

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7061226号
(P7061226)

(45)発行日 令和4年4月27日(2022.4.27)

(24)登録日 令和4年4月19日(2022.4.19)

| | |
|-------------------------|-----------------|
| (51)国際特許分類 | F I |
| G 0 2 B 13/04 (2006.01) | G 0 2 B 13/04 D |
| G 0 2 B 13/18 (2006.01) | G 0 2 B 13/18 |

請求項の数 30 (全61頁)

| | | | |
|-------------|-----------------------------|----------|------------------------------------------------|
| (21)出願番号 | 特願2021-503243(P2021-503243) | (73)特許権者 | 000000376 オリンパス株式会社 東京都八王子市石川町2 9 5 1 番地 |
| (86)(22)出願日 | 平成31年3月1日(2019.3.1) | (74)代理人 | 100123962 弁理士 斎藤 圭介 |
| (86)国際出願番号 | PCT/JP2019/008034 | (72)発明者 | 藤倉 崇 東京都八王子市石川町2 9 5 1 番地 オ リンパス株式会社内 |
| (87)国際公開番号 | WO2020/178886 | (72)発明者 | 市川 啓介 東京都八王子市石川町2 9 5 1 番地 オ リンパス株式会社内 |
| (87)国際公開日 | 令和2年9月10日(2020.9.10) | (72)発明者 | 三原 伸一 東京都八王子市石川町2 9 5 1 番地 オ リンパス株式会社内 |
| 審査請求日 | 令和3年2月24日(2021.2.24) | 審査官 | 森内 正明 |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 広角光学系及びそれを備えた撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

レンズ成分を有する広角光学系であって、
前記レンズ成分は、複数の光学面を有し、
前記レンズ成分では、2つの前記光学面が空気と接触し、且つ、少なくとも1つの前記光学面が曲面であり、
物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、からなり、
遠点から近点に焦点位置調節するとき、前記第2レンズ群が、第1の位置から第2の位置に向かって移動し、前記第1の位置は、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が最小となる位置であり、前記第2の位置は、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が最小となる位置であり、
前記第3レンズ群は、9面以上の屈折面を有し、前記第3レンズ群の最も像側の負の屈折力を有する接合面Scの像側に正の単レンズを有し、前記接合面Scの物体側に複数の負の屈折面を有し、
前記第3レンズ群は、前記複数の負の屈折面のうち像側に位置する2面よりも物体側に、以下の条件式(1)を満足する正の屈折面Spを少なくとも1つ有し、
第1屈折面を有し、
前記第1屈折面は、以下の条件式(9)を満足する屈折面であり、
前記第3レンズ群の最も物体側の面頂から像側に向かって、 $2.5 \times fL$ 以内の距離に、

前記第 1 屈折面を有することを特徴とする広角光学系。

$$0.02 < fL / R_{sp} < 1.20 \quad (1)$$

$$0.10 < (a_{nsNi} - a_{nsNi}') / a_{rsNi} < 0.70 \quad (9)$$

ここで、

R_{sp} は、前記正の屈折面 S_p の曲率半径、

fL は、前記第 1 の位置における前記広角光学系の焦点距離、

a_{nsNi} は、前記第 1 屈折面の物体側に位置する媒質の d 線に対する屈折率、

a_{nsNi}' は、前記第 1 屈折面の像側に位置する媒質の d 線に対する屈折率、

a_{rsNi} は、前記第 1 屈折面の光軸近傍における曲率半径、

である。

10

【請求項 2】

レンズ成分を有する広角光学系であって、

前記レンズ成分は、複数の光学面を有し、

前記レンズ成分では、2つの前記光学面が空気と接触し、且つ、少なくとも1つの前記光学面が曲面であり、

物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、からなり、

遠点から近点に焦点位置調節するとき、前記第 2 レンズ群が、第 1 の位置から第 2 の位置に向かって移動し、前記第 1 の位置は、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が最小となる位置であり、前記第 2 の位置は、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との

20

間隔が最小となる位置であり、
前記第 3 レンズ群は、9 面以上の屈折面を有し、前記第 3 レンズ群の最も像側の負の屈折力を有する接合面 S_c の像側に正の単レンズを有し、前記接合面 S_c の物体側に複数の負の屈折面を有し、

前記第 3 レンズ群は、前記複数の負の屈折面のうち像側に位置する 2 面よりも物体側に、以下の条件式 (1) を満足する正の屈折面 S_p を少なくとも 1 つ有し、

第 2 屈折面を有し、

前記第 2 屈折面は、以下の条件式 (10) を満足する屈折面であり、

前記第 3 レンズ群の最も物体側の面頂から像側に向かって、 $2.5 \times fL$ 以上の距離に、前記第 2 屈折面を有することを特徴とする広角光学系。

30

$$0.02 < fL / R_{sp} < 1.20 \quad (1)$$

$$-0.60 < (b_{nsNi} - b_{nsNi}') / b_{rsNi} < -0.05 \quad (10)$$

ここで、

R_{sp} は、前記正の屈折面 S_p の曲率半径、

fL は、前記第 1 の位置における前記広角光学系の焦点距離、

b_{nsNi} は、前記第 2 屈折面の物体側に位置する媒質の d 線に対する屈折率、

b_{nsNi}' は、前記第 2 屈折面の像側に位置する媒質の d 線に対する屈折率、

b_{rsNi} は、前記第 2 屈折面の光軸近傍における曲率半径、

である。

40

【請求項 3】

レンズ成分を有する広角光学系であって、

前記レンズ成分は、複数の光学面を有し、

前記レンズ成分では、2つの前記光学面が空気と接触し、且つ、少なくとも1つの前記光学面が曲面であり、

物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、からなり、

遠点から近点に焦点位置調節するとき、前記第 2 レンズ群が、第 1 の位置から第 2 の位置に向かって移動し、前記第 1 の位置は、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が最小となる位置であり、前記第 2 の位置は、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が最小となる位置であり、

50

前記第 3 レンズ群は、9 面以上の屈折面を有し、前記第 3 レンズ群の最も像側の負の屈折力を有する接合面 Sc の像側に正の単レンズを有し、前記接合面 Sc の物体側に複数の負の屈折面を有し、

前記第 3 レンズ群は、前記複数の負の屈折面のうち像側に位置する 2 面よりも物体側に、以下の条件式 (1) を満足する正の屈折面 Sp を少なくとも 1 つ有し、

以下の条件式 (2 4) を満足することを特徴とする広角光学系。

$$0.02 < fL / R_{sp} < 1.20 \quad (1)$$

$$0.10 < (1 - 2F^2) \times \underline{3F} < 0.45 \quad (24)$$

ここで、

R_{sp} は、前記正の屈折面 Sp の曲率半径、

fL は、前記第 1 の位置における前記広角光学系の焦点距離、

2F は、前記第 1 の位置における前記第 2 レンズ群の倍率、

3F は、前記第 1 の位置における前記第 3 レンズ群の倍率、

である。

【請求項 4】

レンズ成分を有する広角光学系であって、

前記レンズ成分は、複数の光学面を有し、

前記レンズ成分では、2 つの前記光学面が空気と接触し、且つ、少なくとも 1 つの前記光学面が曲面であり、

物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、からなり、

遠点から近点に焦点位置調節するとき、前記第 2 レンズ群が、第 1 の位置から第 2 の位置に向かって移動し、前記第 1 の位置は、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が最小となる位置であり、前記第 2 の位置は、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が最小となる位置であり、

前記第 3 レンズ群は、9 面以上の屈折面を有し、前記第 3 レンズ群の最も像側の負の屈折力を有する接合面 Sc の像側に正の単レンズを有し、前記接合面 Sc の物体側に複数の負の屈折面を有し、

前記第 3 レンズ群は、前記複数の負の屈折面のうち像側に位置する 2 面よりも物体側に、以下の条件式 (1) を満足する正の屈折面 Sp を少なくとも 1 つ有し、

以下の条件式 (2 5) を満足することを特徴とする広角光学系。

$$0.02 < fL / R_{sp} < 1.20 \quad (1)$$

$$0.15 < (1 - 2N^2) \times \underline{3N} < 0.60 \quad (25)$$

ここで、

R_{sp} は、前記正の屈折面 Sp の曲率半径、

fL は、前記第 1 の位置における前記広角光学系の焦点距離、

2N は、前記第 2 の位置における前記第 2 レンズ群の倍率、

3N は、前記第 2 の位置における前記第 3 レンズ群の倍率、

である。

【請求項 5】

前記正の屈折面 Sp が、以下の条件式 (2) を満足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広角光学系。

$$1.5 < D_{pc} / fL < 10.0 \quad (2)$$

ここで、

D_{pc} は、前記正の屈折面 Sp から前記負の屈折力を有する接合面 Sc までの光軸上での距離

、

fL は、前記第 1 の位置における前記広角光学系の焦点距離、

である。

【請求項 6】

以下の条件式 (3) を満足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

10

20

30

40

50

広角光学系。

$$2.0 < D3 / fL < 15.0 \quad (3)$$

ここで、

$D3$ は、前記第3レンズ群の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上での距離、

fL は、前記第1の位置における前記広角光学系の焦点距離、である。

【請求項7】

前記第3レンズ群は、以下の条件式(4)、(5)を同時に満足するレンズ成分を含む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広角光学系。

$$1 / r2 < 1 / r1 \quad (4)$$

$$1 / f3x < 1 / (10 \times fL) \quad (5)$$

ここで、

$r1$ は、前記第3レンズ群の各レンズ成分の最も物体側の面の曲率半径、

$r2$ は、前記第3レンズ群の各レンズ成分の最も像側の面の曲率半径、

$f3x$ は、前記第3レンズ群の各レンズ成分の焦点距離、

fL は、前記第1の位置における前記広角光学系の焦点距離、である。

【請求項8】

以下の条件式(6)を満足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広角光学系。

$$-1.5 < 3F < -0.3 \quad (6)$$

ここで、

$3F$ は、前記第1の位置における前記第3レンズ群の倍率、である。

【請求項9】

以下の条件式(7)を満足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広角光学系。

$$2.0 < f3 / fL < 6.0 \quad (7)$$

ここで、

$f3$ は、前記第3レンズ群の焦点距離、

fL は、前記第1の位置における前記広角光学系の焦点距離、である。

【請求項10】

以下の条件式(8)を満足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広角光学系。

$$-0.8 < fL / f31 < 1.0 \quad (8)$$

ここで、

$f31$ は、前記第3レンズ群の最も物体側に位置するレンズ成分の焦点距離、

fL は、前記第1の位置における前記広角光学系の焦点距離、である。

【請求項11】

前記第3レンズ群は、複数の正の単レンズを有し、

前記複数の正の単レンズのうち最も像側に位置する正の単レンズは、以下の条件式(11)を満足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広角光学系。

$$2.0 < f3R / fL < 10.0 \quad (11)$$

ここで、

$f3R$ は、前記最も像側に位置する正の単レンズの焦点距離、

fL は、前記第1の位置における前記広角光学系の焦点距離、である。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

前記第 3 レンズ群は、最も物体側に位置する物体側接合レンズと、最も像側に位置する像側接合レンズと、を有し、
以下の条件式 (1 2) を満足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広角光学系。

$$- 3 0 < (3 R C P - 3 R C N) - (3 F C P - 3 F C N) < 1 1 0 \quad (1 2)$$

ここで、

3FCPは、前記物体側接合レンズの正レンズのd線アッベ数、

3FCNは、前記物体側接合レンズの負レンズのd線アッベ数、

3RCPは、前記像側接合レンズの正レンズのd線アッベ数、

3RCNは、前記像側接合レンズの負レンズのd線アッベ数、

である。

10

【請求項 1 3】

前記第 3 レンズ群の最も像側に位置する接合面が、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 乃至 4 のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$- 0 . 8 0 < f L / r S N r < 0 . 6 0 \quad (1 3)$$

ここで、

rSNrは、前記最も像側に位置する接合面の光軸近傍における曲率半径、

fLは、前記第 1 の位置における前記広角光学系の焦点距離、

である。

20

【請求項 1 4】

前記第 3 レンズ群の物体側から数えて 3 つ目までのレンズ成分に、以下の条件式 (1 4) 、 (1 5) 、 (1 6) を満足する接合レンズが含まれてい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広角光学系。

$$- 1 . 0 < (r 3 X F - r 3 X R) / (r 3 X F + r 3 X R) < 0 . 5 \quad (1 4)$$

$$1 / r 3 X C \times r 3 X F < 0 \quad (1 5)$$

$$1 / r 3 X C \times r 3 X R < 0 \quad (1 6)$$

ここで、

r3XFは、所定の接合レンズの最も物体側の面の曲率半径、

r3XRは、前記所定の接合レンズの最も像側の面の曲率半径、

r3XCは、前記所定の接合レンズの接合面の光軸上での曲率半径、

前記所定の接合レンズは、条件式 (1 4) 、 (1 5) 、 (1 6) を満足する前記接合レンズ、

である。

30

【請求項 1 5】

前記第 3 レンズ群は、複数の正レンズを有し、

前記複数の正レンズは、第 1 正レンズと、第 2 正レンズと、を有し、前記第 1 正レンズは、前記複数の正レンズのなかで、最も物体側に位置する正レンズであり、前記第 2 正レンズは、前記複数の正レンズのなかで、物体側から 2 番目に位置する正レンズであり、
以下の条件式 (1 7) を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$- 7 5 < 3 1 P - 3 2 P < 3 5 \quad (1 7)$$

ここで、

31Pは、前記第 1 正レンズのアッベ数、

32Pは、前記第 2 正レンズのアッベ数、

である。

40

【請求項 1 6】

前記第 3 レンズ群は、複数の正レンズを有し、

前記複数の正レンズは、第 1 正レンズと、第 2 正レンズと、第 3 正レンズと、を有し、前記第 1 正レンズは、前記複数の正レンズのなかで、最も物体側に位置する正レンズであり

50

、前記第 2 正レンズは、前記複数の正レンズのなかで、物体側から 2 番目に位置する正レンズであり、前記第 3 正レンズは、前記複数の正レンズのなかで、物体側から 3 番目に位置する正レンズであり、
以下の条件式 (1 8) を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$-1.0 < 33P - (31P + 32P) / 2 < 7.0 \quad (18)$$

ここで、

31P は、前記第 1 正レンズのアッベ数、

32P は、前記第 2 正レンズのアッベ数、

33P は、前記第 3 正レンズのアッベ数、

である。

【請求項 17】

前記第 3 レンズ群は、複数の負レンズを有し、

前記複数の負レンズは、第 1 負レンズと、第 2 負レンズと、を有し、前記第 1 負レンズは、前記複数の負レンズのなかで、最も物体側に位置する負レンズであり、前記第 2 負レンズは、前記複数の負レンズのなかで、物体側から 2 番目に位置する負レンズであり、

以下の条件式 (1 9) を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$-2.0 < 31N - 32N < 4.0 \quad (19)$$

ここで、

31N は、前記第 1 負レンズのアッベ数、

32N は、前記第 2 負レンズのアッベ数、

である。

【請求項 18】

前記第 3 レンズ群は焦点位置調節時には固定であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか一項に記載の広角光学系。

【請求項 19】

以下の条件式 (2 0) を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$-5.0 < (R21F + R21R) / (R21F - R21R) < 1.5 \quad (20)$$

ここで、

R21F は、所定のレンズ成分の物体側の面の曲率半径、

R21R は、前記所定のレンズ成分の像側の面の曲率半径、

前記所定のレンズ成分は、前記第 2 レンズ群で最も物体側に位置するレンズ成分、

である。

【請求項 20】

以下の条件式 (2 1) を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$0.3 < D21 / fL < 2.0 \quad (21)$$

ここで、

D21 は、前記第 2 レンズ群の最も物体側の面と最も像側の面との光軸上の距離、

fL は、前記第 1 の位置における前記広角光学系の焦点距離、

である。

【請求項 21】

以下の条件式 (2 2) を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$1.04 < 2F < 1.40 \quad (22)$$

ここで、

2F は、前記第 1 の位置における前記第 2 レンズ群の倍率、

である。

10

20

30

40

50

【請求項 2 2】

以下の条件式 (2 3) を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$1.01 < 2N / 2F < 1.15 \quad (23)$$

ここで、

2Fは、前記第 1 の位置における前記第 2 レンズ群の倍率、

2Nは、前記第 2 の位置における前記第 2 レンズ群の倍率、

である。

【請求項 2 3】

前記第 2 レンズ群は、正レンズのみで構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか一項に記載の広角光学系。

10

【請求項 2 4】

前記第 1 レンズ群は以下の条件式 (2 6) を満足するレンズ成分のみを有することを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$1 / r_{1XF} < 1 / r_{1XR} \quad (26)$$

ここで、

r_{1XF} は、前記第 1 レンズ群の各レンズ成分の最も物体側の面の光軸上での曲率半径、

r_{1XR} は、前記第 1 レンズ群の各レンズ成分の最も像側の面の光軸上での曲率半径、

である。

【請求項 2 5】

前記第 1 レンズ群は、複数の負の単レンズのみを有し、

前記複数の負の単レンズのそれぞれが、前記第 3 レンズ群の最も物体側の正レンズよりも大きいアッペ数を有することを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか一項に記載の広角光学系。

20

【請求項 2 6】

以下の条件式 (2 7) を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか一項に記載の広角光学系。

$$0.20 < SD1 / fL < 5.0 \quad (27)$$

ここで、

SD1は、前記第 1 レンズ群の最も物体側の面頂から前記第 1 レンズ群の最も像側の面頂までの距離、

30

fLは、前記第 1 の位置における前記広角光学系の焦点距離、
である。

【請求項 2 7】

以下の条件式 (2 8) を満足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広角光学系。

$$3.5 < fB / fL < 10 \quad (28)$$

ここで、

fBは、最も像側のレンズ成分の像側の面頂から結像面まで距離の空気換算長、

fLは、前記第 1 の位置における前記広角光学系の焦点距離、

である。

40

【請求項 2 8】

以下の条件式 (2 9) を満足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広角光学系。

$$2y_{max} < fL \times \tan \theta_{max} \quad (29)$$

ここで、

y_{max} は、最大像高、

θ_{max} は、前記最大像高に対応した画角、

fLは、前記第 1 の位置における前記広角光学系の焦点距離、

である。

50

【請求項 29】

以下の条件式(30)を満足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広角光学系。

$$ER3 < fL / (2 \times FEX) \quad (30)$$

ここで、

ER3は、前記接合面Scの有効半径、

FEXは、前記第1の位置における有効F値、

fLは、前記第1の位置における前記広角光学系の焦点距離、
である。

【請求項 30】

光学系と、像面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29のいずれか一項に記載の広角光学系であることを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、広角光学系及びそれを備えた撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

広い画角を有する光学系として、内視鏡用対物光学系が知られている。内視鏡用対物光学系には、画角が100度を超えるような広角光学系が用いられている。

【0003】

従来の内視鏡では、画素数が少ない撮像素子が用いられていた。そのため、内視鏡用対物光学系には、固定焦点の光学系が用いられていた。固定焦点の光学系を用いても、観察する必要のある被写体距離の範囲(観察深度)を、被写界深度でカバーすることができていた。

【0004】

しかし、近年では、観察像質を向上するために、画素数が多い撮像素子が用いられるようになってきた。画素数が多い撮像素子が用いられる内視鏡では、光学系にも高い分解能が要求される。

【0005】

光学系に高い分解能を持たせると、被写界深度が、必要な観察深度よりも狭くなる。そのため、必要な観察深度を、ピントの合った状態で観察することが困難になる。このようなことから、光学系に焦点位置を調節する機能を持たせる必要が出てきた。

【0006】

焦点位置が調節できる内視鏡用対物光学系が、知られている。この内視鏡用対物光学系では、焦点位置の調整に、インナーフォーカスが用いられている。インナーフォーカスを行うために、光学系の周囲にアクチュエーターが設けられている。

【0007】

光学ユニットは、例えば、光学系とアクチュエーターとを含む。内視鏡では、光学ユニットを密封する必要がある。また、画角が140°以上であることや、アクチュエーターのサイズや出力に制限がある。そのため、焦点位置調節では、光学系を移動させることが困難である。軽量で省スペースなインナーフォーカスが必要である。

【0008】

インナーフォーカスを用いた内視鏡用対物光学系が、特許文献1と特許文献2に開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 9 】

【文献】国際公開第 2 0 1 4 / 1 2 9 0 8 9 号

国際公開第 2 0 1 6 / 0 6 7 8 3 8 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

しかしながら、特許文献 1 の内視鏡用対物光学系と、特許文献 2 の内視鏡用対物光学系では、移動するレンズの外径と、移動するレンズ群の近くに位置するレンズの外径が、十分に小さいとは言えない。そのため、光学ユニットの更なる小型化が難しい。

【 0 0 1 1 】

また、レンズの移動では、レンズの偏心やレンズ面の倒れを少なくすることが望ましい。そのためには、アクチュエーターの光軸方向へのサイズを小さくする必要がある。しかしながら、特許文献 1 の内視鏡用対物光学系と、特許文献 2 の内視鏡用対物光学系では、アクチュエーターの小型化が難しい。

【 0 0 1 2 】

また、内視鏡用対物光学系では、光学系で最も物体側に位置する面から結像位置までの間に、例えば、フィルタ、プリズム、又はフィルタとプリズムが配置されること多くなってきた。フィルタとプリズムは、結像作用を持たない光学素子である。

【 0 0 1 3 】

結像作用を持たない光学素子を配置するスペースを確保するためには、光学系のバックフォーカスを長くすれば良い。しかしながら、バックフォーカスを長くすると、光線高が高くなる。そのため、光学ユニットの小型化が難しくなる。

【 0 0 1 4 】

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、諸収差が良好に補正され、移動するレンズの外径と、移動するレンズ群の近くに位置するレンズの外径が、十分に小さく、適切なバックフォーカスを有する広角光学系及びそれ用いた撮像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】

【 0 0 1 5 】

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広角光学系は、

レンズ成分を有する広角光学系であって、

レンズ成分は、複数の光学面を有し、

レンズ成分では、2つの光学面が空気と接触し、且つ、少なくとも1つの光学面が曲面であり、

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、からなり、

遠点から近点に焦点位置調節するとき、第2レンズ群が、第1の位置から第2の位置に向かって移動し、第1の位置は、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が最小となる位置であり、第2の位置は、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が最小となる位置であり、

第3レンズ群は、9面以上の屈折面を有し、第3レンズ群の最も像側の負の屈折力を有する接合面Scの像側に正の単レンズを有し、接合面Scの物体側に複数の負の屈折面を有し、第3レンズ群は、複数の負の屈折面のうち像側に位置する2面よりも物体側に、以下の条件式(1)を満足する正の屈折面Spを少なくとも1つ有すると共に、以下の(a)~(d)の何れか1つを備えることを特徴とする。

$$0.02 < fL/Rsp < 1.20 \quad (1)$$

ここで、

Rspは、正の屈折面Spの曲率半径、

fLは、第1の位置における広角光学系の焦点距離、

である。

10

20

30

40

50

(a) 第 1 屈折面を有し、

第 1 屈折面は、以下の条件式 (9) を満足する屈折面であり、

第 3 レンズ群の最も物体側の面頂から像側に向かって、 $2.5 \times fL$ 以内の距離に、第 1 屈折面を有する。

$$0.10 < (a_{nSNi} - a_{rSNi}) / a_{rSNi} < 0.70 \quad (9)$$

ここで、

a_{nSNi} は、第 1 屈折面の物体側に位置する媒質の d 線に対する屈折率、

a_{rSNi} は、第 1 屈折面の像側に位置する媒質の d 線に対する屈折率、

a_{rSNi} は、第 1 屈折面の光軸近傍における曲率半径、

である。

10

(b) 第 2 屈折面を有し、

第 2 屈折面は、以下の条件式 (10) を満足する屈折面であり、

第 3 レンズ群の最も物体側の面頂から像側に向かって、 $2.5 \times fL$ 以上の距離に、第 2 屈折面を有する。

$$-0.60 < (b_{nSNi} - b_{rSNi}) / b_{rSNi} < -0.05 \quad (10)$$

ここで、

b_{nSNi} は、第 2 屈折面の物体側に位置する媒質の d 線に対する屈折率、

b_{rSNi} は、第 2 屈折面の像側に位置する媒質の d 線に対する屈折率、

b_{rSNi} は、第 2 屈折面の光軸近傍における曲率半径、

である。

20

(c) 以下の条件式 (24) を満足する。

$$0.10 < (1 - 2F^2) \times \frac{3F}{3} < 0.45 \quad (24)$$

ここで、

$2F$ は、第 1 の位置における第 2 レンズ群の倍率、

$3F$ は、第 1 の位置における第 3 レンズ群の倍率、

である。

(d) 以下の条件式 (25) を満足する。

$$0.15 < (1 - 2N^2) \times \frac{3N}{3} < 0.60 \quad (25)$$

ここで、

$2N$ は、第 2 の位置における第 2 レンズ群の倍率、

$3N$ は、第 2 の位置における第 3 レンズ群の倍率、

である。

30

【 0 0 1 6 】

また、本発明の撮像装置は、

光学系と、像面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、

光学系が上述の広角光学系であることを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、諸収差が良好に補正され、移動するレンズの外径と、移動するレンズ群の近くに位置するレンズの外径が、十分に小さく、適切なバックフォーカスを有する広角光学系及びそれを用いた撮像装置を提供することができる。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 8 】

【 図 1 】 実施例 1 の広角光学系のレンズ断面図である。

【 図 2 】 実施例 2 の広角光学系のレンズ断面図である。

【 図 3 】 実施例 3 の広角光学系のレンズ断面図である。

【 図 4 】 実施例 4 の広角光学系のレンズ断面図である。

【 図 5 】 実施例 5 の広角光学系のレンズ断面図である。

50

- 【図 6】実施例 6 の広角光学系のレンズ断面図である。
 【図 7】実施例 7 の広角光学系のレンズ断面図である。
 【図 8】実施例 8 の広角光学系のレンズ断面図である。
 【図 9】実施例 9 の広角光学系のレンズ断面図である。
 【図 10】実施例 10 の広角光学系のレンズ断面図である。
 【図 11】実施例 1 の広角光学系の収差図である。
 【図 12】実施例 2 の広角光学系の収差図である。
 【図 13】実施例 3 の広角光学系の収差図である。
 【図 14】実施例 4 の広角光学系の収差図である。
 【図 15】実施例 5 の広角光学系の収差図である。
 【図 16】実施例 6 の広角光学系の収差図である。
 【図 17】実施例 7 の広角光学系の収差図である。
 【図 18】実施例 8 の広角光学系の収差図である。
 【図 19】実施例 9 の広角光学系の収差図である。
 【図 20】実施例 10 の広角光学系の収差図である。
 【図 21】内視鏡システムの概略構成を示す図である。
 【図 22】内視鏡の光学系の構成を示す図である。
 【図 23】撮像装置の光学系の構成を示す図である。
 【図 24】撮像装置の光学系の構成を示す図である。
 【図 25】撮像装置の概略構成を示す図である。
 【図 26】物体、対物光学系、及び光路分割素子の位置関係を示す図である。
 【発明を実施するための形態】

10

【0019】

実施例の説明に先立ち、本発明のある態様にかかる実施形態の作用効果を説明する。なお、本実施形態の作用効果を具体的に説明するに際しては、具体的な例を示して説明することになる。しかし、後述する実施例の場合と同様に、それらの例示される態様はあくまでも本発明に含まれる態様のうちの一部に過ぎず、その態様には数多くのバリエーションが存在する。したがって、本発明は例示される態様に限定されるものではない。

【0020】

本実施形態の広角光学系は、レンズ成分を有する広角光学系であって、レンズ成分は、複数の光学面を有し、レンズ成分では、2つの光学面が空気と接触し、且つ、少なくとも1つの光学面が曲面であり、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、を備え、遠点から近点に焦点位置調節するとき、第2レンズ群が、第1の位置から第2の位置に向かって移動し、第1の位置は、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が最小となる位置であり、第2の位置は、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が最小となる位置であり、第3レンズ群は、9面以上の屈折面を有し、第3レンズ群の最も像側の負の屈折力を有する接合面Scの像側に正の単レンズを有し、接合面Scの物体側に複数の負の屈折面を有し、第3レンズ群は、複数の負の屈折面のうち像側に位置する2面よりも物体側に、以下の条件式(1)を満足する正の屈折面Spを少なくとも1つ有することを特徴とする。

30

$$0.02 < fL/Rsp < 1.20 \quad (1)$$

ここで、

Rspは、正の屈折面Spの曲率半径、
 fLは、第1の位置における広角光学系の焦点距離、
 である。

40

【0021】

本実施形態の広角光学系は、例えば、画角が100度を越える広角光学系に関するものである。近年、高解像度モニターなどの登場により、観察時の画質に、高い画質が求められるようになってきた。本実施形態の広角光学系は、このような要求に対応できる広角光学系である。

50

【 0 0 2 2 】

また、本実施形態の広角光学系は、インナーフォーカスを用いた光学系である。そのため、インナーフォーカスレンズの周囲に、アクチュエーターが配置される。本実施形態の広角光学系では、光学系の周囲にアクチュエーターが配置されても、光学系全体の外径が小さい。本実施形態の広角光学系は、広い画角を有する光学系でありながらも、光学系の中央部の長い範囲で光線高が低く抑えられた光学系である。

【 0 0 2 3 】

本実施形態の広角光学系は、レンズ成分を有する広角光学系である。レンズ成分は、複数の光学面を有する。レンズ成分では、2つの光学面が空気と接触し、少なくとも1つの光学面が曲面である。レンズ成分には、例えば、単レンズと、接合レンズと、が含まれる。

10

【 0 0 2 4 】

また、レンズ成分では、レンズと平行平板とが接合されていても良い。この場合、一方の空気と接触する光学面はレンズ面で、他方の空気と接触する光学面は平面である。単レンズと平行平板とが接合されているレンズ成分は、単レンズと見なす。接合レンズと平行平板とが接合されているレンズ成分は、接合レンズと見なす。

【 0 0 2 5 】

また、平凸レンズと平凹レンズとが接合されていても良い。この場合、接合面が曲面で、空気と接触する光学面は平面である。

【 0 0 2 6 】

レンズ成分の物体側の面は、空気と接触する2つの光学面のうち、物体側に位置する光学面である。レンズ成分の像側の面は、空気と接触する2つの光学面のうち、像側に位置する光学面である。レンズ成分が接合レンズの場合、物体側の面と像側の面の間に接合面が位置している。

20

【 0 0 2 7 】

本実施形態の広角光学系は、物体側から順に負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、を備える。遠点から近点に焦点位置調節するとき、第2レンズ群が、第1の位置から第2の位置に向かって移動する。この移動は、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が広がる方向の移動で、かつ、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が縮まる方向の移動である。

【 0 0 2 8 】

第1の位置は、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が最小となる位置である。第1の位置では、第2レンズ群は、移動範囲のなかで最も物体側に位置している。第1の位置では、遠点に位置する物体に合焦することができる。

30

【 0 0 2 9 】

第2の位置は、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が最小となる位置である。第2の位置では、第2レンズ群は、移動範囲のなかで最も像側に位置している。第2の位置では、近点に位置する物体に合焦することができる。

【 0 0 3 0 】

第2レンズ群は、焦点位置調節のために移動する。第2レンズ群の移動には、アクチュエーターが用いられる。アクチュエーターは、第2レンズ群の近傍、または第3レンズ群の近傍に配置される。よって、第2レンズ群の近傍、または第3レンズ群の近傍に、アクチュエーターを配置するための空間を設ける必要がある。

40

【 0 0 3 1 】

第3レンズ群は、9面以上の屈折面を有し、第3レンズ群の最も像側の負の屈折力を有する接合面Scの像側に正の単レンズを有し、接合面Scの物体側に複数の負の屈折面を有する。

【 0 0 3 2 】

本実施形態の広角光学系では、第2レンズ群を移動させて焦点位置の調節を行っている。そのため、第3レンズ群の物体側での光線高を低く抑えることが好ましい。ただし、バックフォーカスも十分に確保する必要がある。

50

【 0 0 3 3 】

広角光学系において長いバックフォーカスを確保しようとする、光学系内での光線高が高くなりがちである。上述のように、第3レンズ群の物体側には第2レンズ群が位置している。よって、第3レンズ群の物体側では、光線高を低くできると良い。しかしながら、長いバックフォーカスを確保しようとする、第3レンズ群の物体側で、一旦光線高を高くして、像側で収斂させることになる。

【 0 0 3 4 】

そこで、本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群に屈折面を多めに設けている。具体的には、第3レンズ群に、9面以上の屈折面を配置している。このようにすることで、第3レンズ群内での光線高の上昇を抑えている。

10

【 0 0 3 5 】

第3レンズ群では、最も像側の負の屈折力を有する接合面Scの像側に、正の単レンズを配置している。このようにすることで、第3レンズ群の物体側での光線高の上昇を抑えている。

【 0 0 3 6 】

更に、第3レンズ群では、接合面Scの物体側に、複数の負の屈折面を配置している。このようにすることで、第3レンズ群における負の屈折力を複数の屈折面で分担させて、光線高の上昇を抑えている。

【 0 0 3 7 】

第3レンズ群は、複数の負の屈折面のうち像側に位置する2面よりも物体側に、条件式(1)を満足する正の屈折面Spを少なくとも1つ有する。接合面Scは、光線高の上昇を抑える作用を有する。

20

【 0 0 3 8 】

屈折面Spを、正の単レンズ、及び複数の負の屈折面と共に用いることで、第3レンズ群の物体側で光線が上昇しないようにすることができる。その結果、第2レンズ群の物体側から第3レンズ群の中央付近までの広い範囲(以下、「所定の範囲」という)で、光線高を低くすることができ、しかも、十分なバックフォーカスを確保することができる。

【 0 0 3 9 】

値が条件式(1)の上限値を上回る場合、球面収差の補正、コマの補正、及び非点収差の補正が困難になる。値が条件式(1)の下限値を下回る場合、所定の範囲で光線高が高くなり易くなるか、又は、バックフォーカスを十分に確保することが困難になる。

30

【 0 0 4 0 】

条件式(1)に代えて、以下の条件式(1')を満足すると良い。

$$0.05 < fL/Rsp < 0.80 \quad (1')$$

また、条件式(1)に代えて、以下の条件式(1'')を満足すると良い。

$$0.08 < fL/Rsp < 0.50 \quad (1'')$$

【 0 0 4 1 】

本実施形態の広角光学系では、正の屈折面Spが、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$1.5 < Dpc/fL < 10.0 \quad (2)$$

40

ここで、

Dpcは、正の屈折面Spから負の屈折力を有する接合面Scまでの光軸上での距離、
fLは、第1の位置における広角光学系の焦点距離、
である。

【 0 0 4 2 】

正の屈折面Spから負の屈折力を有する接合面Scまでの光軸上での距離は、できるだけ長いほうが良い。このようにすることで、光線高の上昇の抑制、長いバックフォーカスの確保、及び良好な収差補正を、バランスよく成り立たせやすくなる。

【 0 0 4 3 】

値が条件式(2)の上限値を上回る場合、光学系の全長が長くなり易い。値が条件式(2)

50

)の下限値を下回る場合、光線高の上昇の抑制、長いバックフォーカスの確保、及び良好な収差補正が、バランスよく成り立たない。

【0044】

条件式(2)に代えて、以下の条件式(2')を満足すると良い。

$$2.0 < D_{pc} / f_L < 8.0 \quad (2')$$

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。

$$2.5 < D_{pc} / f_L < 6.0 \quad (2'')$$

【0045】

本実施形態の広角光学系は、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$2.0 < D_3 / f_L < 15.0 \quad (3)$$

ここで、

D_3 は、第3レンズ群の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上での距離、

f_L は、第1の位置における広角光学系の焦点距離、である。

【0046】

値が条件式(3)の上限値を上回る場合、光学系の全長が長くなり易いか、又は、十分なバックフォーカスの確保が困難になる。値が条件式(3)の下限値を下回る場合、球面収差の補正、コマの補正、及び非点収差の補正が困難になる。

【0047】

条件式(3)に代えて、以下の条件式(3')を満足すると良い。

$$3.0 < D_3 / f_L < 12.0 \quad (3')$$

また、条件式(3)に代えて、以下の条件式(3'')を満足するとなお良い。

$$4.0 < D_3 / f_L < 9.0 \quad (3'')$$

【0048】

本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群は、以下の条件式(4)、(5)を同時に満足するレンズ成分を含むことが好ましい。

$$1 / r_2 < 1 / r_1 \quad (4)$$

$$1 / f_{3x} < 1 / (1.0 \times f_L) \quad (5)$$

ここで、

r_1 は、第3レンズ群の各レンズ成分の最も物体側の面の曲率半径、

r_2 は、第3レンズ群の各レンズ成分の最も像側の面の曲率半径、

f_{3x} は、第3レンズ群の各レンズ成分の焦点距離、

f_L は、第1の位置における広角光学系の焦点距離、

である。

【0049】

条件式(4)は、レンズ成分が凸レンズ(両凸レンズ、凸メニスカスレンズ、平凸レンズ)であることを示している。一方、条件式(5)は、レンズ成分が、小さい正の屈折力、又は負の屈折力を有していることを示している。

【0050】

つまり、条件式(4)、(5)を同時に満足するレンズ成分は、仮に両凸形状であっても、大きい負の屈折力の面を有していることになる。このようなレンズ成分は、収差補正と光線高の上昇の抑制とを両立させることに、大きく寄与する。よって、このようなレンズ成分を用いることで、収差補正と光線高の上昇の抑制とを両立させることができる。

【0051】

また、このようなレンズ成分を複数有する場合、正屈折力の面と負屈折力の面とを、おおむね交互に配置することができる。この場合、正屈折力の面と負屈折力の面とを、広角光学系の焦点距離と同程度の間隔で配置し、それぞれの屈折面に適正な大きさの屈折力を配分する。このようにすることで、光線高の上昇の抑制、長いバックフォーカスの確保、及び良好な収差補正を、同時に行うことができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

条件式 (4) と条件式 (5) を同時に満足しない場合、正屈折力と負屈折力との配分のバランスがとりづらくなる。その結果、光線高の上昇の抑制、長いバックフォーカスの確保、及び良好な収差補正を、同時に行うことが困難になる。

【 0 0 5 3 】

条件式 (5) に代えて、以下の条件式 (5 ') を満足すると良い。

$$1 / f_{3x} < 1 / (2.0 \times fL) \quad (5 ')$$

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。

$$1 / f_{3x} < 1 / (2.5 \times fL) \quad (5 ")$$

【 0 0 5 4 】

本実施形態の広角光学系は、以下の条件式 (6) を満足することが好ましい。

$$- 1.5 < 3F < - 0.3 \quad (6)$$

ここで、

3F は、第 1 の位置における第 3 レンズ群の倍率、
である。

【 0 0 5 5 】

値が条件式 (6) の上限値を上回る場合、十分なバックフォーカスを確保しにくくなる。値が条件式 (6) の下限値を下回る場合、実効 F 値の確保が難しくなる。実効 F 値は、例えば、第 2 の位置における F 値である。実効 F 値の確保が難しい場合、すなわち、F 値の増大を抑制できない場合、第 2 の位置において、収差補正が困難になるか、あるいは回折による結像性能の劣化の回避が困難となる。

【 0 0 5 6 】

条件式 (6) に代えて、以下の条件式 (6 ') を満足すると良い。

$$- 1.2 < 3F < - 0.4 \quad (6 ')$$

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。

$$- 1.0 < 3F < - 0.5 \quad (6 ")$$

【 0 0 5 7 】

本実施形態の広角光学系は、以下の条件式 (7) を満足することが好ましい。

$$2.0 < f_3 / fL < 6.0 \quad (7)$$

ここで、

f₃ は、第 3 レンズ群の焦点距離、
fL は、第 1 の位置における広角光学系の焦点距離、
である。

【 0 0 5 8 】

値が条件式 (7) の上限値を上回る場合、所定の範囲での光線高の上昇を抑えることが困難になる。値が条件式 (7) の下限値を下回る場合、十分なバックフォーカスを確保しにくくなるか、又は実効 F 値の確保が難しくなる。この場合、収差補正が困難になるか、あるいは回折による結像性能の劣化の回避が困難となる。

【 0 0 5 9 】

条件式 (7) に代えて、以下の条件式 (7 ') を満足すると良い。

$$2.5 < f_3 / fL < 5.0 \quad (7 ')$$

また、条件式 (7) に代えて、以下の条件式 (7 ") を満足するとなお良い。

$$3.0 < f_3 / fL < 4.5 \quad (7 ")$$

【 0 0 6 0 】

本実施形態の広角光学系は、以下の条件式 (8) を満足することが好ましい。

$$- 0.8 < fL / f_{31} < 1.0 \quad (8)$$

ここで、

f₃₁ は、第 3 レンズ群の最も物体側に位置するレンズ成分の焦点距離、
fL は、第 1 の位置における広角光学系の焦点距離、
である。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 1 】

値が条件式(8)の上限値を上回る場合、球面収差とコマ収差が発生し易くなるか、あるいは製造誤差感度が高くなり易い。画素数が多い撮像素子を使用しても、その画素数に応じた鮮明な画像の取得が困難になる。また、所望のバックフォーカスの確保も困難となる。値が条件式(8)の下限値を下回る場合、光線高が高くなる。そのため、本実施形態の広角光学系を内視鏡の光学系に用いた場合、挿入部の径が大きくなる。

【 0 0 6 2 】

条件式(8)に代えて、以下の条件式(8')を満足すると良い。

$$-0.5 < fL / f_{31} < 0.7 \quad (8')$$

また、条件式(8)に代えて、以下の条件式(8'')を満足するとなお良い。

$$-0.3 < fL / f_{31} < 0.5 \quad (8'')$$

【 0 0 6 3 】

本実施形態の広角光学系は、第1屈折面を有し、第1屈折面は、以下の条件式(9)を満足する屈折面であり、第3レンズ群の最も物体側の面頂から像側に向かって、 $2.5 \times fL$ 以内の距離に、第1屈折面を有することが好ましい。

$$0.10 < (a_{nSNi}' / a_{nSNi}) / a_{rSNi} < 0.70 \quad (9)$$

ここで、

a_{nSNi} は、第1屈折面の物体側に位置する媒質のd線に対する屈折率、

a_{nSNi}' は、第1屈折面の像側に位置する媒質のd線に対する屈折率、

a_{rSNi} は、第1屈折面の光軸近傍における曲率半径、

fL は、第1の位置における広角光学系の焦点距離、

である。

【 0 0 6 4 】

値が条件式(9)の上限値を上回る場合、球面収差の補正とコマ収差の補正が困難になる。値が条件式(9)の下限値を下回る場合、所定の範囲で低い光線高を維持できなくなる。

【 0 0 6 5 】

条件式(9)に代えて、以下の条件式(9')を満足すると良い。

$$0.15 < (a_{nSNi}' / a_{nSNi}) / a_{rSNi} < 0.55 \quad (9')$$

また、条件式(9)に代えて、以下の条件式(9'')を満足するとなお良い。

$$0.20 < (a_{nSNi}' / a_{nSNi}) / a_{rSNi} < 0.45 \quad (9'')$$

【 0 0 6 6 】

上述のように、 a_{nSNi} と a_{nSNi}' は屈折率を表している。より詳しくは、 a_{nSNi} は、第1屈折面の物体側に位置し、且つ第1屈折面と隣接する媒質のd線に対する屈折率であり、 a_{nSNi}' は、第1屈折面の像側に位置し、且つ第1屈折面と隣接する媒質のd線に対する屈折率である。

【 0 0 6 7 】

本実施形態の広角光学系は、第2屈折面を有し、第2屈折面は、以下の条件式(10)を満足する屈折面であり、第3レンズ群の最も物体側の面頂から像側に向かって、 $2.5 \times fL$ 以上の距離に、第2屈折面を有することが好ましい。

$$-0.60 < (b_{nSNi}' / b_{nSNi}) / b_{rSNi} < -0.05 \quad (10)$$

ここで、

b_{nSNi} は、第2屈折面の物体側に位置する媒質のd線に対する屈折率、

b_{nSNi}' は、第2屈折面の像側に位置する媒質のd線に対する屈折率、

b_{rSNi} は、第2屈折面の光軸近傍における曲率半径、

fL は、第1の位置における広角光学系の焦点距離、

である。

【 0 0 6 8 】

値が条件式(10)の上限値を上回る場合、所定の範囲で低い光線高を維持できなくなる。値が条件式(10)の下限値を下回る場合、球面収差の補正とコマ収差の補正が困難になる。

10

20

30

40

50

【0069】

条件式(10)に代えて、以下の条件式(10')を満足すると良い。

$$-0.55 < (b_{nSNi}' - b_{nSNi}) / b_{rSNi} < -0.09 \quad (10')$$

また、条件式(10)に代えて、以下の条件式(10'')を満足すると良い。

$$-0.50 < (b_{nSNi}' - b_{nSNi}) / b_{rSNi} < -0.12 \quad (10'')$$

【0070】

上述のように、 b_{nSNi} と b_{nSNi}' は屈折率を表している。より詳しくは、 b_{nSNi} は、第2屈折面の物体側に位置し、且つ第2屈折面と隣接する媒質のd線に対する屈折率であり、 b_{nSNi}' は、第2屈折面の像側に位置し、且つ第2屈折面と隣接する媒質のd線に対する屈折率である。

10

【0071】

本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群は、複数の正の単レンズを有し、複数の正の単レンズのうち最も像側に位置する正の単レンズは、以下の条件式(11)を満足することが好ましい。

$$2.0 < f_{3R} / f_L < 10.0 \quad (11)$$

ここで、

f_{3R} は、最も像側に位置する正の単レンズの焦点距離、

f_L は、第1の位置における広角光学系の焦点距離、

である。

【0072】

20

値が条件式(11)の上限値を上回る場合、十分なバックフォーカスを確保しつつ、射出側の開口数を十分に確保することが困難になる。値が条件式(11)の下限値を下回る場合、軸外収差の補正、例えば、非点収差の補正が困難になる。

【0073】

条件式(11)に代えて、以下の条件式(11')を満足すると良い。

$$2.5 < f_{3R} / f_L < 8.0 \quad (11')$$

また、条件式(11)に代えて、以下の条件式(11'')を満足すると良い。

$$3.0 < f_{3R} / f_L < 7.0 \quad (11'')$$

【0074】

本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群は、最も物体側に位置する物体側接合レンズと、最も像側に位置する像側接合レンズと、を有し、以下の条件式(12)を満足することが好ましい。

30

$$-30 < (3RCP - 3RCN) - (3FCP - 3FCN) < 110 \quad (12)$$

ここで、

$3FCP$ は、物体側接合レンズの正レンズのd線アッベ数、

$3FCN$ は、物体側接合レンズの負レンズのd線アッベ数、

$3RCP$ は、像側接合レンズの正レンズのd線アッベ数、

$3RCN$ は、像側接合レンズの負レンズのd線アッベ数、

である。

【0075】

40

値が条件式(12)の上限値を上回る場合、軸上色収差が補正過剰になると共に、倍率色収差が補正不足になりやすい。値が条件式(12)の下限値を下回る場合、軸上色収差が補正不足になると共に、倍率色収差が補正過剰になりやすい。

【0076】

条件式(12)に代えて、以下の条件式(12')を満足すると良い。

$$-20 < (3RCP - 3RCN) - (3FCP - 3FCN) < 100 \quad (12')$$

また、条件式(12)に代えて、以下の条件式(12'')を満足すると良い。

$$-15 < (3RCP - 3RCN) - (3FCP - 3FCN) < 95 \quad (12'')$$

【0077】

本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群の最も像側に位置する接合面が、以下の条件

50

式(13)を満足することが好ましい。

$$-0.80 < fL / r_{SNr} < 0.60 \quad (13)$$

ここで、

r_{SNr} は、最も像側に位置する接合面の光軸近傍における曲率半径、
 fL は、第1の位置における広角光学系の焦点距離、
 である。

【0078】

値が条件式(13)の上限値を上回る場合、軸外収差の補正、例えば、非点収差の補正が困難になる。値が条件式(13)の下限値を下回る場合、球面収差が補正過剰になり易い。

【0079】

条件式(13)に代えて、以下の条件式(13')を満足すると良い。

$$-0.70 < fL / r_{SNr} < 0.50 \quad (13')$$

また、条件式(13)に代えて、以下の条件式(13'')を満足するとなお良い。

$$-0.65 < fL / r_{SNr} < 0.45 \quad (13'')$$

【0080】

本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群の物体側から数えて3つ目までのレンズ成分に、以下の条件式(14)、(15)、(16)を満足する接合レンズが含まれていることが好ましい。

$$-1.0 < (r_{3XF} - r_{3XR}) / (r_{3XF} + r_{3XR}) < 0.5 \quad (14)$$

$$1 / r_{3XC} \times r_{3XF} < 0 \quad (15)$$

$$1 / r_{3XC} \times r_{3XR} < 0 \quad (16)$$

ここで、

r_{3XF} は、所定の接合レンズの最も物体側の面の曲率半径、

r_{3XR} は、所定の接合レンズの最も像側の面の曲率半径、

r_{3XC} は、所定の接合レンズの接合面の光軸上での曲率半径、

所定の接合レンズは、条件式(14)、(15)、(16)を満足する接合レンズ、
 である。

【0081】

物体側から数えて3つ目までのレンズ成分に、複数の接合レンズが含まれていても良い。この場合、1つの接合レンズが、条件式(14)、(15)、(16)を満足する接合レンズであれば良い。

【0082】

条件式(14)は、いわゆるシェープファクターの逆数に相当する量に関して規定している。条件式(15)(16)は、接合面といずれかの空気接触面との向きが逆であることを規定している。空気接触面は、レンズ成分の最も物体側の面と、レンズ成分の最も像側の面である。

【0083】

条件式(14)、(15)、(16)のいずれかが満足しない場合は、所定の範囲で光線高を低く維持することと、十分なバックフォーカスを確保することの両立が困難になる。

条件式(14)に代えて、以下の条件式(14')を満足すると良い。

$$-0.8 < (r_{3XF} - r_{3XR}) / (r_{3XF} + r_{3XR}) < 0.3 \quad (14')$$

また、条件式(14)に代えて、以下の条件式(14'')を満足するとなお良い。

$$-0.6 < (r_{3XF} - r_{3XR}) / (r_{3XF} + r_{3XR}) < 0.2 \quad (14'')$$

【0084】

本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群は、複数の正レンズを有し、複数の正レンズは、第1正レンズと、第2正レンズと、を有し、第1正レンズは、複数の正レンズのなかで、最も物体側に位置する正レンズであり、第2正レンズは、複数の正レンズのなかで、物体側から2番目に位置する正レンズであり、以下の条件式(17)を満足することが好ましい。

$$-75 < 31P - 32P < 35 \quad (17)$$

10

20

30

40

50

ここで、

31Pは、第1正レンズのアッペ数

32Pは、第2正レンズのアッペ数、

である。

【0085】

値が条件式(17)の上限値を上回る場合、倍率色収差を良好に補正できても、軸上色収差が補正過剰になり易い。値が条件式(17)の下限値を下回る場合、倍率色収差を良好に補正できても、軸上色収差が補正不足になり易い。

【0086】

条件式(17)に代えて、以下の条件式(17')を満足すると良い。

$$-65 < 31P - 32P < 25 \quad (17')$$

また、条件式(17)に代えて、以下の条件式(17'')を満足すると良い。

$$-60 < 31P - 32P < 20 \quad (17'')$$

【0087】

本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群は、複数の正レンズを有し、複数の正レンズは、第1正レンズと、第2正レンズと、第3正レンズと、を有し、第1正レンズは、複数の正レンズのなかで、最も物体側に位置する正レンズであり、第2正レンズは、複数の正レンズのなかで、物体側から2番目に位置する正レンズであり、第3正レンズは、複数の正レンズのなかで、物体側から3番目に位置する正レンズであり、以下の条件式(18)を満足することが好ましい。

$$-10 < 33P - (31P + 32P) / 2 < 70 \quad (18)$$

ここで、

31Pは、第1正レンズのアッペ数

32Pは、第2正レンズのアッペ数、

33Pは、第3正レンズのアッペ数、

である。

【0088】

値が条件式(18)の上限値を上回る場合、倍率色収差を良好に補正できても、軸上色収差が補正不足になり易い。値が条件式(18)の下限値を下回る場合、倍率色収差を良好に補正できても、軸上色収差が補正過剰になり易い。

【0089】

条件式(18)に代えて、以下の条件式(18')を満足すると良い。

$$0 < 33P - (31P + 32P) / 2 < 60 \quad (18')$$

また、条件式(18)に代えて、以下の条件式(18'')を満足すると良い。

$$5 < 33P - (31P + 32P) / 2 < 50 \quad (18'')$$

【0090】

本実施形態の広角光学系では、第3レンズ群は、複数の負レンズを有し、複数の負レンズは、第1負レンズと、第2負レンズと、を有し、第1負レンズは、複数の負レンズのなかで、最も物体側に位置する負レンズであり、第2負レンズは、複数の負レンズのなかで、物体側から2番目に位置する負レンズであり、以下の条件式(19)を満足することが好ましい。

$$-20 < 31N - 32N < 40 \quad (19)$$

ここで、

31Nは、第1負レンズのアッペ数、

32Nは、第2負レンズのアッペ数、

である。

【0091】

値が条件式(19)の上限値を上回る場合、倍率色収差を良好に補正できても、軸上色収差が補正不足になり易い。値が条件式(19)の下限値を下回る場合、倍率色収差を良好に補正できても、軸上色収差が補正過剰になり易い。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 2 】

条件式 (1 9) に代えて、以下の条件式 (1 9 ') を満足すると良い。

$$- 1 6 < 3 1 N - 3 2 N < 3 3 \quad (1 9 ')$$

また、条件式 (1 9) に代えて、以下の条件式 (1 9 ") を満足するとなお良い。

$$- 1 2 < 3 1 N - 3 2 N < 2 8 \quad (1 9 ")$$

【 0 0 9 3 】

本実施形態の広角光学系では、第 3 レンズ群は焦点位置調節時には固定であることが好ましい。

【 0 0 9 4 】

第 3 レンズ群は、レンズ成分の枚数が多い。また、第 3 レンズ群では、製造誤差感度が高くなる傾向強い。そのため、第 3 レンズ群は、焦点位置調節時には固定とするのが好ましい。

10

【 0 0 9 5 】

以下では、第 1 レンズ群における好ましい構成や条件式と、第 2 レンズ群における好ましい構成や条件式を説明する。

【 0 0 9 6 】

本実施形態の広角光学系は、以下の条件式 (2 0) を満足することが好ましい。

$$- 5 0 < (R 2 1 F + R 2 1 R) / (R 2 1 F - R 2 1 R) < 1 5 \quad (2 0)$$

ここで、

R 2 1 F は、所定のレンズ成分の物体側の面の曲率半径、

20

R 2 1 R は、所定のレンズ成分の像側の面の曲率半径、

所定のレンズ成分は、第 2 レンズ群で最も物体側に位置するレンズ成分、である。

【 0 0 9 7 】

値が条件式 (2 0) の上限値を上回る場合、焦点位置調節時の非点収差の変動が大きくなり易い。値が条件式 (2 0) の下限値を下回る場合、焦点位置調節時の球面収差の変動が大きくなり易い。

【 0 0 9 8 】

条件式 (2 0) に代えて、以下の条件式 (2 0 ') を満足すると良い。

$$- 3 0 < (R 2 1 F + R 2 1 R) / (R 2 1 F - R 2 1 R) < 1 0 \quad (2 0 ')$$

30

また、条件式 (2 0) に代えて、以下の条件式 (2 0 ") を満足するとなお良い。

$$- 1 5 < (R 2 1 F + R 2 1 R) / (R 2 1 F - R 2 1 R) < 7 \quad (2 0 ")$$

【 0 0 9 9 】

本実施形態の広角光学系は、以下の条件式 (2 1) を満足することが好ましい。

$$0 . 3 < D 2 1 / f L < 2 . 0 \quad (2 1)$$

ここで、

D 2 1 は、第 2 レンズ群の最も物体側の面と最も像側の面との光軸上の距離、

f L は、第 1 の位置における広角光学系の焦点距離、

である。

【 0 1 0 0 】

40

値が条件式 (2 1) の上限値を上回る場合、所定の範囲で光線高を低く維持しづらくなる。値が条件式 (2 1) の下限値を下回る場合、焦点位置調節時の球面収差の変動と非点収差の変動とのバランスがとりづらくなる。その結果、焦点位置調節時の像面の平坦性が維持しづらくなる。

【 0 1 0 1 】

条件式 (2 1) に代えて、以下の条件式 (2 1 ') を満足すると良い。

$$0 . 4 < D 2 1 / f L < 1 . 5 \quad (2 1 ')$$

また、条件式 (2 1) に代えて、以下の条件式 (2 1 ") を満足するとなお良い。

$$0 . 5 < D 2 1 / f L < 1 . 0 \quad (2 1 ")$$

【 0 1 0 2 】

50

本実施形態の広角光学系は、以下の条件式(22)を満足することが好ましい。

$$1.04 < 2F < 1.40 \quad (22)$$

ここで、

2Fは、第1の位置における第2レンズ群の倍率、
である。

【0103】

値が条件式(22)の上限値を上回る場合、第2レンズ群の移動量に対するピント移動量(以下、「フォーカス感度」という)が高くなりすぎる。この場合、第2レンズ群を停止させるときの精度(以下、「停止精度」という)が高くなりすぎる。そのため、移動機構が複雑になる。

【0104】

値が条件式(22)の下限値を下回る場合、フォーカス感度が低くなり易い。この場合、第2レンズ群の移動量が増えるので、移動のための空間を広くしなくてはならない。そのため、光学ユニットが大きくなる。

【0105】

条件式(22)に代えて、以下の条件式(22')を満足すると良い。

$$1.06 < 2F < 1.35 \quad (22')$$

また、条件式(22)に代えて、以下の条件式(22'')を満足するとなお良い。

$$1.08 < 2F < 1.30 \quad (22'')$$

【0106】

本実施形態の広角光学系は、以下の条件式(23)を満足することが好ましい。

$$1.01 < 2N / 2F < 1.15 \quad (23)$$

ここで、

2Fは、第1の位置における第2レンズ群の倍率、
2Nは、第2の位置における第2レンズ群の倍率、
である。

【0107】

条件式(23)を満足する場合、遠点における焦点距離が短くなるので、遠点において広い画角を確保することができる。また、近点における焦点距離が長くなるので、近点において高い倍率が得られる。

【0108】

遠点で広い画角を有し、近点で高い倍率を有する光学系は、内視鏡の光学系に適している。よって、本実施形態の広角光学系は、内視鏡の光学系として用いることができる。

【0109】

内視鏡では、例えば、広い範囲を観察して病変部の有無を確認する。そして、病変部が確認された場合、病変部を拡大して詳しく観察する。そのため、内視鏡の光学系は、遠点観察では広い画角を有し、近点観察では高い倍率を有していることが好ましい。

【0110】

また、近点観察では、病変部を詳細に観察する必要がある。よって、内視鏡の光学系では、高い精度で合焦できることが好ましい。

【0111】

値が条件式(23)の上限値を上回る場合、近点側でのフォーカス感度が高くなる。この場合、近点側での停止精度が高くなる。そのため、高い精度で合焦することが困難になる。値が条件式(23)の下限値を下回る場合、遠点観察における広い画角の確保と、近点観察における高い倍率の確保が困難になる。そのため、内視鏡の光学系には適さなくなる。

【0112】

条件式(23)に代えて、以下の条件式(23')を満足すると良い。

$$1.01 < 2N / 2F < 1.10 \quad (23')$$

また、条件式(23)に代えて、以下の条件式(23'')を満足するとなお良い。

$$1.02 < 2N / 2F < 1.07 \quad (23'')$$

10

20

30

40

50

【 0 1 1 3 】

本実施形態の広角光学系は、以下の条件式 (2 4) を満足することが好ましい。

$$0.10 < (1 - 2F^2) \times \frac{3F}{3} < 0.45 \quad (24)$$

ここで、

2Fは、第1の位置における第2レンズ群の倍率、

3Fは、第1の位置における第3レンズ群の倍率、

である。

【 0 1 1 4 】

値が条件式 (2 4) の上限値を上回る場合、遠点側でのフォーカス感度が高くなりすぎる。この場合、遠点側での停止精度が高くなる。値が条件式 (2 4) の下限値を下回る場合、遠点側でのフォーカス感度が低くなり易い。この場合、第2レンズ群の移動量が増えるので、移動のための空間を広くしなくてはならない。そのため、光学ユニットが大きくなる。

10

【 0 1 1 5 】

条件式 (2 4) に代えて、以下の条件式 (2 4 ') を満足すると良い。

$$0.13 < (1 - 2F^2) \times \frac{3F}{3} < 0.40 \quad (24')$$

また、条件式 (2 4) に代えて、以下の条件式 (2 4 ") を満足すると良い。

$$0.16 < (1 - 2F^2) \times \frac{3F}{3} < 0.35 \quad (24'')$$

【 0 1 1 6 】

本実施形態の広角光学系は、以下の条件式 (2 5) を満足することが好ましい。

$$0.15 < (1 - 2N^2) \times \frac{3N}{3} < 0.60 \quad (25)$$

ここで、

2Nは、第2の位置における第2レンズ群の倍率、

3Nは、第2の位置における第3レンズ群の倍率、

である。

【 0 1 1 7 】

値が条件式 (2 5) の上限値を上回る場合、近点側でのフォーカス感度が高くなりすぎる。この場合、近点側での停止精度が高くなる。値が条件式 (2 5) の下限値を下回る場合、近点側でのフォーカス感度が低くなり易い。この場合、第2レンズ群の移動量が増えるので、移動のための空間を広くしなくてはならない。

30

【 0 1 1 8 】

条件式 (2 5) に代えて、以下の条件式 (2 5 ') を満足すると良い。

$$0.20 < (1 - 2N^2) \times \frac{3N}{3} < 0.50 \quad (25')$$

また、条件式 (2 5) に代えて、以下の条件式 (2 5 ") を満足すると良い。

$$0.25 < (1 - 2N^2) \times \frac{3N}{3} < 0.42 \quad (25'')$$

【 0 1 1 9 】

本実施形態の広角光学系では、第2レンズ群は、正レンズのみを有することが好ましい。

【 0 1 2 0 】

このようにすることで、焦点位置調節時の非点収差の変動を小さくすることができる。

【 0 1 2 1 】

本実施形態の広角光学系では、第1レンズ群は以下の条件式 (2 6) を満足するレンズ成分のみを有することが好ましい。

$$1/r_{1XF} < 1/r_{1XR} \quad (26)$$

ここで、

r_{1XF} は、第1レンズ群の各レンズ成分の最も物体側の面の光軸上での曲率半径、

r_{1XR} は、第1レンズ群の各レンズ成分の最も像側の面の光軸上での曲率半径、

である。

【 0 1 2 2 】

条件式 (2 6) を満足しない場合、非点収差の補正が行いにくい。

【 0 1 2 3 】

40

50

本実施形態の広角光学系では、第1レンズ群は、複数の負の単レンズのみを有し、複数の負の単レンズのそれぞれが、第3レンズ群の最も物体側の正レンズよりも大きいアッペ数を有することが好ましい。

【0124】

非常に広い画角を有する光学系において光線高を低くするには、入射面から入射瞳位置までの距離をできる限り短くすることが効果的である。そのために、第1レンズ群に、敢えて色収差を補正するレンズを配置しないことも、選択肢の1つとして考えられる。色収差を補正するレンズが第1レンズ群に配置されない場合、第1レンズ群は、単レンズのみを有する。

【0125】

この場合、第1レンズ群で、倍率色収差が発生しやすくなる。しかしながら、第1レンズ群で発生した倍率色収差は、第3レンズ群で補正することができる。このとき、第1レンズ群の負の単レンズのアッペ数を、第3レンズ群の最も物体側の正レンズのアッペ数よりも大きくする。

【0126】

第3レンズ群の最も物体側の正レンズは、第1レンズ群の負の単レンズに対して、最も近い距離に位置している。そのため、軸上色収差を悪化せずに、倍率色収差の補正が可能になる。第1レンズ群の負の単レンズのアッペ数が第3レンズ群の最も物体側の正レンズのアッペ数よりも小さい場合、軸上色収差の補正と倍率色収差の補正を同時に行うことは困難となる。

【0127】

本実施形態の広角光学系は、以下の条件式(27)を満足することが好ましい。

$$0.20 < SD1 / fL < 5.0 \quad (27)$$

ここで、

SD1は、第1レンズ群の最も物体側の面頂から第1レンズ群の最も像側の面頂までの距離、

fLは、第1の位置における広角光学系の焦点距離、
である。

【0128】

条件式(27)を満足することで、第1レンズ群の外径、特に、最も物体側のレンズの外径を大きくさせずにバックフォーカスを確保することができ、且つ、画角が広くても、軸外収差、例えば、非点収差を良好に補正できる。

【0129】

値が条件式(27)の上限値を上回る場合、最も物体側のレンズの外径が大きくなり易い。値が条件式(27)の下限値を下回る場合、適切なバックフォーカスの確保が困難になるか、又は、軸外収差の補正が困難になる。

【0130】

条件式(27)に代えて、以下の条件式(27')を満足すると良い。

$$0.25 < SD1 / fL < 4.0 \quad (27')$$

また、条件式(27)に代えて、以下の条件式(27'')を満足すると良い。

$$0.30 < SD1 / fL < 3.5 \quad (27'')$$

【0131】

本実施形態の広角光学系は、以下の条件式(28)を満足することが好ましい。

$$3.5 < fB / fL < 10 \quad (28)$$

ここで、

fBは、最も像側のレンズ成分の像側の面頂から結像面まで距離の空気換算長、

fLは、第1の位置における広角光学系の焦点距離、
である。

【0132】

値が条件式(28)の上限値を上回る場合、所定の範囲で光線高を低くすることが困難に

10

20

30

40

50

なる。又は、結像性能が劣化する。値が条件式(28)の下限値を下回る場合、適切なバックフォーカスを確保しつつ、所定の範囲で光線高を低くすると共に、諸収差を良好に補正ことが困難になる。

【0133】

本実施形態の広角光学系は、以下の条件式(29)を満足することが好ましい。

$$2y_{\max} < fL \times \tan \theta_{\max} \quad (29)$$

ここで、

y_{\max} は、最大像高、

θ_{\max} は、最大像高に対応した画角、

fL は、第1の位置における広角光学系の焦点距離、
である。

10

【0134】

本実施形態の広角光学系は、高い分解能を有すると共に、焦点位置調節に必要なアクチュエーターを配置して外径が小さな光学系である。よって、本実施形態の広角光学系は、内視鏡の光学系に用いることができる。

【0135】

本実施形態の広角光学系を内視鏡の光学系に用いるためには、例えば、100度以上の画角が確保されることが好ましい。100度以上の画角を有する光学系では、歪曲収差の発生が許容されている。よって、このような光学系は、以下の式(A)を満足していない。

$$y_{\max} = fL \times \tan \theta_{\max} \quad (A)$$

20

【0136】

その代わりに、本実施形態の広角光学系は、条件式(29)を満足している。条件式(29)を満足することで、広い画角を確保しつつ、光学ユニットの外径を小さくすることができる。よって、本実施形態の広角光学系を、内視鏡の光学系に用いることができる。

【0137】

本実施形態の広角光学系は、以下の条件式(30)を満足することが好ましい。

$$ER3 < fL / (2 \times FEX) \quad (30)$$

ここで、

$ER3$ は、接合面 Sc の有効半径、

FEX は、第1の位置における有効F値、

fL は、第1の位置における広角光学系の焦点距離、
である。

30

【0138】

条件式(30)は、光線高に関する条件式である。条件式(30)を満足することで、本実施形態の広角光学系を内視鏡の光学系に用いることができる。有効半径は、面における最外光線高で決まる。

【0139】

本実施形態の撮像装置は、光学系と、像面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、光学系が上述の広角光学系であることを特徴する。

40

【0140】

実施形態の撮像装置によれば、画素数が多い撮像素子を使用しても、その画素数に応じた鮮明な画像を取得することができる。

【0141】

以下に、広角光学系の実施例を、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。

【0142】

各実施例のレンズ断面図について説明する。(a)は遠点における断面図、(b)は近点における断面図である。

50

【 0 1 4 3 】

第 1 レンズ群は G 1、第 2 レンズ群は G 2、第 3 レンズ群は G 3、明るさ絞りは S、フィルタは F、カバーガラスは C、C 1、C 2、プリズムは P、像面（撮像面）は I で示してある。

【 0 1 4 4 】

各実施例の収差図について説明する。収差図は、遠点における収差図、近点における収差図の順に示している。遠点における収差図では、(a) は球面収差 (S A)、(b) は非点収差 (A S)、(c) は倍率色収差 (C C)、(d) は歪曲収差 (D T) を示している。近点における収差図では、(e) は球面収差 (S A)、(f) は非点収差 (A S)、(g) は倍率色収差 (C C)、(h) は歪曲収差 (D T) を示している。

10

【 0 1 4 5 】

実施例 1 の広角光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正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、を有する。

【 0 1 4 6 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ L 1 と、両凹負レンズ L 2 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、を有する。両凹負レンズ L 2 と正メニスカスレンズ L 3 とが接合されている。

【 0 1 4 7 】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 を有する。

20

【 0 1 4 8 】

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 7 と、両凸正レンズ L 8 と、両凹負レンズ L 9 と、両凸正レンズ L 1 0 と、両凸正レンズ L 1 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 2 と、を有する。

【 0 1 4 9 】

負メニスカスレンズ L 5 と両凸正レンズ L 6 とが接合されている。負メニスカスレンズ L 7 と両凸正レンズ L 8 とが接合されている。両凹負レンズ L 9 と両凸正レンズ L 1 0 とが接合されている。

【 0 1 5 0 】

第 1 レンズ群 G 1 中に、フィルタ F が配置されている。第 3 レンズ群 G 3 中に、明るさ絞り S が配置されている。第 3 レンズ群 G 3 の像側に、カバーガラス C とプリズム P とが配置されている。

30

【 0 1 5 1 】

焦点位置の調節では、第 2 レンズ群 G 2 が移動する。遠点から近点への調節時、第 2 レンズ群 G 2 は像側に移動する。

【 0 1 5 2 】

実施例 2 の広角光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正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、を有する。

40

【 0 1 5 3 】

第 1 レンズ群 G 1 は、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、を有する。両凹負レンズ L 2 と両凸正レンズ L 3 とが接合されている。

【 0 1 5 4 】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 を有する。

【 0 1 5 5 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 5 と、両凹負レンズ L 6 と、両凸正レンズ L 7 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 8 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 9 と、両凸正レンズ L 1 0 と、を有する。

【 0 1 5 6 】

50

両凹負レンズL 6 と両凸正レンズL 7 とが接合されている。正メニスカスレンズL 8 と負メニスカスレンズL 9 とが接合されている。

【0157】

第1レンズ群G 1 中に、フィルタF が配置されている。第3レンズ群G 3 中に、明るさ絞りS が配置されている。第3レンズ群G 3 の像側に、カバーガラスC 1 と、プリズムP と、カバーガラスC 2 と、が配置されている。

【0158】

焦点位置の調節では、第2レンズ群G 2 が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G 2 は像側に移動する。

【0159】

実施例3の広角光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G 1 と、正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、を有する。

【0160】

第1レンズ群G 1 は、平凹負レンズL 1 を有する。

【0161】

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 2 を有する。

【0162】

第3レンズ群G 3 は、両凸正レンズL 3 と、両凹負レンズL 4 と、両凸正レンズL 5 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 6 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 7 と、両凸正レンズL 8 と、を有する。

【0163】

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。正メニスカスレンズL 6 と負メニスカスレンズL 7 とが接合されている。

【0164】

第1レンズ群G 1 と第2レンズ群G 2 の間に、フィルタF が配置されている。第3レンズ群G 3 中に、明るさ絞りS が配置されている。第3レンズ群G 3 の像側に、カバーガラスC 1 と、プリズムP と、カバーガラスC 2 と、が配置されている。

【0165】

焦点位置の調節では、第2レンズ群G 2 が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G 2 は像側に移動する。

【0166】

実施例4の広角光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G 1 と、正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、を有する。

【0167】

第1レンズ群G 1 は、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、を有する。両凹負レンズL 2 と両凸正レンズL 3 とが接合されている。

【0168】

第2レンズ群G 2 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4 を有する。

【0169】

第3レンズ群G 3 は、両凸正レンズL 5 と、両凹負レンズL 6 と、両凸正レンズL 7 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 8 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 9 と、両凸正レンズL 10 と、を有する。

【0170】

両凸正レンズL 5 と両凹負レンズL 6 とが接合されている。正メニスカスレンズL 8 と負メニスカスレンズL 9 とが接合されている。

【0171】

第1レンズ群G 1 と第2レンズ群G 2 の間に、フィルタF が配置されている。第3レンズ群G 3 中に、明るさ絞りS が配置されている。第3レンズ群G 3 の像側に、カバーガラス

10

20

30

40

50

C 1 と、プリズム P と、カバーガラス C 2 と、が配置されている。

【 0 1 7 2 】

焦点位置の調節では、第 2 レンズ群 G 2 が移動する。遠点から近点への調節時、第 2 レンズ群 G 2 は像側に移動する。

【 0 1 7 3 】

実施例 5 の広角光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正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、を有する。

【 0 1 7 4 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ 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、を有する。 10

【 0 1 7 5 】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 を有する。

【 0 1 7 6 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 4 と、両凹負レンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 7 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 8 と、両凸正レンズ L 9 と、を有する。

【 0 1 7 7 】

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。正メニスカスレンズ L 7 と負メニスカスレンズ L 8 とが接合されている。 20

【 0 1 7 8 】

第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の間に、フィルタ F が配置されている。第 3 レンズ群 G 3 中に、明るさ絞り S が配置されている。第 3 レンズ群 G 3 の像側に、カバーガラス C 1 と、プリズム P と、カバーガラス C 2 と、が配置されている。

【 0 1 7 9 】

焦点位置の調節では、第 2 レンズ群 G 2 が移動する。遠点から近点への調節時、第 2 レンズ群 G 2 は像側に移動する。フィルタ F は、第 2 レンズ群 G 2 と一緒に移動する。

【 0 1 8 0 】

実施例 6 の広角光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正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、を有する。 30

【 0 1 8 1 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ L 1 を有する。

【 0 1 8 2 】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 を有する。

【 0 1 8 3 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 3 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、両凹負レンズ L 6 と、両凸正レンズ L 7 と、両凸正レンズ L 8 と、を有する。

【 0 1 8 4 】

両凸正レンズ L 3 と負メニスカスレンズ L 4 とが接合されている。両凸正レンズ 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。 40

【 0 1 8 5 】

第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の間に、フィルタ F が配置されている。第 3 レンズ群 G 3 中に、明るさ絞り S が配置されている。第 3 レンズ群 G 3 の像側に、プリズム P と、カバーガラス C と、が配置されている。

【 0 1 8 6 】

焦点位置の調節では、第 2 レンズ群 G 2 が移動する。遠点から近点への調節時、第 2 レンズ群 G 2 は像側に移動する。

【 0 1 8 7 】

実施例 7 の広角光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正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、を有する。

【 0 1 8 8 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ L 1 と、両凹負レンズ L 2 と、を有する。

【 0 1 8 9 】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 を有する。

【 0 1 9 0 】

第 3 レンズ群 G 3 は、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 と、両凹負レンズ 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、両凸正レンズ L 10 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 11 と、両凸正レンズ L 12 と、を有する。

10

【 0 1 9 1 】

両凸正レンズ L 6 と両凹負レンズ L 7 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。両凸正レンズ L 10 と負メニスカスレンズ L 11 とが接合されている。

【 0 1 9 2 】

第 1 レンズ群 G 1 中に、フィルタ F が配置されている。第 3 レンズ群 G 3 中に、明るさ絞り S が配置されている。第 3 レンズ群 G 3 の像側に、カバーガラス C 1 と、プリズム P と、カバーガラス C 2 と、が配置されている。

20

【 0 1 9 3 】

焦点位置の調節では、第 2 レンズ群 G 2 が移動する。遠点から近点への調節時、第 2 レンズ群 G 2 は像側に移動する。

【 0 1 9 4 】

実施例 8 の広角光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正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、を有する。

【 0 1 9 5 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ L 1 と、平凹負レンズ L 2 と、を有する。

【 0 1 9 6 】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 を有する。

30

【 0 1 9 7 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凹負レンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 と、両凹負レンズ 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、両凸正レンズ L 10 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 11 と、両凸正レンズ L 12 と、を有する。

【 0 1 9 8 】

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。両凸正レンズ L 6 と両凹負レンズ L 7 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。両凸正レンズ L 10 と負メニスカスレンズ L 11 とが接合されている。

40

【 0 1 9 9 】

第 1 レンズ群 G 1 中に、フィルタ F が配置されている。第 3 レンズ群 G 3 中に、明るさ絞り S が配置されている。第 3 レンズ群 G 3 の像側に、カバーガラス C 1 と、プリズム P と、カバーガラス C 2 と、が配置されている。

【 0 2 0 0 】

焦点位置の調節では、第 2 レンズ群 G 2 が移動する。遠点から近点への調節時、第 2 レンズ群 G 2 は像側に移動する。

【 0 2 0 1 】

実施例 9 の広角光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正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、を有す

50

る。

【0202】

第1レンズ群G1は、平凹負レンズL1と、平凹負レンズL2と、を有する。

【0203】

第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3を有する。

【0204】

第3レンズ群G3は、両凸正レンズL4と、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6と、像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、平凹負レンズL9と、両凸正レンズL10と、を有する。

【0205】

両凸正レンズL4と両凹負レンズL5とが接合されている。両凸正レンズL6と負メニスカスレンズL7とが接合されている。両凸正レンズL8と平凹負レンズL9とが接合されている。

【0206】

第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間に、フィルタFと明るさ絞りSが配置されている。第3レンズ群G3の像側に、カバーガラスC1と、プリズムPと、カバーガラスC2と、が配置されている。

【0207】

焦点位置の調節では、第2レンズ群G2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G2は像側に移動する。

【0208】

実施例10の広角光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正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、を有する。

【0209】

第1レンズ群G1は、平凹負レンズL1と、両凹負レンズL2と、を有する。

【0210】

第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3を有する。

【0211】

第3レンズ群G3は、両凹負レンズL4と、両凸正レンズL5と、両凸正レンズL6と、両凹負レンズ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、両凸正レンズL10と、像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、を有する。

【0212】

両凹負レンズL4と両凸正レンズL5とが接合されている。両凸正レンズL6と両凹負レンズL7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。両凸正レンズL10と負メニスカスレンズL11とが接合されている。

【0213】

第1レンズ群G1中に、フィルタFが配置されている。第3レンズ群G3中に、明るさ絞りSが配置されている。第3レンズ群G3の像側に、カバーガラスC1と、プリズムPと、カバーガラスC2と、が配置されている。

【0214】

焦点位置の調節では、第2レンズ群G2が移動する。遠点から近点への調節時、第2レンズ群G2は像側に移動する。

【0215】

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_d は各レンズの d 線の屈折率、 d は各レンズのアッペ数、*印は非球面である。絞りは明るさ絞りである。

【0216】

また、各種データにおいて、OBJは物体距離、FLは全系の焦点距離、MGは全系の倍

10

20

30

40

50

率、FNOはFナンバー、FIMは像高、LTLは光学系の全長、BEはバックフォーカスである。バックフォーカスは、最も像側のレンズ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。全長は、最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの距離にバックフォーカスを加えたものである。また、1は第1レンズ群の倍率、2は第2レンズ群の倍率、3は第3レンズ群の倍率である。

【0217】

また、各焦点距離において、f1、f2...は各レンズ群の焦点距離である。

【0218】

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A4、A6、A8、A10、A12...としたとき、次の式で表される。

10

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + k)(y / r)^2\}^{1/2}] + A4y^4 + A6y^6 + A8y^8 + A10y^{10} + A12y^{12} + \dots$$

また、非球面係数において、「E-n」(nは整数)は、10のn乗を示している。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。

【0219】

数値実施例1

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | ER |
|--------|---------|---------|---------|-------|-------|
| 物面 | | 13.0000 | 1. | | |
| 1 | | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 1.404 |
| 2* | 0.9721 | 0.5998 | 1. | | 0.965 |
| 3 | | 0.4000 | 1.49400 | 75.01 | 0.945 |
| 4 | | 0.1025 | 1. | | 0.891 |
| 5 | -7.4090 | 0.3000 | 1.81600 | 46.62 | 0.881 |
| 6 | 1.0886 | 0.7980 | 1.80518 | 25.42 | 0.840 |
| 7 | 76.4205 | d7 | 1. | | 0.820 |
| 8* | 2.2208 | 0.4521 | 1.49700 | 81.54 | 0.786 |
| 9* | 2.9006 | d9 | 1. | | 0.722 |
| 10 | 6.3327 | 0.3000 | 1.83400 | 37.16 | 0.650 |
| 11 | 1.1384 | 1.1031 | 1.64769 | 33.79 | 0.614 |
| 12 | -9.1597 | 0.1000 | 1. | | 0.598 |
| 13(絞り) | | 0.1000 | 1. | | 0.590 |
| 14 | 2.4331 | 0.4109 | 1.81600 | 46.62 | 0.624 |
| 15 | 1.4835 | 0.6873 | 1.49700 | 81.54 | 0.615 |
| 16 | -1.5523 | 0.1000 | 1. | | 0.650 |
| 17 | -1.7693 | 0.3000 | 1.81600 | 46.62 | 0.643 |
| 18 | 4.9222 | 0.5112 | 1.49700 | 81.54 | 0.711 |
| 19 | -5.5507 | 0.1000 | 1. | | 0.795 |
| 20* | 5.0297 | 0.6920 | 1.49700 | 81.54 | 0.850 |
| 21* | -1.8981 | 0.1000 | 1. | | 0.907 |
| 22 | 16.7852 | 0.5780 | 1.83400 | 37.16 | 0.902 |
| 23 | 9.3753 | 0.4930 | 1. | | 0.882 |
| 24 | | 0.2000 | 1.51633 | 64.14 | 0.890 |
| 25 | | 0.1000 | 1. | | 0.892 |
| 26 | | 5.3000 | 1.63854 | 55.38 | 0.894 |
| 27 | | 0.0856 | 1. | | 0.950 |

20

30

40

像面

0.

非球面データ

第2面

50

K=-1.0000

A2=0.0000E+00,A4=-1.6360E-02,A6=4.6266E-02,A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

第 8 面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-5.2700E-02,A6=5.4101E-02,A8=4.5765E-03,

A10=0.0000E+00

第 9 面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-4.9134E-02,A6=6.3791E-02,A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

10

第 2 0 面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-5.9779E-03,A6=1.4095E-03,A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

第 2 1 面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=2.2880E-02,A6=3.2241E-03,A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

各種データ

20

遠点 近点

| | | |
|-----|-----------|-----------|
| OBJ | 13.0000 | 2.4000 |
| FL | 0.80002 | 0.79259 |
| MG | -0.057538 | -0.240455 |
| FNO | 3.6407 | 3.5879 |
| FIM | 0.948 | 0.948 |
| LTL | 15.7036 | 15.7037 |
| FB | 0.03958 | -0.10492 |
| d7 | 0.30000 | 0.98746 |
| d9 | 1.24011 | 0.55265 |
| 1 | 0.06093 | 0.24500 |
| 2 | 1.11789 | 1.16191 |
| 3 | -0.84467 | -0.84469 |

30

各群焦点距離

f1=-0.85974, f2=15.61736, f3=2.99266

【 0 2 2 0 】

数值实施例 2

单位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | ER |
|-----|----------|---------|---------|-------|-------|
| 物面 | | 16.0000 | 1. | | |
| 1 | | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 1.282 |
| 2* | 0.9612 | 0.6709 | 1. | | 0.877 |
| 3 | | 0.4000 | 1.49400 | 75.01 | 0.833 |
| 4 | | 0.1500 | 1. | | 0.782 |
| 5 | -5.5346 | 0.2500 | 1.77250 | 49.60 | 0.764 |
| 6 | 2.4020 | 0.4500 | 1.95906 | 17.47 | 0.745 |
| 7 | -15.4746 | d7 | 1. | | 0.724 |
| 8* | 8.6565 | 0.5000 | 1.74320 | 49.34 | 0.659 |
| 9* | 51.2636 | d9 | 1. | | 0.628 |

40

50

| | | | | | |
|--------|----------|--------|---------|-------|-------|
| 10 | 2.9556 | 0.4161 | 1.65160 | 58.55 | 0.560 |
| 11 | -8.3048 | 0.1000 | 1. | 0.399 | |
| 12(絞リ) | | 0.1000 | 1. | 0.366 | |
| 13 | -1.5648 | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 0.377 |
| 14 | 2.2526 | 0.4000 | 1.49700 | 81.54 | 0.462 |
| 15 | -1.5310 | 0.2000 | 1. | 0.560 | |
| 16 | -37.1740 | 0.7000 | 1.49700 | 81.54 | 0.680 |
| 17 | -1.2180 | 0.3360 | 1.77250 | 49.60 | 0.789 |
| 18 | -1.9323 | 0.2000 | 1. | 0.923 | |
| 19 | 6.2625 | 0.5000 | 1.49700 | 81.54 | 1.027 |
| 20 | -3.2562 | 0.6500 | 1. | 1.045 | |
| 21 | | 0.2000 | 1.51633 | 64.14 | 0.999 |
| 22 | | 0.2030 | 1. | 0.991 | |
| 23 | | 4.3000 | 1.63854 | 55.38 | 0.980 |
| 24 | | 0.3500 | 1.51633 | 64.14 | 0.831 |
| 25 | | 0.0444 | 1. | 0.818 | |

像面

0.

非球面データ

第2面

K=-0.4160

A2=0.0000E+00,A4=-8.4650E-02,A6=1.3557E-01,A8=-1.2736E-01,
 A10=3.9760E-02,A12=-1.2666E-09,A14=0.0000E+00,
 A16=0.0000E+00,A18=0.0000E+00,A20=0.0000E+00

第8面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-4.4332E-02,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,
 A10=0.0000E+00

第9面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-6.7341E-02,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,
 A10=0.0000E+00

各種データ

遠点

近点

| | | |
|-----|-----------|-----------|
| OBJ | 16.0000 | 2.5000 |
| FL | 0.75025 | 0.72600 |
| MG | -0.044343 | -0.212650 |
| FNO | 3.6905 | 3.6648 |
| FIM | 0.812 | 0.812 |
| LTL | 13.0974 | 13.0974 |
| FB | 0.01109 | -0.11003 |
| d7 | 0.42707 | 1.09071 |
| d9 | 1.05000 | 0.38636 |
| 1 | 0.06595 | 0.30490 |
| 2 | 1.27724 | 1.32483 |
| 3 | -0.52644 | -0.52644 |

各群焦点距離

f1=-1.13600, f2=13.94442, f3=2.57607

【0 2 2 1】

数值実施例3

単位 mm

10

20

30

40

50

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | ER |
|-------|---------|---------|---------|-------|-------|
| 物面 | | 16.0000 | 1. | | |
| 1 | | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 1.264 |
| 2* | 0.9272 | 1.1000 | 1. | | 0.857 |
| 3 | | 0.4000 | 1.49400 | 75.01 | 0.751 |
| 4 | | d4 | 1. | | 0.708 |
| 5* | -9.5539 | 0.6179 | 1.88300 | 40.76 | 0.626 |
| 6* | -6.5358 | d6 | 1. | | 0.620 |
| 7 | 4.3878 | 0.4161 | 1.95906 | 17.47 | 0.560 |
| 8 | -3.3352 | 0.1000 | 1. | | 0.439 |
| 9(絞り) | | 0.1000 | 1. | | 0.390 |
| 10 | -1.5583 | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 0.393 |
| 11 | 2.0000 | 0.5400 | 1.48749 | 70.23 | 0.453 |
| 12 | -1.3000 | 0.1000 | 1. | | 0.560 |
| 13 | -5.7457 | 0.8000 | 1.49700 | 81.54 | 0.610 |
| 14 | -1.2000 | 0.2500 | 1.84666 | 23.78 | 0.730 |
| 15 | -4.2732 | 0.1000 | 1. | | 0.854 |
| 16* | 5.3140 | 0.9434 | 1.49700 | 81.54 | 0.956 |
| 17* | -1.5831 | 0.6500 | 1. | | 1.054 |
| 18 | | 0.2000 | 1.51633 | 64.14 | 0.997 |
| 19 | | 0.2000 | 1. | | 0.989 |
| 20 | | 4.3000 | 1.63854 | 55.38 | 0.978 |
| 21 | | 0.3500 | 1.51633 | 64.14 | 0.831 |
| 22 | | 0.0420 | 1. | | 0.818 |
| 像面 | | 0. | | | |

非球面データ

第2面

K=-0.3786

A2=0.0000E+00,A4=-4.8645E-02,A6=5.8716E-02,A8=-7.4460E-02,
 A10=1.7666E-02,A12=-1.2683E-09,A14=0.0000E+00,
 A16=0.0000E+00,A18=0.0000E+00,A20=0.0000E+00

第5面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-4.5962E-02,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,
 A10=0.0000E+00

第6面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-5.7654E-02,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,
 A10=0.0000E+00

第16面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-1.9531E-02,A6=5.2759E-03,A8=-3.6036E-04,
 A10=0.0000E+00

第17面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=1.9479E-02,A6=1.3298E-03,A8=4.9924E-03,
 A10=0.0000E+00

各種データ

遠点 近点

10

20

30

40

50

OBJ 16.0000 2.5000
 FL 0.75052 0.72372
 MG -0.044403 -0.212614
 FNO 3.7116 3.6936
 FIM 0.812 0.812
 LTL 13.2865 13.2865
 FB 0.00868 -0.11186
 d4 0.53174 1.21609
 d6 1.04533 0.36098
 1 0.06111 0.28511
 2 1.21847 1.25048
 3 -0.59635 -0.59635

10

各群焦点距離

f1=-1.05000, f2=21.37800, f3=2.80754

【 0 2 2 2 】

数值实施例 4

单位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | ER |
|--------|----------|---------|---------|-------|-------|
| 物面 | | 16.0000 | 1. | | |
| 1 | | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 1.241 |
| 2* | 0.8793 | 0.9000 | 1. | | 0.836 |
| 3 | -13.0485 | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 0.762 |
| 4 | 1.8000 | 0.6000 | 1.69895 | 30.13 | 0.736 |
| 5 | -7.4550 | 0.1000 | 1. | | 0.727 |
| 6 | | 0.4000 | 1.49400 | 75.01 | 0.710 |
| 7 | | d7 | 1. | | 0.685 |
| 8 | 1.6909 | 0.6500 | 1.53172 | 48.84 | 0.645 |
| 9 | 1.9976 | d9 | 1. | | 0.536 |
| 10(絞リ) | | 0.1000 | 1. | | 0.436 |
| 11 | 2.7616 | 0.5000 | 1.76182 | 26.52 | 0.479 |
| 12 | -1.2000 | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 0.509 |
| 13 | 2.5713 | 0.1500 | 1. | | 0.557 |
| 14 | 6.2066 | 0.7000 | 1.53172 | 48.84 | 0.613 |
| 15 | -1.9348 | 0.1000 | 1. | | 0.740 |
| 16 | -33.0278 | 0.7000 | 1.49700 | 81.54 | 0.791 |
| 17 | -1.5927 | 0.2500 | 1.95906 | 17.47 | 0.857 |
| 18 | -3.4446 | 0.1000 | 1. | | 0.950 |
| 19 | 8.2079 | 0.7457 | 1.49700 | 81.54 | 1.016 |
| 20 | -2.6637 | 0.6500 | 1. | | 1.063 |
| 21 | | 0.2000 | 1.51633 | 64.14 | 1.010 |
| 22 | | 0.2000 | 1. | | 1.002 |
| 23 | | 4.3000 | 1.63854 | 55.38 | 0.989 |
| 24 | | 0.3500 | 1.51633 | 64.14 | 0.829 |
| 25 | | 0.0452 | 1. | | 0.815 |

20

30

40

像面

0.

非球面データ

第 2 面

K=-3.7635

A2=0.0000E+00,A4=5.1278E-01,A6=-4.9820E-01,A8=5.0168E-01,

50

A10=-2.0428E-01,A12=2.2569E-08,A14=0.0000E+00,
A16=0.0000E+00,A18=0.0000E+00,A20=0.0000E+00

各種データ

遠点 近点

| | | |
|-----|-----------|-----------|
| OBJ | 16.0000 | 2.5000 |
| FL | 0.75014 | 0.74690 |
| MG | -0.044500 | -0.223334 |
| FNO | 3.7097 | 3.6824 |
| FIM | 0.812 | 0.812 |
| LTL | 13.8280 | 13.8280 |
| FB | 0.01182 | -0.12161 |
| d7 | 0.26174 | 0.92454 |
| d9 | 1.07533 | 0.41253 |
| 1 | 0.05298 | 0.25362 |
| 2 | 1.14594 | 1.20148 |
| 3 | -0.73293 | -0.73293 |

10

各群焦点距離

f1=-0.90415, f2=11.93355, f3=2.72360

【0 2 2 3】

数值実施例 5

20

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | ER |
|--------|---------|---------|---------|-------|-------|
| 物面 | | 15.8000 | 1. | | |
| 1 | | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 1.298 |
| 2* | 1.1014 | 0.7055 | 1. | | 0.910 |
| 3 | 4.9262 | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 0.812 |
| 4 | 2.2000 | d4 | 1. | | 0.743 |
| 5 | | 0.4000 | 1.49400 | 75.01 | 0.690 |
| 6 | | 0.1000 | 1. | | 0.674 |
| 7* | 1.8277 | 0.5170 | 1.51633 | 64.14 | 0.660 |
| 8* | 2.3331 | d8 | 1. | | 0.590 |
| 9 | 4.0162 | 0.4161 | 1.95906 | 17.47 | 0.560 |
| 10 | -3.2257 | 0.1000 | 1. | | 0.448 |
| 11(絞リ) | | 0.1000 | 1. | | 0.400 |
| 12 | -1.5381 | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 0.398 |
| 13 | 2.2458 | 0.5400 | 1.48749 | 70.23 | 0.457 |
| 14 | -1.3000 | 0.2000 | 1. | | 0.560 |
| 15 | -9.0844 | 0.8000 | 1.49700 | 81.54 | 0.638 |
| 16 | -1.2998 | 0.2500 | 1.84666 | 23.78 | 0.751 |
| 17 | -5.5081 | 0.1000 | 1. | | 0.870 |
| 18* | 3.9469 | 0.9447 | 1.49700 | 81.54 | 0.986 |
| 19* | -1.6844 | 0.6500 | 1. | | 1.058 |
| 20 | | 0.2000 | 1.51633 | 64.14 | 1.001 |
| 21 | | 0.2000 | 1. | | 0.993 |
| 22 | | 4.3000 | 1.63854 | 55.38 | 0.981 |
| 23 | | 0.3500 | 1.51633 | 64.14 | 0.828 |
| 24 | | 0.0428 | 1. | | 0.814 |
| 像面 | | 0. | | | |

30

40

非球面データ

50

第 2 面

K=-2.2853

A2=0.0000E+00,A4=1.3338E-01,A6=2.5305E-02,A8=-4.2323E-02,
A10=2.6226E-02,A12=-1.2684E-09,A14=0.0000E+00,
A16=0.0000E+00,A18=0.0000E+00,A20=0.0000E+00

第 7 面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-6.4410E-02,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,
A10=0.0000E+00

第 8 面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-9.2071E-02,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,
A10=0.0000E+00

第 1 8 面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-1.3990E-02,A6=1.2717E-02,A8=1.9476E-04,
A10=0.0000E+00

第 1 9 面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=2.4646E-02,A6=4.1843E-03,A8=7.7537E-03,
A10=0.0000E+00

各種データ

遠点 近点

| | | |
|-----|-----------|-----------|
| OBJ | 15.8000 | 2.6200 |
| FL | 0.75036 | 0.74853 |
| MG | -0.044776 | -0.209826 |
| FNO | 3.6332 | 3.6154 |
| FIM | 0.812 | 0.812 |
| LTL | 13.2903 | 13.2903 |
| FB | 0.00925 | -0.11422 |
| d4 | 0.60084 | 1.19477 |
| d8 | 1.02333 | 0.42940 |
| 1 | 0.05010 | 0.22503 |
| 2 | 1.13061 | 1.17962 |
| 3 | -0.79044 | -0.79044 |

各群焦点距離

f1=-0.84949, f2=12.12002, f3=2.73833

【 0 2 2 4 】

数值実施例 6

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | ER |
|-----|--------|---------|---------|-------|-------|
| 物面 | | 15.0000 | 1. | | |
| 1 | | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 1.270 |
| 2* | 0.7856 | 0.6500 | 1. | | 0.838 |
| 3 | | 0.4000 | 1.49400 | 75.01 | 0.824 |
| 4 | | d4 | 1. | | 0.800 |
| 5* | 1.9309 | 0.4597 | 1.49700 | 81.54 | 0.766 |
| 6 | 2.8631 | d6 | 1. | | 0.685 |
| 7 | 8.2193 | 0.5563 | 1.72825 | 28.46 | 0.492 |

10

20

30

40

50

| | | | | | |
|--------|---------|--------|---------|-------|-------|
| 8 | -0.8058 | 0.3000 | 1.81600 | 46.62 | 0.453 |
| 9 | -2.4732 | 0.1000 | 1. | 0.430 | |
| 10(絞リ) | | 0.6013 | 1. | 0.395 | |
| 11 | 9.1375 | 0.4871 | 1.49700 | 81.54 | 0.517 |
| 12 | -2.2107 | 0.2570 | 1.80518 | 25.42 | 0.562 |
| 13 | 1.6710 | 0.6818 | 1.49700 | 81.54 | 0.623 |
| 14 | -1.7198 | 0.1000 | 1. | 0.728 | |
| 15* | 2.9755 | 0.5709 | 1.49700 | 81.54 | 0.800 |
| 16 | -5.8213 | 0.6000 | 1. | 0.818 | |
| 17 | | 3.2000 | 1.88300 | 40.76 | 0.816 |
| 18 | | 0.3000 | 1.51633 | 64.14 | 0.812 |
| 19 | | 0.0263 | 1. | 0.812 | |

像面

0.

非球面データ

第2面

K=-1.0000

A2=0.0000E+00,A4=3.5380E-02,A6=2.5784E-02,A8=7.1050E-02,

A10=0.0000E+00

第5面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-1.5830E-02,A6=4.2282E-02,A8=1.6255E-02,

A10=0.0000E+00

第15面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=2.1314E-03,A6=1.0242E-02,A8=0.0000E+00,

A10=0.0000E+00

各種データ

遠点

近点

| | | |
|-----|-----------|-----------|
| OBJ | 15.0000 | 1.7300 |
| FL | 0.70373 | 0.69457 |
| MG | -0.044525 | -0.275741 |
| FNO | 3.6056 | 3.5439 |
| FIM | 0.812 | 0.812 |
| LTL | 11.0387 | 11.0387 |
| FB | -0.00508 | -0.16527 |
| d4 | 0.26500 | 1.03032 |
| d6 | 1.23330 | 0.46798 |
| 1 | 0.05553 | 0.32325 |
| 2 | 1.16820 | 1.24284 |
| 3 | -0.68635 | -0.68635 |

各群焦点距離

f1=-0.88975, f2=10.25404, f3=2.38964

【0 2 2 5】

数值実施例7

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | ER |
|-----|--------|---------|---------|-------|-------|
| 物面 | | 20.0000 | 1. | | |
| 1 | | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 1.304 |
| 2* | 1.1969 | 0.5230 | 1. | | 0.936 |

10

20

30

40

50

| | | | | | |
|--------|----------|--------|---------|-------|-------|
| 3 | | 0.4000 | 1.49400 | 75.01 | 0.881 |
| 4 | | 0.1000 | 1. | 0.784 | |
| 5 | -14.1887 | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 0.750 |
| 6 | 3.1892 | d6 | 1. | 0.697 | |
| 7* | 2.6326 | 0.4906 | 1.51633 | 64.14 | 0.655 |
| 8* | 4.1921 | d8 | 1. | 0.603 | |
| 9 | -2.4500 | 0.7844 | 1.88300 | 40.76 | 0.500 |
| 10 | -8.9678 | 0.1000 | 1. | 0.546 | |
| 11 | 1.8948 | 0.3500 | 1.58144 | 40.75 | 0.560 |
| 12 | 20.9186 | 0.1000 | 1. | 0.549 | |
| 13(絞リ) | | 0.1000 | 1. | 0.550 | |
| 14 | 1.8313 | 0.5142 | 1.72825 | 28.46 | 0.560 |
| 15 | -1.6911 | 0.6836 | 1.88300 | 40.76 | 0.549 |
| 16* | 1.9299 | 0.2109 | 1. | 0.560 | |
| 17 | 2.3041 | 0.6736 | 1.49700 | 81.54 | 0.652 |
| 18 | -1.4862 | 0.2853 | 1.88300 | 40.76 | 0.713 |
| 19 | -25.9918 | 0.1000 | 1. | 0.817 | |
| 20 | 2.7755 | 0.9730 | 1.49700 | 81.54 | 0.934 |
| 21 | -1.6000 | 0.2500 | 1.92286 | 18.90 | 0.993 |
| 22 | -2.6855 | 0.1000 | 1. | 1.089 | |
| 23* | 7.2385 | 0.6621 | 1.49700 | 81.54 | 1.129 |
| 24* | -3.6160 | 0.6500 | 1. | 1.149 | |
| 25 | | 0.2000 | 1.51633 | 64.14 | 1.080 |
| 26 | | 0.1900 | 1. | 1.069 | |
| 27 | | 4.3000 | 1.63854 | 55.38 | 1.054 |
| 28 | | 0.3500 | 1.51633 | 64.14 | 0.837 |
| 29 | | 0.0464 | 1. | 0.818 | |

像面

0.

非球面データ

第2面

K=0.1809

A2=0.0000E+00,A4=-6.5666E-02,A6=-9.9331E-02,A8=1.3138E-01,
A10=-1.1544E-01,A12=4.6840E-05,A14=0.0000E+00,
A16=0.0000E+00,A18=0.0000E+00,A20=0.0000E+00

第7面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-1.2607E-01,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,
A10=0.0000E+00

第8面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-1.1353E-01,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,
A10=0.0000E+00

第16面

K=-5.7627

A2=0.0000E+00,A4=1.5242E-01,A6=-1.8344E-02,A8=0.0000E+00,
A10=0.0000E+00

第23面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-2.7365E-02,A6=5.7805E-03,A8=0.0000E+00,
A10=0.0000E+00

10

20

30

40

50

第 2 4 面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-6.8530E-03,A6=5.7331E-03,A8=0.0000E+00,
A10=0.0000E+00

各種データ

遠点 近点

| | | |
|-----|-----------|-----------|
| OBJ | 20.0000 | 2.7000 |
| FL | 0.75014 | 0.75236 |
| MG | -0.035750 | -0.204777 |
| FNO | 3.6726 | 3.6658 |
| FIM | 0.812 | 0.812 |
| LTL | 15.0265 | 15.0265 |
| FB | 0.01960 | -0.10765 |
| d6 | 0.39113 | 0.94749 |
| d8 | 0.99828 | 0.44192 |
| 1 | 0.03555 | 0.19570 |
| 2 | 1.10738 | 1.15232 |
| 3 | -0.90809 | -0.90809 |

10

各群焦点距離

f1=-0.75157, f2=12.37976, f3=3.00572

20

【 0 2 2 6 】

数值実施例 8

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | ER |
|--------|----------|---------|---------|-------|-------|
| 物面 | | 22.0000 | 1. | | |
| 1 | | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 1.300 |
| 2* | 1.1937 | 0.5429 | 1. | | 0.933 |
| 3 | | 0.4000 | 1.49400 | 75.01 | 0.877 |
| 4 | | 0.1000 | 1. | | 0.785 |
| 5 | | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 0.750 |
| 6 | 2.4860 | d6 | 1. | | 0.686 |
| 7* | 2.6512 | 0.4886 | 1.51633 | 64.14 | 0.652 |
| 8* | 4.1408 | d8 | 1. | | 0.607 |
| 9 | -10.0924 | 0.7107 | 1.81600 | 46.62 | 0.543 |
| 10 | 5.6745 | 0.6175 | 1.54814 | 45.79 | 0.541 |
| 11 | -3.2760 | 0.1000 | 1. | | 0.549 |
| 12(絞り) | | 0.1000 | 1. | | 0.541 |
| 13 | 1.7391 | 0.8527 | 1.69895 | 30.13 | 0.560 |
| 14 | -1.9645 | 0.2891 | 1.81600 | 46.62 | 0.551 |
| 15 | 1.8083 | 0.2000 | 1. | | 0.560 |
| 16 | 3.4408 | 0.7985 | 1.49700 | 81.54 | 0.710 |
| 17 | -1.9495 | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 0.735 |
| 18 | -4.8688 | 0.1000 | 1. | | 0.809 |
| 19 | 4.1440 | 0.8767 | 1.49700 | 81.54 | 0.883 |
| 20 | -1.7027 | 0.2500 | 1.84666 | 23.78 | 0.935 |
| 21 | -6.8733 | 0.1000 | 1. | | 1.026 |
| 22* | 5.6133 | 0.8858 | 1.49700 | 81.54 | 1.092 |
| 23* | -2.3000 | 0.6500 | 1. | | 1.149 |
| 24 | | 0.2000 | 1.51633 | 64.14 | 1.075 |

30

40

50

| | | | |
|----|--------|---------|-------------|
| 25 | 0.1800 | 1. | 1.064 |
| 26 | 4.3000 | 1.63854 | 55.38 1.050 |
| 27 | 0.3500 | 1.51633 | 64.14 0.840 |
| 28 | 0.0497 | 1. | 0.822 |
| 像面 | 0. | | |

非球面データ

第2面

K=-0.1405

A2=0.0000E+00,A4=-6.3105E-02,A6=4.0405E-02,A8=-4.5730E-02,
 A10=4.2020E-03,A12=4.6840E-05,A14=0.0000E+00,
 A16=0.0000E+00,A18=0.0000E+00,A20=0.0000E+00

10

第7面

K=-13.9021

A2=0.0000E+00,A4=-3.0044E-02,A6=-5.5844E-02,A8=0.0000E+00,
 A10=0.0000E+00

第8面

K=-33.7333

A2=0.0000E+00,A4=-5.5130E-02,A6=-1.5208E-02,A8=-1.9281E-02,
 A10=0.0000E+00

第22面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=-1.1313E-02,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,
 A10=0.0000E+00

20

第23面

K=0.

A2=0.0000E+00,A4=1.2548E-02,A6=-1.3517E-04,A8=0.0000E+00,
 A10=0.0000E+00

各種データ

遠点 近点

| | | |
|-----|-----------|-----------|
| OBJ | 22.0000 | 2.7000 |
| FL | 0.75029 | 0.75440 |
| MG | -0.032633 | -0.204826 |
| FNO | 3.6486 | 3.6448 |
| FIM | 0.812 | 0.812 |
| LTL | 15.2613 | 15.2613 |
| FB | 0.02521 | -0.10483 |
| d6 | 0.40585 | 0.97313 |
| d8 | 0.96324 | 0.39595 |
| 1 | 0.03157 | 0.19051 |
| 2 | 1.09942 | 1.14360 |
| 3 | -0.94012 | -0.94012 |

30

各群焦点距離

f1=-0.73041, f2=12.83960, f3=3.20872

【0227】

数值実施例9

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | ER |
|-----|---|---------|---------|-------|-------|
| 物面 | | 18.0000 | 1. | | |
| 1 | | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 1.305 |

50

| | | | | | |
|------------------------------------------------------------|---------|--------|---------|-------|-------|
| 2* | 1.0490 | 0.9609 | 1. | 0.916 | |
| 3 | | 0.2500 | 1.83400 | 37.16 | 0.750 |
| 4 | 2.9201 | d4 | 1. | 0.691 | |
| 5* | 1.8022 | 0.4386 | 1.49700 | 81.54 | 0.650 |
| 6* | 2.4247 | d6 | 1. | 0.604 | |
| 7 | | 1.0000 | 1.49400 | 75.01 | 0.550 |
| 8 | | 0.2338 | 1. | 0.513 | |
| 11(絞リ) | | 0.1000 | 1. | 0.503 | |
| 10 | 1.8323 | 0.6035 | 1.76182 | 26.52 | 0.560 |
| 11 | -1.3953 | 0.3644 | 1.81600 | 46.62 | 0.546 |
| 12 | 1.8982 | 0.2730 | 1. | 0.560 | |
| 13 | 2.5712 | 0.7054 | 1.49700 | 81.54 | 0.675 |
| 14 | -1.3610 | 0.2500 | 1.80518 | 25.42 | 0.737 |
| 15 | -3.7471 | 0.1000 | 1. | 0.825 | |
| 16 | 3.6004 | 0.6856 | 1.43875 | 94.66 | 0.898 |
| 17 | -2.5684 | 0.2500 | 1.80518 | 25.42 | 0.930 |
| 18 | | 0.1000 | 1. | 0.989 | |
| 19* | 3.5622 | 0.8149 | 1.43875 | 94.66 | 1.048 |
| 20* | -2.0300 | 0.6500 | 1. | 1.094 | |
| 21 | | 0.2000 | 1.51633 | 64.14 | 1.031 |
| 22 | | 0.1800 | 1. | 1.022 | |
| 23 | | 4.3000 | 1.63854 | 55.38 | 1.010 |
| 24 | | 0.3500 | 1.51633 | 64.14 | 0.836 |
| 25 | | 0.0518 | 1. | 0.820 | |
| 像面 | | 0. | | | |
| 非球面データ | | | | | |
| 第2面 | | | | | |
| K=-4.6518 | | | | | |
| A2=0.0000E+00,A4=3.5553E-01,A6=-3.7848E-01,A8=4.1948E-01, | | | | | |
| A10=-3.1048E-01,A12=1.0674E-01,A14=0.0000E+00, | | | | | |
| A16=0.0000E+00,A18=0.0000E+00,A20=0.0000E+00 | | | | | |
| 第5面 | | | | | |
| K=0. | | | | | |
| A2=0.0000E+00,A4=-1.1803E-01,A6=-3.8081E-02,A8=0.0000E+00, | | | | | |
| A10=0.0000E+00 | | | | | |
| 第6面 | | | | | |
| K=0. | | | | | |
| A2=0.0000E+00,A4=-1.0644E-01,A6=-4.1513E-02,A8=0.0000E+00, | | | | | |
| A10=0.0000E+00 | | | | | |
| 第19面 | | | | | |
| K=0. | | | | | |
| A2=0.0000E+00,A4=-2.5373E-02,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00, | | | | | |
| A10=0.0000E+00 | | | | | |
| 第20面 | | | | | |
| K=0. | | | | | |
| A2=0.0000E+00,A4=2.0486E-02,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00, | | | | | |
| A10=0.0000E+00 | | | | | |
| 各種データ | | | | | |
| 遠点 | | 近点 | | | |
| OBJ | 18.0000 | 2.5000 | | | |

| | | |
|-----|-----------|-----------|
| FL | 0.71645 | 0.72316 |
| MG | -0.037821 | -0.210608 |
| FNO | 3.6623 | 3.6500 |
| FIM | 0.812 | 0.812 |
| LTL | 14.5404 | 14.5404 |
| FB | 0.02475 | -0.10045 |
| d4 | 0.39000 | 0.94593 |
| d6 | 1.03852 | 0.48259 |
| 1 | 0.03768 | 0.20097 |
| 2 | 1.10187 | 1.15044 |
| 3 | -0.91093 | -0.91093 |

10

各群焦点距離

f1=-0.71883, f2=11.44611, f3=3.09757

【0228】

数值実施例10

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d | ER |
|--------|----------|---------|---------|-------|-------|
| 物面 | | 20.0000 | 1. | | |
| 1 | | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 1.403 |
| 2* | 1.3766 | 0.5408 | 1. | | 1.007 |
| 3 | | 0.4000 | 1.49400 | 75.01 | 0.947 |
| 4 | | 0.1000 | 1. | | 0.839 |
| 5 | -8.1026 | 0.4350 | 1.88300 | 40.76 | 0.940 |
| 6 | 2.8146 | d6 | 1. | | 0.725 |
| 7* | 2.6512 | 0.4886 | 1.51633 | 64.14 | 0.700 |
| 8* | 4.1408 | d8 | 1. | | 0.669 |
| 9 | -10.0924 | 0.7107 | 1.81600 | 46.62 | 0.583 |
| 10 | 5.6745 | 0.6175 | 1.54814 | 45.79 | 0.564 |
| 11 | -3.2760 | 0.1000 | 1. | | 0.558 |
| 12(絞り) | | 0.1000 | 1. | | 0.550 |
| 13 | 1.7391 | 0.8527 | 1.69895 | 30.13 | 0.560 |
| 14 | -1.9645 | 0.2891 | 1.81600 | 46.62 | 0.551 |
| 15 | 1.8083 | 0.2000 | 1. | | 0.560 |
| 16 | 3.4408 | 0.7985 | 1.49700 | 81.54 | 0.710 |
| 17 | -1.9495 | 0.2500 | 1.88300 | 40.76 | 0.736 |
| 18 | -4.8688 | 0.1000 | 1. | | 0.810 |
| 19 | 4.1440 | 0.8767 | 1.49700 | 81.54 | 0.884 |
| 20 | -1.7027 | 0.2500 | 1.84666 | 23.78 | 0.936 |
| 21 | -6.8733 | 0.1000 | 1. | | 1.028 |
| 22* | 5.6133 | 0.8858 | 1.49700 | 81.54 | 1.094 |
| 23* | -2.3000 | 0.6500 | 1. | | 1.151 |
| 24 | | 0.2000 | 1.51633 | 64.14 | 1.076 |
| 25 | | 0.1800 | 1. | | 1.066 |
| 26 | | 4.3000 | 1.63854 | 55.38 | 1.051 |
| 27 | | 0.3500 | 1.51633 | 64.14 | 0.842 |
| 28 | | 0.0531 | 1. | | 0.824 |
| 像面 | | 0. | | | |

20

30

40

非球面データ

第2面

50

K=0.2119
 A2=0.0000E+00,A4=-5.0745E-02,A6=9.5398E-03,A8=-8.6284E-03,
 A10=-1.2475E-02,A12=-4.0707E-04,A14=0.0000E+00,
 A16=0.0000E+00,A18=0.0000E+00,A20=0.0000E+00

第7面

K=-13.9021
 A2=0.0000E+00,A4=-3.0044E-02,A6=-5.5844E-02,A8=0.0000E+00,
 A10=0.0000E+00

第8面

K=-33.7333
 A2=0.0000E+00,A4=-5.5130E-02,A6=-1.5208E-02,A8=-1.9281E-02,
 A10=0.0000E+00

10

第22面

K=0.
 A2=0.0000E+00,A4=-1.1313E-02,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,
 A10=0.0000E+00

第23面

K=0.
 A2=0.0000E+00,A4=1.2548E-02,A6=-1.3517E-04,A8=0.0000E+00,
 A10=0.0000E+00

20

| | 遠点 | 近点 |
|-----|-----------|-----------|
| OBJ | 20.0000 | 2.7000 |
| FL | 0.75032 | 0.75450 |
| MG | -0.035629 | -0.201141 |
| FNO | 3.6403 | 3.6358 |
| FIM | 0.812 | 0.812 |
| LTL | 15.4477 | 15.4477 |
| FB | 0.02640 | -0.09862 |
| d6 | 0.40585 | 0.95462 |
| d8 | 0.96324 | 0.41446 |
| 1 | 0.03444 | 0.18716 |
| 2 | 1.09912 | 1.14186 |
| 3 | -0.94119 | -0.94119 |

30

各群焦点距離

f1=-0.73021, f2=12.83960, f3=3.20872

【0229】

次に、各実施例における条件式の値を以下に掲げる。

| 実施例 1 | 実施例 2 | 実施例 3 | |
|--------------------------|------------|------------|------------|
| (1)fL/Rsp | 0.12633158 | 0.25384017 | 0.17104699 |
| (2) Dpc/fL | 3.87653912 | 2.88715356 | 3.07265224 |
| (3) D3/fL | 6.35297874 | 4.26802896 | 4.79604325 |
| (4)1/r1-1/r2 | 0.26708441 | 0.01410856 | 0.12750581 |
| 0.05997346 | | | |
| (5)1/f3x-1/(10x fL) | -0.0828932 | -0.4679049 | -0.4032266 |
| -0.3068069 | | | |
| (6) 3F | -0.8446714 | -0.5264441 | -0.5963461 |
| (7)f3/fL | 3.74072703 | 3.43361518 | 3.74079101 |
| (8)fL/f31 | 0.03368378 | 0.22099325 | 0.36984182 |
| (9)(ansNi 'ansNi)/arSNi | 0.33537462 | 0.22046285 | 0.28755697 |
| (10)(bnsNi 'bnsNi)/brSNi | -0.4611993 | -0.2261905 | -0.2913833 |

40

50

| | | | | | |
|------|----------------------------------|--------------|------------|------------|----|
| (11) | f_3R/fL | 3.58478538 | 5.84738421 | 3.42549166 | |
| (12) | $(3RCP-3RCN)$ | | | | |
| | $-(3FCP-3FCN)$ | 38.29 | -8.84 | 28.29 | |
| (13) | $fL/rSNr$ | 0.16253301 | -0.6159688 | -0.6254333 | |
| (14) | (r_3XF-r_3XR) | | | | |
| | $/(r_3XF+r_3XR)$ | -0.5165847 | 0.01091802 | 0.0903684 | |
| (15) | $1/r_3XC \times r_3XF$ | -0.1148257 | -0.2836985 | -0.3208625 | |
| (16) | $1/r_3XC \times r_3XR$ | -0.036601 | -0.2899618 | -0.3846154 | |
| (17) | $31P-32P$ | -47.75 | -22.99 | -52.76 | |
| (18) | $33P$ | | | | 10 |
| | $-(31P+32P)/2$ | 23.875 | 11.495 | 37.69 | |
| (19) | $31N-32N$ | -9.46 | -8.84 | 16.98 | |
| (20) | $(R21F+R21R)$ | | | | |
| | $/(R21F-R21R)$ | -7.5336864 | -1.4063407 | 5.33106922 | |
| (21) | $D21/fL$ | 0.56511087 | 0.66644452 | 0.82329585 | |
| (22) | $2F$ | 1.11789 | 1.27724 | 1.21847 | |
| (23) | $2N/2F$ | 1.03937776 | 1.03726003 | 1.02627065 | |
| (24) | $(1-2F^2) \times \underline{3F}$ | 0.21089556 | 0.33236369 | 0.28903244 | |
| (25) | $(1-2N^2) \times \underline{3N}$ | 0.29567094 | 0.39755408 | 0.33616263 | |
| (26) | $1/r_1XF-1/r_1XR$ | -1.0287007 | -1.0403662 | -1.078516 | 20 |
| | -0.1480565 | -0.1160595 | | | |
| (27) | $SD1/fL$ | 3.06279843 | 2.89354215 | 0.33310238 | |
| (28) | fB/fL | 4.99875003 | 5.13308897 | 5.12404733 | |
| (29) | $fL \times \tan \max$ | 2.46301838 | 2.28223144 | 2.24501224 | |
| | $2y_{\max}$ | 1.896 | 1.624 | 1.624 | |
| (30) | $ER3$ | 0.711 | 0.789 | 0.73 | |
| | $fL/(2 \times FE_X)$ | 0.1092625 | 0.10078587 | 0.10084923 | |
| | 实施例 4 | 实施例 5 | 实施例 6 | | |
| (1) | fL/R_{sp} | 0.27163239 | 0.18683333 | 0.08561921 | |
| (2) | D_{pc}/fL | 3.19940278 | 3.20657679 | 3.27068549 | 30 |
| (3) | D_3/fL | 4.66003651 | 4.93204141 | 5.19295294 | |
| (4) | $1/r_1-1/r_2$ | 0.26003195 | 0.11907798 | | |
| | 0.07147199 | | | | |
| (5) | $1/f_3x-1/(10 \times fL)$ | -0.1492162 | -0.3893579 | | |
| | -0.2997501 | | | | |
| (6) | $3F$ | -0.7329317 | -0.7904393 | -0.6863543 | |
| (7) | f_3/fL | 3.63078673 | 3.64935171 | 3.39567989 | |
| (8) | fL/f_31 | -0.0940709 | 0.39097541 | 0.21412749 | |
| (9) | $(a_nSNi ' a_nSNi)/a_rSNi$ | 0.27586182 | 0.37499231 | 0.32993692 | |
| (10) | $(b_nSNi ' b_nSNi)/b_rSNi$ | -0.2901111 | -0.2690106 | -0.1844285 | 40 |
| (11) | f_3R/fL | 5.51990295 | 3.35239085 | 5.7539113 | |
| (12) | $(3RCP-3RCN)$ | | | | |
| | $-(3FCP-3FCN)$ | 78.31 | 28.29 | 74.28 | |
| (13) | $fL/rSNr$ | -0.4709864 | -0.5772888 | 0.42114303 | |
| (14) | (r_3XF-r_3XR) | | | | |
| | $/(r_3XF+r_3XR)$ | 0.03568415 | 0.08389415 | 0 | |
| (15) | $1/r_3XC \times r_3XF$ | -0.3017574 | -0.2894972 | | |
| (16) | $1/r_3XC \times r_3XR$ | -0.3240903 | -0.3425197 | | |
| (17) | $31P-32P$ | -22.32 | -52.76 | -53.08 | |
| (18) | $33P$ | | | | 50 |

| | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|----|
| -(31P+ 32P)/2 | 43.86 | 37.69 | 26.54 | |
| (19) 31N- 32N | 23.29 | 16.98 | 21.2 | |
| (20)(R21F+R21R) | | | | |
| /(R21F-R21R) | -12.02641 | -8.232687 | -5.1426732 | |
| (21)D21/fL | 0.86650492 | 0.68900261 | 0.65323348 | |
| (22) 2F | 1.14594 | 1.13061 | 1.1682 | |
| (23) 2N/ 2F | 1.04846676 | 1.04334828 | 1.06389317 | |
| (24)(1- 2F ²) × <u>3F</u> | 0.22953791 | 0.21996283 | 0.25030583 | |
| (25)(1- 2N ²) × <u>3N</u> | 0.32509417 | 0.3094599 | 0.3738214 | |
| (26)1/r ₁ X _F -1/r ₁ X _R | -1.1372683 | -0.9079353 | -1.2729124 | 10 |
| -0.2515492 | | | | |
| (27)SD1/fL | 2.66616898 | 1.60656218 | 1.84729939 | |
| (28)fB/fL | 5.13077559 | 5.12593955 | 3.54141503 | |
| (29)fL × tan max | 2.30910847 | 2.28831395 | 2.15048988 | |
| 2y _{max} | 1.624 | 1.624 | 1.624 | |
| (30)ER3 | 0.857 | 0.751 | 0.623 | |
| fL/(2 × F _{EX}) | 0.10082527 | 0.10301483 | 0.09720028 | |
| 実施例 7 | 実施例 8 | 実施例 9 | | |
| (1)fL/Rsp | 0.39589403 | 0.4314243 | 0.3910113 | |
| (2) Dpc/fL | 5.31976658 | 4.48759499 | 4.16200581 | 20 |
| (3) D3/fL | 7.84796988 | 8.17154509 | 5.78787886 | |
| (4)1/r ₁ -1/r ₂ | 0.02789861 | 0.02200448 | 0.27774691 | |
| (5)1/f ₃ x-1/(10 × fL) | -0.1670682 | -0.1137174 | -0.1520987 | |
| (6) 3F | -0.9080881 | -0.9401166 | -0.9109319 | |
| (7)f ₃ /fL | 4.00688218 | 4.27663826 | 4.32350348 | |
| (8)fL/f ₃ 1 | -0.1854074 | 0.03879834 | 0.03353994 | |
| (9)(a _n S _{Ni} 'a _n S _{Ni})/a _r S _{Ni} | 0.39766832 | 0.40190328 | 0.41577253 | |
| (10)(b _n S _{Ni} 'b _n S _{Ni})/b _r S _{Ni} | -0.2661625 | -0.2053562 | -0.1426686 | |
| (11)f ₃ R/fL | 6.60170102 | 4.54410961 | 4.30483635 | |
| (12)(3RCP- 3RCN) | | | | 30 |
| -(3FCP- 3FCN) | 74.94 | 58.59 | 89.34 | |
| (13)fL/r _S N _r | -0.4688375 | -0.4406472 | -0.278948 | |
| (14)(r ₃ X _F -r ₃ X _R) | | | | |
| /(r ₃ X _F +r ₃ X _R) | -0.026215 | -0.0195072 | -0.0176652 | |
| (15)1/r ₃ X _C × r ₃ X _F | -0.3229024 | -0.2927005 | -0.3911432 | |
| (16)1/r ₃ X _C × r ₃ X _R | -0.306405 | -0.2814994 | -0.3775639 | |
| (17) 31P- 32P | -53.08 | 15.66 | -55.02 | |
| (18) 33P | | | | |
| -(31P+ 32P)/2 | 26.54 | 43.58 | 40.63 | |
| (19) 31N- 32N | 0 | 0 | 21.2 | 40 |
| (20)(R21F+R21R) | | | | |
| /(R21F-R21R) | -4.3762103 | -4.5596133 | -6.7902008 | |
| (21)D21/fL | 0.65401125 | 0.65121486 | 0.61218508 | |
| (22) 2F | 1.10738 | 1.09942 | 1.10187 | |
| (23) 2N/ 2F | 1.04058228 | 1.04018482 | 1.04407961 | |
| (24)(1- 2F ²) × <u>3F</u> | 0.20549211 | 0.19622592 | 0.19504605 | |
| (25)(1- 2N ²) × <u>3N</u> | 0.29770948 | 0.28938864 | 0.29469696 | |
| (26)1/r ₁ X _F -1/r ₁ X _R | -0.8354917 | -0.8377314 | -0.9532888 | |
| -0.3840369 | -0.4022526 | -0.342454 | | |
| (27)SD1/fL | 2.03028791 | 2.05644261 | 2.03914818 | 50 |

| | | | | |
|------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|----|
| (28)fB/fL | 5.1278428 | 5.12095323 | 5.36227231 | |
| (29)fL × tan max | 2.30155347 | 2.31473051 | 2.194474 | |
| 2y _{max} | 1.624 | 1.624 | 1.624 | |
| (30)ER3 | 0.993 | 0.935 | 0.93 | |
| fL/(2 × F _{EX}) | 0.10200435 | 0.10272317 | 0.09766221 | |
| 実施例 1 0 | | | | |
| (1)fL/Rsp | 0.43144155 | | | |
| (2) Dpc/fL | 4.48741556 | | | |
| (3) D3/fL | 8.17121837 | | | |
| (4)1/r ₁ -1/r ₂ | 0.02200448 | | | 10 |
| (5)1/f _{3x} -1/(10 × fL) | -0.1137121 | | | |
| (6) 3F | -0.9411887 | | | |
| (7)f ₃ /fL | 4.27646727 | | | |
| (8)fL/f ₃₁ | 0.03879989 | | | |
| (9)(a ⁿ SNi ' a ⁿ SNi)/a ^r SNi | 0.40190328 | | | |
| (10)(b ⁿ SNi ' b ⁿ SNi)/b ^r SNi | -0.2053562 | | | |
| (11)f _{3R} /fL | 4.54392792 | | | |
| (12)(3RCP- 3RCN) | | | | |
| -(3FCP- 3FCN) | 58.59 | | | |
| (13)fL/r _{SNr} | -0.4406648 | | | 20 |
| (14)(r _{3XF} -r _{3XR}) | | | | |
| /(r _{3XF} +r _{3XR}) | -0.0195072 | | | |
| (15)1/r _{3XC} × r _{3XF} | -0.2927005 | | | |
| (16)1/r _{3XC} × r _{3XR} | -0.2814994 | | | |
| (17) 31P- 32P | 15.66 | | | |
| (18) 33P | | | | |
| -(31P+ 32P)/2 | 43.58 | | | |
| (19) 31N- 32N | 0 | | | |
| (20)(R _{21F} +R _{21R}) | | | | |
| /(R _{21F} -R _{21R}) | -4.5596133 | | | 30 |
| (21)D ₂₁ /fL | 0.65118883 | | | |
| (22) 2F | 1.09912 | | | |
| (23) 2N/ 2F | 1.03888565 | | | |
| (24)(1- 2F ²) × <u>3F</u> | 0.19582849 | | | |
| (25)(1- 2N ²) × <u>3N</u> | 0.28597518 | | | |
| (26)1/r _{1XF} -1/r _{1XR} | -0.7264274 | | | |
| -0.4787074 | | | | |
| (27)SD ₁ /fL | 2.30009848 | | | |
| (28)fB/fL | 5.1223478 | | | |
| (29)fL × tan max | 4.17170907 | | | 40 |
| 2y _{max} | 1.624 | | | |
| (30)ER3 | 0.936 | | | |
| fL/(2 × F _{EX}) | 0.1029528 | | | |

【 0 2 3 0 】

図 2 1 は、撮像装置の例である。この例では、撮像装置は内視鏡システムである。図 2 1 は、内視鏡システムの概略構成を示す図である。

【 0 2 3 1 】

内視鏡システム 3 0 0 は、電子内視鏡を用いた観察システムである。内視鏡システム 3 0 0 は、電子内視鏡 3 1 0 と画像処理装置 3 2 0 とから構成されている。電子内視鏡 3 1 0 は、スコープ部 3 1 0 a と接続コード部 3 1 0 b とを備えている。また、画像処理装置 3

20には、表示ユニット330が接続されている。

【0232】

スコープ部310aは、操作部340と挿入部341に大別される。挿入部341は、細長で患者の体腔内へ挿入可能になっている。また、挿入部341は、可撓性を有する部材で構成されている。観察者は、操作部340に設けられているアングルノブ等により、諸操作を行うことができる。

【0233】

また、操作部340からは、接続コード部310bが延設されている。接続コード部310bは、ユニバーサルコード350を備えている。ユニバーサルコード350は、コネクタ360を介して画像処理装置320に接続されている。

10

【0234】

ユニバーサルコード350は、各種の信号等の送受信に用いられる。各種の信号としては、電源電圧信号及びCCD駆動信号等がある。これらの信号は、電源装置やビデオプロセッサからスコープ部310aに送信される。また、各種の信号として映像信号がある。この信号は、スコープ部310aからビデオプロセッサに送信される。

【0235】

なお、画像処理装置320内のビデオプロセッサには、図示しないVTRデッキ、ビデオプリンタ等の周辺機器が接続可能である。ビデオプロセッサは、スコープ部310aからの映像信号に対して信号処理を施す。映像信号に基づいて、表示ユニット330の表示画面上に内視鏡画像が表示される。

20

【0236】

挿入部341の先端部342には、光学系が配置されている。図22は、内視鏡の光学系の構成を示す図である。光学系400は、照明部と観察部とを有する。

【0237】

照明部は、ライトガイド401と照明レンズ402とを有する。ライトガイド401は、照明光を挿入部341の先端部342に伝送する。伝送された照明光は、ライトガイド401の先端面から出射する。

【0238】

先端部342には、照明レンズ402が配置されている。照明レンズ402は、ライトガイド401の先端面と対向する位置に配置されている。照明光は照明レンズ402を通過し、照明窓403から出射する。これにより、被検体内部の観察対象部位（以下、「観察部位404」という）が照明される。

30

【0239】

先端部342には、観察窓405が、照明窓403の隣に設けられている。観察部位404からの光は、観察窓405を通過して、先端部342内に入射する。観察窓405の後方には、観察部が設けられている。

【0240】

観察部は、広角光学系406と撮像素子407とを有する。広角光学系406に、例えば、実施例1の広角光学系が用いられている。

【0241】

観察部位404からの反射光は、広角光学系406を通過して撮像素子407に入射する。撮像素子407の撮像面には、観察部位404の像（光学像）が形成される。観察部位404の像は撮像素子407によって光電変換され、これにより観察部位404の画像が得られる。観察部位404の画像は表示ユニット330に表示される。このようにして、観察者は、観察部位404の画像を観察できる。

40

【0242】

広角光学系406では、像面は湾曲形状になっている。撮像素子407は、像面の形状と同じ湾曲形状の受光面（撮像面）を有している。撮像素子407を用いることで、撮影画像の画質を向上することができる。

【0243】

50

図 2 3 と図 2 4 は、撮像装置の光学系の構成を示す図である。光学系は、対物光学系 O B J と、カバーガラス C と、プリズム P と、を有する。カバーガラス C は、対物光学系 O B J とプリズム P との間に配置されている。カバーガラス C の代わりに、光学フィルタを配置しても良い。あるいは、カバーガラス C は配置しなくても良い。

【 0 2 4 4 】

図 2 3 では、対物光学系 O B J に、実施例 1 の広角光学系が用いられている。図 2 4 では、対物光学系 O B J に、実施例 2 の広角光学系が用いられている。また、図 2 4 では、プリズム P と像面 I の間に、カバーガラス C ' が配置されている。

【 0 2 4 5 】

プリズム P は、プリズム P 1 と、プリズム P 2 と、を有する。プリズム P 1 とプリズム P 2 は、共に三角プリズムである。プリズム P 1 とプリズム P 2 とで、光路分割素子が形成されている。

10

【 0 2 4 6 】

プリズム P 1 は、光学面 S 1 と、光学面 S 2 と、光学面 S 3 と、を有する。プリズム P 2 は、光学面 S 3 と、光学面 S 4 と、光学面 S 5 と、を有する。プリズム P 1 は、プリズム P 2 に接合されている。プリズム P 1 とプリズム P 2 とで、接合面が形成される。光学面 S 3 は、接合面である。

【 0 2 4 7 】

対物光学系 O B J から射出された光（以下、「結像光」という）は、カバーガラス C を通過して、光学面 S 1 に入射する。光学面 S 1 は透過面なので、結像光は光学面 S 1 を透過する。

20

【 0 2 4 8 】

続いて、結像光は光学面 S 3 に入射する。光学面 S 3 は、面の法線が光軸に対して 4 5 度となるように配置されている。光学面 S 3 に入射した結像光は、光学面 S 3 を透過する光（以下、「結像光 1」という）と、光学面 S 3 で反射される光（以下、「結像光 2」という）と、に分かれる。

【 0 2 4 9 】

結像光 1 と結像光 2 は、互いに異なる方向に進行する。結像光 1 が進行する光路を第 1 の光路とし、結像光 2 が進行する光路を第 2 の光路とすると、光学面 S 3 によって、第 1 の光路と第 2 の光路が形成される。このように、光学面 S 3 は、光路分割面として機能する。

30

【 0 2 5 0 】

第 1 の光路は、対物光学系 O B J の光路の延長線上に形成されている。第 2 の光路は、第 1 の光路と交差するように形成されている。図 2 3 と図 2 4 では、第 2 の光路は第 1 の光路と直交している。

【 0 2 5 1 】

第 1 の光路には、光学面 S 3、光学面 S 4、及び光学面 S 5 が位置している。光学面 S 3 を透過した結像光 1 は、光学面 S 4 に入射する。光学面 S 4 は反射面である。結像光 1 は光学面 S 4 で反射され、光学面 S 5 に入射する。光学面 S 5 は透過面である。結像光 1 は光学面 S 5 を透過し、光学面 S 5 の近傍の像面 I に集光する。像面 I に、結像光 1 による光学像が形成される。

40

【 0 2 5 2 】

第 2 の光路には、光学面 S 3、光学面 S 2、光学面 S 3、及び光学面 S 5 が位置している。光学面 S 3 で反射された結像光 2 は、光学面 S 2 に入射する。光学面 S 2 は反射面である。結像光 2 は光学面 S 2 で反射され、光学面 S 3 に入射する。光学面 S 3 では、結像光 2 は、光学面 S 3 を透過する光と、光学面 S 3 で反射される光と、に分かれる。

【 0 2 5 3 】

光学面 S 3 を透過した結像光 2 は、光学面 S 5 に入射する。結像光 2 は光学面 S 5 を透過し、光学面 S 5 の近傍の像面 I に集光する。像面 I に、結像光 2 による光学像が形成される。

【 0 2 5 4 】

50

図 2 3 に示す光学系と図 2 4 に示す光学系では 2 つの光路が形成されているので、同一平面に光学像が 2 つ形成される。この同一平面は、2 つの光路における像面 I である。

【 0 2 5 5 】

第 1 の光路における光路長と第 2 の光路における光路長が等しい場合、同一平面内の異なる位置に、ピントの合った光学像が 2 つ形成される。2 つの光学像は、同一物体にピントが合ったときの光学像である。よって、一方の光学像における物体面の位置と他方の光学像における物体面の位置は等しい。

【 0 2 5 6 】

一方、第 1 の光路における光路長と第 2 の光路における光路長が異なる場合も、同一平面内の異なる位置に、ピントの合った光学像が 2 つ形成される。ただし、2 つの光学像は、異なる物体にピントが合ったときの光学像である。よって、一方の光学像における物体面の位置と他方の光学像における物体面の位置は異なる。

10

【 0 2 5 7 】

例えば、第 1 の光路における光路長が第 2 の光路における光路長よりも短いとする。この場合、結像光 1 によって形成される光学像の物体面は、結像光 2 によって形成される物体面よりも遠くに位置している。このように、対物光学系 O B J からの距離（以下、「物体距離」という）が異なる 2 つの物体面に対して、それぞれピントを合わせることになる。2 つの物体面で物体距離が異なっても、同一平面内の異なる位置に、2 つの光学像が形成される。

【 0 2 5 8 】

対物光学系 O B J は、ピントの合っている区間（以下、「合焦区間」という）を有する。合焦区間は物体距離で表される区間であって、対物光学系 O B J の被写界深度に相当する。合焦区間では、物体面がどこに位置していても、ピントの合った光学像が形成される。

20

【 0 2 5 9 】

2 つの物体面で物体距離が異なる場合、一方の物体面における合焦区間の位置と、他方の物体面における合焦区間の位置との間で、ずれが生じる。2 つの物体面の間隔を適切に設定することで、一方の物体面における合焦区間の一部と、他方の物体面における合焦区間の一部を、重複させることができる。

【 0 2 6 0 】

こうして、合焦区間がずれた 2 つの光学像を撮像し、これにより 2 つの画像を取得する。そして、撮像した 2 つの画像からピントが合っている領域（被写界深度に相当する範囲の画像領域）だけを抽出し、抽出した領域を合成する。このようにすることで、被写界深度の大きな画像を取得することができる。

30

【 0 2 6 1 】

光学面 S 3 には、例えば、ハーフミラー面、又は偏光ビームスプリッタ面を用いることができる。

【 0 2 6 2 】

光学面 S 3 がハーフミラー面の場合、結像光の光量の半分が光学面 S 3 で反射され、残りの半分が光学面 S 3 を透過する。よって、結像光 2 の光量は、結像光の光量の半分の光量になる。結像光 2 は、光学面 S 2 で反射される。光学面 S 2 で反射された結像光 2 は、光学面 S 3 を透過する。光学面 S 3 では、結像光 2 の光量の半分しか透過させることができない。

40

【 0 2 6 3 】

光学面 S 3 が偏光ビームスプリッタ面の場合、カバーガラス C の代わりに、偏光解消板、又は波長板を用いてもよい。また、光学面 S 2 は反射面ではなく、透過面である。そして、光学面 S 2 から離れた位置に、反射面を配置する。更に、光学面 S 2 と反射面との間に、 $\lambda/4$ 波長板を配置する。

【 0 2 6 4 】

P 偏光は紙面内に光の振幅を持つ偏光で、S 偏光は紙面と直交する面内に振幅を持つ偏光である。P 偏光は光学面 S 3 を透過し、S 偏光は光学面 S 3 で反射されるとすると、P 偏

50

光が結像光 1 に対応し、S 偏光が結像光 2 に対応する。

【0265】

例えば、カバーガラス C の代わりに偏光解消板が用いられると、結像光は偏光解消板を通過する。そのため、偏光解消板から射出された結像光では、結像光に含まれる P 偏光と S 偏光の割合は、略半分になる。光学面 S 3 に入射した結像光は、光学面 S 3 で P 偏光と S 偏光に分かれる。よって、結像光 2 の光量は、結像光の光量の半分の光量になる。

【0266】

光学面 S 3 から光学面 S 2 に向かうときの結像光 2 は、S 偏光である。光学面 S 2 が反射面の場合、結像光 2 は S 偏光のままで光学面 S 3 に向かって反射される。光学面 S 2 から光学面 S 3 に向かうときの結像光 2 は S 偏光なので、結像光 2 は光学面 S 3 を透過できない。

10

【0267】

一方、光学面 S 2 が透過面の場合、結像光 2 は反射面で反射される。光学面 S 2 と反射面との間には、 $\lambda/4$ 波長板が配置されている。光学面 S 2 と反射面との間を結像光 2 が往復することで、結像光 2 における偏光方向が 90 度回転する。よって、S 偏光を P 偏光に変換することができる。その結果、光学面 S 2 から光学面 S 3 に向かうときの結像光は、P 偏光になる。

【0268】

光学面 S 3 には、P 偏光に変換された結像光 2 が到達する。よって、結像光 2 は光学面 S 3 で反射されない。すなわち、光学面 S 3 では、結像光 2 の光量のほぼ全てを透過させることができる。

20

【0269】

図 25 は、撮像装置の概略構成を示す図である。(A) は全体構成を示す図、(B) は物体の向きを示す図である。

【0270】

図 25 (A) に示すように、撮像装置 500 は、対物光学系 501 と、偏光解消板 502 と、第 1 プリズム 503 と、第 2 プリズム 504 と、第 3 プリズム 505 と、波長板 506 と、ミラー 507 と、撮像素子 508 と、画像処理部 511 と、画像表示装置 512 と、を有する。

【0271】

撮像装置 500 では、第 1 プリズム 503、第 2 プリズム 504、及び第 3 プリズム 505 で、光路分割素子が形成されている。

30

【0272】

対物光学系 501 は、物体の像を形成する。対物光学系 501 と第 1 プリズム 503 との間に、偏光解消板 502 が配置されている。

【0273】

第 1 プリズム 503 と第 2 プリズム 504 は接合されている。第 1 プリズム 503 と第 2 プリズム 504 によって、接合面 509 が形成されている。接合面 509 に入射した光は、接合面 509 で反射された光と、接合面 509 を透過する光に分かれる。

【0274】

接合面 509 には、偏光ビームスプリッタ面を用いることができる。この場合、接合面 509 では、例えば、P 偏光は透過され、S 偏光は反射される。

40

【0275】

接合面 509 を透過した P 偏光は、第 2 プリズム 504 から射出される。P 偏光は、第 3 プリズム 505 に入射し、光学面 510 に到達する。光学面 510 は、例えば、ミラー面である。よって、P 偏光は、光学面 510 で反射される。

【0276】

光学面 510 で反射された P 偏光は、第 3 プリズム 505 から射出され、撮像素子 508 に入射する。図 25 (B) に示すように、撮像素子 508 は、第 1 領域 513 と、第 2 領域 514 と、を有する。光学面 510 で反射された P 偏光は、第 1 領域 513 に入射する

50

。よって、第1領域513に、光学像が形成される。

【0277】

一方、接合面509で反射されたS偏光は、第1プリズム503から射出される。S偏光は、波長板506に入射する。波長板506には、 $\lambda/4$ 波長板が用いられている。そのため、S偏光は、波長板506で円偏光に変換される。その結果、波長板506から、円偏光が射出される。

【0278】

円偏光は、ミラー507で反射され、再び波長板506に入射する。波長板506から射出された光は、第1プリズム503に入射し、接合面509に到達する。波長板506に入射した円偏光は、波長板506でP偏光に変換される。接合面509に到達した光はP偏光なので、接合面509を透過する。

10

【0279】

接合面509を透過したP偏光は、第2プリズム504から射出され、撮像素子508に入射する。上述のように、撮像素子508は、第1領域513と、第2領域514と、を有する。接合面509を透過したP偏光は、第2領域514に入射する。その結果、第2領域514に、光学像が形成される。

【0280】

撮像素子508には、例えば、ローリングシャッタ方式が採用されている。ローリングシャッタ方式では、1ラインずつ画像情報が読み出される。撮像素子508は、画像処理部511に接続されている。読み出された画像情報は、画像処理部511に入力される。

20

【0281】

画像処理部511は、第2画像処理部511bを有する。第2画像処理部511bでは、1ラインずつ読み出された画像情報を用いて、焦点が合った画像を表示用画像として選択することができる。第2画像処理部511bが選択した1ラインずつの画像は、合成されて画像表示装置512に表示される。

【0282】

画像処理部511について説明する。画像処理部511は、例えば、中央処理演算装置(不図示)に設けられている。画像処理部511は、第1画像処理部511aと、第2画像処理部511bと、第3画像処理部511cと、第4画像処理部511dと、第5画像処理部511eと、を有している。

30

【0283】

第1画像処理部511aでは、第1領域513から取得された画像(以下「第1画像」という)の向きと、第2領域514から取得された画像(以下「第2画像」という)の向きが補正される。画像の向きの補正では、例えば、画像が回転される。

【0284】

第1画像の向きと、第2画像の向きは、各々、第1領域513に形成される光学像(以下「第1光学像」という)の向きと、第2領域514に形成される光学像(以下「第2光学像」という)の向きによって決まる。

【0285】

図26は、物体、対物光学系、及び光路分割素子の位置関係を示す図である。例えば、図26に示すような「F」の文字を観察する場合について説明する。第1光学像の向きと、第2光学像の向きは、各々、図25(B)に示すような向きになる。

40

【0286】

図25(B)に示すように、第1光学像と第2光学像は、互いに鏡像の関係になっている。更に、紙面の上下方向を正立方向とすると、第1光学像と第2光学像は、正立方向から90度回転している。

【0287】

そこで、物体の画像を画像表示装置512に表示させる場合には、第1画像処理部511aで、第1画像を、第1領域513の中心点を中心として90度回転させる。第2画像についても、領域514の中心点を中心として90度回転させる。そして、第2画像につい

50

ては、画像を反転させて鏡像を補正する。

【0288】

第1画像処理部511aによる処理が終了と、第2画像処理部511bによる処理が実行される。ただし、必要に応じて、第2画像処理部511bによる処理を実行する前に、第3画像処理部511c、第4画像処理部511d、及び第5画像処理部511eのうちの少なくとも1つの処理を実行しても良い。

【0289】

第3画像処理部511cは、第1画像のホワイトバランスと第2画像のホワイトバランスが、調整可能に構成されている。第4画像処理部511dは、第1画像の中心位置と第2画像の中心位置が、移動可能又は選択可能に構成されている。第5画像処理部511eは、第1画像の表示範囲と第2画像の表示範囲が、調整可能に構成されている。また、第5画像処理部511eでは、表示範囲に代えて、表示倍率が調整可能に構成されていても良い。

10

【0290】

第2画像処理部511bは、第1画像と第2画像とを比較し、焦点が合った領域の画像を表示用画像として選択するように構成されている。

【0291】

第2画像処理部511bは、例えば、高域通過フィルタと、比較器と、切替器と、を有する。第1領域513と第2領域514の各々に、高域通過フィルタが接続されている。高域通過フィルタでは、第1画像と第2画像の各々から、高域成分が抽出される。

20

【0292】

2つの高域通過フィルタの出力は、比較器に入力される。2つの高域通過フィルタで抽出された高域成分は、比較器で比較される。比較結果は、切替器に入力される。切替器には、更に、第1領域513と第2領域514が接続されている。よって、切替器には、比較結果、第1画像の信号、及び第2画像の信号が入力されている。

【0293】

切替器では、比較結果に基づいて、第1画像において高域成分の多い領域と、第2画像において高域成分の多い領域とが、選択される。

【0294】

画像表示装置512は、表示領域を有している。表示領域には、第2画像処理部511bが選択した画像が表示される。画像表示装置512は、第1の画像と第2の画像を表示する表示領域を有していてもよい。

30

【産業上の利用可能性】

【0295】

以上のように、本発明は、諸収差が良好に補正され、移動するレンズの外径と、移動するレンズ群の近くに位置するレンズの外径が、十分に小さく、適切なバックフォーカスを有する広角光学系及びそれ用いた撮像装置に適している。

【符号の説明】

【0296】

G1 第1レンズ群

40

G2 第2レンズ群

G3 第3レンズ群

S 明るさ絞り

F フィルタ

C、C1、C2 カバーガラス

P、P1、P2 プリズム

I 像面

300 内視鏡システム

310 電子内視鏡

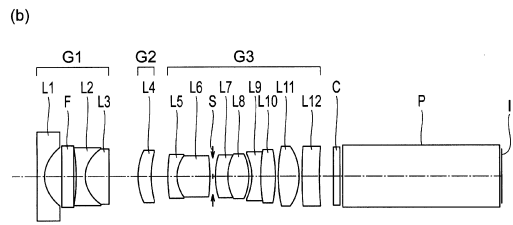
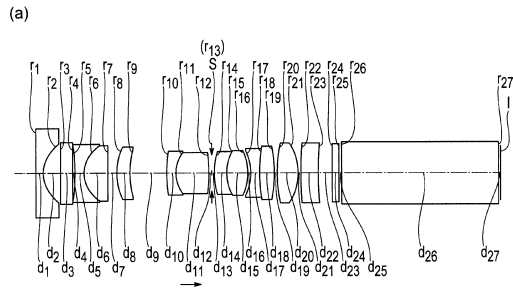
310a スコープ部

50

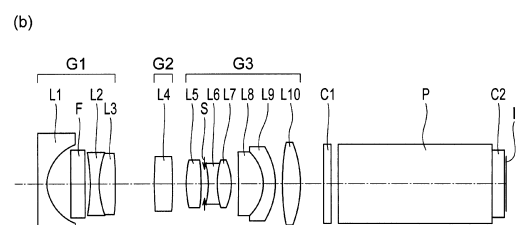
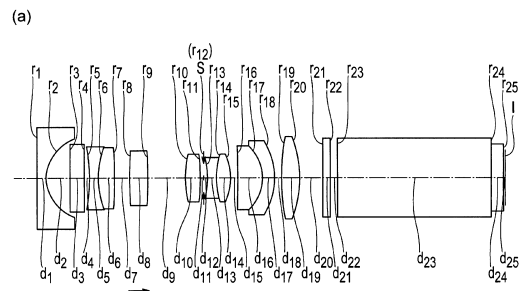
| | | |
|---------------------------|-----------|----|
| 3 1 0 b | 接続コード部 | |
| 3 2 0 | 画像処理装置 | |
| 3 3 0 | 表示ユニット | |
| 3 4 0 | 操作部 | |
| 3 4 1 | 挿入部 | |
| 3 4 2 | 先端部 | |
| 3 5 0 | ユニバーサルコード | |
| 3 6 0 | コネクタ | |
| 4 0 0 | 光学系 | |
| 4 0 1 | ライトガイド | 10 |
| 4 0 2 | 照明レンズ | |
| 4 0 3 | 照明窓 | |
| 4 0 4 | 観察部位 | |
| 4 0 5 | 観察窓 | |
| 4 0 6 | 広角光学系 | |
| 4 0 7 | 撮像素子 | |
| 5 0 0 | 撮像装置 | |
| 5 0 1 | 対物光学系 | |
| 5 0 2 | 偏光解消板 | |
| 5 0 3 | 第1プリズム | 20 |
| 5 0 4 | 第2プリズム | |
| 5 0 5 | 第3プリズム | |
| 5 0 6 | 波長板 | |
| 5 0 7 | ミラー | |
| 5 0 8 | 撮像素子 | |
| 5 0 9 | 接合面 | |
| 5 1 0、S 1、S 2、S 3、S 4、S 5 | 光学面 | |
| 5 1 1 | 画像処理部 | |
| 5 1 1 a | 第1画像処理部 | |
| 5 1 1 b | 第2画像処理部 | 30 |
| 5 1 1 c | 第3画像処理部 | |
| 5 1 1 d | 第4画像処理部 | |
| 5 1 1 e | 第5画像処理部 | |
| 5 1 2 | 画像表示装置 | |
| 5 1 3 | 第1領域 | |
| 5 1 4 | 第2領域 | |

【図面】

【図 1】



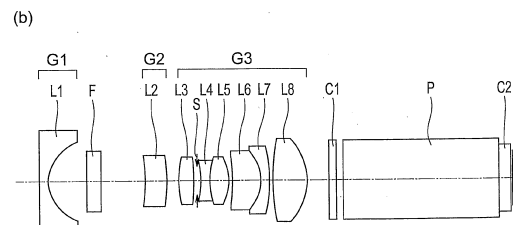
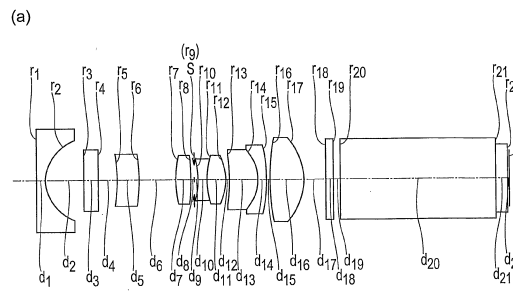
【図 2】



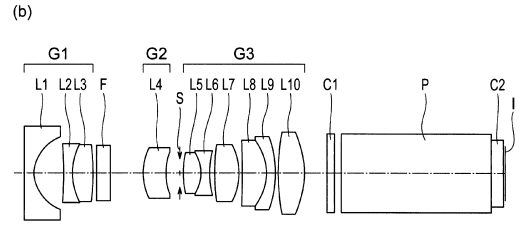
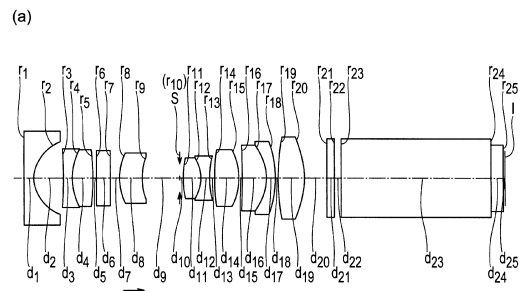
10

20

【図 3】



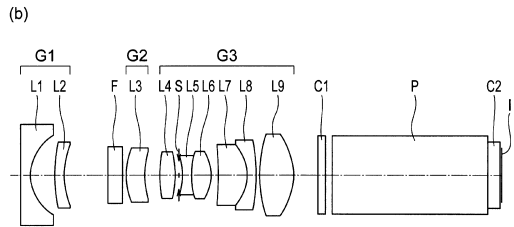
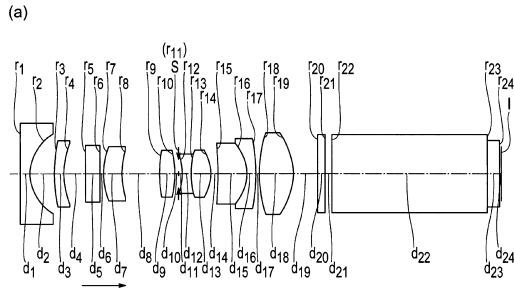
【図 4】



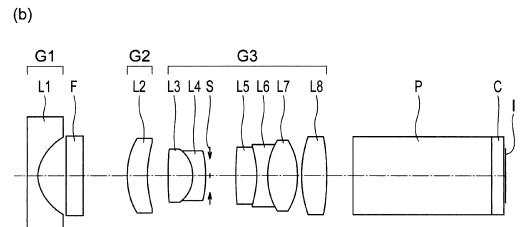
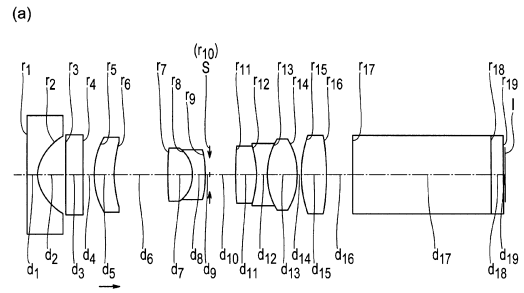
30

40

【 図 5 】



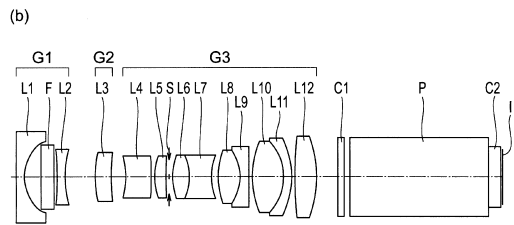
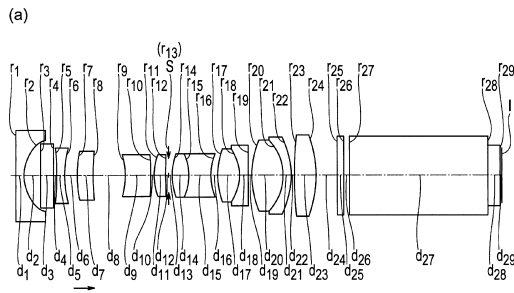
【 図 6 】



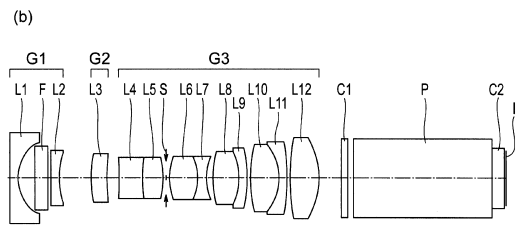
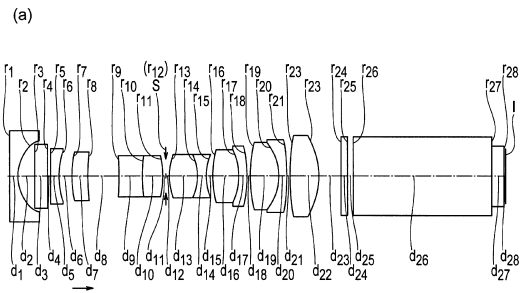
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

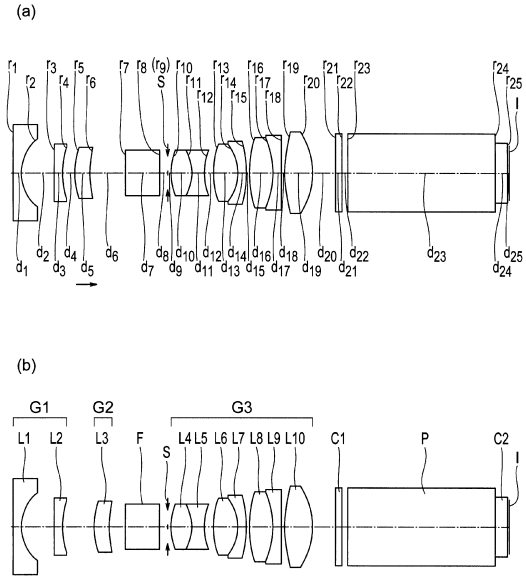


30

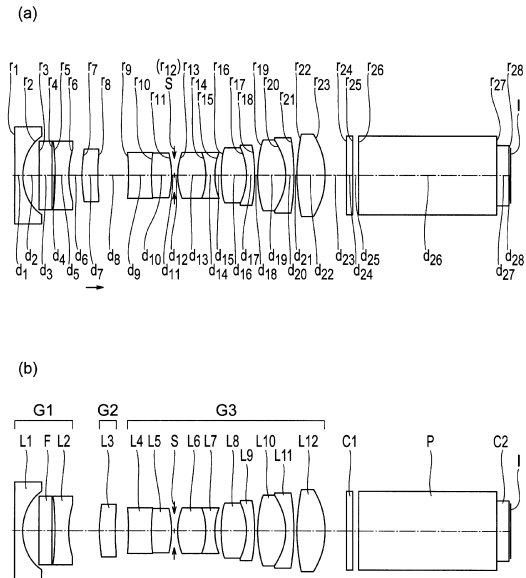
40

50

【 図 9 】



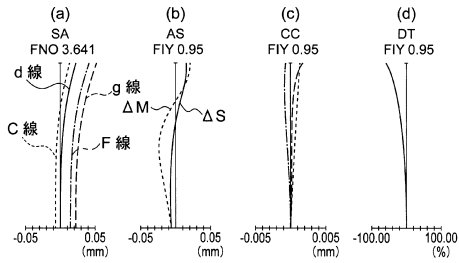
【 図 10 】



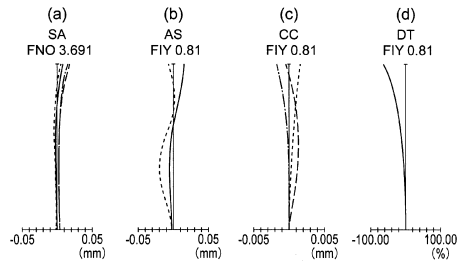
10

20

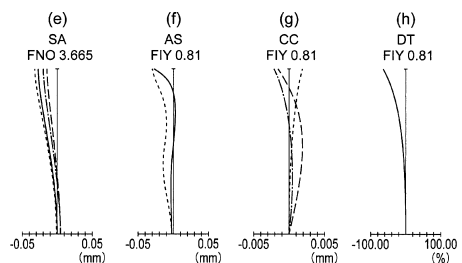
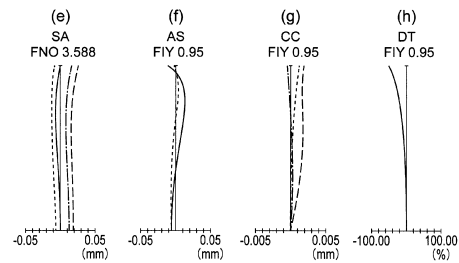
【 図 11 】



【 図 12 】



30

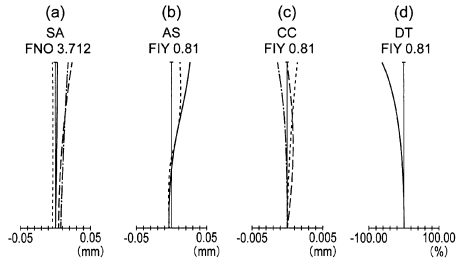


40

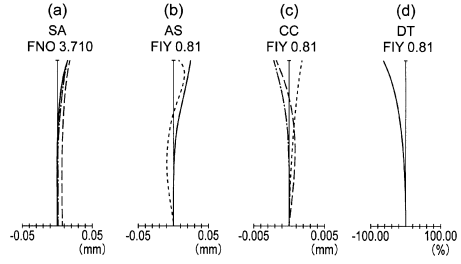
435.84 - - - -
 486.13 - - - -
 587.56 - - - -
 656.27 - - - -

50

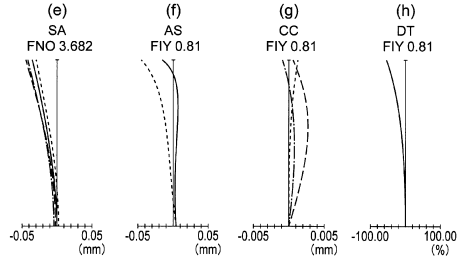
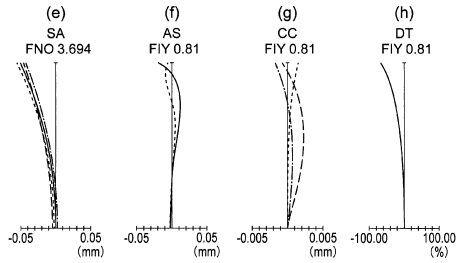
【 1 3 】



【 1 4 】

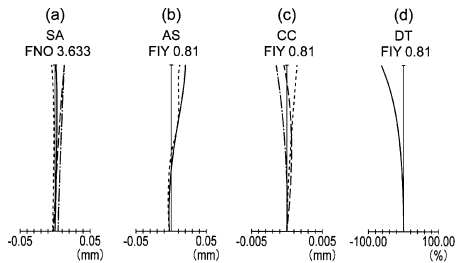


10

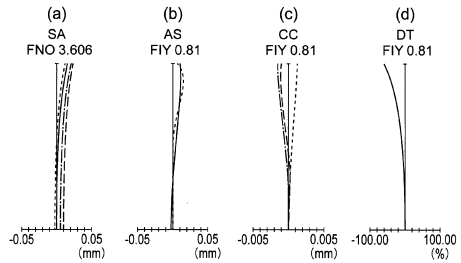


20

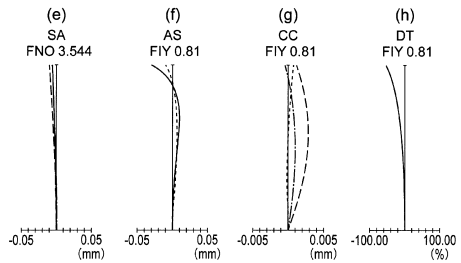
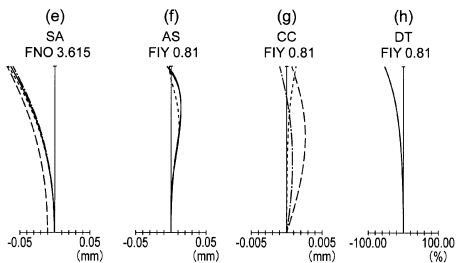
【 1 5 】



【 1 6 】



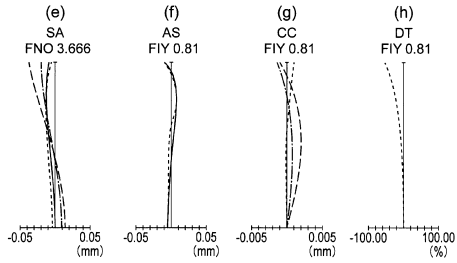
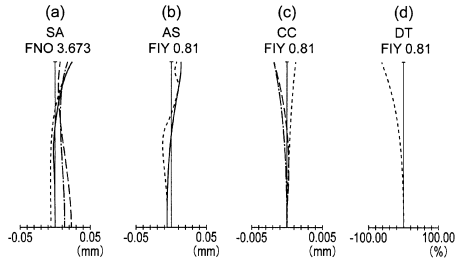
30



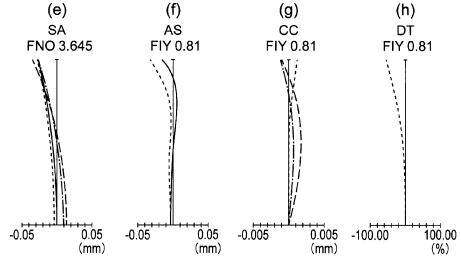
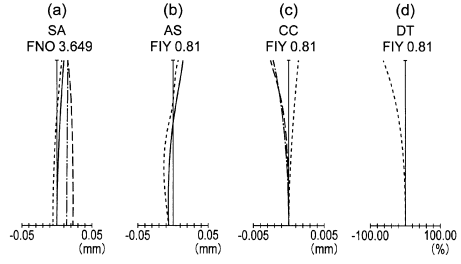
40

50

【 17 】



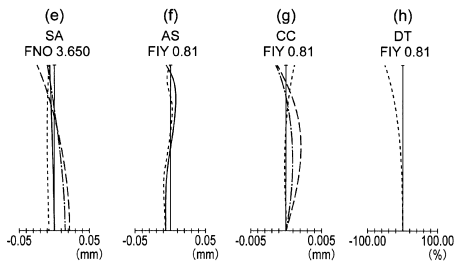
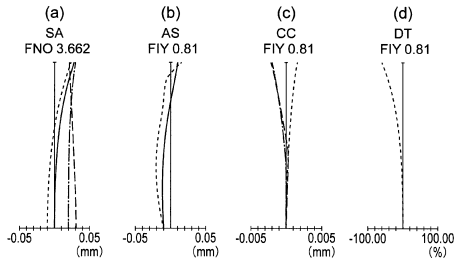
【 18 】



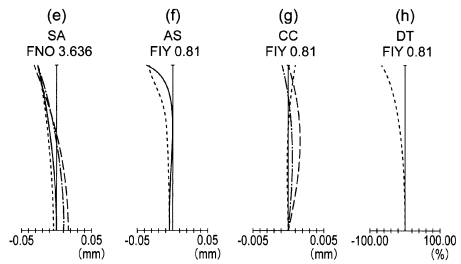
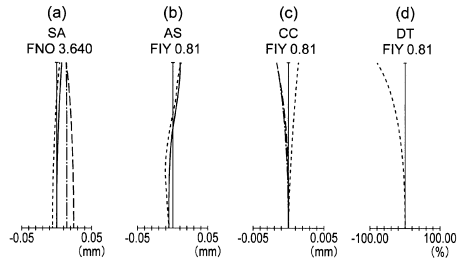
10

20

【 19 】



【 20 】

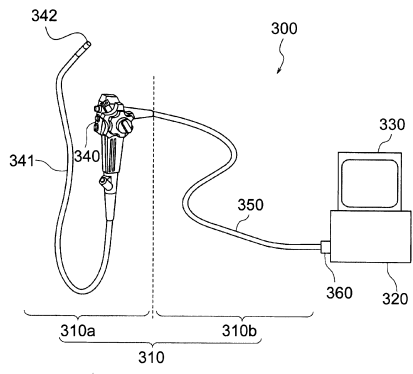


30

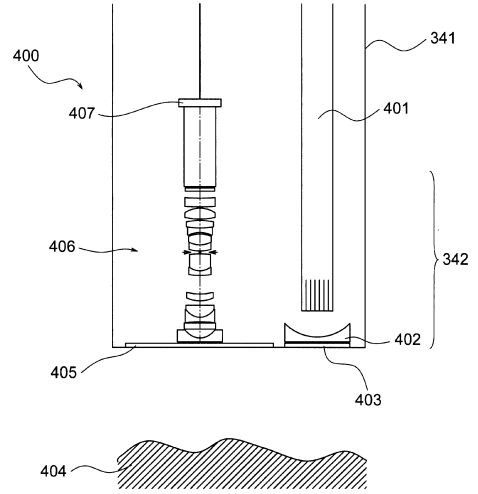
40

50

【 図 2 1 】



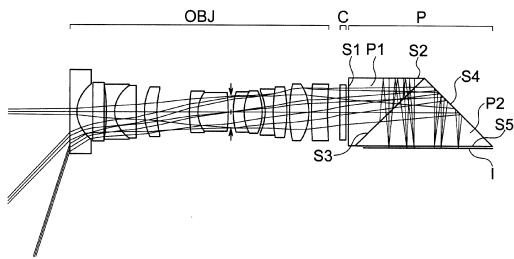
【 図 2 2 】



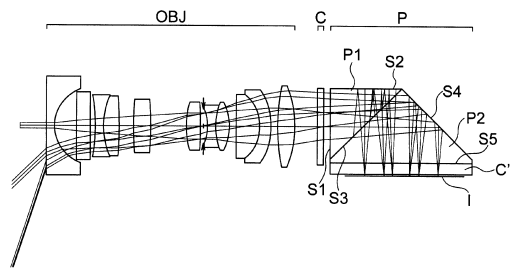
10

20

【 図 2 3 】



【 図 2 4 】

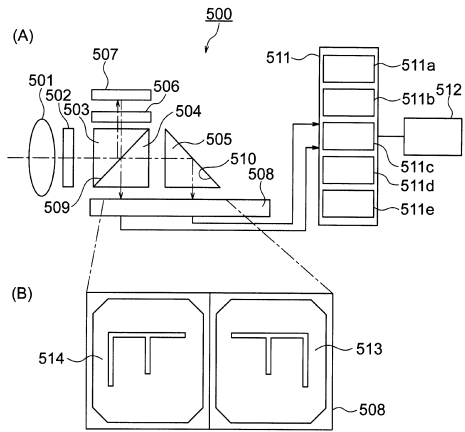


30

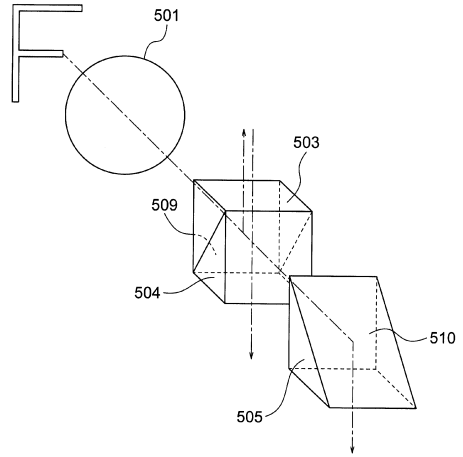
40

50

【 図 2 5 】



【 図 2 6 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2018-189733(JP,A)
特開2018-45097(JP,A)
特開2018-40948(JP,A)
特開2017-122743(JP,A)
特開2017-68114(JP,A)
特開2016-184136(JP,A)
特開2014-92728(JP,A)
特開2014-56133(JP,A)
特開2012-27309(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- | | | | |
|------|-------|---|-------|
| G02B | 9/00 | - | 17/08 |
| G02B | 21/02 | - | 21/04 |
| G02B | 25/00 | - | 25/04 |