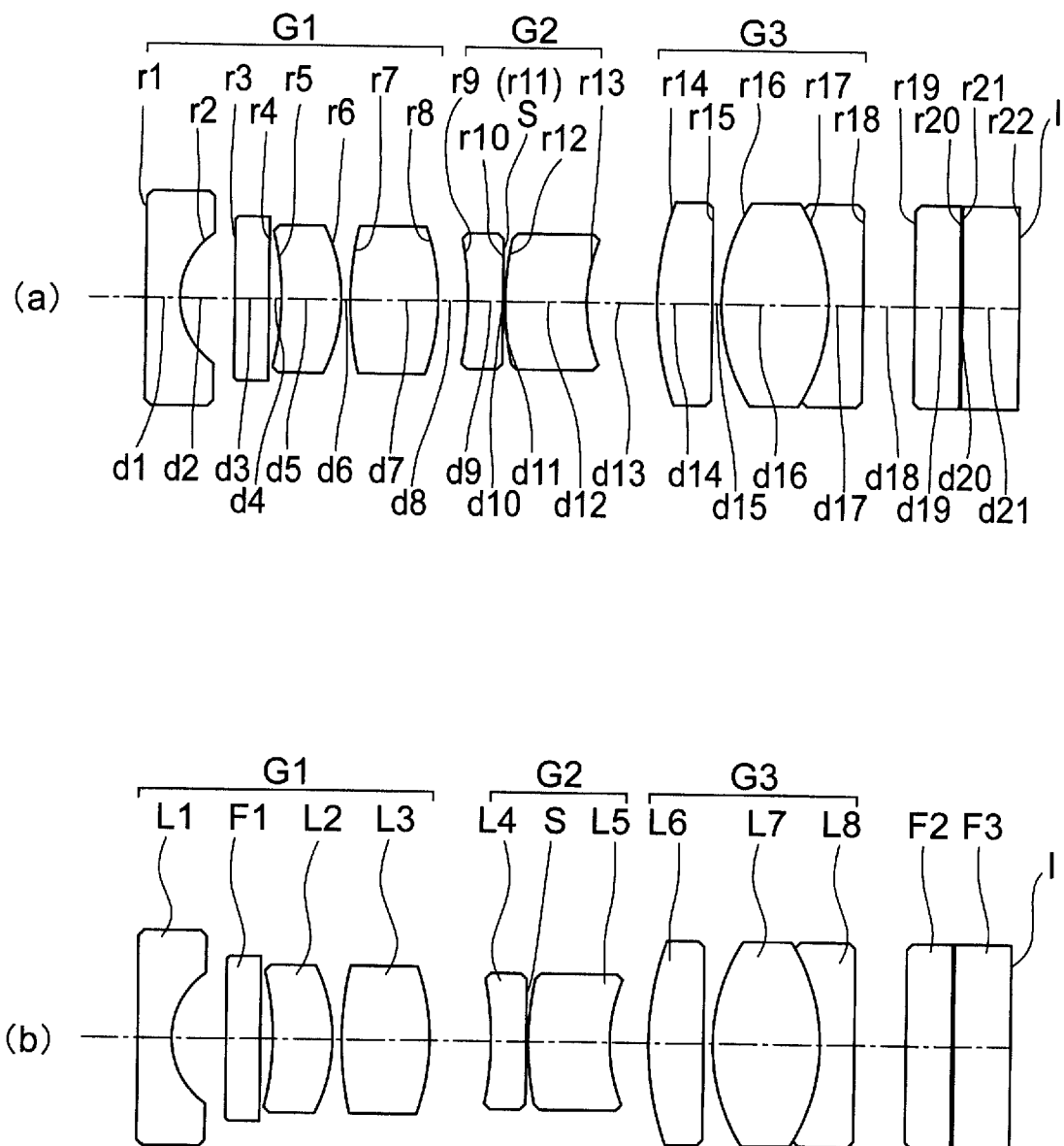
[図1]



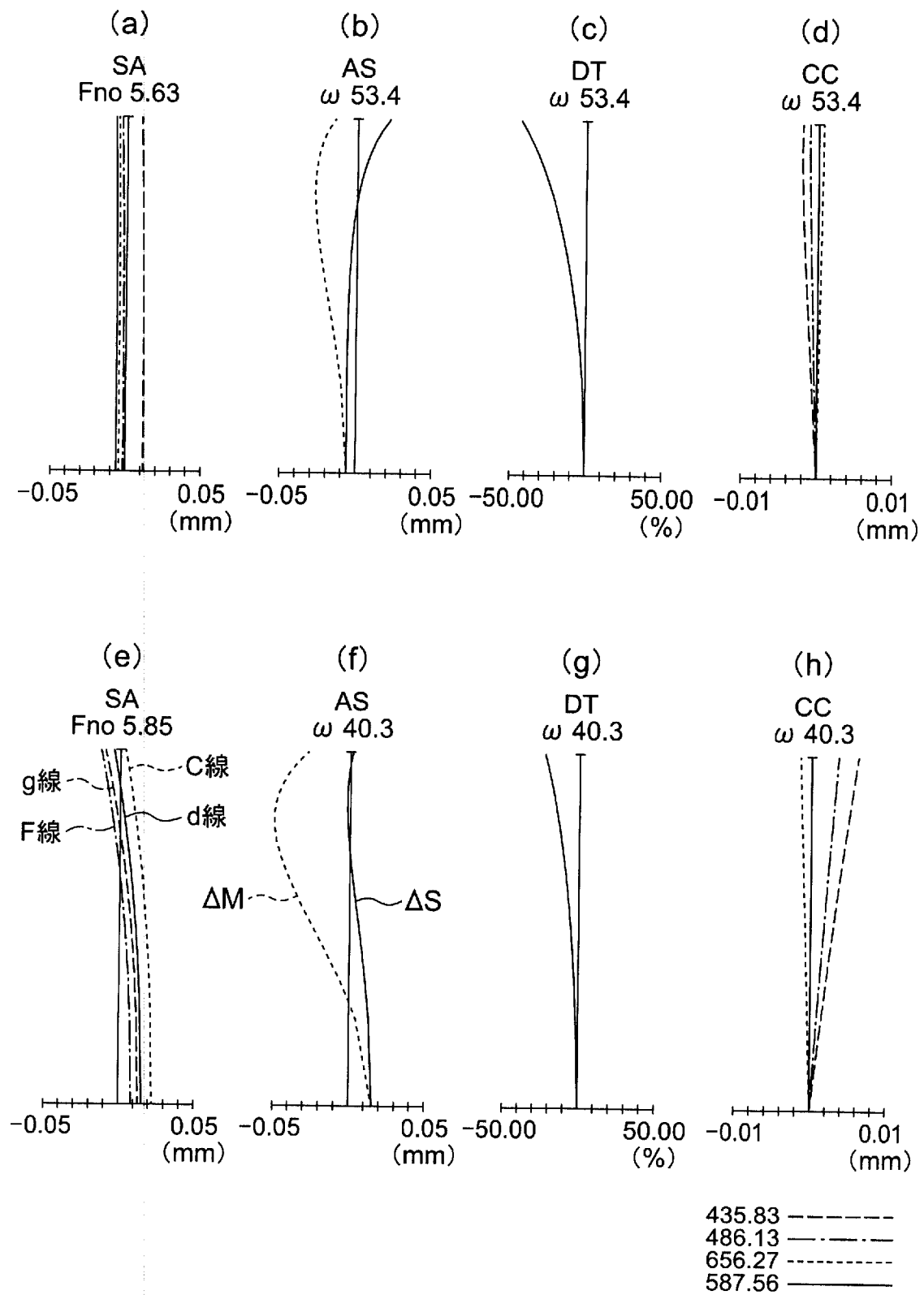
[図2]



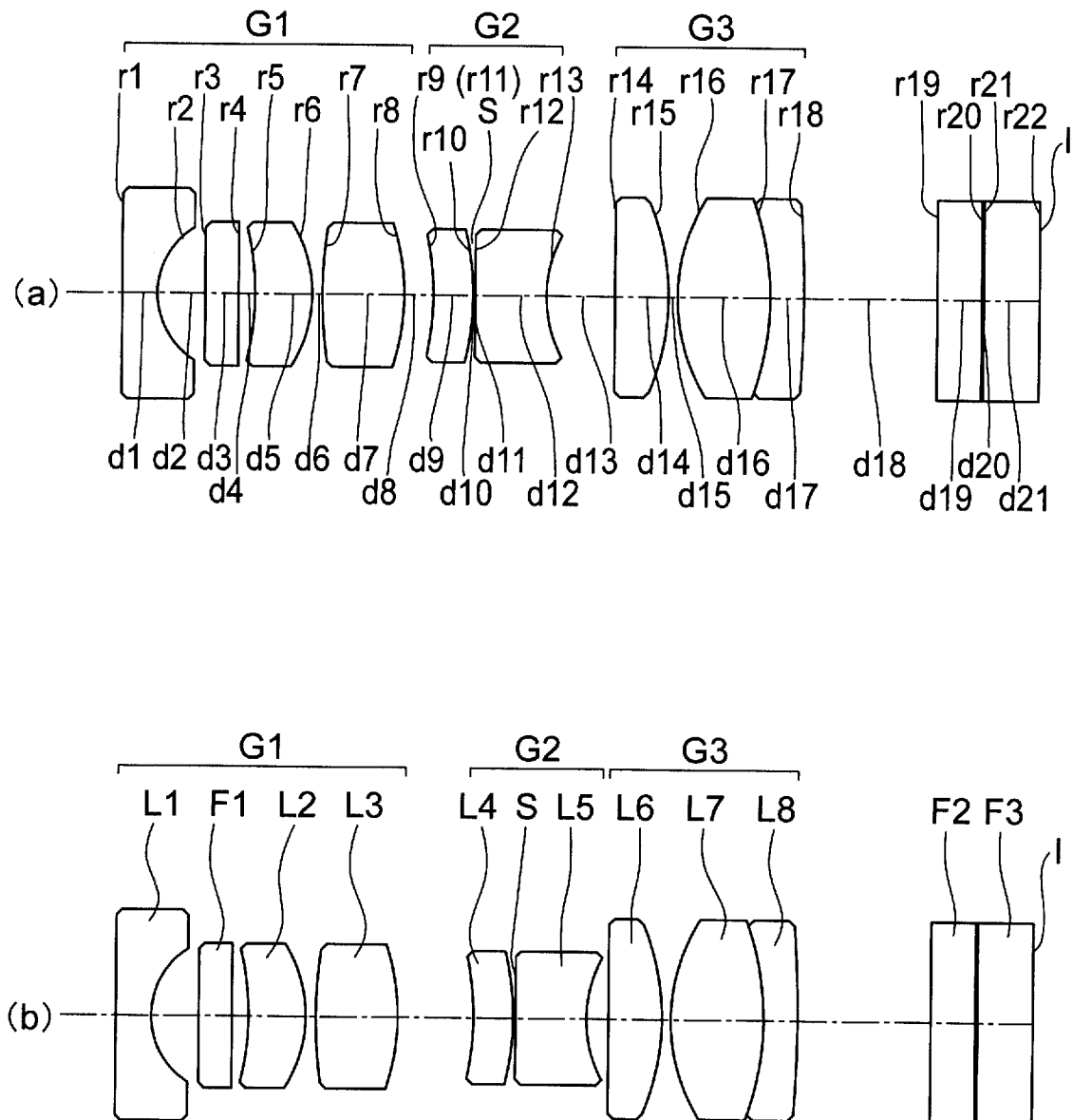
[図3]



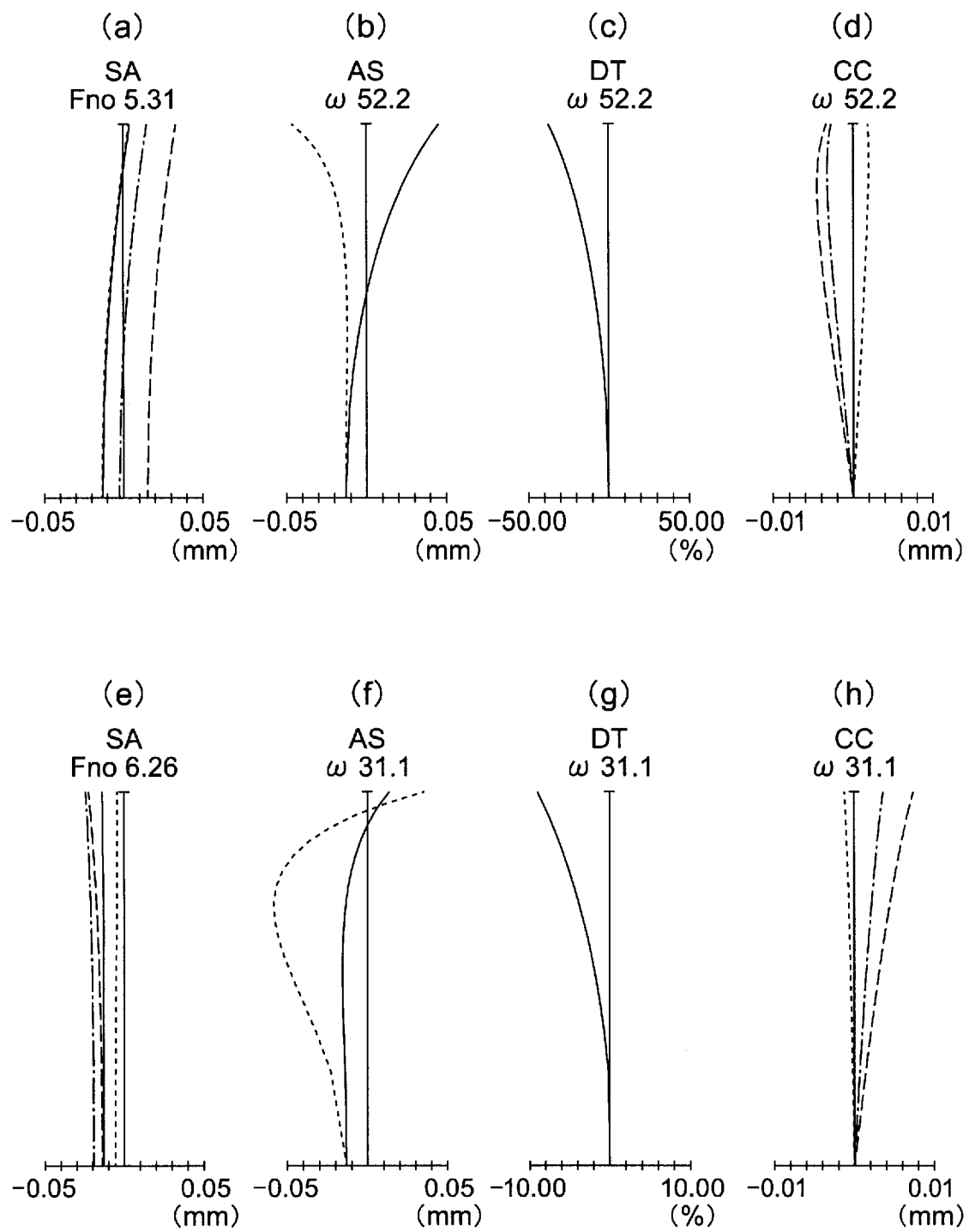
[図4]



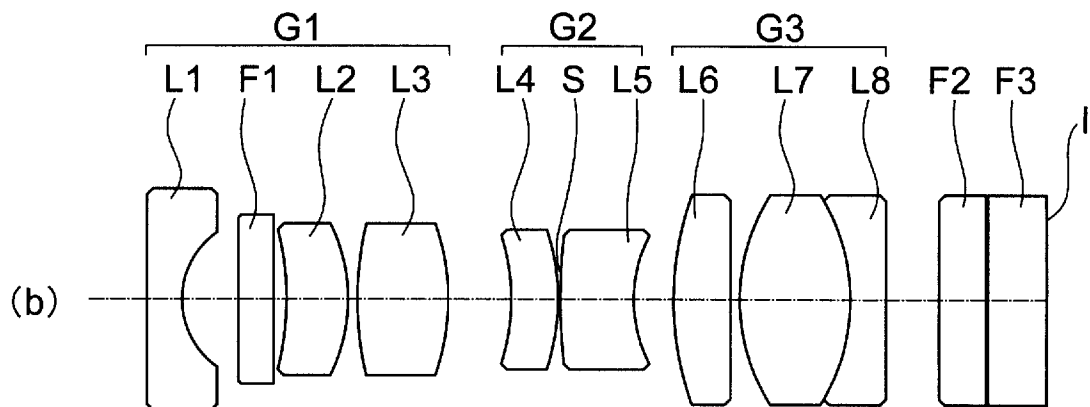
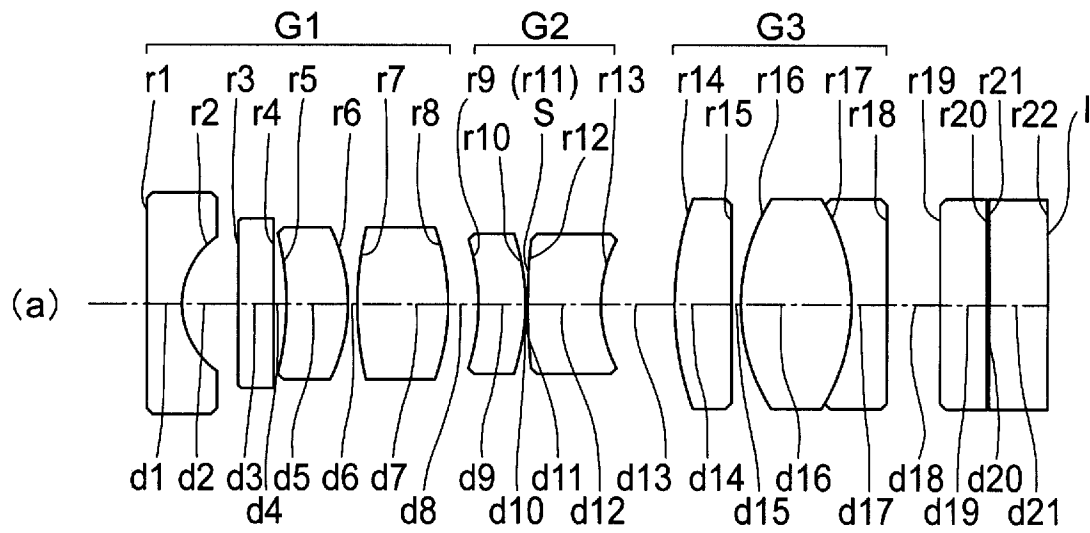
[図5]



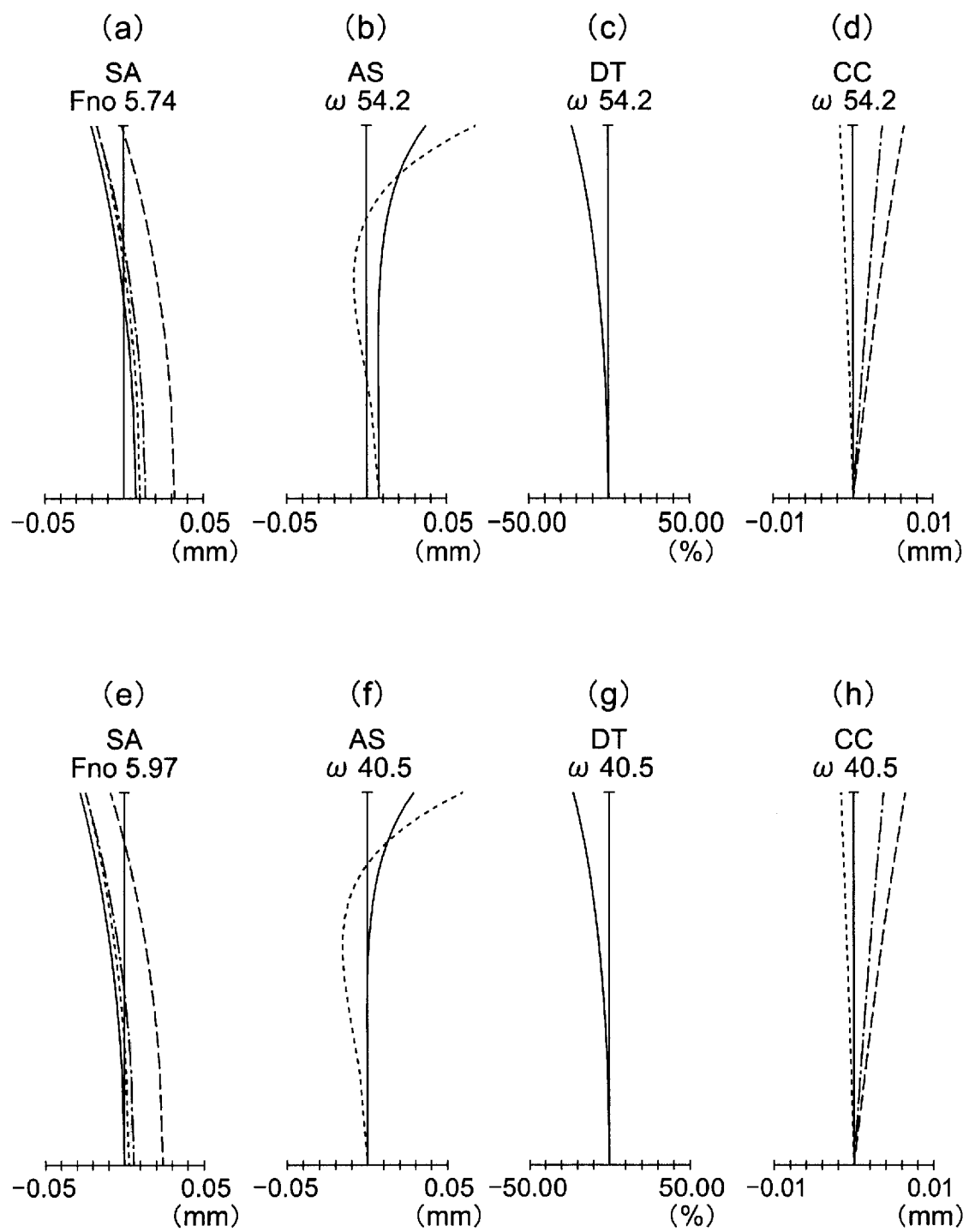
[図6]



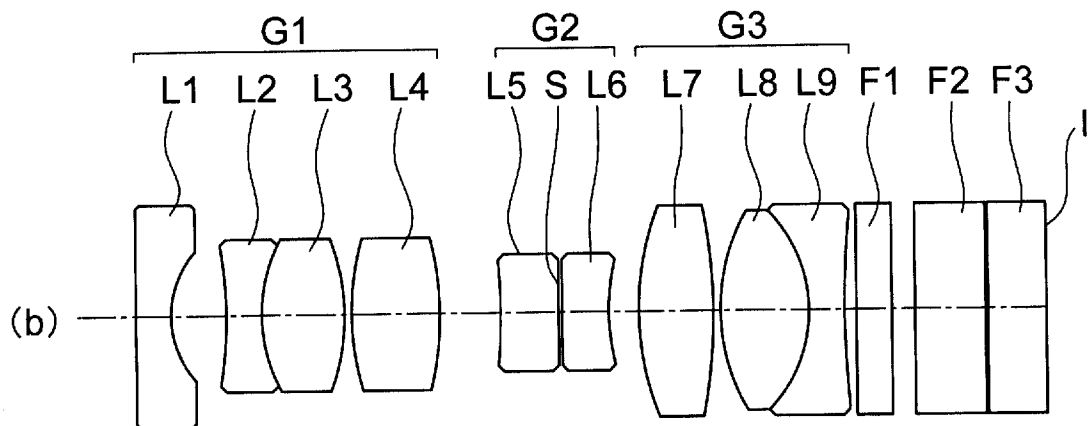
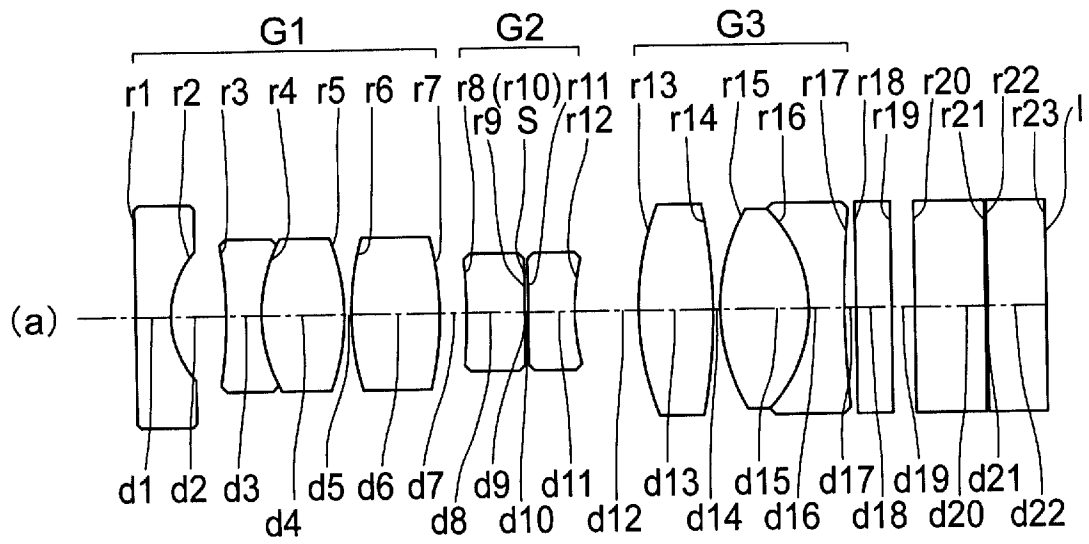
[図7]



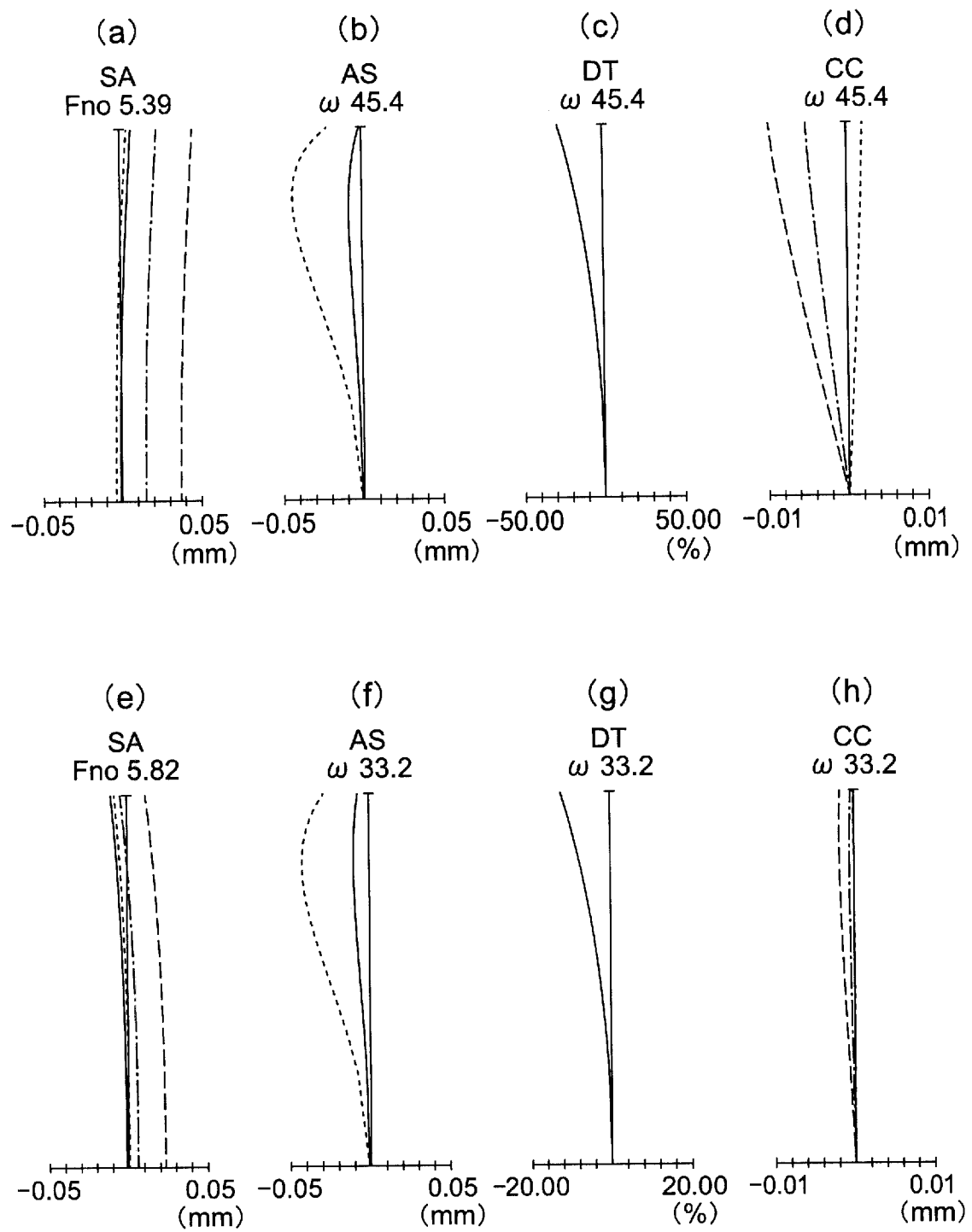
[図8]



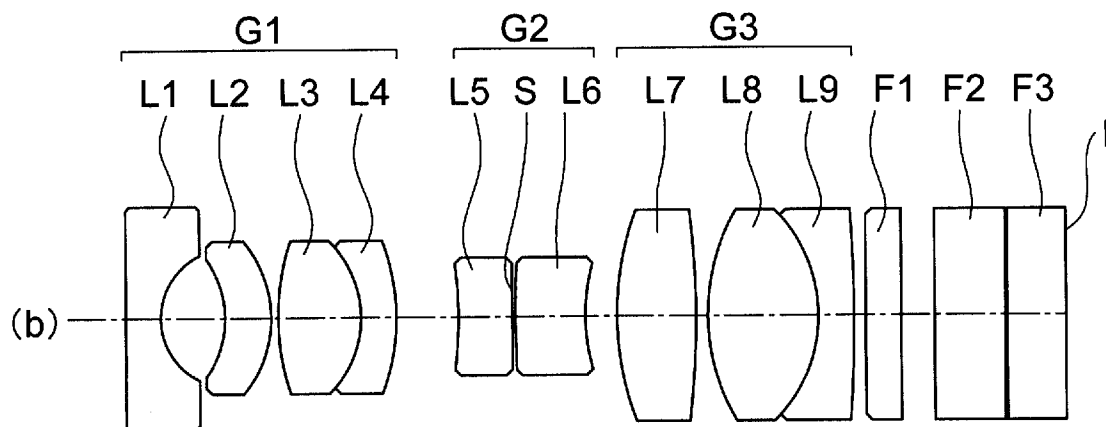
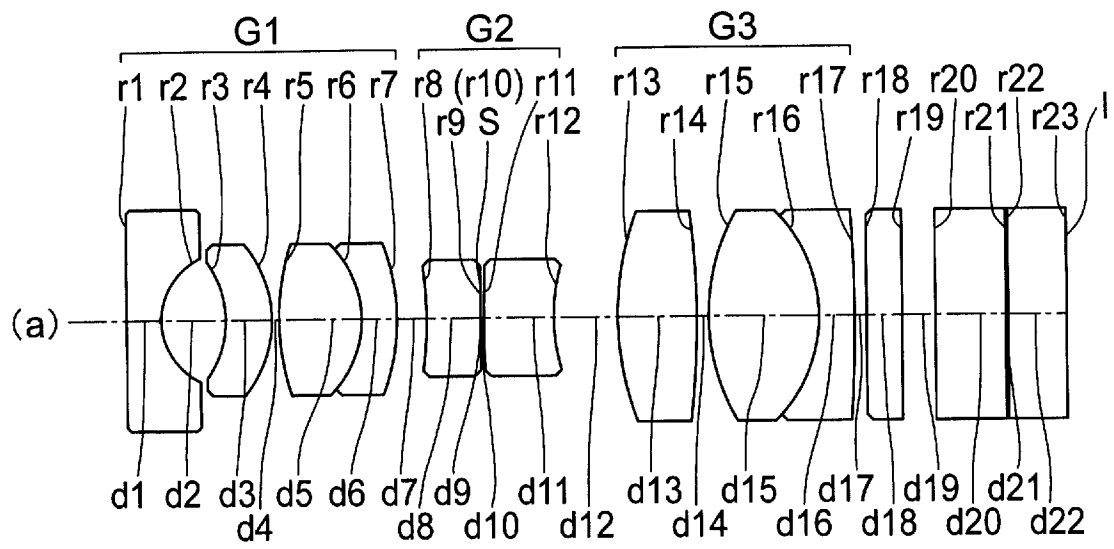
[図9]



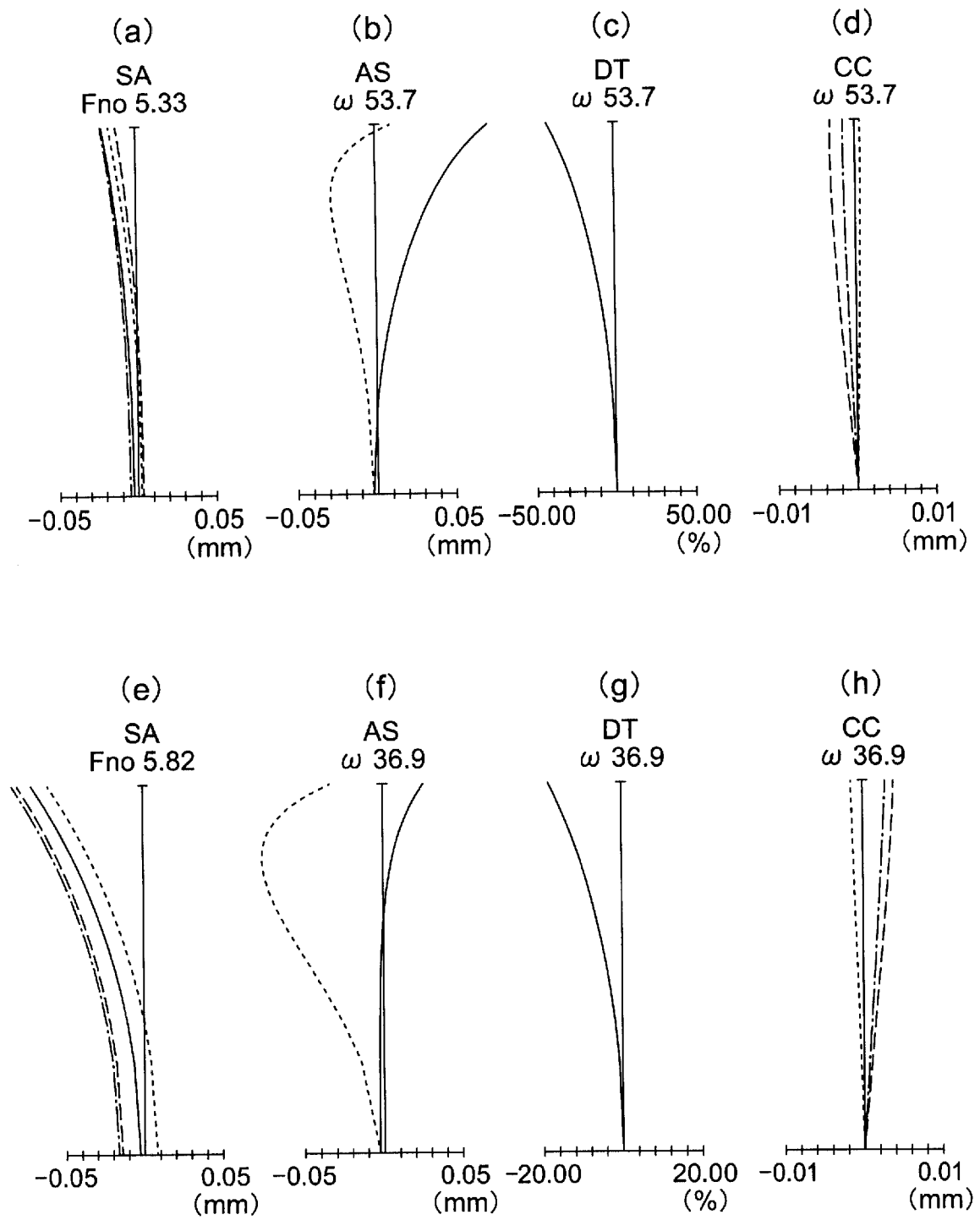
[図10]



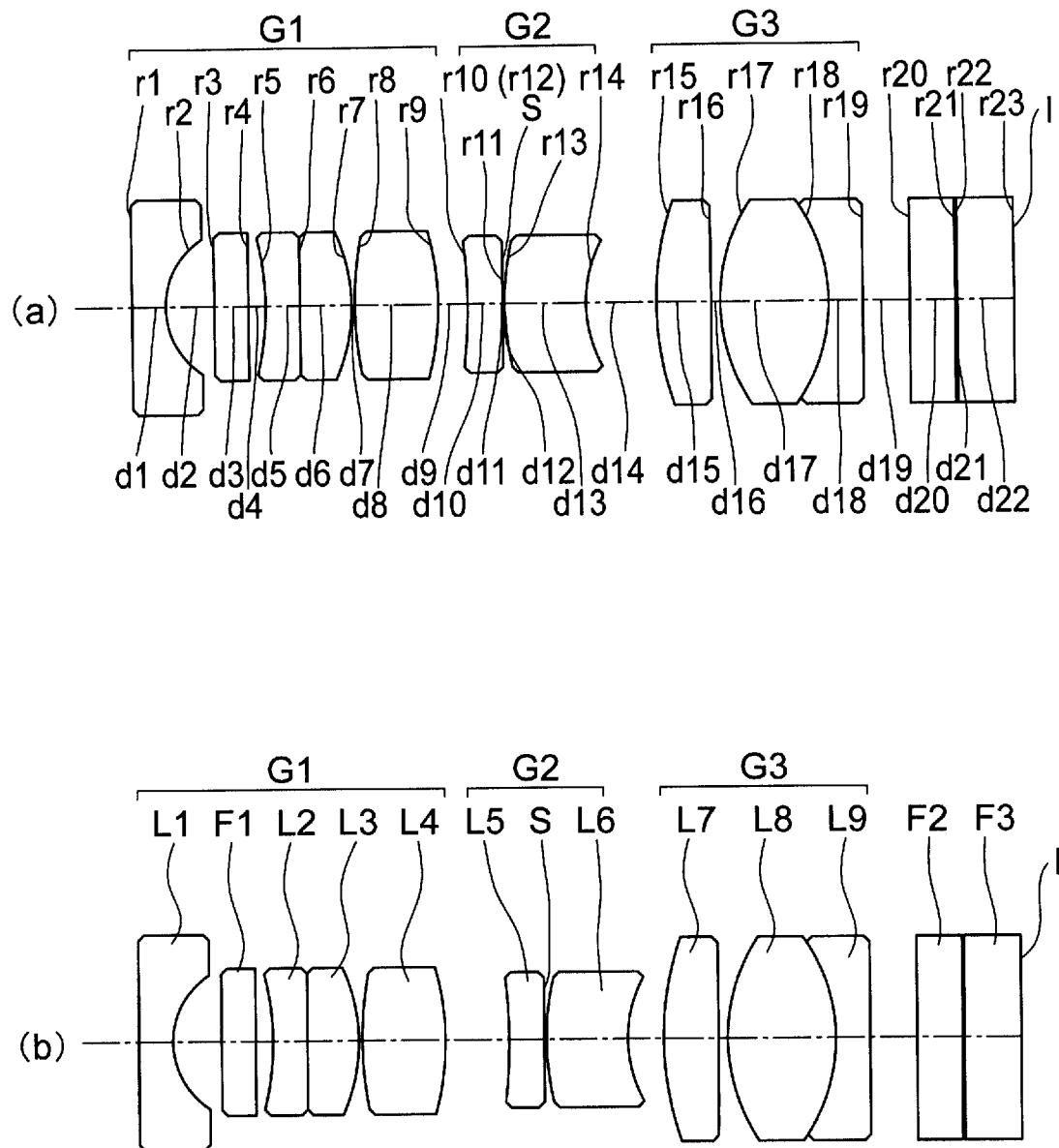
[図11]



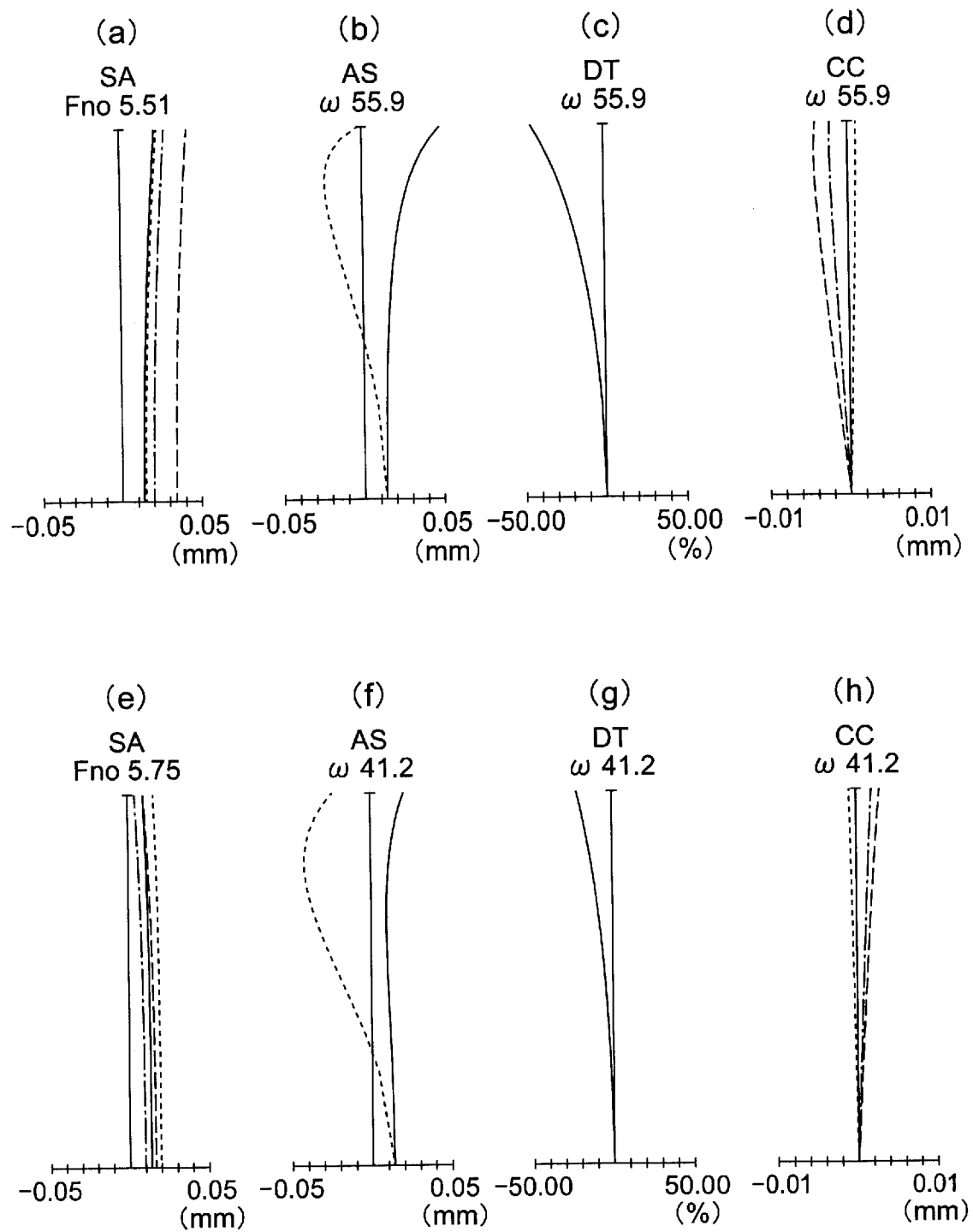
[図12]



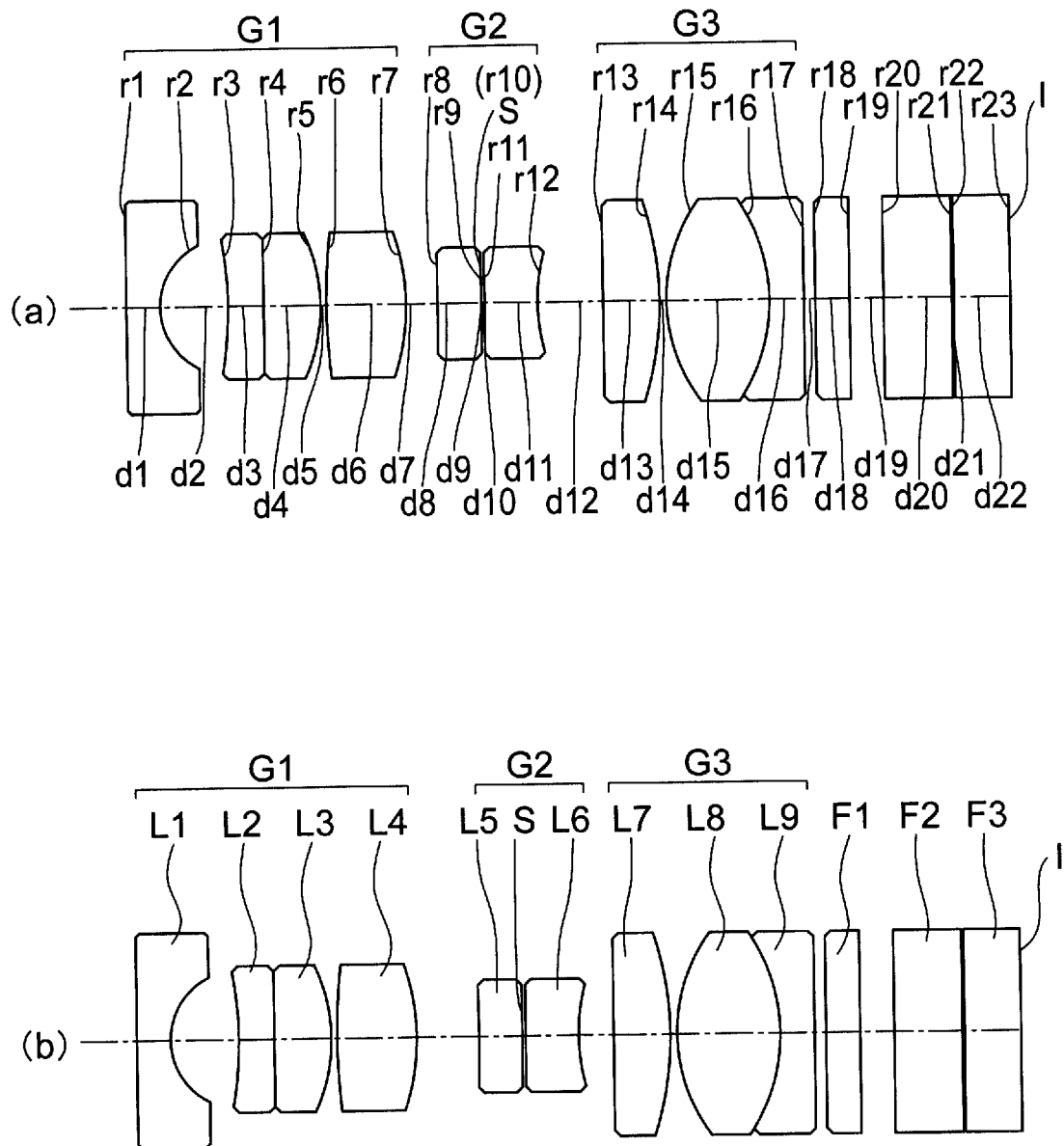
[図13]



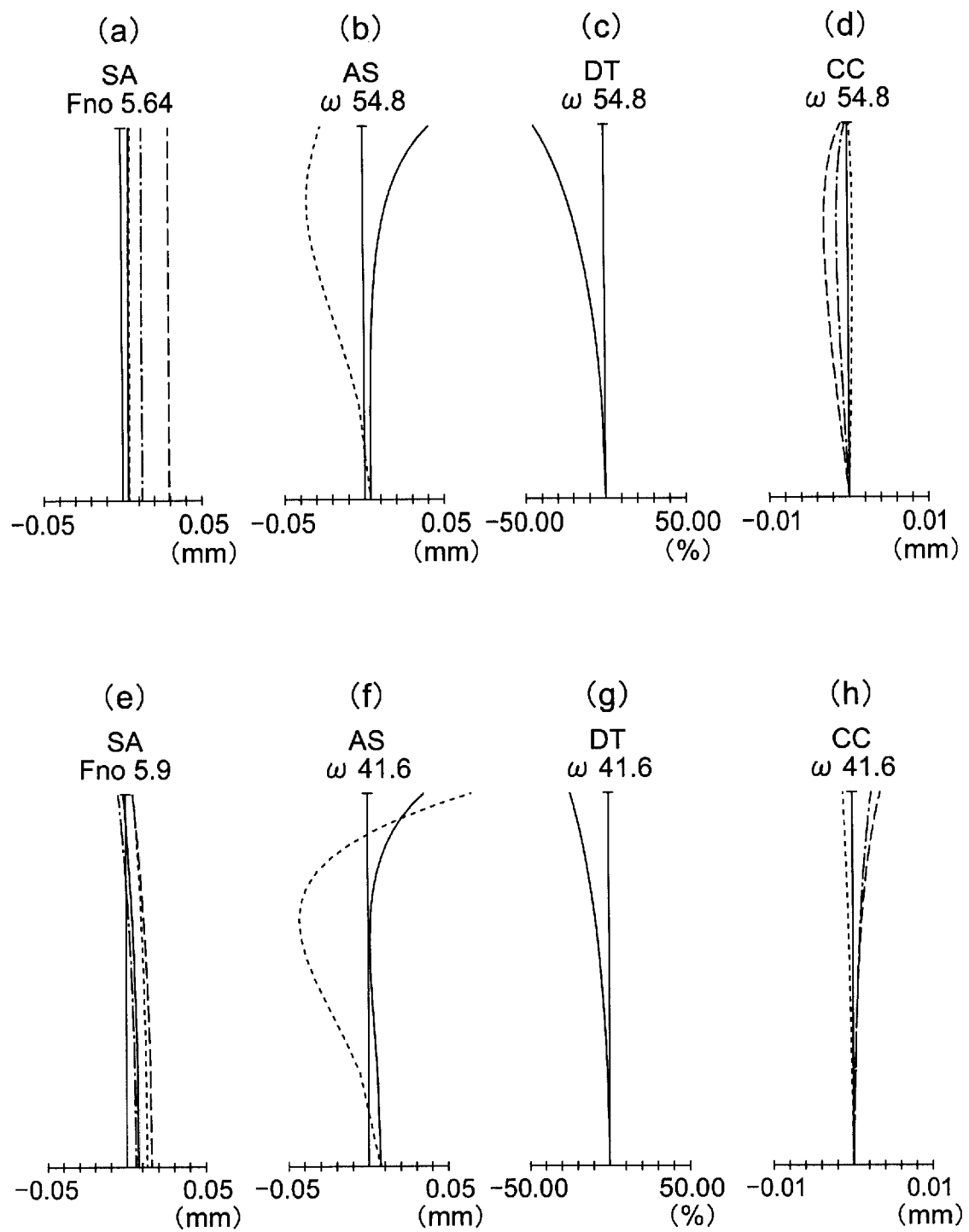
[図14]



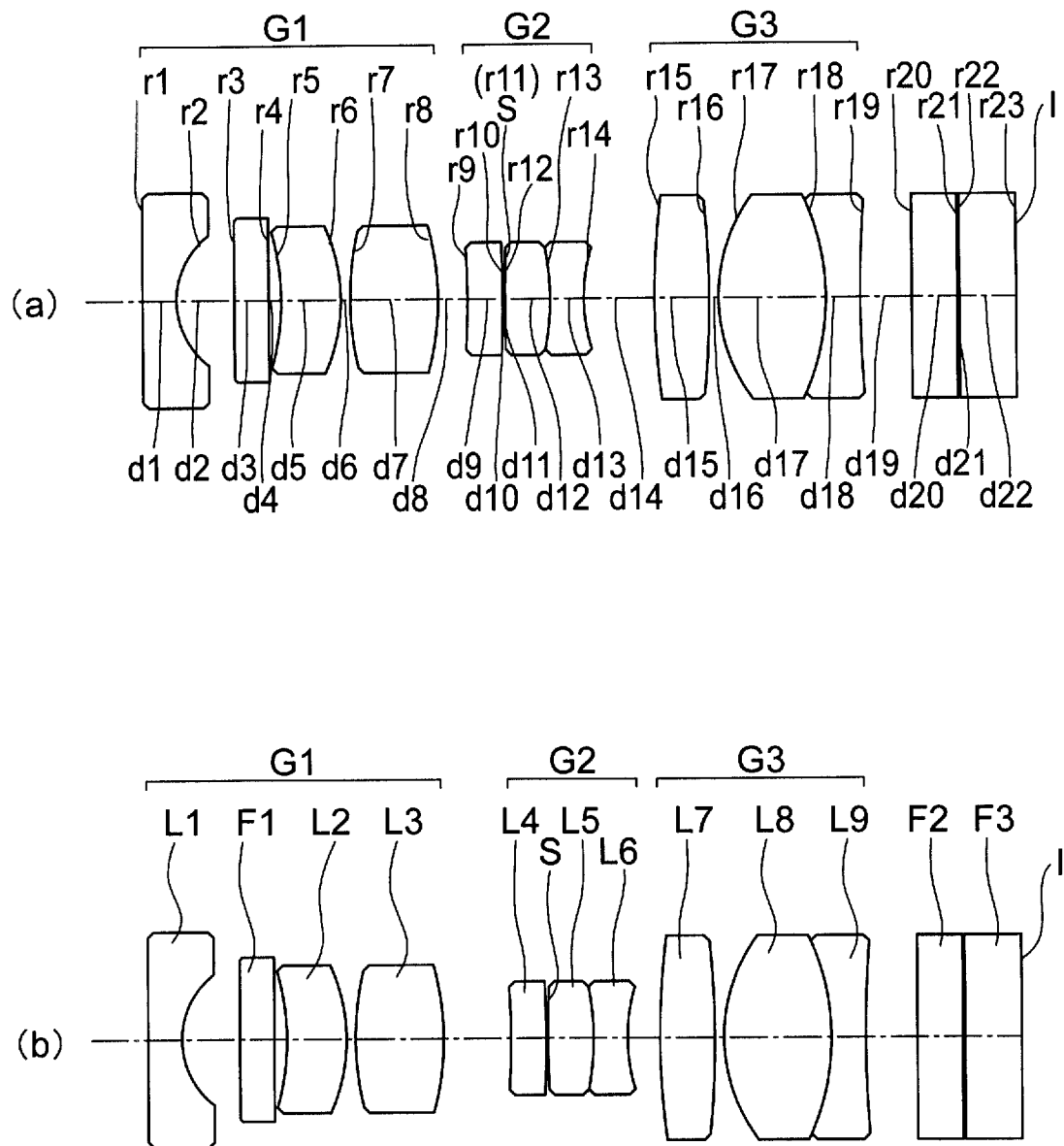
[図15]



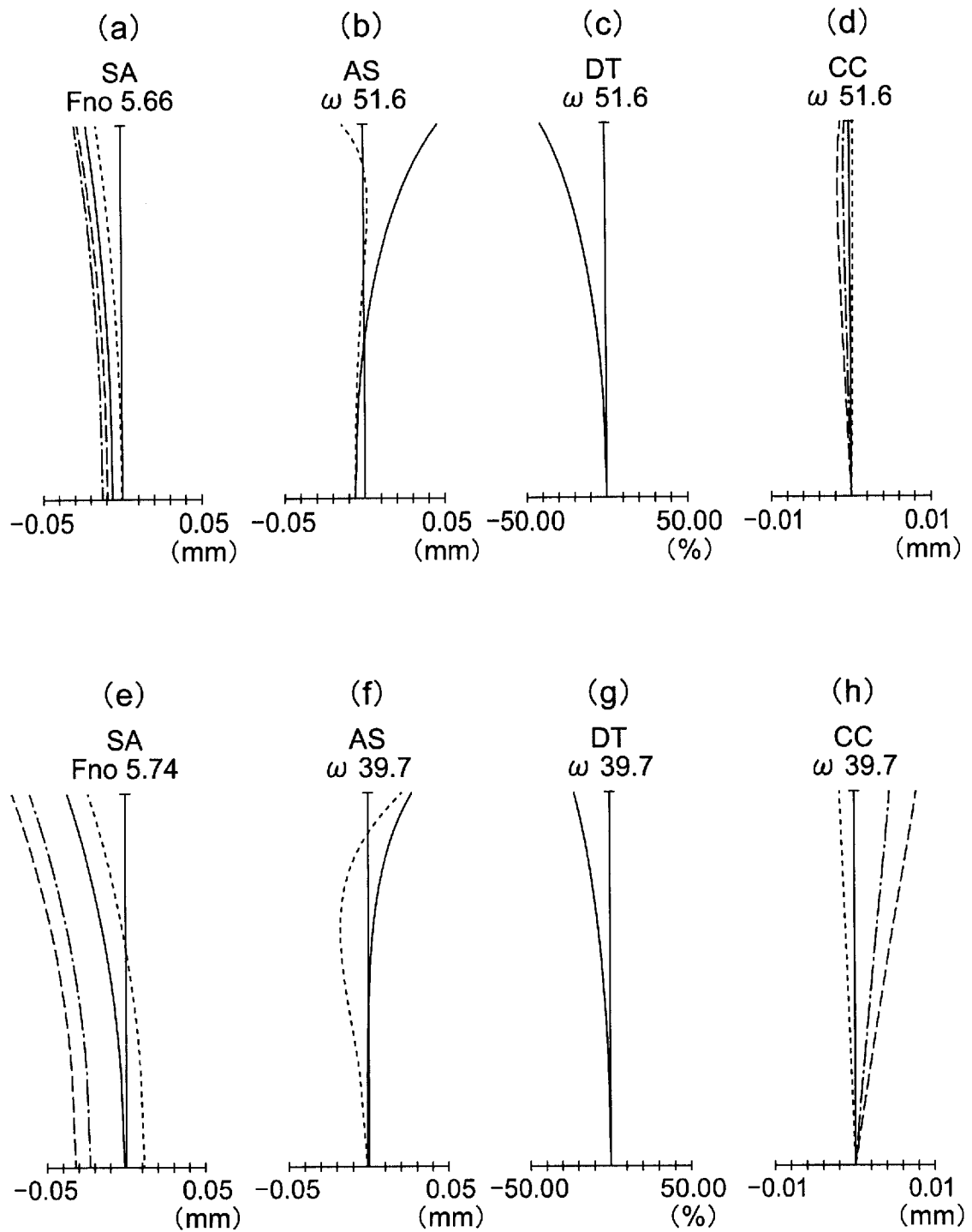
[図16]



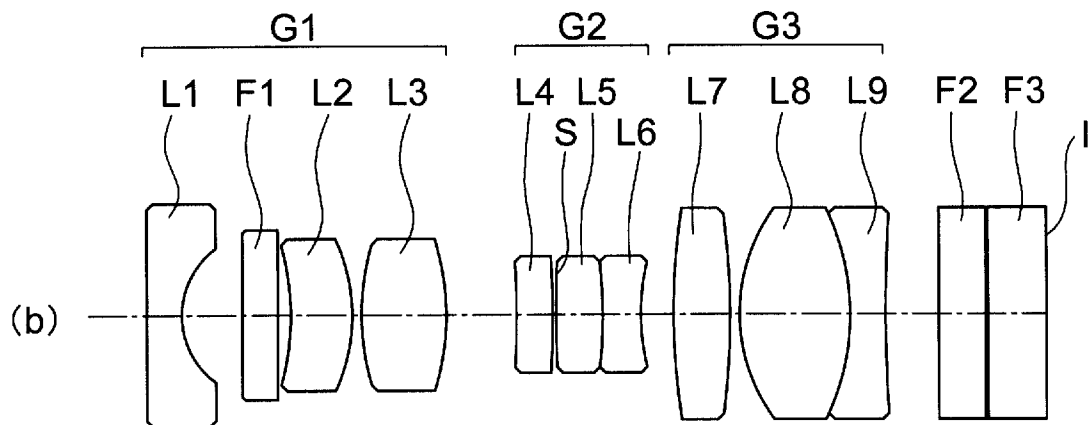
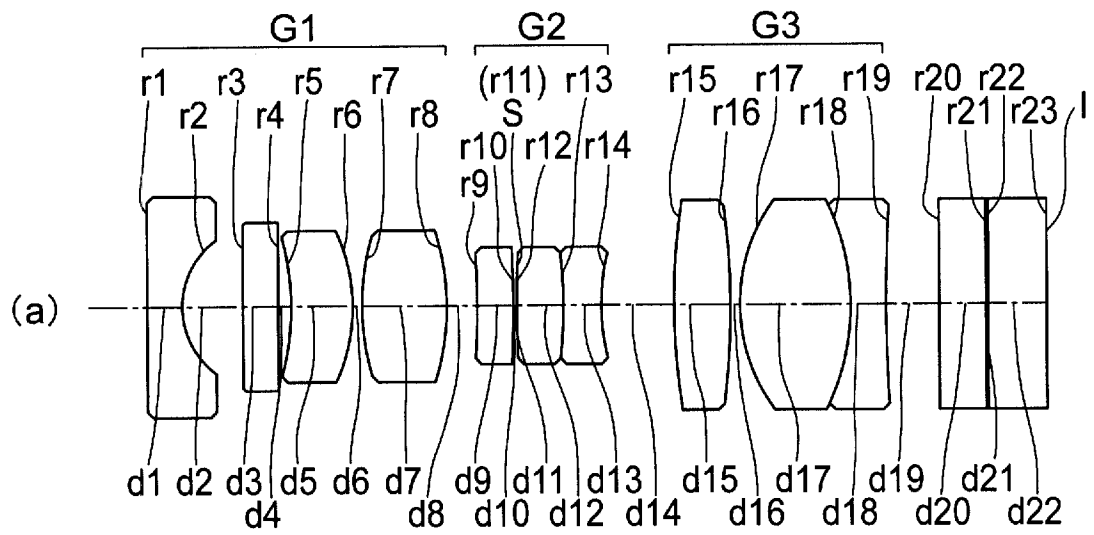
[図17]



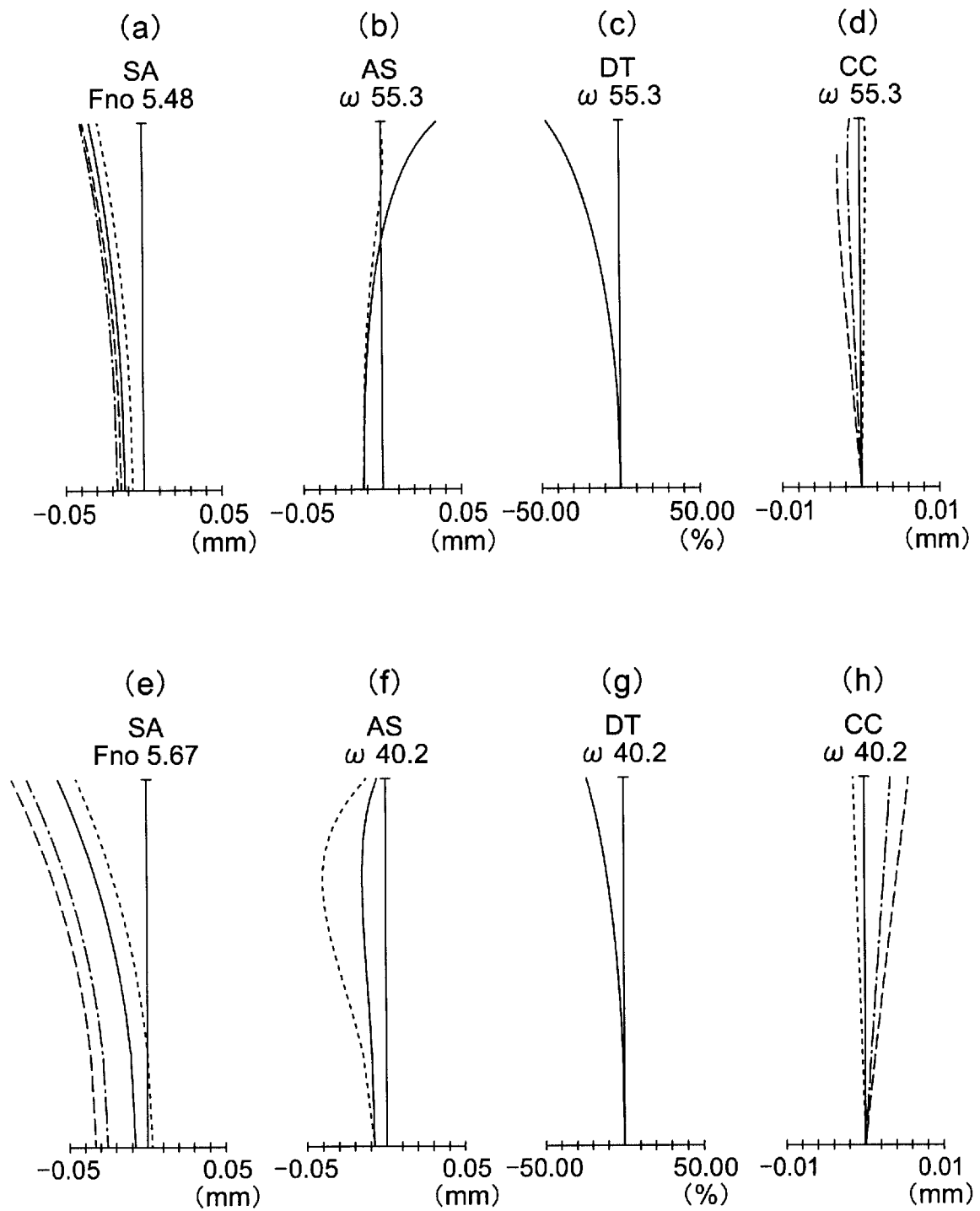
[図18]



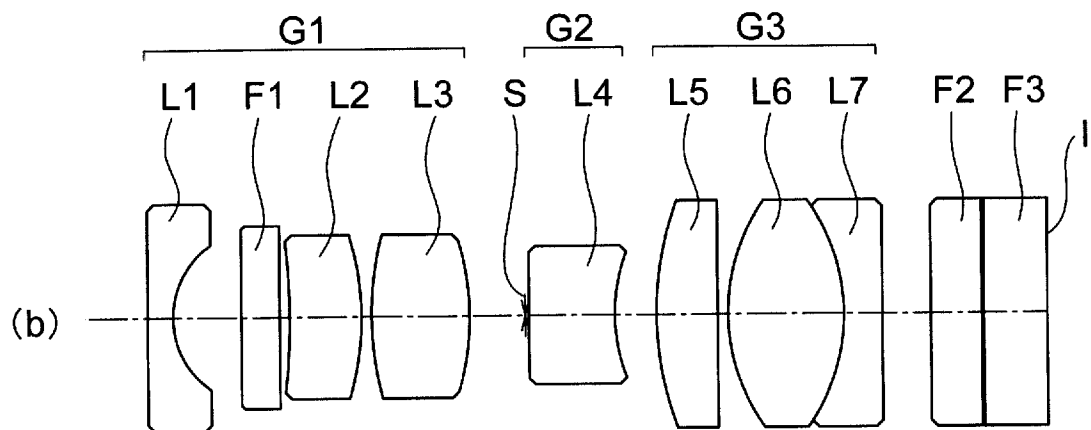
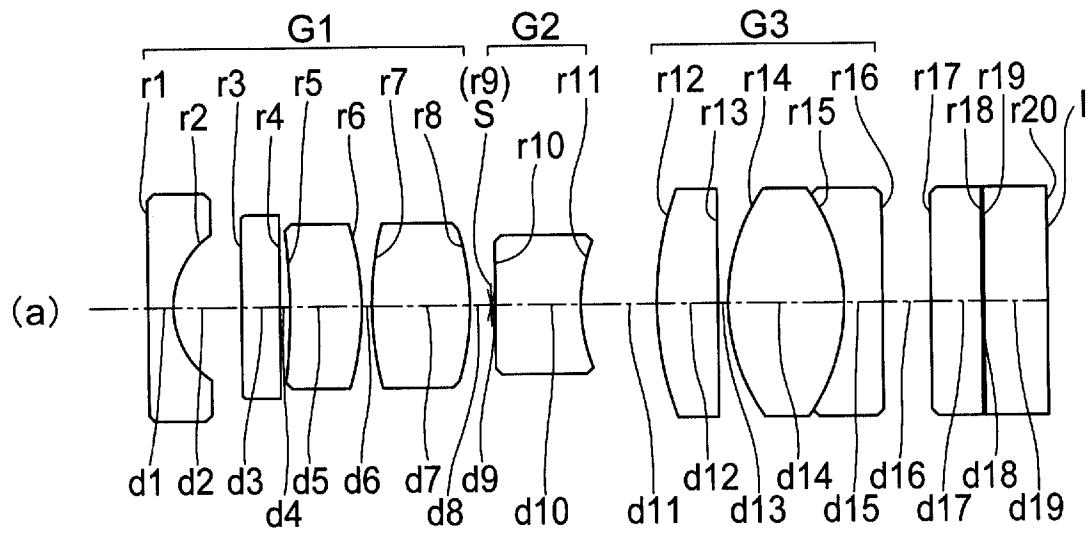
[図19]



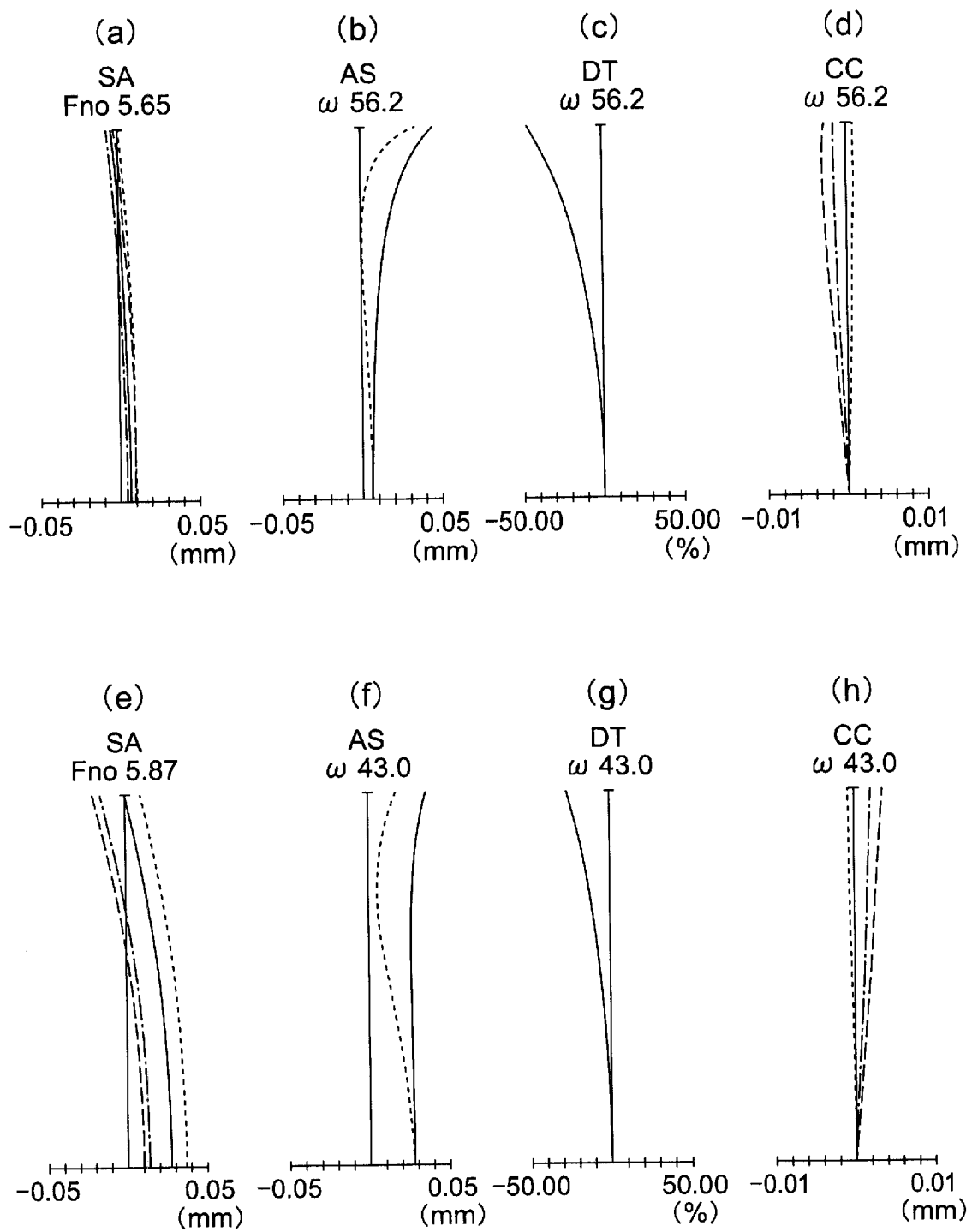
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/047131

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B13/04 (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)

Int.Cl. G02B9/00-17/08, G02B21/02-21/04, G02B23/24-23/26, G02B25/00-25/04

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
X A	WO 2016/084494 A1 (OLYMPUS CORP.) 02 June 2016, examples 1-8 & US 2017/0038570 A1, examples 1-8 & EP 3226054 A1 & CN 106255912 A & JP 5985133 B1	1, 5 2-4, 6-7
X A	WO 2016/006486 A1 (OLYMPUS CORP.) 14 January 2016, examples 1-5 & US 2016/0370558 A1, examples 1-5 & US 9846295 B2 & EP 3168668 A1 & CN 106062609 A & JP 5948530 B2	1, 5 2-4, 6-7

☐ 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

"T" 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
02 April 2018 (02.04.2018)

Date of mailing of the international search report
10 April 2018 (10.04.2018)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B13/04(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. G02B9/00-17/08, G02B21/02-21/04, G02B23/24-23/26, G02B25/00-25/04

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
X A	WO 2016/084494 A1（オリンパス株式会社）2016.06.02, 実施例 1- 実施例 8 & US 2017/0038570 A1, Examples 1-8 & EP 3226054 A1 & CN 106255912 A & JP 5985133 B1	1, 5 2-4, 6-7
X A	WO 2016/006486 A1（オリンパス株式会社）2016.01.14, 実施例 1- 実施例 5 & US 2016/0370558 A1, Examples 1-5 & US 9846295 B2 & EP 3168668 A1 & CN 106062609 A & JP 5948530 B2	1, 5 2-4, 6-7

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

02.04.2018

国際調査報告の発送日

10.04.2018

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）

森内 正明

2 V

9 2 2 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3271