

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7095706号

(P7095706)

(45)発行日 令和4年7月5日(2022.7.5)

(24)登録日 令和4年6月27日(2022.6.27)

(51)国際特許分類 F I  
 G 0 2 B 15/20 (2006.01) G 0 2 B 15/20  
 G 0 2 B 13/18 (2006.01) G 0 2 B 13/18

請求項の数 16 (全57頁)

(21)出願番号	特願2019-553665(P2019-553665)	(73)特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都港区港南二丁目15番3号
(86)(22)出願日	平成29年11月20日(2017.11.20)	(74)代理人	110002435 特許業務法人井上国際特許商標事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2017/041635	(74)代理人	100077919 弁理士 井上 義雄
(87)国際公開番号	WO2019/097715	(74)代理人	100172638 弁理士 伊藤 隆治
(87)国際公開日	令和1年5月23日(2019.5.23)	(74)代理人	100153899 弁理士 相原 健一
審査請求日	令和2年4月10日(2020.4.10)	(74)代理人	100159363 弁理士 井上 淳子
		(72)発明者	町田 幸介 東京都港区港南二丁目15番3号 株式 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 変倍光学系、光学装置、および変倍光学系の製造方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

6群以上の複数のレンズ群から構成され、  
 変倍時に前記各レンズ群の間隔が変化し、  
 前記複数のレンズ群は、合焦の際移動する物体側合焦レンズ群と、前記物体側合焦レンズ群より像側に配置され、合焦の際前記物体側合焦レンズ群とは異なる軌跡で移動する少なくとも一つの像側合焦レンズ群とを有し、

開口絞りを有し、

前記物体側合焦レンズ群は、前記開口絞りより像側に配置され、

前記像側合焦レンズ群は、一つのレンズ成分で構成され、

前記像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群より像側に少なくとも一つのレンズ成分を有し、

以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$0.05 < (-fRN) / ft < 4.50$$

$$0.2 < BFw / fw < 2.0$$

$$0.527 < (-fFN) / |fF| < 0.936$$

$$|WF1| / |WF2| < 4.00$$

ただし、

fRN：前記像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群より像側に配置された前記レンズ成分を構成するレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの焦点距離

$f_t$  : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$B F w$  : 広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

$f_w$  : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$f F N$  : 前記物体側合焦レンズ群および前記像側合焦レンズ群内にあるレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの焦点距離

$f F$  : 前記物体側合焦レンズ群および前記像側合焦レンズ群のうち、最も屈折力が強い合焦レンズ群の焦点距離

$W F 1$  : 無限遠物体合焦時の広角端状態における前記物体側合焦レンズ群の横倍率

$W F 2$  : 無限遠物体合焦時の広角端状態における、前記像側合焦レンズ群のうち最も物体側に配置された合焦レンズ群の横倍率

10

【請求項 2】

6 群または 7 群の複数のレンズ群から構成され、

変倍時に前記各レンズ群の間隔が変化し、

前記複数のレンズ群は、合焦の際移動する物体側合焦レンズ群と、前記物体側合焦レンズ群より像側に配置され、合焦の際前記物体側合焦レンズ群とは異なる軌跡で移動する少なくとも一つの像側合焦レンズ群とを有し、

開口絞りを有し、

前記物体側合焦レンズ群は、前記開口絞りより像側に配置され、

前記像側合焦レンズ群は、一つのレンズ成分で構成され、

前記像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群より像側に少なくとも一つのレンズ成分を有し、

20

以下の条件式を満足する変倍光学系。

$$0.05 < (-f_{RN}) / f_t < 4.50$$

$$0.2 < B F w / f_w < 2.0$$

$$0.527 < (-f F N) / |f F| < 0.936$$

$$|W F 1| / |W F 2| < 4.00$$

ただし、

$f_{RN}$  : 前記像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群より像側に配置された前記レンズ成分を構成するレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの焦点距離

$f_t$  : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

30

$B F w$  : 広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

$f_w$  : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$f F N$  : 前記物体側合焦レンズ群および前記像側合焦レンズ群内にあるレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの焦点距離

$f F$  : 前記物体側合焦レンズ群および前記像側合焦レンズ群のうち、最も屈折力が強い合焦レンズ群の焦点距離

$W F 1$  : 無限遠物体合焦時の広角端状態における前記物体側合焦レンズ群の横倍率

$W F 2$  : 無限遠物体合焦時の広角端状態における、前記像側合焦レンズ群のうち最も物体側に配置された合焦レンズ群の横倍率

【請求項 3】

40

前記物体側合焦レンズ群は正の屈折力を有する請求項 1 又は請求項 2 に記載の変倍光学系。

【請求項 4】

前記像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群は正の屈折力を有する請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 5】

前記物体側合焦レンズ群は、一つまたは二つのレンズ成分で構成されている請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項 6】

最も物体側に、合焦の際固定の第 1 レンズ群を有する請求項 1 から請求項 5 の何れか一項に記載の変倍光学系。

50

## 【請求項 7】

以下の条件式を満足する請求項 1 から請求項 6 の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$M T F 1 / M T F 2 < 5 . 0$$

ただし、

M T F 1 : 望遠端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の前記物体側合焦レンズ群の移動量の絶対値

M T F 2 : 望遠端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の、前記像側合焦レンズ群のうち最も物体側に配置された合焦レンズ群の移動量の絶対値

## 【請求項 8】

前記物体側合焦レンズ群および前記像側合焦レンズ群の少なくとも一つの合焦レンズ群は、少なくとも一つの負の屈折力を有するレンズを有し、

以下の条件式を満足する請求項 1 から請求項 7 の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$0 . 6 5 < n P / n N < 1 . 1 0$$

ただし、

n P : 前記物体側合焦レンズ群および前記像側合焦レンズ群内にあるレンズのうち、最も正の屈折力が強いレンズの屈折率

n N : 前記物体側合焦レンズ群および前記像側合焦レンズ群内にあるレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの屈折率

## 【請求項 9】

以下の条件式を満足する請求項 6 に記載の変倍光学系。

$$0 . 4 0 < | f F 1 | / | f 1 | < 2 . 6 0$$

ただし、

f F 1 : 前記物体側合焦レンズ群の焦点距離

f 1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

## 【請求項 10】

以下の条件式を満足する請求項 6 に記載の変倍光学系。

$$0 . 2 0 < | f F 2 | / | f 1 | < 3 . 8 0$$

ただし、

f F 2 : 前記像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群の焦点距離

f 1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

## 【請求項 11】

前記物体側合焦レンズ群は、物体側から順に、正の屈折力を有するレンズと、負の屈折力を有するレンズから成る請求項 1 から請求項 10 の何れか一項に記載の変倍光学系。

## 【請求項 12】

以下の条件式を満足する請求項 1 から請求項 11 の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$0 . 1 0 < | f F 1 | / f t < 3 . 0 0$$

ただし、

f F 1 : 前記物体側合焦レンズ群の焦点距離

f t : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

## 【請求項 13】

以下の条件式を満足する請求項 1 から請求項 12 の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$0 . 1 0 < | f F 2 | / f t < 3 . 0 0$$

ただし、

f F 2 : 前記像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群の焦点距離

f t : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

## 【請求項 14】

以下の条件式を満足する請求項 1 から請求項 13 の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$| R w | / | R t | < 4 . 0 0$$

ただし、

R w : 無限遠物体合焦時の広角端状態における前記物体側合焦レンズ群から像面までの

10

20

30

40

50

合成横倍率

$R_t$  : 無限遠物体合焦時の望遠端状態における前記物体側合焦レンズ群から像面までの合成横倍率

【請求項 15】

以下の条件式を満足する請求項 1 から請求項 14 の何れか一項に記載の変倍光学系。

$$15.0^\circ < w < 85.0^\circ$$

ただし、

$w$  : 広角端状態における前記変倍光学系の半画角

【請求項 16】

請求項 1 から請求項 15 の何れか一項に記載の変倍光学系を有する光学装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、変倍光学系、光学装置、および変倍光学系の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、写真用カメラ、電子スチルカメラ、ビデオカメラ等に適した変倍光学系が提案されている。例えば、特開 2004 - 198529 号公報を参照。しかしながら、従来の変倍光学系は、合焦の際、諸収差の変動を抑えることが充分ではなかった。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2004 - 198529 号公報

【発明の概要】

【0004】

本発明の第 1 の態様は、

複数のレンズ群を有し、

変倍時に前記各レンズ群の間隔が変化し、

前記複数のレンズ群は、合焦の際移動する物体側合焦レンズ群と、前記物体側合焦レンズ群より像側に配置され、合焦の際前記物体側合焦レンズ群とは異なる軌跡で移動する少なくとも一つの像側合焦レンズ群とを有し、

30

前記像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群より像側に少なくとも一つのレンズ成分を有し、

以下の条件式を満足する変倍光学系である。

$$0.05 < (-f_{RN}) / f_t < 4.50$$

$$0.2 < BFw / fw < 2.0$$

ただし、

$f_{RN}$  : 前記レンズ成分を構成するレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの焦点距離

$f_t$  : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$BFw$  : 広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

40

$fw$  : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

【0005】

また、本発明の第 2 の態様は、

複数のレンズ群を有する変倍光学系の製造方法であって、

変倍時に前記各レンズ群の間隔が変化するように構成し、

前記複数のレンズ群が、合焦の際移動する物体側合焦レンズ群と、前記物体側合焦レンズ群より像側に配置され、合焦の際前記物体側合焦レンズ群とは異なる軌跡で移動する少なくとも一つの像側合焦レンズ群とを有するように構成し、

前記像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群より像側に少なくとも一つのレンズ成分を有するように構成し、

50

以下の条件式を満足するように構成する変倍光学系の製造方法である。

$$0.05 < (-fRN) / ft < 4.50$$

$$0.2 < BFw / fw < 2.0$$

ただし、

$fRN$ ：前記レンズ成分を構成するレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの焦点距離

$ft$ ：望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$BFw$ ：広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

$fw$ ：広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】図1は、第1実施例に係る変倍光学系の断面図である。

【図2】図2A、図2B、および図2Cはそれぞれ、第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図3】図3A、図3B、および図3Cはそれぞれ、第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【図4】図4は、第2実施例に係る変倍光学系の断面図である。

【図5】図5A、図5B、および図5Cはそれぞれ、第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図6】図6A、図6B、および図6Cはそれぞれ、第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【図7】図7は、第3実施例に係る変倍光学系の断面図である。

【図8】図8A、図8B、および図8Cはそれぞれ、第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図9】図9A、図9B、および図9Cはそれぞれ、第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【図10】図10は、第4実施例に係る変倍光学系の断面図である。

【図11】図11A、図11B、および図11Cはそれぞれ、第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図12】図12A、図12B、および図12Cはそれぞれ、第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【図13】図13は、第5実施例に係る変倍光学系の断面図である。

【図14】図14A、図14B、および図14Cはそれぞれ、第5実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図15】図15A、図15B、および図15Cはそれぞれ、第5実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【図16】図16は、第6実施例に係る変倍光学系の断面図である。

【図17】図17A、図17B、および図17Cはそれぞれ、第6実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図18】図18A、図18B、および図18Cはそれぞれ、第6実施例に係る変倍光学

10

20

30

40

50

系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【図19】図19は、第7実施例に係る変倍光学系の断面図である。

【図20】図20A、図20B、および図20Cはそれぞれ、第7実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図21】図21A、図21B、および図21Cはそれぞれ、第7実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【図22】図22は、第8実施例に係る変倍光学系の断面図である。

【図23】図23A、図23B、および図23Cはそれぞれ、第8実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図24】図24A、図24B、および図24Cはそれぞれ、第8実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【図25】図25は、第9実施例に係る変倍光学系の断面図である。

【図26】図26A、図26B、および図26Cはそれぞれ、第9実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図27】図27A、図27B、および図27Cはそれぞれ、第9実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【図28】図28は、第10実施例に係る変倍光学系の断面図である。

【図29】図29A、図29B、および図29Cはそれぞれ、第10実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図30】図30A、図30B、および図30Cはそれぞれ、第10実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【図31】図31は、第11実施例に係る変倍光学系の断面図である。

【図32】図32A、図32B、および図32Cはそれぞれ、第11実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

【図33】図33A、図33B、および図33Cはそれぞれ、第11実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、および望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【図34】図34は、変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

【図35】図35は、変倍光学系の製造方法の概略を示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、本実施形態に係る変倍光学系、光学装置および変倍光学系の製造方法について説明する。

本実施形態の変倍光学系は、複数のレンズ群を有し、変倍時に前記各レンズ群の間隔が変化し、前記複数のレンズ群は、合焦の際移動する物体側合焦レンズ群と、前記物体側合焦レンズ群より像側に配置され、合焦の際前記物体側合焦レンズ群とは異なる軌跡で移動する少なくとも一つの像側合焦レンズ群とを有し、前記像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群より像側に少なくとも一つのレンズ成分を有し、以下の条件式(1)および(2)を満足するように構成されている。

$$(1) \quad 0.05 < (-f_{RN}) / f_t < 4.50$$

10

20

30

40

50

$$(2) 0.2 < BFW / fw < 2.0$$

ただし、

$f_{RN}$  : 前記レンズ成分を構成するレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの焦点距離

$f_t$  : 望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$BFW$  : 広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

$fw$  : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

#### 【0008】

本実施形態の変倍光学系は、複数のレンズ群を有し、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、各レンズ群の間隔を変化させることによって、変倍時の良好な収差補正を図ることができる。また、本実施形態の変倍光学系は、前記複数のレンズ群が、無限遠物体から近距離物体への合焦の際移動する物体側合焦レンズ群と、物体側合焦レンズ群より像側に配置され、合焦の際物体側合焦レンズ群とは異なる軌跡で移動する少なくとも一つの像側合焦レンズ群とを有することにより、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を効果的に抑えることができる。

10

なお、レンズ群とは、空気間隔で分離された、少なくとも1枚のレンズを有する部分をいう。

#### 【0009】

本実施形態の変倍光学系は、像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群より像側に少なくとも一つのレンズ成分を有することで、無限遠物体から近距離物体への合焦の際のコマ収差の変動を抑えることができる。なお、レンズ成分とは、単レンズまたは接合レンズをいう。

20

上記条件式(1)は、像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群より像側にあるレンズ成分を構成するレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの焦点距離と、望遠端状態における変倍光学系の焦点距離との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系は、この条件式(1)を満足することにより、無限遠物体から近距離物体への合焦の際のコマ収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

#### 【0010】

本実施形態の変倍光学系の条件式(1)の対応値が上限値を上回ると、像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群より像側にあるレンズ成分を構成するレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの屈折力が弱くなり、無限遠物体から近距離物体への合焦の際のコマ収差の変動を抑えることが困難となる。なお、条件式(1)の上限値を4.20に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(1)の上限値を3.90にすることが好ましい。また、条件式(1)の上限値を3.50、更に3.00、更に2.50にすることが好ましい。

30

#### 【0011】

一方、本実施形態の変倍光学系の条件式(1)の対応値が下限値を下回ると、像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群より像側にあるレンズ成分を構成するレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの屈折力が強くなり、無限遠物体から近距離物体への合焦の際のコマ収差の変動を抑えることが困難となる。なお、条件式(1)の下限値を0.06に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(1)の下限値を0.07にすることが好ましい。また、条件式(1)の下限値を0.10、更に0.14、更に0.65、更に0.75、更に0.85、更に0.95にすることが好ましい。

40

#### 【0012】

条件式(2)は、広角端状態における変倍光学系のバックフォーカスと広角端状態における変倍光学系の焦点距離との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系は、この条件式(2)を満足することにより、広角端状態におけるコマ収差をはじめとする諸収差を効果的に補正することができる。

なお、バックフォーカスとは、最も像側のレンズ面から像面までの光軸上の距離である。

50

## 【 0 0 1 3 】

本実施形態の変倍光学系の条件式(2)の対応値が上限値を上回ると、広角端状態における焦点距離に対して広角端状態におけるバックフォーカスが大きくなり、広角端状態におけるコマ収差をはじめとする諸収差を補正することが困難となる。なお、条件式(2)の上限値を1.70に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(2)の上限値を1.40にすることが好ましい。また、条件式(2)の上限値を1.20、更に1.00、更に0.80にすることが好ましい。

## 【 0 0 1 4 】

一方、本実施形態の変倍光学系の条件式(2)の対応値が下限値を下回ると、広角端状態における焦点距離に対して広角端状態におけるバックフォーカスが小さくなり、広角端状態におけるコマ収差をはじめとする諸収差を補正することが困難となる。また、鏡筒のメカ部材を配置するのが困難となる。なお、条件式(2)の下限値を0.30に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(2)の下限値を0.40にすることが好ましい。また、条件式(2)の下限値を0.45、更に0.50、更に0.55、更に0.60にすることが好ましい。

以上の構成により、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、および無限遠物体から近距離物体への合焦の際の諸収差の変動を良好に抑えることができる変倍光学系を実現することができる。

## 【 0 0 1 5 】

また、本実施形態の変倍光学系は、前記物体側合焦レンズ群が正の屈折力を有することが望ましい。この構成により、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

## 【 0 0 1 6 】

また、本実施形態の変倍光学系は、前記像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群が正の屈折力を有することが望ましい。この構成により、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

## 【 0 0 1 7 】

また、本実施形態の変倍光学系は、前記物体側合焦レンズ群が、一つまたは二つのレンズ成分で構成されていることが望ましい。この構成により、合焦レンズ群を小型軽量化できる。

## 【 0 0 1 8 】

また、本実施形態の変倍光学系は、前記像側合焦レンズ群が、一つまたは二つのレンズ成分で構成されていることが望ましい。この構成により、合焦レンズ群を小型軽量化できる。

## 【 0 0 1 9 】

また、本実施形態の変倍光学系は、最も物体側に、合焦の際固定の第1レンズ群を有することが望ましい。この構成により、鏡筒の大型化を抑制することができる。

## 【 0 0 2 0 】

また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$(3) \quad MTF1 / MTF2 < 5.0$$

ただし、

MTF1：望遠端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の前記物体側合焦レンズ群の移動量の絶対値

MTF2：望遠端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の、前記像側合焦レンズ群のうち最も物体側に配置された合焦レンズ群の移動量の絶対値

## 【 0 0 2 1 】

条件式(3)は、望遠端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の物体側合焦レンズ群の移動量の絶対値と、望遠端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の、像側合焦レンズ群のうち最も物体側に配置された合焦レンズ群の移動量の絶対値

10

20

30

40

50



との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系は、この条件式(3)を満足することにより、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差の変動を効果的に抑えることができる。

【0022】

本実施形態の変倍光学系の条件式(3)の対応値が上限値を上回ると、像側合焦レンズ群のうち最も物体側に配置された合焦レンズ群に対して物体側合焦レンズ群の移動量が大きくなりすぎてしまい、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差の変動を補正することが困難となる。なお、条件式(3)の上限値を4.7に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(3)の上限値を4.5にすることが好ましい。また、条件式(3)の上限値を4.0、更に3.5、更に2.8、更に2.4にすることが好ましい。

10

【0023】

また、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(3)は、

$$2.0 < MTF1 / MTF2 < 5.0$$

とすることが好ましい。このように条件式(3)の下限値を2.0に設定することにより、合焦の際の球面収差の変動をさらに効果的に抑えることができる。

【0024】

また、本実施形態の変倍光学系は、前記物体側合焦レンズ群および前記像側合焦レンズ群の少なくとも一つの合焦レンズ群が、少なくとも一つの負の屈折力を有するレンズを有し、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

20

$$(4) 0.45 < (-fFN) / |fF| < 1.70$$

ただし、

fFN：前記物体側合焦レンズ群および前記像側合焦レンズ群内にあるレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの焦点距離

fF：前記物体側合焦レンズ群および前記像側合焦レンズ群のうち、最も屈折力が強い合焦レンズ群の焦点距離

【0025】

本実施形態の変倍光学系は、物体側合焦レンズ群および像側合焦レンズ群の少なくとも一つの合焦レンズ群が、少なくとも一つの負の屈折力を有するレンズを有することで、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差や色収差の変動を抑えることができる。

30

上記条件式(4)は、物体側合焦レンズ群および像側合焦レンズ群内にあるレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの焦点距離と、物体側合焦レンズ群および像側合焦レンズ群のうち、最も屈折力が強い合焦レンズ群の焦点距離との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系は、この条件式(4)を満足することにより、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

【0026】

本実施形態の変倍光学系の条件式(4)の対応値が上限値を上回ると、物体側合焦レンズ群および像側合焦レンズ群のうち、最も屈折力が強い合焦レンズ群の屈折力が強くなりすぎ、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。なお、条件式(4)の上限値を1.60に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(4)の上限値を1.50にすることが好ましい。また、条件式(4)の上限値を1.40、更に1.30、更に1.25にすることが好ましい。

40

【0027】

一方、本実施形態の変倍光学系の条件式(4)の対応値が下限値を下回ると、物体側合焦レンズ群および像側合焦レンズ群内にあるレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの屈折力が強くなりすぎ、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。なお、条件式(4)の下限値を0.47に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(4)の下限値を0.50にすることが好まし

50

い。また、条件式(4)の下限値を0.54、更に0.60にすることが好ましい。

【0028】

また、本実施形態の変倍光学系は、前記物体側合焦レンズ群および前記像側合焦レンズ群の少なくとも一つの合焦レンズ群が、少なくとも一つの負の屈折力を有するレンズを有し、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$(5) \quad 0.65 < n_P / n_N < 1.10$$

ただし、

$n_P$ ：前記物体側合焦レンズ群および前記像側合焦レンズ群内にあるレンズのうち、最も正の屈折力が強いレンズの屈折率

$n_N$ ：前記物体側合焦レンズ群および前記像側合焦レンズ群内にあるレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの屈折率

10

【0029】

本実施形態の変倍光学系は、物体側合焦レンズ群および像側合焦レンズ群の少なくとも一つの合焦レンズ群が、少なくとも一つの負の屈折力を有するレンズを有することで、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差や色収差の変動を抑えることができる。

上記条件式(5)は、物体側合焦レンズ群および像側合焦レンズ群内にあるレンズのうち、最も正の屈折力が強いレンズの屈折率と、物体側合焦レンズ群および像側合焦レンズ群内にあるレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの屈折率との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系は、この条件式(5)を満足することにより、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

20

【0030】

本実施形態の変倍光学系の条件式(5)の対応値が上限値を上回ると、物体側合焦レンズ群および像側合焦レンズ群内にあるレンズのうち、最も正の屈折力が強いレンズの正の屈折力が強くなりすぎ、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。なお、条件式(5)の上限値を1.05に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(5)の上限値を1.03にすることが好ましい。また、条件式(5)の上限値を1.00、更に0.95にすることが好ましい。

【0031】

一方、本実施形態の変倍光学系の条件式(5)の対応値が下限値を下回ると、物体側合焦レンズ群および像側合焦レンズ群内にあるレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの負の屈折力が強くなりすぎ、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。なお、条件式(5)の下限値を0.67に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(5)の下限値を0.70にすることが好ましい。また、条件式(5)の下限値を0.75、更に0.80、更に0.83にすることが好ましい。

30

【0032】

また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$(6) \quad 0.40 < |f_{F1}| / |f_1| < 2.60$$

40

ただし、

$f_{F1}$ ：前記物体側合焦レンズ群の焦点距離

$f_1$ ：前記第1レンズ群の焦点距離

【0033】

条件式(6)は、物体側合焦レンズ群の焦点距離と第1レンズ群の焦点距離との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系は、この条件式(6)を満足することにより、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を効果的に抑え、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

【0034】

50

本実施形態の変倍光学系の条件式(6)の対応値が上限値を上回ると、第1レンズ群の屈折力が強くなり、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。なお、条件式(6)の上限値を2.55に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(6)の上限値を2.50にすることが好ましい。また、条件式(6)の上限値を2.30、更に2.10にすることが好ましい。

【0035】

一方、本実施形態の変倍光学系の条件式(6)の対応値が下限値を下回ると、物体側合焦レンズ群の屈折力が強くなり、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。なお、条件式(6)の下限値を0.45に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(6)の下限値を0.47にすることが好ましい。また、条件式(6)の下限値を0.50、更に0.55、更に0.60にすることが好ましい。

10

【0036】

また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式(7)を満足することが望ましい。

$$(7) \quad 0.20 < |f_{F2}| / |f_1| < 3.80$$

ただし、

$f_{F2}$  : 前記像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群の焦点距離

$f_1$  : 前記第1レンズ群の焦点距離

20

【0037】

条件式(7)は、像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群の焦点距離と第1レンズ群の焦点距離との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系は、この条件式(7)を満足することにより、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を効果的に抑え、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

【0038】

本実施形態の変倍光学系の条件式(7)の対応値が上限値を上回ると、第1レンズ群の屈折力が強くなり、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。なお、条件式(7)の上限値を3.60に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(7)の上限値を3.40にすることが好ましい。また、条件式(7)の上限値を3.00、更に2.50、更に1.90にすることが好ましい。

30

【0039】

一方、本実施形態の変倍光学系の条件式(7)の対応値が下限値を下回ると、像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群の屈折力が強くなり、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。なお、条件式(7)の下限値を0.25に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(7)の下限値を0.28にすることが好ましい。また、条件式(7)の下限値を0.50、更に0.70、更に0.90、更に1.20にすることが好ましい。

40

【0040】

また、本実施形態の変倍光学系は、物体側合焦レンズ群は、物体側から順に、正の屈折力を有するレンズと、負の屈折力を有するレンズとから成ることが望ましい。この構成により、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差や色収差の変動を効果的に抑えることができる。

【0041】

また、本実施形態の変倍光学系は、開口絞りを有し、前記物体側合焦レンズ群は、前記開口絞りより像側に配置されていることが望ましい。この構成により、合焦レンズ群を軽量

50

化することが出来る。

【0042】

また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式(8)を満足することが望ましい。

$$(8) \quad 0.10 < |f_{F1}| / f_t < 3.00$$

ただし、

$f_{F1}$ ：前記物体側合焦レンズ群の焦点距離

$f_t$ ：望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

【0043】

条件式(8)は、物体側合焦レンズ群の焦点距離と望遠端状態における変倍光学系の焦点距離との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系は、この条件式(8)を満足することにより、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を効果的に抑えることができる。

10

【0044】

本実施形態の変倍光学系の条件式(8)の対応値が上限値を上回ると、物体側合焦レンズ群の焦点距離が長くなり、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の物体側合焦レンズ群の移動量が大きくなりすぎ、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を補正することが困難となる。なお、条件式(8)の上限値を2.80に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(8)の上限値を2.60にすることが好ましい。また、条件式(8)の上限値を2.20、更に1.90、更に1.60にすることが好ましい。

20

【0045】

一方、本実施形態の変倍光学系の条件式(8)の対応値が下限値を下回ると、物体側合焦レンズ群の屈折力が強くなり、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。なお、条件式(8)の下限値を0.12に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(8)の下限値を0.15にすることが好ましい。

【0046】

また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式(9)を満足することが望ましい。

$$(9) \quad 0.10 < |f_{F2}| / f_t < 3.00$$

ただし、

$f_{F2}$ ：前記像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群の焦点距離

$f_t$ ：望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

【0047】

条件式(9)は、像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群の焦点距離と、望遠端状態における変倍光学系の焦点距離との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系は、この条件式(9)を満足することにより、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を効果的に抑えることができる。

【0048】

本実施形態の変倍光学系の条件式(9)の対応値が上限値を上回ると、像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群の焦点距離が長くなり、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の、最も像側に配置された合焦レンズ群の移動量が大きくなりすぎ、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を補正することが困難となる。なお、条件式(9)の上限値を2.80に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(9)の上限値を2.60にすることが好ましい。

40

【0049】

一方、本実施形態の変倍光学系の条件式(9)の対応値が下限値を下回ると、像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群の屈折力が強くなり、無限遠物体から近

50

距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。なお、条件式(9)の下限値を0.12に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(9)の下限値を0.15にすることが好ましい。

【0050】

また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式(10)を満足することが望ましい。

$$(10) \quad |WF1| / |WF2| < 4.00$$

ただし、

WF1：無限遠物体合焦時の広角端状態における前記物体側合焦レンズ群の横倍率

WF2：無限遠物体合焦時の広角端状態における、前記像側合焦レンズ群のうち最も物体側に配置された合焦レンズ群の横倍率

10

【0051】

条件式(10)は、無限遠物体合焦時の広角端状態における物体側合焦レンズ群の横倍率と、無限遠物体合焦時の広角端状態における、像側合焦レンズ群のうち最も物体側に配置された合焦レンズ群の横倍率との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系は、この条件式(10)を満足することにより、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を効果的に抑えることができる。

【0052】

本実施形態の変倍光学系の条件式(10)の対応値が上限値を上回ると、無限遠物体合焦時の広角端状態における、像側合焦レンズ群のうち最も物体側に配置された合焦レンズ群の横倍率に対して、無限遠物体合焦時の広角端状態における物体側合焦レンズ群の横倍率が大きくなり、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。なお、条件式(10)の上限値を3.50に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(10)の上限値を3.00にすることが好ましい。また、条件式(10)の上限値を2.50、更に2.00、更に1.50、更に1.20にすることが好ましい。

20

【0053】

また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式(11)を満足することが望ましい。

$$(11) \quad |Rw| / |Rt| < 4.00$$

ただし、

Rw：無限遠物体合焦時の広角端状態における前記物体側合焦レンズ群から像面までの合成横倍率

Rt：無限遠物体合焦時の望遠端状態における前記物体側合焦レンズ群から像面までの合成横倍率

30

【0054】

条件式(11)は、無限遠物体合焦時の広角端状態における物体側合焦レンズ群から像面までの合成横倍率と、無限遠物体合焦時の望遠端状態における物体側合焦レンズ群から像面までの合成横倍率との比を規定するものである。本実施形態の変倍光学系は、この条件式(11)を満足することにより、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を効果的に抑えることができる。

40

【0055】

本実施形態の変倍光学系の条件式(11)の対応値が上限値を上回ると、無限遠物体合焦時の望遠端状態における物体側合焦レンズ群から像面までの合成横倍率に対して、無限遠物体合焦時の広角端状態における物体側合焦レンズ群から像面までの合成横倍率が大きくなり、広角端状態における無限遠物体から近距離物体への合焦の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。なお、条件式(11)の上限値を3.50に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(11)の上限値を3.00にすることが好ましい。また、条件式(11)の上限値を2.60、更に2.20、更に1.90にす

50

ることが好ましい。

【0056】

また、本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式(12)を満足することが望ましい。

$$(12) \quad 15.0^\circ < w < 85.0^\circ$$

ただし、

w：広角端状態における前記変倍光学系の半画角

【0057】

条件式(12)は、広角端状態における画角の最適な値を規定する条件である。本実施形態の変倍光学系は、この条件式(12)を満足することにより、広い画角を有しつつ、コマ収差、歪曲収差、像面湾曲等の諸収差を良好に補正することができる。

10

【0058】

本実施形態の効果を確実なものとするために、条件式(12)の上限値を80.0°にすることが好ましい。また、条件式(12)の上限値を75.0°、更に70.0°、更に65.0°にすることが好ましい。

本実施形態の効果を確実なものとするために、条件式(12)の下限値を16.0°にすることが好ましい。また、条件式(12)の下限値を17.0°、更に35.0°、更に37.0°、更に39.0°、更に40.0°、更に42.0°とすることが望ましい。

【0059】

本実施形態の光学装置は、上述した構成の変倍光学系を有する。これにより、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、ならびに無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑えることができる光学装置を実現することができる。

20

【0060】

本実施形態の変倍光学系の製造方法は、複数のレンズ群を有する変倍光学系の製造方法であって、変倍時に前記各レンズ群の間隔が変化するように構成し、前記複数のレンズ群が、合焦の際移動する物体側合焦レンズ群と、前記物体側合焦レンズ群より像側に配置され、合焦の際前記物体側合焦レンズ群とは異なる軌跡で移動する少なくとも一つの像側合焦レンズ群とを有するように構成し、前記像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群より像側に少なくとも一つのレンズ成分を有するように構成し、以下の条件式(1)および(2)を満足するように構成する変倍光学系の製造方法である。

$$(1) \quad 0.05 < (-fRN) / ft < 4.50$$

$$(2) \quad 0.2 < BFw / fw < 2.0$$

30

ただし、

fRN：前記レンズ成分を構成するレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの焦点距離

ft：望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

BFw：広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

fw：広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

【0061】

これにより、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、ならびに無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑えることができる変倍光学系を製造することができる。

40

【0062】

以下、本実施形態の数値実施例に係る変倍光学系を添付図面に基づいて説明する。

(第1実施例)

図1は第1実施例に係る変倍光学系の断面図である。なお、図1および後述する図4、図7、図10、図13、図16、図19、図22、図25、図28、図31中の矢印は、広角端状態(W)から望遠端状態(T)への変倍時の各レンズ群の移動軌跡を示している。本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、負屈折力を有する第1レンズ群G1と、正屈折力を有する第2レンズ群G2と、正屈折力を有する第3レンズ群G3と、開口絞りSと、負屈折力を有する第4レンズ群G4と、正屈折力を有する第5レンズ群G5と、正屈折力を有する第6レンズ群G6と、負屈折力を有する第7レンズ群G7とから構成され

50

ている。

【0063】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凹形状の負レンズL12と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13との接合負レンズとからなる。

第2レンズ群G2は、両凸形状の正レンズL21と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22との接合正レンズからなる。

第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL31と両凸形状の正レンズL32との接合正レンズからなる。

【0064】

第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL41と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL42との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL43とからなる。

第5レンズ群G5は、両凸形状の正レンズL51と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL52との接合正レンズからなる。

第6レンズ群G6は、両凸形状の正レンズL61からなる。

第7レンズ群G7は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL71からなる。

【0065】

本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態と望遠端状態との間での変倍時に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との間隔、および第6レンズ群G6と第7レンズ群G7との間隔が変化するように、第1レンズ群G1から第7レンズ群G7までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。

【0066】

本実施例に係る光学系では、合焦レンズ群として、第5レンズ群G5を光軸に沿って物体側へ移動させるとともに、第6レンズ群G6を第5レンズ群G5とは異なる軌跡で光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【0067】

以下の表1に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

表1において、fは焦点距離、BFはバックフォーカスすなわち最も像側のレンズ面から像面Iまでの光軸上の距離を示す。

[面データ]において、mは物体側から数えた光学面の順番、rは曲率半径、dは面間隔(第n面(nは整数)と第n+1面との間隔)、ndはd線(波長587.6nm)に対する屈折率、dはd線(波長587.6nm)に対するアッペ数をそれぞれ示している。また、OPは物体面、可変は可変の面間隔、Sは開口絞り、Iは像面をそれぞれ示している。なお、曲率半径r=は平面を示している。空気の屈折率nd=1.00000の記載は省略している。また、レンズ面が非球面である場合には面番号に\*印を付して曲率半径rの欄には近軸曲率半径を示している。

【0068】

[非球面データ]には、[面データ]に示した非球面について、その形状を次式で表した場合の非球面係数及び円錐定数を示す。

$$x = (h^2 / r) / [1 + \{1 - (h/r)^2\}^{1/2}] + A4h^4 + A6h^6 + A8h^8 + A10h^{10}$$

ここで、hを光軸に垂直な方向の高さ、xを高さhにおける非球面の頂点の接平面から当該非球面までの光軸方向に沿った距離であるサグ量、を円錐定数、A4、A6、A8、A10を非球面係数、rを基準球面の曲率半径である近軸曲率半径とする。なお、「E-n」(n:整数)は「 $\times 10^{-n}$ 」を示し、例えば「1.234E-05」は「 $1.234 \times 10^{-5}$ 」を示す。2次の非球面係数A2は0であり、記載を省略している。

【0069】

10

20

30

40

50

[各種データ]において、 $f$ はレンズ全系の焦点距離、 $FNO$ はFナンバー、 $2\theta$ は画角(単位は「°」)、 $Y_{max}$ は最大像高、 $TL$ は本実施例に係る変倍光学系の全長すなわち第1面から像面Iまでの光軸上の距離、 $M$ は物体と像間の結像倍率、 $d_0$ は物体面OPから第1面までの光軸上の距離、 $d_0 = 0.000$ は無遠達即ち無限遠物体への合焦時、 $d_0 = 641.690$ 等は近距離即ち近距離物体への合焦時、 $d_n$ は第 $n$ 面と第 $n + 1$ 面との可変の間隔をそれぞれ示す。なお、 $f_n$ は無遠達では $f$ 、近距離では、 $W$ は広角端状態、 $M$ は中間焦点距離状態、 $T$ は望遠端状態をそれぞれ示す。

[レンズ群データ]には、各レンズ群の始面番号 $ST$ と焦点距離 $f$ を示す。

[条件式対応値]には、本実施例に係る変倍光学系の各条件式の対応値を示す。

【0070】

ここで、表1に掲載されている焦点距離 $f$ 、曲率半径 $r$ 及びその他の長さの単位は一般に「mm」が使われる。しかしながら光学系は、比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるため、これに限られるものではない。

なお、以上に述べた表1の符号は、後述する各実施例の表においても同様に用いるものとする。

【0071】

(表1)第1実施例

[面データ]

m	r	d	$n d$	d
OP				
1	270.0000	2.900	1.74389	49.53
* 2	33.2562	13.215		
3	-1900.2102	2.100	1.59349	67.00
4	35.8236	7.700	2.00100	29.12
5	79.6938	可変		
6	271.3181	7.400	1.83481	42.73
7	-36.9149	1.500	1.75520	27.57
8	164.0000	可変		
9	39.7511	1.500	1.85000	27.03
10	25.6246	10.800	1.59319	67.90
11	-134.6401	可変		
12(S)		2.350		
13	-65.9523	1.300	1.80100	34.92
14	18.5797	4.700	1.90366	31.27
15	51.6074	0.919		
16	45.9293	2.500	1.94595	17.98
17	120.0000	可変		
18	47.5350	7.100	1.48749	70.31
19	-24.2409	1.300	1.69895	30.13
20	-74.7188	可変		
21	113.0000	4.200	1.58913	61.15
* 22	-108.0000	可変		
* 23	-30.5616	1.500	1.58913	61.15
24	-81.9388	BF		
I				

[非球面データ]

m : 2  
 = 0.0000  
 A4 = 2.97162E-06  
 A6 = 1.62510E-09

10

20

30

40

50



A8 = 2.42658E-13  
 A10 = 4.56491E-16  
 A12 = 8.02650E-19  
 m : 22  
 = 1.0000  
 A4 = 8.43912E-06  
 A6 = 6.68890E-10  
 A8 = 1.69267E-11  
 A10 = -5.36609E-14  
 m : 23

10

= 1.0000  
 A4 = 8.13845E-06  
 A6 = -4.05875E-09  
 A8 = 1.66491E-11  
 A10 = -5.84964E-14

## [ 各種データ ]

変倍比 2.99

W	M	T	
f	22.7	50.0	67.9
FNO	2.92	2.92	2.92
2	91.10	45.68	33.64
Ymax	19.32	21.60	21.60
TL	188.45	157.95	163.95
BF	11.75	20.19	25.26

20

W	M	T	W	M	T	
f,	22.700	50.000	67.900	-0.033	-0.033	-0.033
d0	0.000	0.000	0.000	641.690	1469.10	2002.79
d5	63.985	10.998	3.100	63.985	10.998	3.100
d8	1.000	1.763	1.000	1.000	1.763	1.000
d11	1.900	12.973	26.707	1.900	12.973	26.707
d17	20.431	12.752	12.052	20.013	11.839	10.654
d20	8.701	16.480	16.780	8.112	16.125	16.831
d22	7.699	9.815	6.069	8.705	11.084	7.415

30

## [ レンズ群データ ]

群	S T	f
1	1	-46.132
2	6	102.733
3	9	64.434
4	12	-89.031
5	18	92.237
6	21	94.399
7	23	-83.639

40

## [ 条件式対応値 ]

( 1 )  $( - f R N ) / f t = 1.232$   
 ( 2 )  $B F w / f w = 0.518$   
 ( 3 )  $M T F 1 / M T F 2 = 1.038$   
 ( 4 )  $( - f F N ) / | f F | = 0.563$   
 ( 5 )  $n P / n N = 0.876$   
 ( 6 )  $| f F 1 | / | f 1 | = 1.999$   
 ( 7 )  $| f F 2 | / | f 1 | = 2.046$

50

$$(8) \quad |f_{F1}| / f_t = 1.358$$

$$(9) \quad |f_{F2}| / f_t = 1.390$$

$$(10) \quad |WF1| / |WF2| = 0.719$$

$$(11) \quad |Rw| / |Rt| = 1.616$$

$$(12) \quad w = 45.55^\circ$$

【0072】

図2A、図2B、および図2Cはそれぞれ、第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図3A、図3B、および図3Cはそれぞれ、第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

10

【0073】

図2、図3の各収差図において、FNOはFナンバー、NAは開口数、Yは像高をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応するFナンバーまたは開口数の値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では像高の最大値をそれぞれ示し、コマ収差図では各像高の値を示す。dはd線(  $\lambda = 587.6 \text{ nm}$  )、gはg線(  $\lambda = 435.8 \text{ nm}$  )をそれぞれ示す。非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。なお、以下に示す各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。

【0074】

各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

20

【0075】

(第2実施例)

図4は、第2実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、負屈折力を有する第1レンズ群G1と、正屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りSと、負屈折力を有する第3レンズ群G3と、正屈折力を有する第4レンズ群G4と、正屈折力を有する第5レンズ群G5と、負屈折力を有する第6レンズ群G6とから構成されている。

【0076】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13との接合負レンズとからなる。

30

第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL21と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL23と両凸形状の正レンズL24との接合正レンズとからなる。

【0077】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL31と、両凹形状の負レンズL32と両凸形状の正レンズL33との接合正レンズとからなる。

第4レンズ群G4は、両凸形状の正レンズL41と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL42との接合正レンズからなる。

40

第5レンズ群G5は、両凸形状の正レンズL51からなる。

第6レンズ群G6は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL61からなる。

【0078】

本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態と望遠端状態との間での変倍時に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔、および第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との間隔が変化するように、第1レンズ群G1から第6レンズ群G6までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。

【0079】

本実施例に係る光学系では、合焦レンズ群として、第4レンズ群G4を光軸に沿って物体

50

側へ移動させるとともに、第5レンズ群G5を第4レンズ群G4とは異なる軌跡で光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【0080】

以下の表2に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【0081】

(表2) 第2実施例

[面データ]

m	r	d	nd	d	
OP					
1	217.2239	2.900	1.74389	49.53	10
*2	30.2414	13.112			
3	1223.5572	2.100	1.59349	67.00	
4	35.8181	6.436	2.00069	25.46	
5	72.5839	可変			
6	128.9112	7.447	1.81600	46.59	
7	-39.6982	1.500	1.85000	27.03	
8	-142.9408	1.000			
9	40.8283	1.500	1.80518	25.45	
10	25.0719	10.948	1.60300	65.44	
11	-92.3055	可変			20
12(S)		2.486			
13	-55.5201	1.300	1.90265	35.72	
14	121.6217	1.190			
15	-124.4061	1.300	1.67270	32.18	
16	22.4038	6.400	1.80809	22.74	
17	-97.2368	可変			
18	62.1388	6.900	1.48749	70.32	
19	-23.2151	1.300	1.78472	25.64	
20	-50.9732	可変			
21	186.2633	4.200	1.58913	61.15	30
*22	-79.5614	可変			
*23	-33.8149	1.500	1.58913	61.15	
24	-131.2649	BF			

I

[非球面データ]

m : 2					
	=	0.0000			
A4	=	3.46899E-06			
A6	=	3.81982E-09			
A8	=	-6.40834E-12			40
A10	=	1.09738E-14			
A12	=	-4.82160E-18			
m : 22					
	=	1.0000			
A4	=	6.88818E-06			
A6	=	-6.09818E-10			
A8	=	8.44660E-12			
A10	=	-2.63571E-14			
m : 23					
	=	1.0000			50

A4 = 8.06346E-06  
 A6 = -8.60497E-09  
 A8 = 2.28581E-11  
 A10 = -5.12367E-14

## [各種データ]

変倍比 2.99

W M T

f 22.7 50.0 67.9

FNO 2.92 2.92 2.92

2 91.24 45.92 33.78

Ymax 19.34 21.60 21.60

TL 188.49 155.49 159.75

BF 16.19 19.69 24.21

W M T W M T

f, 22.700 50.000 67.900 -0.033 -0.033 -0.033

d0 0.000 0.000 0.000 643.745 1470.35 2002.57

d5 63.857 10.035 2.501 63.857 10.035 2.501

d11 2.202 10.972 22.702 2.202 10.972 22.702

d17 19.524 10.852 10.688 19.122 9.959 9.322

d20 8.007 19.445 19.346 7.507 19.082 19.339

d22 5.193 10.974 6.787 6.095 12.231 8.161

## [レンズ群データ]

群 S T f

1 1 -42.007

2 6 36.073

3 12 -74.292

4 18 96.221

5 21 95.186

6 23 -77.759

## [条件式対応値]

$$(1) (-fRN) / ft = 1.145$$

$$(2) BFw / fw = 0.713$$

$$(3) MTF1 / MTF2 = 0.995$$

$$(4) (-fFN) / |fF| = 0.583$$

$$(5) nP / nN = 0.833$$

$$(6) |fF1| / |f1| = 2.291$$

$$(7) |fF2| / |f1| = 2.266$$

$$(8) |fF1| / ft = 1.417$$

$$(9) |fF2| / ft = 1.402$$

$$(10) |WF1| / |WF2| = 0.762$$

$$(11) |Rw| / |Rt| = 1.663$$

$$(12) w = 45.62^\circ$$

## 【0082】

図5A、図5B、及び図5Cはそれぞれ、第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図6A、図6B、及び図6Cはそれぞれ、第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

## 【0083】

各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離物体合焦時にも優れた結

10

20

30

40

50

像性能を有していることがわかる。

【 0 0 8 4 】

( 第 3 実施例 )

図 7 は、第 3 実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、負屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、開口絞り S と、負屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 と、正屈折力を有する第 5 レンズ群 G 5 と、正屈折力を有する第 6 レンズ群 G 6 と、負屈折力を有する第 7 レンズ群 G 7 とから構成されている。

【 0 0 8 5 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ 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 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 との接合負レンズとからなる。

第 2 レンズ群 G 2 は、両凸形状の正レンズ L 2 1 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 2 との接合正レンズからなる。

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 3 1 と両凸形状の正レンズ L 3 2 との接合正レンズからなる。

【 0 0 8 6 】

第 4 レンズ群 G 4 は、両凹形状の負レンズ L 4 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 2 との接合負レンズとからなる。

第 5 レンズ群 G 5 は、両凸形状の正レンズ L 5 1 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 5 2 との接合正レンズとからなる。

第 6 レンズ群 G 6 は、両凸形状の正レンズ L 6 1 からなる。

第 7 レンズ群 G 7 は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 7 1 からなる。

【 0 0 8 7 】

本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態と望遠端状態との間での変倍時に、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間隔、第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 との間隔、第 5 レンズ群 G 5 と第 6 レンズ群 G 6 との間隔、および第 6 レンズ群 G 6 と第 7 レンズ群 G 7 との間隔が変化するように、第 1 レンズ群 G 1 から第 7 レンズ群 G 7 までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。

【 0 0 8 8 】

本実施例に係る光学系では、合焦レンズ群として、第 5 レンズ群 G 5 を光軸に沿って物体側へ移動させるとともに、第 6 レンズ群 G 6 を第 5 レンズ群 G 5 とは異なる軌跡で光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【 0 0 8 9 】

以下の表 3 に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 9 0 】

( 表 3 ) 第 3 実施例

[ 面データ ]

m	r	d	n d	d
OP				
1	259.2015	2.900	1.74389	49.53
* 2	30.9799	13.410		
3	1201.6909	2.100	1.59349	66.99
4	36.4155	6.936	2.00100	29.14
5	81.5436	可変		
6	124.3745	6.555	1.80400	46.60
7	-55.7538	1.500	1.72825	28.38
8	-633.0468	可変		

10

20

30

40

50

9	44.9659	1.500	1.85000	27.03
10	27.3358	10.990	1.59319	67.90
11	-89.5168	可変		
12(S)		2.562		
13	-58.2664	1.300	1.68893	31.16
14	20.8969	4.742	1.80809	22.74
15	201.5296	可変		
16	52.2605	6.900	1.48749	70.31
17	-26.1209	1.300	1.69895	30.13
18	-72.7540	可変		
19	130.0000	4.200	1.58913	61.15
*20	-100.4826	可変		
*21	-44.3630	1.500	1.58913	61.15
22	-412.9422	BF		

10

I

[非球面データ]

m : 2

= 0.0000

A4 = 3.40299E-06

A6 = 1.78453E-09

A8 = -2.01869E-13

A10 = 1.07948E-15

A12 = 2.74510E-19

m : 20

= 1.0000

A4 = 8.80591E-06

A6 = -1.07404E-09

A8 = 1.74456E-11

A10 = -2.66494E-14

m : 21

= 1.0000

A4 = 6.66893E-06

A6 = -5.20154E-09

A8 = 5.00802E-12

A10 = -7.75803E-15

[各種データ]

変倍比 2.99

W M T

f 22.7 50.0 67.9

FNO 2.92 2.92 2.92

2 91.30 45.88 33.64

Ymax 19.36 21.60 21.60

TL 188.49 156.49 165.34

BF 14.19 20.41 24.73

W M T W M T

f, 22.700 50.000 67.900 -0.033 -0.033 -0.033

d0 0.000 0.000 0.000 643.522 1473.82 2010.17

d5 64.909 10.197 2.263 64.909 10.197 2.263

d8 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000

d11 2.200 12.573 28.831 2.200 12.573 28.831

20

30

40

50

d15	22.896	13.304	11.893	22.388	12.281	10.318
d18	8.047	19.430	19.884	7.707	19.294	20.259
d20	6.853	11.181	8.344	7.701	12.340	9.543

## [ レンズ群データ ]

群	S T	f
1	1	-45.334
2	6	112.275
3	9	63.547
4	12	-98.234
5	16	92.914
6	19	96.856
7	21	-84.494

10

## [ 条件式対応値 ]

- ( 1 )  $( - f R N ) / f t = 1.244$   
 ( 2 )  $B F w / f w = 0.625$   
 ( 3 )  $M T F 1 / M T F 2 = 1.313$   
 ( 4 )  $( - f F N ) / | f F | = 0.635$   
 ( 5 )  $n P / n N = 0.876$   
 ( 6 )  $| f F 1 | / | f 1 | = 2.050$   
 ( 7 )  $| f F 2 | / | f 1 | = 2.137$   
 ( 8 )  $| f F 1 | / f t = 1.368$   
 ( 9 )  $| f F 2 | / f t = 1.426$   
 ( 10 )  $| W F 1 | / | W F 2 | = 0.723$   
 ( 11 )  $| R w | / | R t | = 2.084$   
 ( 12 )  $w = 45.65^\circ$

20

## 【 0 0 9 1 】

図 8 A、図 8 B、及び図 8 C はそれぞれ、第 3 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図 9 A、図 9 B、及び図 9 C はそれぞれ、第 3 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

30

## 【 0 0 9 2 】

各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離物体合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

## 【 0 0 9 3 】

( 第 4 実施例 )

図 10 は、第 4 実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、正屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、正屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 と、正屈折力を有する第 5 レンズ群 G 5 と、負屈折力を有する第 6 レンズ群 G 6 とから構成されている。

40

## 【 0 0 9 4 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 2 との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 とからなる。

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 1 と、両凹形状の負レンズ L 2 2 と、両凸形状の正レンズ L 2 3 と、両凹形状の負レンズ L 2 4 と両凸形状の正レンズ L 2 5 との接合負レンズとからなる。

## 【 0 0 9 5 】

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 3 1 と、物体側に凹面を向

50

けた負メニスカスレンズL 3 2と、両凸形状の正レンズL 3 3と、両凹形状の負レンズL 3 4とからなる。

第4レンズ群G 4は、両凸形状の正レンズL 4 1と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 2との接合正レンズからなる。

第5レンズ群G 5は、両凸形状の正レンズL 5 1からなる。

第6レンズ群G 6は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL 6 1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 6 2とからなる。

【0096】

本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態と望遠端状態との間での変倍時に、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間隔、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との間隔、および第5レンズ群G 5と第6レンズ群G 6との間隔が変化するように、第1レンズ群G 1から第6レンズ群G 6までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。

10

【0097】

本実施例に係る光学系では、合焦レンズ群として、第4レンズ群G 4を光軸に沿って像側へ移動させるとともに、第5レンズ群G 5を光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【0098】

以下の表4に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【0099】

20

(表4) 第4実施例

[面データ]

m	r	d	n d	d
O P				
1	1059.3029	1.000	1.84666	23.80
2	88.2318	6.929	1.90265	35.72
3	403.3118	0.200		
4	87.3429	6.677	1.81600	46.59
5	899.1448	可変		
* 6	145.1405	1.000	1.81600	46.59
7	21.3498	7.013		
8	-93.6905	1.000	1.77250	49.62
9	52.8889	0.200		
10	40.8152	5.067	1.80518	25.45
11	-74.9610	1.472		
12	-36.2791	1.000	1.80400	46.60
13	404.7262	2.056	2.00069	25.46
14	-319.9567	可変		
15(S)		0.200		
16	88.2548	3.685	1.80400	46.60
17	-54.7142	1.284		
18	-30.7175	1.000	1.68893	31.16
19	-74.0526	0.200		
20	56.5407	4.903	1.71999	50.27
21	-44.3610	4.918		
22	-36.9664	1.000	1.72342	38.03
23	80.5817	可変		
24	573.8232	6.525	1.59349	67.00
25	-22.0116	1.000	1.71736	29.57
26	-42.4849	可変		

30

40

50



27 50.5370 6.205 1.55332 71.68  
 \* 28 -153.3313 可変  
 \* 29 -95.1749 3.228 1.59551 39.21  
 30 84.3183 7.544  
 31 40.5660 7.785 1.59551 39.21  
 32 180.7170 BF

I

[ 非球面データ ]

m : 6

= 1.0000

A4 = 1.07708E-06

A6 = -2.41884E-09

A8 = 5.80958E-12

A10 = -5.58700E-15

m : 28

= 1.0000

A4 = 2.10709E-06

A6 = 4.40633E-09

A8 = -1.52762E-11

A10 = 2.31569E-14

m : 29

= 1.0000

A4 = -6.15448E-06

A6 = 7.32819E-09

A8 = -2.45254E-11

A10 = 3.72863E-14

[ 各種データ ]

変倍比 2.99

W M T

f 22.7 50.3 67.9

F N O 2.92 2.92 2.92

2 91.78 46.78 34.60

Y m a x 19.23 21.60 21.60

T L 155.45 174.13 187.93

B F 13.25 21.65 20.92

W M T W M T

f, 22.700 50.288 67.900 -0.033 -0.033 -0.033

d0 0.000 0.000 0.000 638.473 1426.83 1927.07

d5 2.000 25.012 34.560 2.000 25.012 34.560

d14 29.544 7.040 2.000 29.544 7.040 2.000

d23 6.941 4.850 4.000 8.321 5.940 5.254

d26 12.867 12.278 14.712 10.219 9.978 12.178

d28 7.757 20.212 28.652 9.025 21.422 29.932

[ レンズ群データ ]

群 S T f

1 1 131.146

2 6 -21.329

3 15 56.760

4 24 81.373

5 27 69.446

10

20

30

40

50

6 29 -1467.881

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-fRN) / ft = 1.098$$

$$(2) \quad BFw / fw = 0.584$$

$$(3) \quad MTF1 / MTF2 = 0.980$$

$$(4) \quad (-fFN) / |fF| = 0.936$$

$$(5) \quad nP / nN = 0.928$$

$$(6) \quad |fF1| / |f1| = 0.620$$

$$(7) \quad |fF2| / |f1| = 0.530$$

$$(8) \quad |fF1| / ft = 1.198$$

$$(9) \quad |fF2| / ft = 1.023$$

$$(10) \quad |WF1| / |WF2| = 0.014$$

$$(11) \quad |Rw| / |Rt| = 0.005$$

$$(12) \quad w = 45.89^\circ$$

【0100】

図11A、図11B、及び図11Cはそれぞれ、第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図12A、図12B、及び図12Cはそれぞれ、第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【0101】

各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離物体合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

【0102】

(第5実施例)

図13は、第5実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、正屈折力を有する第1レンズ群G1と、負屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りSと、正屈折力を有する第3レンズ群G3と、負屈折力を有する第4レンズ群G4と、正屈折力を有する第5レンズ群G5と、負屈折力を有する第6レンズ群G6とから構成されている。

【0103】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸形状の正レンズL12との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とからなる。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とからなる。

【0104】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL31と、両凸形状の正レンズL32と、両凸形状の正レンズL33と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL34との接合正レンズとからなる。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL41と、両凸形状の正レンズL42とからなる。

第5レンズ群G5は、両凸形状の正レンズL51からなる。

第6レンズ群G6は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL61と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL62とからなる。

【0105】

本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態と望遠端状態との間での変倍時に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5と

10

20

30

40

50

の間隔、および第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との間隔が変化するように、第1レンズ群G1から第6レンズ群G6までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。

【0106】

本実施例に係る光学系では、合焦レンズ群として、第4レンズ群G4を光軸に沿って物体側へ移動させるとともに、第5レンズ群G5を第4レンズ群G4とは異なる軌跡で光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【0107】

以下の表5に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【0108】

(表5) 第5実施例

[面データ]

m	r	d	n d	d
OP				
1	3049.4158	2.000	1.84666	23.80
2	109.9340	7.861	1.81600	46.59
3	-1409.8119	0.200		
4	101.3915	6.059	1.81600	46.59
5	503.4410	可変		
* 6	239.3378	1.300	1.81600	46.59
7	22.0458	9.224		
8	-40.1436	1.300	1.77250	49.62
9	-121.4951	0.200		
10	-196.1454	4.421	1.95000	29.37
11	-34.6549	1.015		
12	-29.7495	1.300	1.59349	67.00
13	-185.4662	可変		
14(S)		0.200		
15	47.0680	3.025	1.88300	40.66
16	271.9137	10.130		
17	176.7677	2.592	1.59319	67.90
18	-179.0400	0.200		
19	86.4232	5.895	1.59319	67.90
20	-27.4209	1.000	1.95000	29.37
21	-41.6214	可変		
22	-33.9616	1.000	1.72825	28.38
23	151.3178	0.200		
24	84.0645	3.506	1.71999	50.27
25	-174.4171	可変		
26	140.7071	4.753	1.54814	45.78
* 27	-72.5378	可変		
* 28	-60.3860	1.300	1.74950	35.25
29	326.8097	1.986		
30	45.0000	7.770	1.64000	60.19
31	459.8861	BF		

I

[非球面データ]

m : 6

= 1.0000

A4 = 8.90328E-07

A6 = -2.96841E-09

10

20

30

40

50

A8 = 5.16084E-12

A10 = -3.05458E-15

m : 27

= 1.0000

A4 = 2.61448E-06

A6 = 8.65353E-09

A8 = -3.00982E-11

A10 = 4.50822E-14

m : 28

= 1.0000

A4 = -6.11667E-06

A6 = 9.18242E-09

A8 = -3.76607E-11

A10 = 4.75789E-14

[ 各種データ ]

変倍比 2.99

W M T

f 22.7 49.7 67.9

F N O 2.92 2.92 2.92

2 91.48 45.84 32.90

Y m a x 19.18 21.60 21.60

T L 157.45 170.49 182.85

B F 14.08 21.92 17.11

W M T W M T

f, 22.701 49.700 67.907 -0.033 -0.033 -0.033

d0 0.000 0.000 0.000 640.708 1420.26 1939.82

d5 2.000 24.596 37.406 2.000 24.596 37.406

d13 35.154 8.040 2.000 35.154 8.040 2.000

d21 4.461 8.442 11.773 4.175 8.108 11.453

d25 20.335 18.256 18.682 18.556 15.932 15.718

d27 2.986 10.795 17.440 5.050 13.453 20.723

[ レンズ群データ ]

群 S T f

1 1 141.872

2 6 -24.424

3 14 30.546

4 22 -75.468

5 26 88.014

6 28 -713.321

[ 条件式対応値 ]

( 1 ) ( - f R N ) / f t = 1.000

( 2 ) B F w / f w = 0.620

( 3 ) M T F 1 / M T F 2 = 0.098

( 4 ) ( - f F N ) / | f F | = 0.504

( 5 ) n P / n N = 0.995

( 6 ) | f F 1 | / | f 1 | = 0.532

( 7 ) | f F 2 | / | f 1 | = 0.620

( 8 ) | f F 1 | / f t = 1.111

( 9 ) | f F 2 | / f t = 1.296

( 1 0 ) | W F 1 | / | W F 2 | = 2.449

10

20

30

40

50

$$(11) \quad |R_w| / |R_t| = 1.034$$

$$(12) \quad w = 45.74^\circ$$

## 【0109】

図14A、図14B、及び図14Cはそれぞれ、第5実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図15A、図15B、及び図15Cはそれぞれ、第5実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

## 【0110】

各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離物体合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

10

## 【0111】

(第6実施例)

図16は、第6実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、正屈折力を有する第1レンズ群G1と、負屈折力を有する第2レンズ群G2と、正屈折力を有する第3レンズ群G3と、開口絞りSと、正屈折力を有する第4レンズ群G4と、負屈折力を有する第5レンズ群G5と、正屈折力を有する第6レンズ群G6と、負屈折力を有する第7レンズ群G7とから構成されている。

## 【0112】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と両凸形状の正レンズL13との接合正レンズとからなる。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL21と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22と、両凹形状の負レンズL23と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL24との接合負レンズとからなる。

第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズL32と両凹形状の負レンズL33との接合正レンズとからなる。

## 【0113】

第4レンズ群G4は、両凸形状の正レンズL41と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL42との接合正レンズとからなる。

第5レンズ群G5は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL51からなる。

第6レンズ群G6は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL61からなる。

第7レンズ群G7は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL71と、両凸形状の正レンズL72とからなる。

## 【0114】

本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態と望遠端状態との間での変倍時に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との間隔、および第6レンズ群G6と第7レンズ群G7との間隔が変化するように、第1レンズ群G1から第7レンズ群G7までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。

40

## 【0115】

本実施例に係る光学系では、合焦レンズ群として、第4レンズ群G4を光軸に沿って物体側へ移動させるとともに、第6レンズ群G6を第4レンズ群G4とは異なる軌跡で光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

## 【0116】

以下の表6に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

## 【0117】

(表6) 第6実施例

[面データ]

50

m	r	d	n d	d		
O P						
1	829.7998	3.542	1.48749	70.32		
2	-352.7135	0.200				
3	102.3920	1.700	1.67270	32.18		
4	65.2892	8.627	1.49700	81.73		
5	-4480.3970	可変				
6	-331.7733	1.000	1.77250	49.62		
7	47.4606	2.120				
8	45.4437	2.785	1.80518	25.45	10	
9	90.1171	3.854				
10	-70.4901	1.000	1.67003	47.14		
11	34.7167	3.536	1.75520	27.57		
12	116.6754	可変				
13	100.8918	3.650	1.80610	40.97		
14	-72.8434	0.200				
15	48.3355	4.843	1.49700	81.73		
16	-53.3052	1.443	1.85026	32.35		
17	226.4472	1.323				
18(S)		可変			20	
19	56.3197	4.471	1.51680	63.88		
20	-38.8956	1.000	1.80100	34.92		
21	-92.0195	可変				
22	513.7755	3.255	1.85026	32.35		
23	39.1334	可変				
24	-52.5225	4.182	1.71736	29.57		
25	-30.1949	可変				
26	-25.8031	1.873	1.81600	46.59		
27	-90.1071	0.200				
28	139.7088	3.802	1.79504	28.69	30	
29	-94.4559	BF				
I						
[ 各種データ ]						
変倍比	4.05					
W	M	T				
f	72.1	100.0	292.0			
F N O	4.74	4.81	5.88			
2	34.32	24.20	8.28			
Y m a x	21.60	21.60	21.60			
T L	193.32	211.66	248.32		40	
B F	38.32	39.78	62.52			
W	M	T	W	M	T	
f,	72.100	99.963	292.002	-0.033	-0.033	-0.033
d0	0.000	0.000	0.000	2117.00	2908.95	8607.60
d5	2.000	28.621	75.058	2.000	28.621	75.058
d12	43.058	34.009	2.000	43.058	34.009	2.000
d18	21.601	19.944	21.366	21.096	19.010	19.414
d21	2.000	3.657	2.235	2.505	4.591	4.188
d23	11.246	10.437	10.009	10.564	10.137	9.509
d25	16.489	16.614	16.522	17.171	16.914	17.022
						50

## [ レンズ群データ ]

群	S T	f
1	1	167.538
2	6	-41.098
3	13	50.455
4	19	95.000
5	22	-49.977
6	24	91.830
7	26	-136.049

## [ 条件式対応値 ]

- (1)  $(-fRN) / ft = 0.154$   
 (2)  $BFw / fw = 0.531$   
 (3)  $MTF1 / MTF2 = 3.903$   
 (4)  $(-fFN) / |fF| = 0.924$   
 (5)  $nP / nN = 0.842$   
 (6)  $|fF1| / |f1| = 0.567$   
 (7)  $|fF2| / |f1| = 0.548$   
 (8)  $|fF1| / ft = 0.325$   
 (9)  $|fF2| / ft = 0.314$   
 (10)  $|WF1| / |WF2| = 1.096$   
 (11)  $|Rw| / |Rt| = 0.934$   
 (12)  $w = 17.16^\circ$

## 【 0 1 1 8 】

図 1 7 A、図 1 7 B、及び図 1 7 C はそれぞれ、第 6 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図 1 8 A、図 1 8 B、及び図 1 8 C はそれぞれ、第 6 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

## 【 0 1 1 9 】

各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離物体合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

## 【 0 1 2 0 】

(第 7 実施例)

図 1 9 は、第 7 実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、正屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、正屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 と、正屈折力を有する第 5 レンズ群 G 5 と、負屈折力を有する第 6 レンズ群 G 6 と、正屈折力を有する第 7 レンズ群 G 7 とから構成されている。

## 【 0 1 2 1 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と両凸形状の正レンズ L 1 2 との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 とからなる。

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、両凹形状の負レンズ L 2 1 と、両凹形状の負レンズ L 2 2 と、両凸形状の正レンズ L 2 3 と両凹形状の負レンズ L 2 4 との接合正レンズとからなる。

## 【 0 1 2 2 】

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 3 1 と、両凸形状の正レンズ L 3 2 と両凹形状の負レンズ L 3 3 との接合正レンズとからなる。

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 4 1 と、物体側に凹面を向

10

20

30

40

50

けた負メニスカスレンズL 4 2 とからなる。

第5レンズ群G 5は、両凸形状の正レンズL 5 1 からなる。

第6レンズ群G 6は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 6 1 と両凹形状の負レンズL 6 2 との接合負レンズからなる。

第7レンズ群G 7は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 7 1 からなる。

【0 1 2 3】

本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態と望遠端状態との間での変倍時に、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間隔、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との間隔、第5レンズ群G 5と第6レンズ群G 6との間隔、および第6レンズ群G 6と第7レンズ群G 7との間隔が変化するように、第1レンズ群G 1から第7レンズ群G 7までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。

10

【0 1 2 4】

本実施例に係る光学系では、合焦レンズ群として、第4レンズ群G 4を光軸に沿って像側へ移動させるとともに、第5レンズ群G 5を光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【0 1 2 5】

以下の表7に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【0 1 2 6】

(表7) 第7実施例

20

[面データ]

m	r	d	n d	d
OP				
1	137.2611	2.000	1.85000	27.03
2	66.9538	6.897	1.59319	67.90
3	-677.5498	0.200		
4	107.1491	4.136	1.61800	63.34
5	9353.1970	可変		
* 6	-150.8738	2.000	1.90265	35.72
7	25.5606	4.779		
8	-260.6181	1.000	1.81600	46.59
9	86.2883	0.200		
10	41.4737	5.687	1.84666	23.78
11	-48.7116	1.000	1.81600	46.59
12	54.7043	可変		
13(S)		0.200		
14	44.1680	2.899	1.77250	49.62
15	-280.6415	0.200		
16	27.1646	4.022	1.59319	67.90
17	-146.4206	1.000	1.95000	29.37
18	51.2305	可変		
19	50.9241	2.999	1.83481	42.73
20	-182.3279	2.176		
21	-80.2256	1.000	1.88300	40.66
22	-715.7217	可変		
23	101.2327	2.235	1.83481	42.73
* 24	-257.5032	可変		
* 25	-283.1336	4.085	1.58144	40.98
26	-18.4049	1.000	1.90366	31.27
27	87.0702	可変		

30

40

50



28 -136.5964 6.525 1.59319 67.90  
 29 -38.7359

I

[ 非球面データ ]

m : 6

= 1.0000

A4 = 1.67289E-07

A6 = -1.03260E-09

A8 = 5.37315E-12

A10 = -4.58982E-15

10

m : 24

= 1.0000

A4 = 4.43454E-06

A6 = 2.09008E-08

A8 = -1.49527E-10

A10 = 8.49155E-13

m : 25

= 1.0000

A4 = -2.21915E-05

A6 = 1.15956E-07

A8 = -1.94063E-09

A10 = 9.93961E-12

20

[ 各種データ ]

変倍比 8.50

W M T

f 24.7 70.0 210.0

FNO 3.47 5.31 6.52

2 85.94 32.52 11.08

Ymax 19.90 21.60 21.60

TL 141.66 173.63 194.45

BF 23.35 32.36 13.26

30

W M T W M T

f, 24.700 70.005 209.991 -0.033 -0.033 -0.033

d0 0.000 0.000 0.000 706.534 2031.32 6175.90

d5 2.002 22.984 54.077 2.002 22.984 54.077

d12 37.630 16.703 2.000 37.630 16.703 2.000

d18 9.388 7.991 4.000 9.688 8.290 4.039

d22 7.722 6.619 11.160 6.491 5.369 9.139

d24 2.215 7.801 20.136 3.147 8.752 21.938

d27 3.110 22.940 33.576 3.110 22.940 33.576

40

[ レンズ群データ ]

群 S T f

1 1 113.050

2 6 -19.624

3 13 42.460

4 19 84.928

5 23 87.292

6 25 -33.119

7 28 88.941

[ 条件式対応値 ]

50

- ( 1 )  $( - f R N ) / f t = 0.080$   
 ( 2 )  $B F w / f w = 0.945$   
 ( 3 )  $M T F 1 / M T F 2 = 0.022$   
 ( 4 )  $( - f F N ) / | f F | = 1.206$   
 ( 5 )  $n P / n N = 0.974$   
 ( 6 )  $| f F 1 | / | f 1 | = 0.751$   
 ( 7 )  $| f F 2 | / | f 1 | = 0.772$   
 ( 8 )  $| f F 1 | / f t = 0.404$   
 ( 9 )  $| f F 2 | / f t = 0.416$   
 ( 10 )  $| W F 1 | / | W F 2 | = 0.616$   
 ( 11 )  $| R w | / | R t | = 1.858$   
 ( 12 )  $w = 42.97^\circ$

10

## 【 0 1 2 7 】

図 2 0 A、図 2 0 B、及び図 2 0 C はそれぞれ、第 7 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図 2 1 A、図 2 1 B、及び図 2 1 C はそれぞれ、第 7 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

## 【 0 1 2 8 】

各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離物体合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

20

## 【 0 1 2 9 】

( 第 8 実施例 )

図 2 2 は、第 8 実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、負屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、負屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 と、負屈折力を有する第 5 レンズ群 G 5 と、正屈折力を有する第 6 レンズ群 G 6 と、負屈折力を有する第 7 レンズ群 G 7 とから構成されている。

## 【 0 1 3 0 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ 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 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 との接合正レンズとからなる。

30

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 2 1 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 2 との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 3 と両凸形状の正レンズ L 2 4 との接合正レンズとからなる。

## 【 0 1 3 1 】

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 3 1 と、両凹形状の負レンズ L 3 2 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 3 との接合正レンズとからなる。

40

第 4 レンズ群 G 4 は、両凸形状の正レンズ L 4 1 からなる。

第 5 レンズ群 G 5 は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 5 1 からなる。

第 6 レンズ群 G 6 は、両凸形状の正レンズ L 6 1 からなる。

第 7 レンズ群 G 7 は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 7 1 からなる。

## 【 0 1 3 2 】

本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態と望遠端状態との間での変倍時に、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間隔、第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 との間隔、第 5 レンズ群 G 5 と第 6 レンズ群 G 6 との間隔、および第 6 レンズ群 G 6 と第 7 レンズ群 G 7 との間隔が変化するように、第 1 レンズ群 G 1 から第 7 レンズ群 G 7 までの

50

全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。

【 0 1 3 3 】

本実施例に係る光学系では、合焦レンズ群として、第4レンズ群G4を光軸に沿って物体側へ移動させるとともに、第5レンズ群G5および第6レンズ群G6を、それぞれ第4レンズ群G4とは異なる軌跡で光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【 0 1 3 4 】

以下の表8に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 1 3 5 】

(表8) 第8実施例

[面データ]

m	r	d	n d	d
OP				
1	250.0000	2.900	1.74389	49.53
* 2	28.0269	12.424		
3	154.1167	2.100	1.59349	67.00
4	32.5416	6.969	2.00069	25.46
5	61.8764	可変		
6	175.0869	5.997	1.81600	46.59
7	-52.8034	1.500	1.85000	27.03
8	-204.9882	1.000		
9	45.2860	1.500	1.80518	25.45
10	26.6188	11.527	1.60300	65.44
11	-76.6492	可変		
12(S)		2.465		
13	-64.5009	1.300	1.90265	35.72
14	-217.6883	0.200		
15	-214.1041	1.300	1.67270	32.18
16	26.6878	6.400	1.80809	22.74
17	502.6822	可変		
18	65.6282	5.000	1.48749	70.32
19	-65.3105	可変		
20	-52.0851	1.300	1.84666	23.80
21	-201.9547	可変		
22	185.0000	5.300	1.58913	61.15
* 23	-50.5905	可変		
* 24	-27.3977	1.500	1.58913	61.15
25	-49.4756	BF		

I

[非球面データ]

m : 2

= 0.0000

A4 = 3.95960E-06

A6 = 3.76748E-09

A8 = -5.23494E-12

A10 = 1.04782E-14

A12 = -4.82160E-18

m : 23

= 1.0000

A4 = 6.76320E-06

10

20

30

40

50

A6 = -8.33082E-09  
 A8 = 3.88079E-11  
 A10 = -7.09278E-14  
 m : 24  
     = 1.0000  
 A4 = 5.00393E-06  
 A6 = -8.92918E-09  
 A8 = 2.86537E-11  
 A10 = -5.32582E-14

## [ 各種データ ]

変倍比 2.99

W	M	T
f	22.7	50.0 67.9
FNO	3.03	3.00 3.03
2	91.04	45.96 33.62
Ymax	19.30	21.60 21.60
TL	188.49	155.49 167.35
BF	16.20	23.37 32.67

W	M	T	W	M	T
f,	22.700	49.999	67.899	-0.033	-0.033 -0.033
d0	0.000	0.000	0.000	644.489	1474.05 2002.27
d5	64.883	10.266	5.946	64.883	10.266 5.946
d11	2.200	12.775	27.038	2.200	12.775 27.038
d17	20.035	8.462	6.571	19.026	7.439 4.593
d19	2.030	3.706	4.816	1.360	3.164 4.349
d21	4.601	9.046	14.467	4.908	8.936 15.092
d23	7.862	17.178	5.159	9.234	18.853 6.979

## [ レンズ群データ ]

群	S T	f
1	1	-42.744
2	6	40.599
3	12	-105.371
4	18	68.000
5	20	-83.229
6	22	68.000
7	24	-106.909

## [ 条件式対応値 ]

( 1 )  $( - f R N ) / f t = 1.575$   
 ( 2 )  $B F w / f w = 0.713$   
 ( 3 )  $M T F 1 / M T F 2 = 0.809$   
 ( 4 )  $( - f F N ) / | f F | = 1.224$   
 ( 5 )  $n P / n N = 0.806$   
 ( 6 )  $| f F 1 | / | f 1 | = 1.591$   
 ( 7 )  $| f F 2 | / | f 1 | = 1.591$   
 ( 8 )  $| f F 1 | / f t = 1.001$   
 ( 9 )  $| f F 2 | / f t = 1.001$   
 ( 10 )  $| W F 1 | / | W F 2 | = 0.350$   
 ( 11 )  $| R w | / | R t | = 1.387$   
 ( 12 )  $w = 45.52^\circ$

【 0 1 3 6 】

10

20

30

40

50

図 2 3 A、図 2 3 B、及び図 2 3 C はそれぞれ、第 8 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図 2 4 A、図 2 4 B、及び図 2 4 C はそれぞれ、第 8 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【 0 1 3 7 】

各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離物体合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 1 3 8 】

( 第 9 実施例 )

図 2 5 は、第 9 実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、正屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、正屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、負屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 と、正屈折力を有する第 5 レンズ群 G 5 と、正屈折力を有する第 6 レンズ群 G 6 と、負屈折力を有する第 7 レンズ群 G 7 とから構成されている。

【 0 1 3 9 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と両凸形状の正レンズ L 1 2 との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 とからなる。

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、両凹形状の負レンズ L 2 1 と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 2 と物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 2 3 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 4 との接合負レンズとからなる。

【 0 1 4 0 】

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 2 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 3 との接合正レンズと、両凸形状の正レンズ L 3 4 とからなる。

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 4 1 と、両凹形状の負レンズ L 4 2 とからなる。

第 5 レンズ群 G 5 は、両凸形状の正レンズ L 5 1 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 5 2 との接合正レンズからなる。

第 6 レンズ群 G 6 は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 6 1 からなる。

第 7 レンズ群 G 7 は、両凹形状の負レンズ L 7 1 からなる。

【 0 1 4 1 】

本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態と望遠端状態との間での変倍時に、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間隔、第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 との間隔、第 5 レンズ群 G 5 と第 6 レンズ群 G 6 との間隔、および第 6 レンズ群 G 6 と第 7 レンズ群 G 7 との間隔が変化するように、第 1 レンズ群 G 1 から第 7 レンズ群 G 7 までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。

【 0 1 4 2 】

本実施例に係る光学系では、合焦レンズ群として、第 5 レンズ群 G 5 を光軸に沿って物体側へ移動させるとともに、第 6 レンズ群 G 6 を第 5 レンズ群 G 5 とは異なる軌跡で光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【 0 1 4 3 】

以下の表 9 に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 1 4 4 】

( 表 9 ) 第 9 実施例

[ 面データ ]

m      r      d      n d      d

10

20

30

40

50

O P

1	3442.9453	2.000	2.00100	29.12
2	67.9723	9.758	1.59319	67.90
3	-152.3923	0.200		
4	58.4962	5.618	1.81600	46.59
5	401.1678	可変		
* 6	-290.9507	1.400	1.88300	40.66
7	23.9500	5.968		
8	-85.0139	1.200	1.83481	42.73
9	-120.7468	5.617	1.84666	23.80
10	-22.1853	1.200	1.81600	46.59
11	-285.7763	可変		
12(S)		0.200		
13	43.7782	3.108	1.69680	55.52
14	471.1855	0.200		
15	32.7556	1.000	1.83481	42.73
16	21.7787	4.328	1.59319	67.90
17	90.7958	0.200		
18	34.8267	4.022	1.58144	40.98
19	-155.1147	可変		
* 20	-30.2170	1.817	1.90200	25.26
21	-25.8045	0.200		
22	-168.2619	1.000	1.90366	31.27
23	32.2596	可変		
24	38.3747	4.859	1.49700	81.73
25	-32.4370	1.000	2.00069	25.46
26	-70.7616	可変		
27	-63.4136	3.063	1.56732	42.58
* 28	-25.4716	可変		
* 29	-40.3736	1.500	1.81600	46.59
30	223.1585	BF		

10

20

30

I

[ 非球面データ ]

m : 6

= 1.0000

A4 = 1.12990E-06

A6 = -1.48448E-09

A8 = 2.59485E-12

A10 = -2.03608E-15

m : 20

= 1.0000

A4 = -1.25538E-05

A6 = 2.12431E-08

A8 = -1.35330E-10

A10 = 4.53472E-13

m : 28

= 1.0000

A4 = 2.57266E-05

A6 = 5.03605E-08

A8 = -2.10329E-10

40

50

A10 = 3.98690E-13

m : 29

= 1.0000

A4 = 1.23110E-05

A6 = 2.00664E-08

A8 = -1.99371E-10

A10 = 2.96093E-13

[ 各種データ ]

変倍比 8.97

W M T

f 24.8 70.0 222.0

FNO 3.69 5.39 6.42

2 85.32 33.28 10.80

Ymax 20.30 21.60 21.60

TL 152.38 168.67 204.50

BF 13.25 40.90 75.50

W M T W M T

f, 24.750 70.000 222.000 -0.033 -0.033 -0.033

d0 0.000 0.000 0.000 708.545 2047.97 6602.17

d5 2.000 19.489 42.969 2.000 19.489 42.969

d11 40.184 17.902 2.000 40.184 17.902 2.000

d19 2.003 3.971 9.577 2.003 3.971 9.577

d23 10.844 6.751 7.946 10.369 6.000 6.221

d26 15.034 12.261 4.050 14.947 12.499 5.206

d28 9.603 7.938 3.000 10.165 8.452 3.568

[ レンズ群データ ]

群 S T f

1 1 93.169

2 6 -21.680

3 12 24.825

4 20 -35.481

5 24 85.936

6 27 72.909

7 29 -41.791

[ 条件式対応値 ]

( 1 )  $( - f R N ) / f t = 0.188$

( 2 )  $B F w / f w = 0.536$

( 3 )  $M T F 1 / M T F 2 = 3.034$

( 4 )  $( - f F N ) / | f F | = 0.832$

( 5 )  $n P / n N = 0.786$

( 6 )  $| f F 1 | / | f 1 | = 0.922$

( 7 )  $| f F 2 | / | f 1 | = 0.783$

( 8 )  $| f F 1 | / f t = 0.387$

( 9 )  $| f F 2 | / f t = 0.328$

( 10 )  $| W F 1 | / | W F 2 | = 0.607$

( 11 )  $| R w | / | R t | = 0.815$

( 12 )  $w = 42.66^\circ$

【 0 1 4 5 】

図 2 6 A、図 2 6 B、及び図 2 6 C はそれぞれ、第 9 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

10

20

30

40

50

図 2 7 A、図 2 7 B、及び図 2 7 C はそれぞれ、第 9 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【 0 1 4 6 】

各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離物体合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 1 4 7 】

( 第 1 0 実施例 )

図 2 8 は、第 1 0 実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、正屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、開口絞り S と、正屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 と、負屈折力を有する第 5 レンズ群 G 5 と、正屈折力を有する第 6 レンズ群 G 6 とから構成されている。

10

【 0 1 4 8 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ 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 と両凸形状の正レンズ L 1 3 との接合正レンズとからなる。

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 1 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 2 と、両凹形状の負レンズ L 2 3 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 4 との接合負レンズとからなる。

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 3 1 と、両凸形状の正レンズ L 3 2 と両凹形状の負レンズ L 3 3 との接合正レンズとからなる。

20

【 0 1 4 9 】

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 1 両凸形状の正レンズ L 4 2 との接合正レンズからなる。

第 5 レンズ群 G 5 は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 5 1 と、両凹形状の負レンズ L 5 2 とからなる。

第 6 レンズ群 G 6 は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 6 1 と、両凸形状の正レンズ L 6 2 とからなる。

【 0 1 5 0 】

本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態と望遠端状態との間での変倍時に、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間隔、第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 との間隔、および第 5 レンズ群 G 5 と第 6 レンズ群 G 6 との間隔が変化するように、第 1 レンズ群 G 1 から第 6 レンズ群 G 6 までの全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。

30

【 0 1 5 1 】

本実施例に係る光学系では、合焦レンズ群として、第 4 レンズ群 G 4 を光軸に沿って物体側へ移動させるとともに、第 5 レンズ群 G 5 を光軸に沿って像側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【 0 1 5 2 】

以下の表 1 0 に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

40

【 0 1 5 3 】

( 表 1 0 ) 第 1 0 実施例

[ 面データ ]

m	r	d	n d	d
OP				
1	339.1302	3.342	1.48749	70.32
2	-1748.8042	0.200		
3	113.3340	1.700	1.62004	36.40
4	62.3111	8.286	1.49700	81.73
5	-790.8224	可変		

50



6	452.0591	1.300	1.80400	46.60
7	41.1492	4.042		
8	41.3304	3.091	1.68893	31.16
9	98.8092	4.158		
10	-68.4923	1.000	1.70000	48.10
11	36.0772	3.318	1.80518	25.45
12	117.8747	可変		
13	180.8711	3.540	1.80400	46.60
14	-64.2101	0.200		
15	40.7438	5.229	1.49700	81.73
16	-52.5435	1.200	1.85026	32.35
17	200.0407	1.376		
18(S)		可変		
19	68.3281	1.200	1.71736	29.57
20	20.1023	6.000	1.56732	42.58
21	-61.5874	可変		
22	188.7697	2.905	1.72825	28.38
23	-56.4394	0.719		
24	-72.6983	1.000	1.80400	46.60
25	30.9300	可変		
26	-22.2025	1.300	1.69680	55.52
27	-38.2594	0.200		
28	95.0769	3.373	1.80610	40.97
29	-205.8129	BF		

10

20

I

[各種データ]

変倍比 4.05

W M T

f 72.1 100.0 292.0

FNO 4.68 4.86 5.88

2 33.86 24.02 8.26

Ymax 21.60 21.60 21.60

TL 193.32 209.38 244.81

BF 38.32 41.53 60.32

W M T W M T

f, 72.100 100.000 292.000 -0.033 -0.033 -0.033

d0 0.000 0.000 0.000 2108.51 2898.12 8529.76

d5 2.000 26.301 76.285 2.000 26.301 76.285

d12 45.791 35.345 2.000 45.791 35.345 2.000

d18 29.471 29.387 29.007 28.880 29.181 28.801

d21 2.000 3.362 2.000 2.786 4.328 3.858

d25 16.057 14.780 16.521 15.862 14.019 14.868

[レンズ群データ]

群 S T f

1 1 171.900

2 6 -43.196

3 13 51.979

4 19 82.476

5 22 -51.000

6 26 48383.794

30

40

50

[ 条件式対応値 ]

- ( 1 )  $( - f R N ) / f t = 0.269$   
 ( 2 )  $B F w / f w = 0.531$   
 ( 3 )  $M T F 1 / M T F 2 = 0.125$   
 ( 4 )  $( - f F N ) / | f F | = 0.527$   
 ( 5 )  $n P / n N = 0.913$   
 ( 6 )  $| f F 1 | / | f 1 | = 0.480$   
 ( 7 )  $| f F 2 | / | f 1 | = 0.297$   
 ( 8 )  $| f F 1 | / f t = 0.282$   
 ( 9 )  $| f F 2 | / f t = 0.175$   
 ( 10 )  $| W F 1 | / | W F 2 | = 0.288$   
 ( 11 )  $| R w | / | R t | = 0.911$   
 ( 12 )  $w = 16.93^\circ$

10

【 0 1 5 4 】

図 2 9 A、図 2 9 B、及び図 2 9 C はそれぞれ、第 1 0 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図 3 0 A、図 3 0 B、及び図 3 0 C はそれぞれ、第 1 0 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

【 0 1 5 5 】

各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離物体合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

20

【 0 1 5 6 】

( 第 1 1 実施例 )

図 3 1 は、第 1 1 実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。

本実施例に係る変倍光学系は、物体側から順に、負屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、開口絞り S と、負屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 と、正屈折力を有する第 5 レンズ群 G 5 と、正屈折力を有する第 6 レンズ群 G 6 と、負屈折力を有する第 7 レンズ群 G 7 とから構成されている。

30

【 0 1 5 7 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と、両凹形状の負レンズ L 1 2 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 との接合正レンズとからなる。

第 2 レンズ群 G 2 は、両凸形状の正レンズ L 2 1 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 2 との接合正レンズからなる。

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 3 1 と両凸形状の正レンズ L 3 2 との接合正レンズからなる。

【 0 1 5 8 】

第 4 レンズ群 G 4 は、両凹形状の負レンズ L 4 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 2 との接合負レンズからなる。

40

第 5 レンズ群 G 5 は、両凸形状の正レンズ L 5 1 からなる。

第 6 レンズ群 G 6 は、両凸形状の正レンズ L 6 1 からなる。

第 7 レンズ群 G 7 は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 7 1 からなる。

【 0 1 5 9 】

本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態と望遠端状態との間での変倍時に、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間隔、第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 との間隔、第 5 レンズ群 G 5 と第 6 レンズ群 G 6 との間隔、および第 6 レンズ群 G 6 と第 7 レンズ群 G 7 との間隔が変化するように、第 1 レンズ群 G 1 から第 7 レンズ群 G 7 までの

50

全てのレンズ群が光軸に沿って移動する。

【 0 1 6 0 】

本実施例に係る光学系では、合焦レンズ群として、第5レンズ群G5を光軸に沿って物体側へ移動させるとともに、第6レンズ群G6を第5レンズ群G5とは異なる軌跡で光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【 0 1 6 1 】

以下の表11に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 1 6 2 】

(表11) 第11実施例

[ 面データ ]

m	r	d	n d	d
O P				
1	260.0000	2.900	1.74389	49.53
* 2	30.1702	13.784		
3	-1991.6463	2.100	1.59349	67.00
4	33.7055	8.364	2.00100	29.13
5	89.6077	可変		
6	108.4958	8.489	1.80100	34.92
7	-30.7757	1.500	1.80518	25.45
8	-204.3062	可変		
9	45.1018	1.500	1.85000	27.03
10	24.0000	9.603	1.59319	67.90
11	-88.4112	可変		
12(S)		1.733		
13	-63.2999	1.300	1.65100	56.24
14	36.0420	2.727	1.90265	35.72
15	90.4648	可変		
16	139.2934	5.000	1.48749	70.32
17	-72.7540	可変		
18	554.8019	4.200	1.58913	61.15
* 19	-54.8898	可変		
* 20	-29.0077	1.500	1.84666	23.80
21	-45.1973	BF		

I

[ 非球面データ ]

m : 2

= 0.0000

A4 = 3.70839E-06

A6 = 7.95920E-10

A8 = 7.22303E-12

A10 = -1.14971E-14

A12 = 9.51080E-18

m : 19

= 1.0000

A4 = 5.13891E-06

A6 = -3.95654E-09

A8 = 1.36188E-11

A10 = -1.64821E-14

m : 20

= 1.0000

10

20

30

40

50

A4 = 4.54393E-06  
 A6 = -1.30549E-09  
 A8 = 6.99274E-13  
 A10 = 4.71450E-15

## [ 各種データ ]

変倍比 2.99

W M T

f 22.7 50.0 67.9  
 F N O 4.21 5.58 5.88  
 2 92.68 46.22 33.64  
 Y m a x 19.70 21.60 21.60  
 T L 188.49 156.49 166.42  
 B F 14.19 21.35 26.73

10

W M T W M T

f, 22.700 50.000 67.900 -0.033 -0.033 -0.033  
 d0 0.000 0.000 0.000 642.626 1479.20 2020.08  
 d5 62.024 9.333 2.263 62.024 9.333 2.263  
 d8 1.536 1.576 1.000 1.536 1.576 1.000  
 d11 2.200 6.706 19.808 2.200 6.706 19.808  
 d15 25.740 8.889 12.359 25.733 7.830 10.488  
 d17 3.523 29.546 31.736 2.523 29.489 32.585  
 d19 14.577 14.391 7.819 15.584 15.506 8.840

20

## [ レンズ群データ ]

群 S T f

1 1 -47.325  
 2 6 90.647  
 3 9 68.586  
 4 12 -74.902  
 5 16 98.800  
 6 18 85.000  
 7 20 -99.892

30

## [ 条件式対応値 ]

( 1 ) ( - f R N ) / f t = 1.471  
 ( 2 ) B F w / f w = 0.625  
 ( 3 ) M T F 1 / M T F 2 = 1.831  
 ( 6 ) | f F 1 | / | f 1 | = 2.088  
 ( 7 ) | f F 2 | / | f 1 | = 1.796  
 ( 8 ) | f F 1 | / f t = 1.455  
 ( 9 ) | f F 2 | / f t = 1.252  
 ( 10 ) | W F 1 | / | W F 2 | = 0.764  
 ( 11 ) | R w | / | R t | = 2.455  
 ( 12 ) w = 46.34 °

40

## 【 0 1 6 3 】

図 3 2 A、図 3 2 B、及び図 3 2 C はそれぞれ、第 1 1 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図 3 3 A、図 3 3 B、及び図 3 3 C はそれぞれ、第 1 1 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離物体合焦時の諸収差図である。

## 【 0 1 6 4 】

各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有しており、さらに近距離物体合焦時にも優れた結

50

像性能を有していることがわかる。

【0165】

上記各実施例によれば、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、および無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑える高い光学性能を備えた変倍光学系を実現することができる。さらに上記各実施例によれば、合焦レンズ群の軽量化および小型化を実現することができるので、合焦レンズ群の駆動機構を小型化し、鏡筒の大型化を招くことなく高速で静粛性の高い合焦動作を実現することができる。

【0166】

なお、上記各実施例は本願発明の一具体例を示しているものであり、本願発明はこれらに限定されるものではない。以下の内容は、本実施形態の変倍光学系の光学性能を損なわない範囲で適宜採用することが可能である。

【0167】

本実施形態の変倍光学系の数値実施例として6群構成又は7群構成のものを示したが、本実施形態はこれに限られず、その他の群構成（例えば、8群等）の変倍光学系を構成することもできる。具体的には、上記各実施例の変倍光学系の最も物体側や最も像側にレンズ又はレンズ群を追加した構成でも構わない。或いは、隣り合うレンズ群とレンズ群との間にレンズ又はレンズ群を追加しても良い。

【0168】

また、上記各実施例では、2つ又は3つのレンズ群を合焦レンズ群としたが、レンズ群の一部或いは4つ以上のレンズ群を合焦レンズ群としても良い。また、各合焦レンズ群は、1つ又は2つのレンズ成分から構成されていればよく、1つのレンズ成分からなる構成がより好ましい。斯かる合焦レンズ群は、オートフォーカスに適用することも可能であり、オートフォーカス用のモータ、例えば超音波モータ、ステッピングモータ、VCMモータ等による駆動にも適している。

【0169】

また、上記各実施例の変倍光学系において、いずれかのレンズ群全体又はその一部を、防振群として光軸に対して垂直な方向の成分を含むように移動させ、又は光軸を含む面内方向へ回転移動（揺動）させることにより、防振を行う構成とすることもできる。

【0170】

また、上記各実施例の変倍光学系を構成するレンズのレンズ面は、球面又は平面としてもよく、或いは非球面としてもよい。レンズ面が球面又は平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、レンズ加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を防ぐことができるため好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないため好ましい。レンズ面が非球面の場合、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に成型したガラスモールド非球面、又はガラス表面に設けた樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれでもよい。また、レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）或いはプラスチックレンズとしてもよい。

【0171】

また、上記各実施例の変倍光学系において、開口絞りSは第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間、或いは第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間に配置されることが好ましいが、開口絞りとして部材を設けずにレンズ枠でその役割を代用する構成としてもよい。

【0172】

また、上記各実施例の変倍光学系を構成するレンズのレンズ面に、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。これにより、フレアやゴーストを軽減し、高コントラストの高い光学性能を達成することができる。

【0173】

次に、本実施形態の変倍光学系を備えたカメラを図34に基づいて説明する。

図34は本実施形態の変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

図34に示すようにカメラ1は、撮影レンズ2として上記第1実施例に係る変倍光学系を

10

20

30

40

50

備えたレンズ交換式の所謂ミラーレスカメラである。

【0174】

本カメラ1において、不図示の物体(被写体)からの光は、撮影レンズ2で集光されて、不図示のOLPF(Optical low pass filter:光学ローパスフィルタ)を介して撮像部3の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部3に設けられた光電変換素子によって被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ1に設けられたEVF(Electronic view finder:電子ビューファインダ)4に表示される。これにより撮影者は、EVF4を介して被写体を観察することができる。

また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、撮像部3で生成された被写体の画像が不図示のメモリに記憶される。このようにして、撮影者は本カメラ1による被写体の撮影を行うことができる。

10

【0175】

ここで、本カメラ1に撮影レンズ2として搭載した上記第1実施例に係る変倍光学系は、上述のように良好な光学性能を備え、合焦レンズ群の軽量化および小型化が図られている。すなわち本カメラ1は、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動と、無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動とを良好に抑える高い光学性能を実現するとともに、合焦レンズ群の小型軽量化を図ることにより合焦動作の高速化を実現することができる。なお、上記第2~第11実施例に係る変倍光学系を撮影レンズ2として搭載したカメラを構成しても、上記カメラ1と同様の効果を奏することができる。また、クイックリターンミラーを有し、ファインダ光学系によって被写体を観察する一眼レフタイプのカメラ

20

【0176】

次に、本実施形態の変倍光学系の製造方法の概略を図35に基づいて説明する。

図35は本実施形態の変倍光学系の製造方法の概略を示すフロー図である。

【0177】

図35に示す本実施形態の変倍光学系の製造方法は、複数のレンズ群を有する変倍光学系の製造方法であって、以下のステップS1~S4を含むものである。

【0178】

ステップS1:複数のレンズ群を準備し、変倍時に各レンズ群の間隔が変化するように構成する。

30

ステップS2:複数のレンズ群が、合焦の際移動する物体側合焦レンズ群と、物体側合焦レンズ群より像側に配置され、合焦の際物体側合焦レンズ群とは異なる軌跡で移動する少なくとも一つの像側合焦レンズ群とを有するように構成する。

ステップS3:像側合焦レンズ群のうち最も像側に配置された合焦レンズ群より像側に少なくとも一つのレンズ成分を有するように構成する。

ステップS4:変倍光学系が以下の条件式(1)および(2)を満足するようにする。

$$(1) 0.05 < (-fRN) / ft < 4.50$$

$$(2) 0.2 < BFw / fw < 2.0$$

ただし、

40

fRN:前記レンズ成分を構成するレンズのうち、最も負の屈折力が強いレンズの焦点距離

ft:望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

BFw:広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

fw:広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

【0179】

斯かる本実施形態の変倍光学系の製造方法によれば、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動と、無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動とを良好に抑える高い光学性能を実現するとともに、合焦レンズ群の小型軽量化を図ることにより合焦動作の高速化を実現する変倍光学系を製造することができる。

【符号の説明】

50

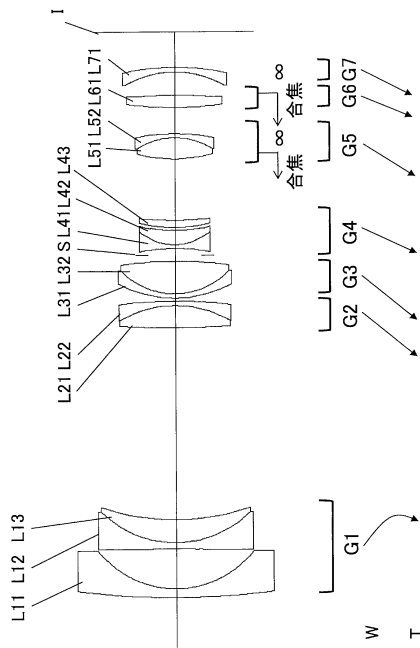
【 0 1 8 0 】

- G 1 第 1 レンズ群
- G 2 第 2 レンズ群
- G 3 第 3 レンズ群
- G 4 第 4 レンズ群
- G 5 第 5 レンズ群
- G 6 第 6 レンズ群
- G 7 第 7 レンズ群
- S 開口絞り
- I 像面
- 1 カメラ
- 2 撮影レンズ

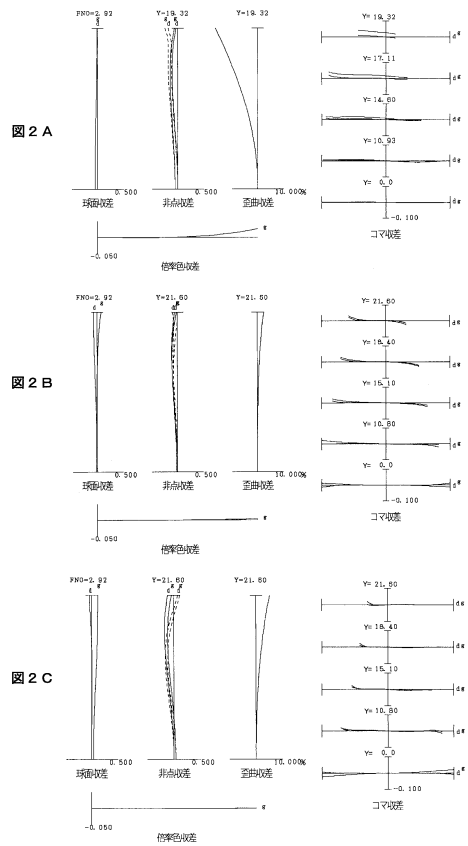
10

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



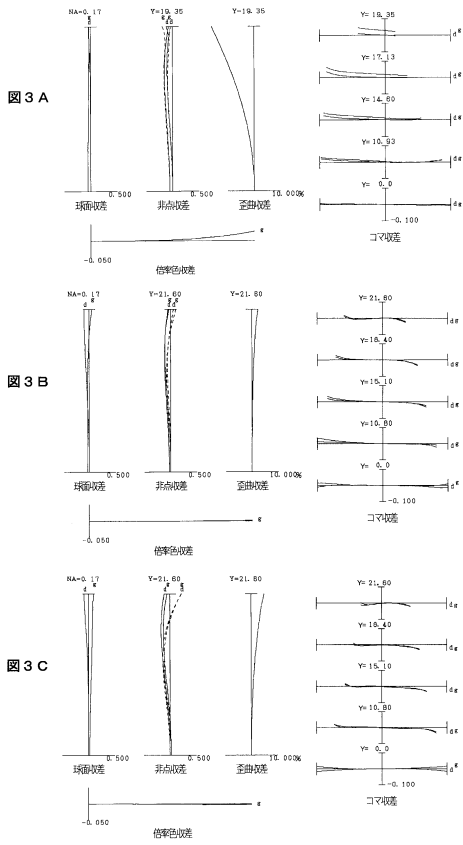
20

30

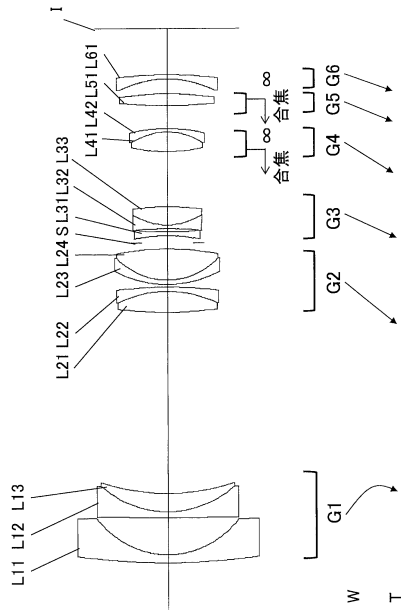
40

50

【图 3】



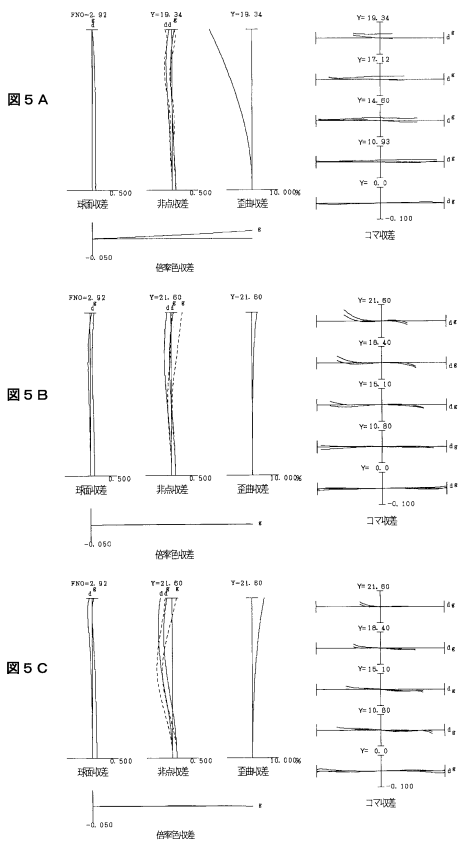
【图 4】



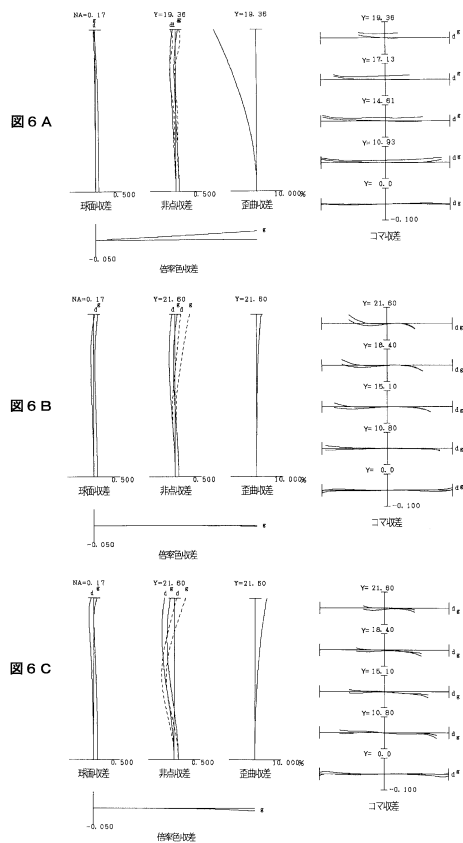
10

20

【图 5】



【图 6】



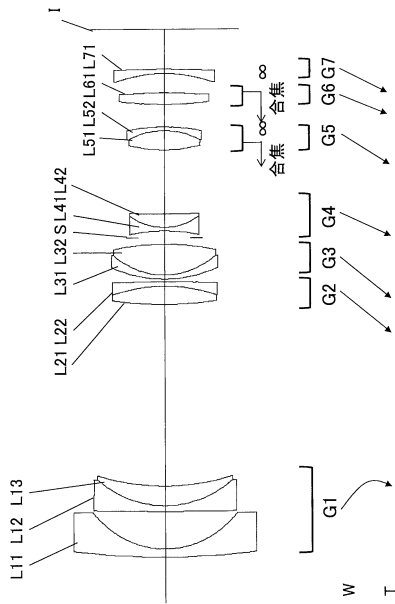
30

40

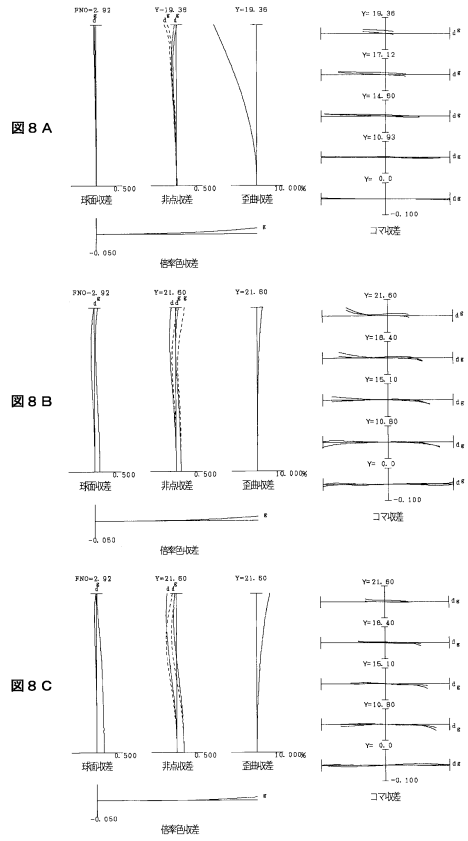
50



【图 7】



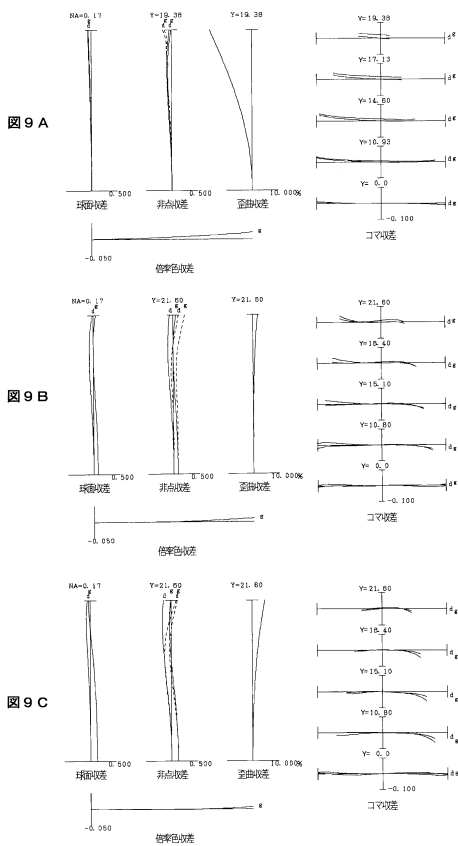
【图 8】



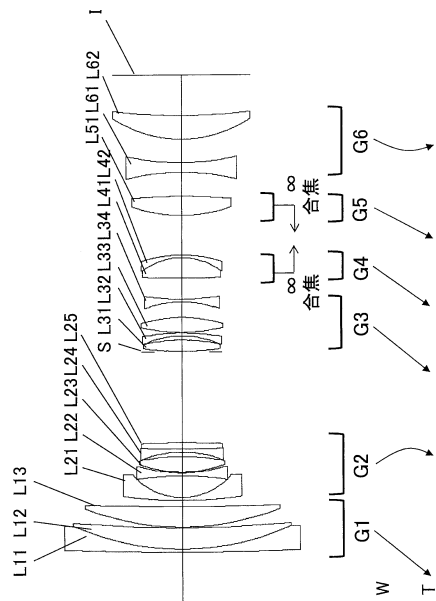
10

20

【图 9】



【图 10】

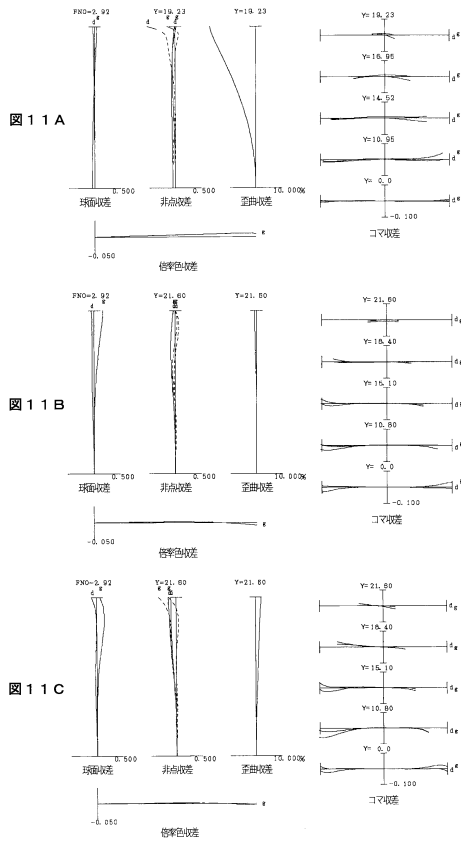


30

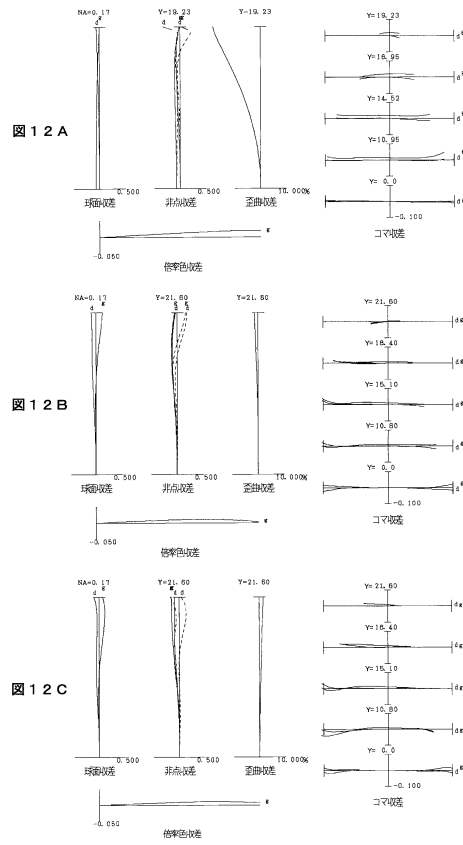
40

50

【图 1 1】



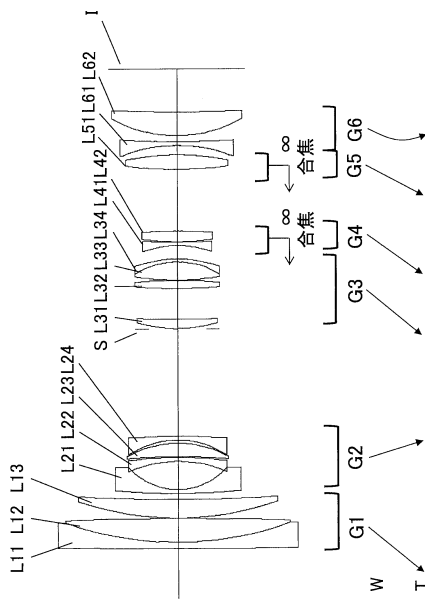
【图 1 2】



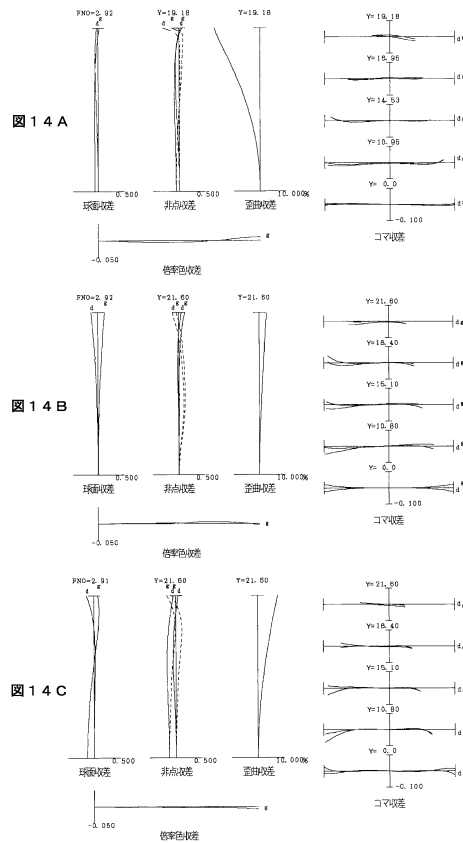
10

20

【图 1 3】



【图 1 4】

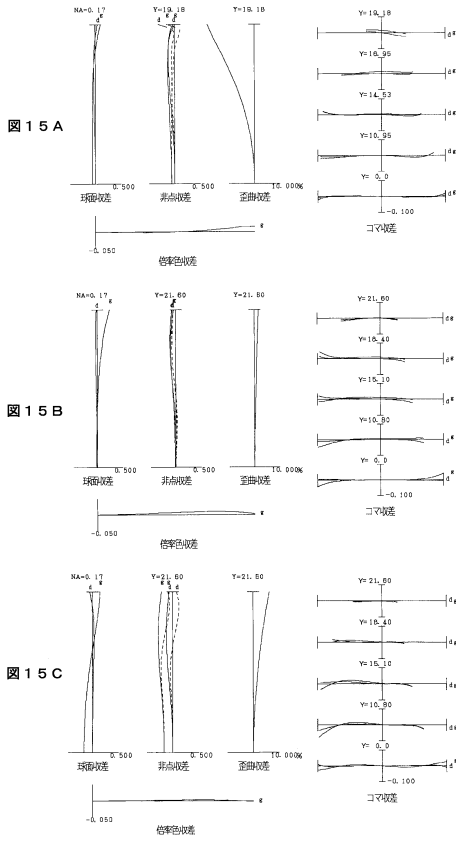


30

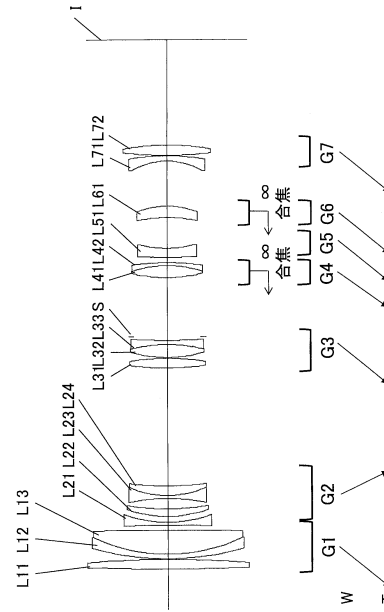
40

50

【图 15】



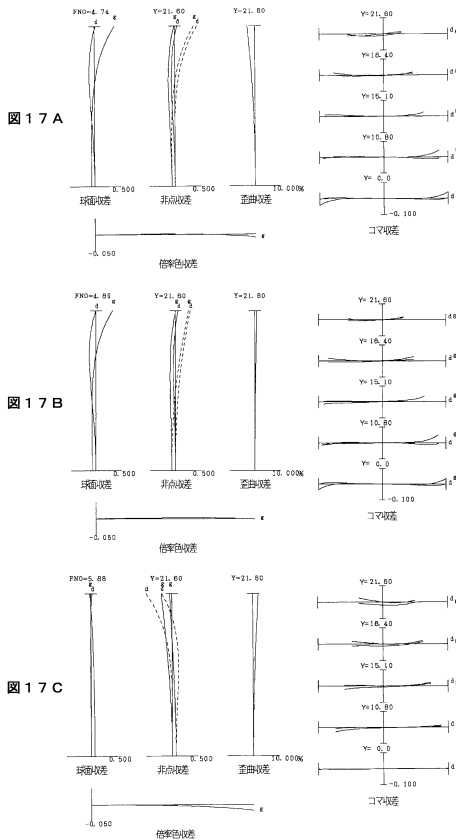
【图 16】



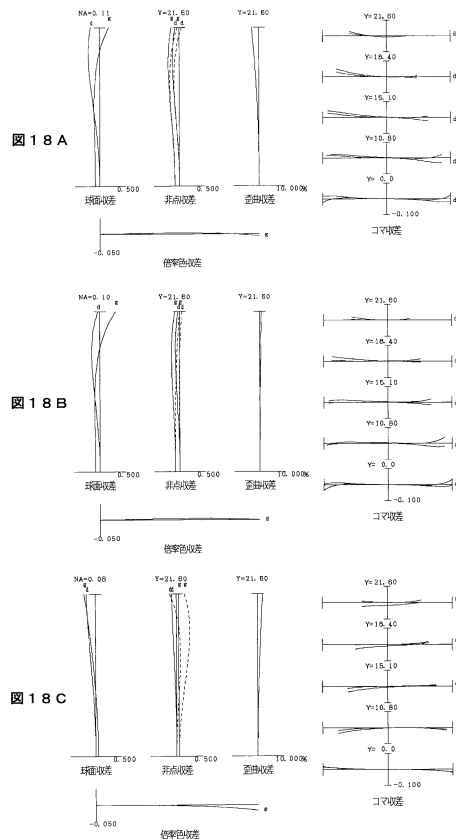
10

20

【图 17】



【图 18】

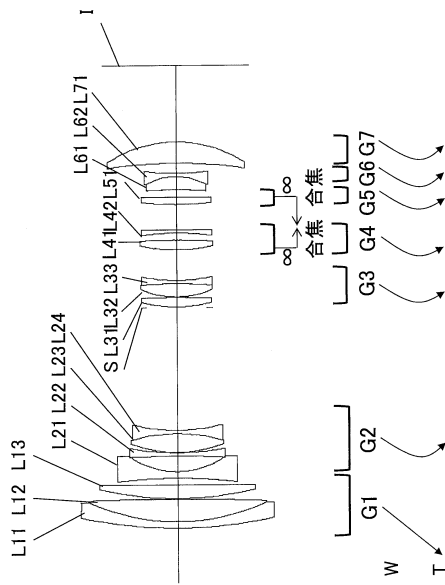


30

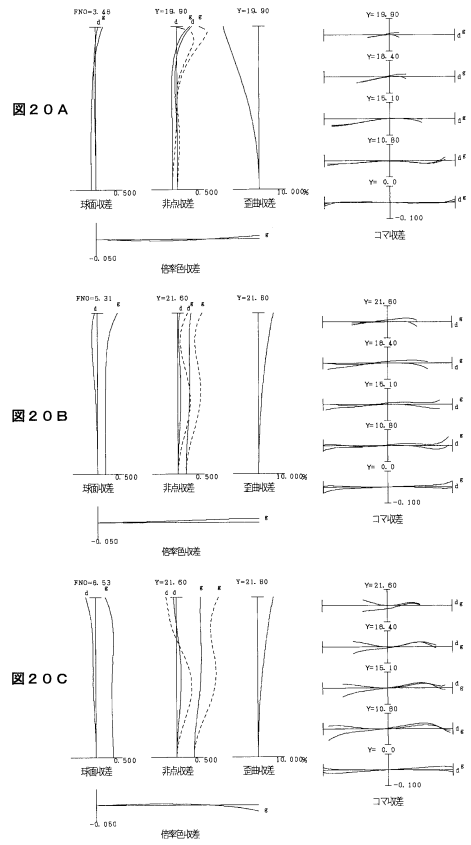
40

50

【图 19】



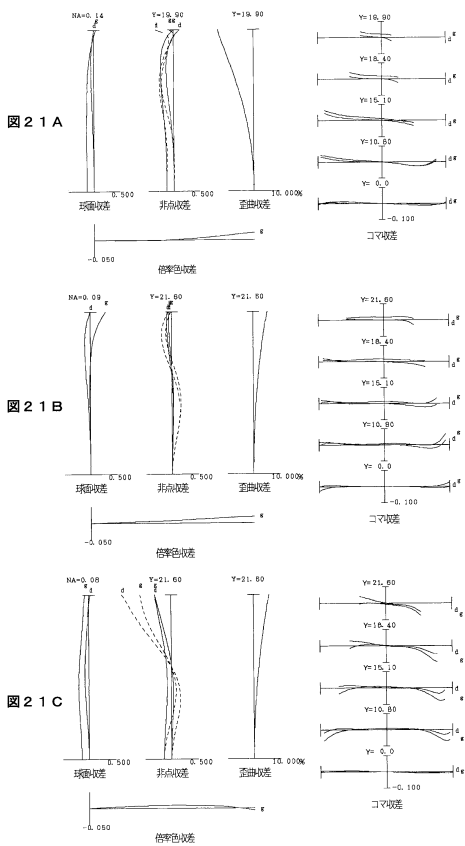
【图 20】



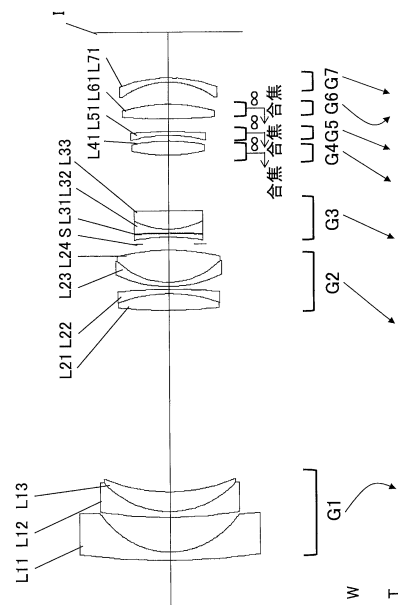
10

20

【图 21】



【图 22】

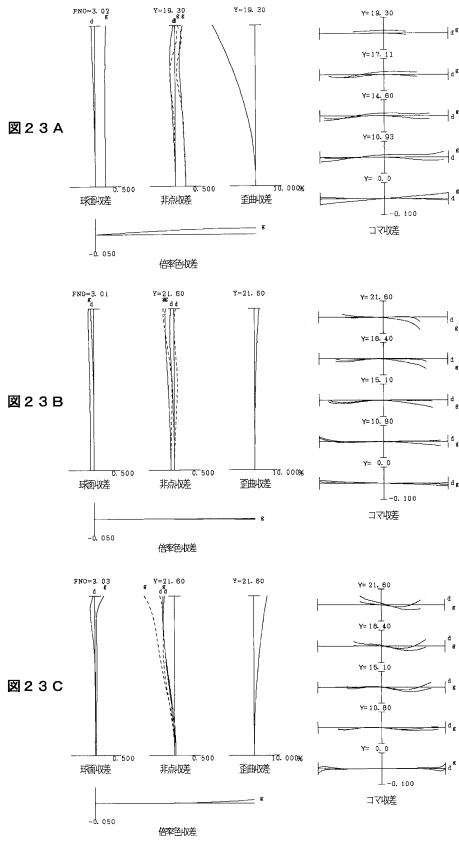


30

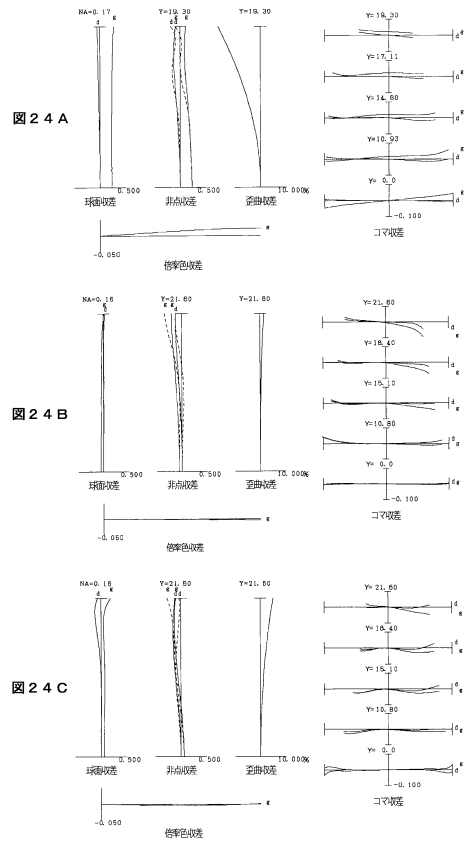
40

50

【图 2 3】



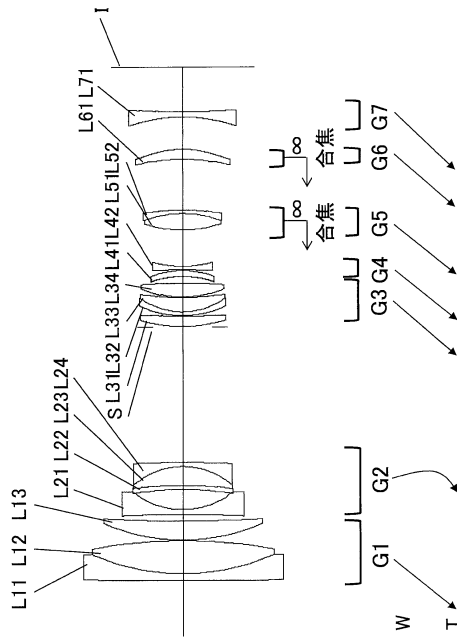
【图 2 4】



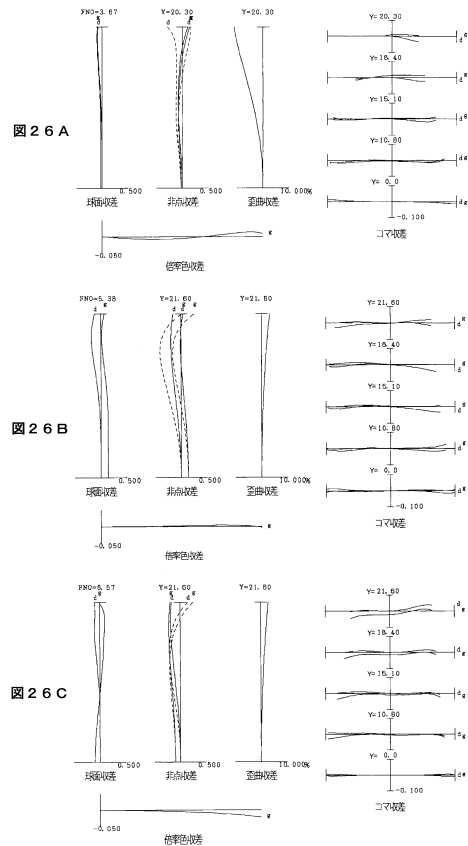
10

20

【图 2 5】



【图 2 6】

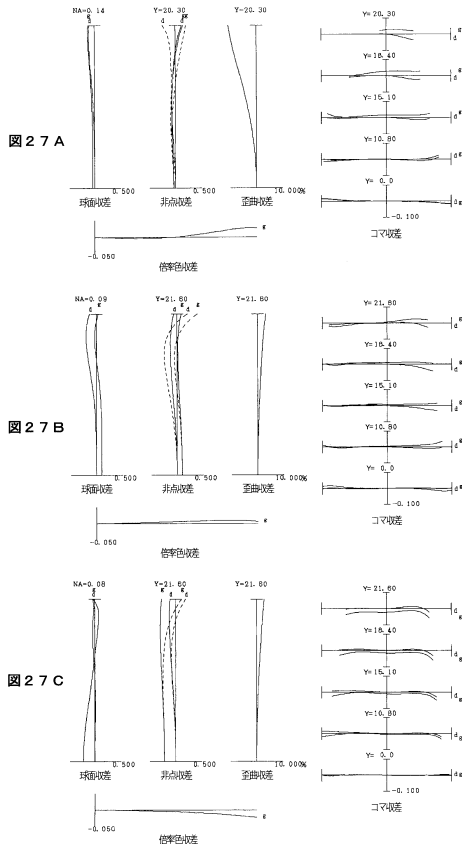


30

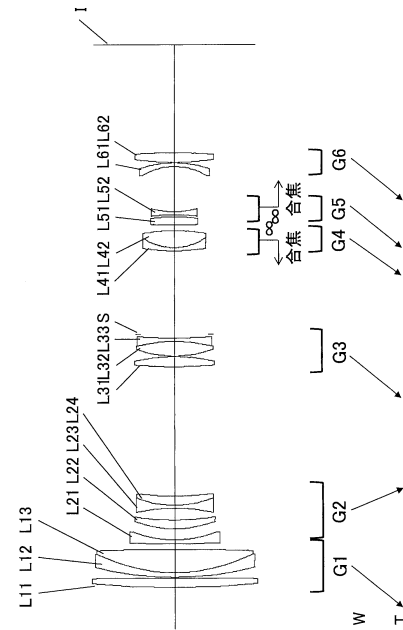
40

50

【图 27】



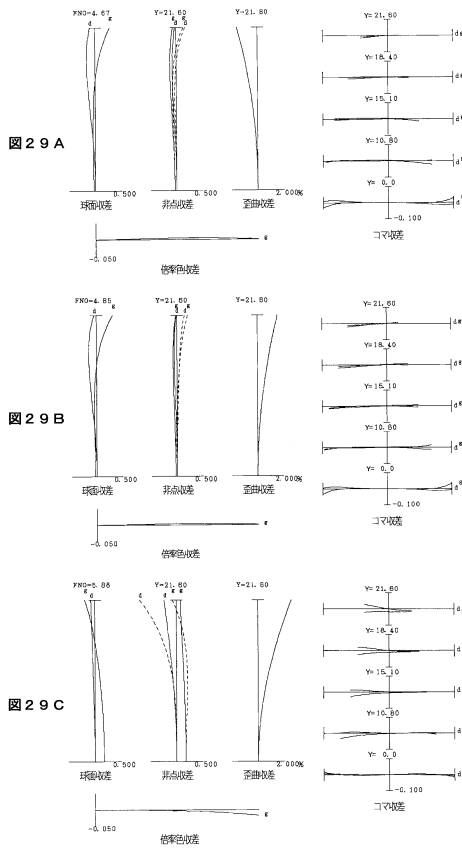
【图 28】



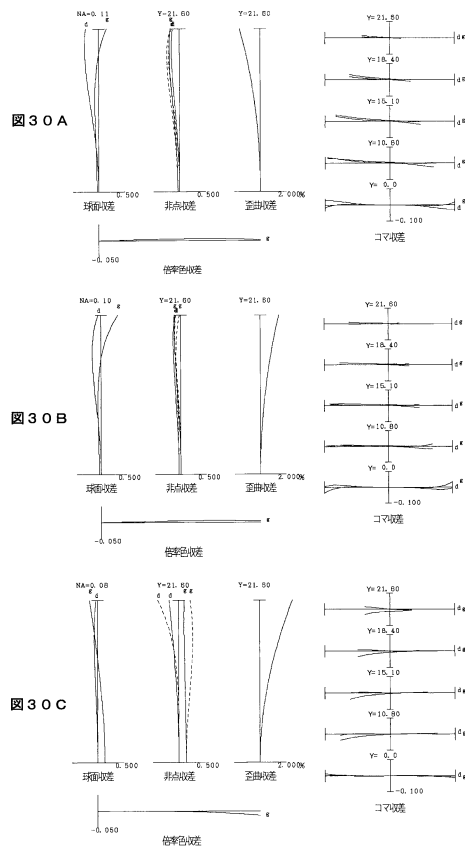
10

20

【图 29】



【图 30】

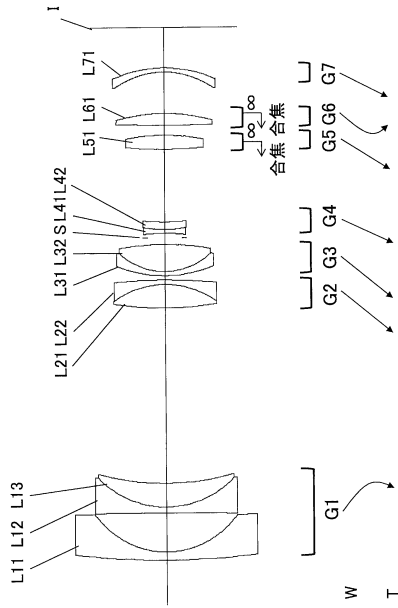


30

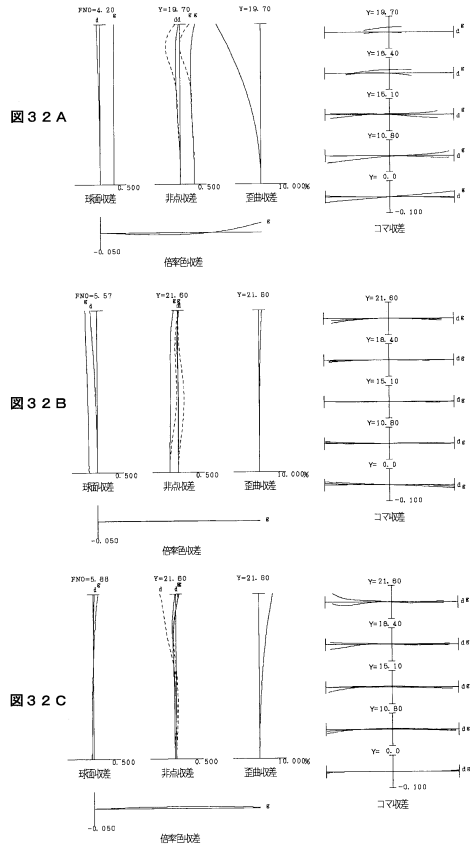
40

50

【图 3 1】



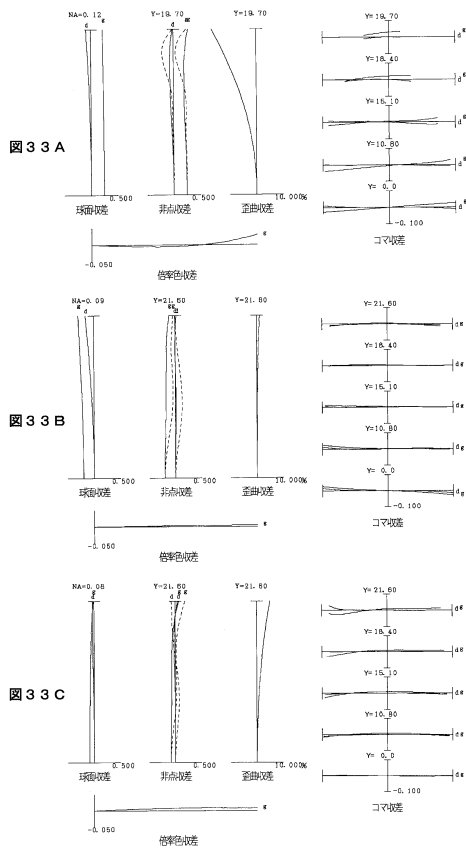
【图 3 2】



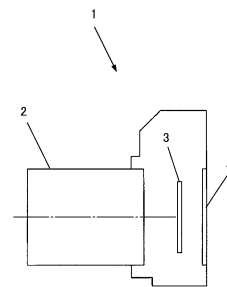
10

20

【图 3 3】



【图 3 4】

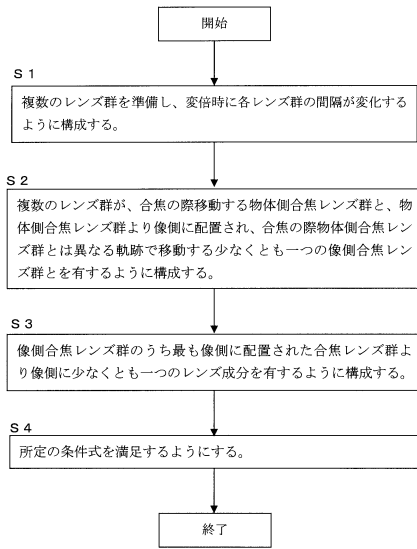


30

40

50

【 図 3 5 】



10

20

30

40

50



---

フロントページの続き

会社ニコン内

審査官 堀井 康司

- (56)参考文献 特開2016-139125(JP,A)  
特開2015-118141(JP,A)  
特開2017-129668(JP,A)  
特開2015-215438(JP,A)  
特開2014-102462(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