(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104181681 B
(45)授权公告日 2016.12.07

(21)申请号 201410219386.5

(22)申请日 2014.05.22

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104181681 A

(43)申请公布日 2014.12.03

(30)优先权数据
2013-108445 2013.05.22 JP

(73)专利权人 株式会社腾龙
地址 日本埼玉县

(72)发明人 岩泽嘉人

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006
代理人 高龙鑫

(51)Int.Cl.
G02B 15/173(2006.01)

审查员 秦玉珍

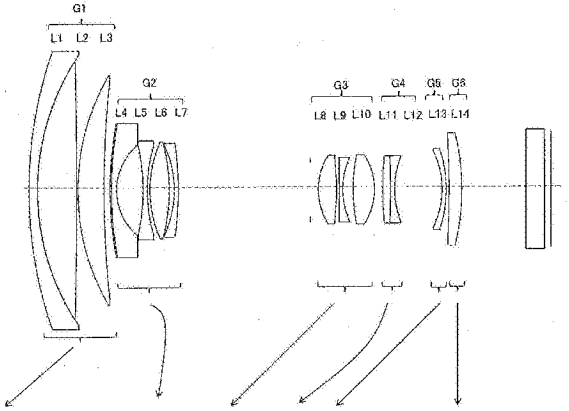
权利要求书2页 说明书30页 附图24页

(54)发明名称

变焦镜头及摄像装置

(57)摘要

本发明提供一种小型望远变焦镜头及具备该变焦镜头的摄像装置，该变焦镜头具有高品质成像性能且能够实现高变焦倍率。所述变焦镜头，从物体侧开始依次至少具备具有正折射本领的第一透镜组G1、具有负折射本领的第二透镜组G2、具有正折射本领的第三透镜组G3、具有负折射本领的第四透镜组G4、具有负折射本领的第五透镜组G5，通过向像面侧仅移动第四透镜组G4，从无限远对焦至临近物体，并满足以下条件式：$2.1<\beta rt<3.5$ ・・・(1) $-1.80<\beta 2t<-0.94$ ・・・(2)其中，βrt：位于比第三透镜组更靠像面侧的透镜组的望远端的无限远对焦时的合成横向放大率；$\beta 2t$：第二透镜组的望远端的无限远对焦时的横向放大率。



CN 104181681 B

1.一种变焦镜头，其特征在于，从物体侧开始依次至少具备具有正折射本领的第一透镜组、具有负折射本领的第二透镜组、具有正折射本领的第三透镜组、具有负折射本领的第四透镜组、具有负折射本领的第五透镜组，通过向像面侧仅移动所述第四透镜组，从无限远对焦至临近物体，并满足以下条件式：

$2.1<\beta rt<3.5$ ・・・(1)

$-1.80<\beta 2t<-0.94$ ・・・(2)

其中，

βrt：位于比第三透镜组更靠像面侧的透镜组的望远端的无限远对焦时的合成横向放大率；

β2t：第二透镜组的望远端的无限远对焦时的横向放大率。

2.权利要求1所述的变焦镜头，其中，所述第一透镜组满足以下条件式：

$$1.2 < f1/\sqrt{fw \times ft} < 2.1 \text{・・・} (3)$$

其中，

f1：第一透镜组的焦距；

fw：广角端的该变焦镜头的焦距；

ft：望远端的该变焦镜头的焦距。

3.权利要求1所述的变焦镜头，其中，所述第一透镜组满足以下条件式：

$$0.7 < m1/\sqrt{fw \times ft} < 1.2 \text{・・・} (4)$$

其中，

m1：第一透镜组从广角端向望远端进行变倍时所移动的移动量；

fw：广角端的该变焦镜头的焦距；

ft：望远端的该变焦镜头的焦距。

4.权利要求1所述的变焦镜头，其中，所述第四透镜组满足以下条件式：

$1.05<\beta 4t/\beta 4w<1.45$ ・・・(5)

其中，

β4t：第四透镜组的望远端的横向放大率；

β4w：第四透镜组的广角端的横向放大率。

5.权利要求1所述的变焦镜头，其中，所述第四透镜组满足以下条件式：

$(1-\beta 4t^2)\times \beta zt^2<-4.5$ ・・・(6)

其中，

β4t：第四透镜组的望远端的横向放大率；

βzt：位于比第四透镜组更靠像面侧位置的透镜组的望远端的合成横向放大率。

6.权利要求1所述的变焦镜头，其中，从广角端向望远端变倍时，所述第三透镜组和所述第五透镜组按照相同的轨迹移动。

7.权利要求1所述的变焦镜头，其中，从广角端向望远端变倍时，使所述第四透镜组相对于第三透镜组暂且先向像面侧移动，其后向物体侧移动。

8.一种摄像装置，其特征在于，具备权利要求1-7中任一项所述的变焦镜头和摄像器件，该摄像器件用于将在所述变焦镜头的像面侧通过所述变焦镜头所形成的光学图像变换

为电信号。

变焦镜头及摄像装置

技术领域

[0001] 本发明涉及变焦镜头及具备该变焦镜头的摄像装置。尤其涉及变焦倍率高的小型变焦镜头及具备该变焦镜头的摄像装置。

背景技术

[0002] 一直以来，数码相机等采用了固体摄像器件的摄像装置十分普及。近年来，采用了小型固体摄像器件的小型摄像装置系统正急速普及起来。随之，作为这些摄像系统的光学系统，对于能够根据拍摄对象来调节焦距的变焦镜头的市场需求很高，要求其小型且具有高品质的成像性能。例如，在专利文献1中提出一种小型的变焦镜头，通过增加变焦中的可移动透镜组的数量或、提高相差校正的自由度，在整个变焦范围内实现高品质成像性能。

[0003] 【现有技术文献】

[0004] 【专利文献】

[0005] 【专利文献1】特开2006-251462号公报

发明内容

[0006] 发明要解决的课题

[0007] 于是，在变焦镜头中，对高品质成像性能和望远化有需求。特别地，对于如下望远变焦镜头有着更强的需求，即：以35mm规格胶片进行换算时，焦距超过300mm的望远变焦镜头。但是，在上述专利文献1所述的变焦镜头中，通过增加可移动透镜组，虽然实现了高品质成像性能，但以35mm规格胶片进行换算时，望远端的焦距小于145mm，不能够充分达到上述对于望远化的需求，需要更高变焦倍率的变焦镜头。

[0008] 另外，小型的摄像装置系统由于摄像装置自身是小型的，即使是这种变焦倍率高的望远变焦镜头，也要求光学总长方向的小型化，同时还要求镜筒直径的小型化。但是，上述专利文献1中所公开的变焦镜头通过将直径较小的透镜所构成的第四透镜组作为对焦透镜组，虽然实现了镜筒直径的小型化，但不能充分实现光学总长方向的小型化。因此，要求变焦镜头进一步小型化。

[0009] 于是，本发明的课题是：提供一种小型的望远变焦镜头及具备该变焦镜头的摄像装置，该变焦镜头具有高品质的成像性能、且能够实现高变焦倍率。

[0010] 解决课题的方法

[0011] 本发明人等潜心研究的结果，通过采用以下的长焦型的变焦镜头来达成上述课题。

[0012] 本发明的变焦镜头，其特征在于，从物体侧开始依次至少具备具有正折射本领的第一透镜组、具有负折射本领的第二透镜组、具有正折射本领的第三透镜组、具有负折射本领的第四透镜组、具有负折射本领的第五透镜组，通过向像面侧仅移动所述第四透镜组，来从无限远对焦至临近物体，并满足以下条件式：

[0013] 【式1】

[0014] $2.1<\beta rt<3.5$ • • •(1)

[0015] $-1.80<\beta 2t<-0.94$ • • •(2)

[0016] 其中，

[0017] βrt：位于比第三透镜组更靠像面侧的透镜组的望远端的无限远对焦时的合成横向放大率；

[0018] β2t：第二透镜组的望远端的无限远对焦时的横向放大率；

[0019] 在本发明的变焦镜头中，优选所述第一透镜组满足以下条件式：

[0020] 【式2】

[0021] $$1.2<f1/\sqrt{fw\times ft}<2.1 \cdot \cdot \cdot \quad (3)$$

[0022] 其中，

[0023] f1：第一透镜组的焦距

[0024] fw：广角端的该变焦镜头的焦距；

[0025] ft：望远端的该变焦镜头的焦距

[0026] 在本发明的变焦镜头中，优选所述第一透镜组满足以下条件式：

[0027] 【式3】

[0028] $$0.7<m1/\sqrt{fw\times ft}<1.2 \cdot \cdot \cdot \quad (4)$$

[0029] 其中，

[0030] m1：第一透镜组从广角端向望远端进行变倍时所移动的移动量

[0031] fw：广角端的该变焦镜头的焦距；

[0032] ft：望远端的该变焦镜头的焦距

[0033] 在本发明的变焦镜头中，优选所述第四透镜组满足以下条件式：

[0034] 【式4】

[0035] $1.05<\beta 4t/\beta 4w<1.45$ • • •(5)

[0036] 其中，

[0037] β4t：第四透镜组的望远端的横向放大率；

[0038] β4w：第四透镜组的广角端的横向放大率。

[0039] 在本发明的变焦镜头中，优选所述第四透镜组满足以下条件式：

[0040] 【式5】

[0041] $(1-\beta 4t^2)\times \beta zt^2<-4.5$ • • •(6)

[0042] 其中，

[0043] βzt：位于比第四透镜组更靠像面侧位置的透镜组的望远端的合成横向放大率

[0044] 在本发明的变焦镜头中，从广角端向望远端变倍时，优选使所述第三透镜组和所述第五透镜组按照相同的轨迹移动。

[0045] 在本发明的变焦镜头中，从广角端向望远端变倍时，优选使第四透镜组相对于第三透镜组暂且先向像面侧移动，其后向物体侧移动。

[0046] 本发明的摄像装置，其特征在于，具备上述的任一变焦镜头和摄像器件，该摄像器件在其像面侧将由变焦镜头所形成的光学图像变换为电信号。

[0047] 发明的效果

[0048] 根据本发明，采用所谓长焦型的望远系统，将变焦时的各透镜组的移动量抑制到最小，并提供一种小型的望远变焦镜头及具备该变焦镜头的摄像装置，该变焦镜头能实现高品质的成像性能，并达成高的变焦倍率。

附图说明

[0049] 图1是示出本发明的实施例1的变焦镜头的镜头构成的广角端的透镜的示意图。

[0050] 图2是本发明的实施例1的变焦镜头的广角端状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0051] 图3是本发明的实施例1的变焦镜头的中间焦距状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0052] 图4是本发明的实施例1的变焦镜头的望远端状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0053] 图5是示出本发明的实施例2的变焦镜头的镜头构成的广角端的透镜的示意图。

[0054] 图6是本发明的实施例2的变焦镜头的广角端状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0055] 图7是本发明的实施例2的变焦镜头的中间焦距状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0056] 图8是本发明的实施例2的变焦镜头的望远端状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0057] 图9是示出本发明的实施例3的变焦镜头的镜头构成的广角端的透镜的示意图。

[0058] 图10是本发明的实施例3的变焦镜头的广角端状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0059] 图11是本发明的实施例3的变焦镜头的中间焦距状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0060] 图12是本发明的实施例3的变焦镜头的望远端状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0061] 图13是示出本发明的实施例4的变焦镜头的镜头构成的广角端的透镜的示意图。

[0062] 图14是本发明的实施例4的变焦镜头的广角端状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0063] 图15是本发明的实施例4的变焦镜头的中间焦距状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0064] 图16是本发明的实施例4的变焦镜头的望远端状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0065] 图17是示出本发明的实施例5的变焦镜头的镜头构成的广角端的透镜的示意图。

[0066] 图18是本发明的实施例5的变焦镜头的广角端状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0067] 图19是本发明的实施例5的变焦镜头的中间焦距状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0068] 图20是本发明的实施例5的变焦镜头的望远端状态的无限远对焦时的球面像差

图、像散图及歪曲像差图。

[0069] 图21是示出本发明的实施例6的变焦镜头的镜头构成的广角端的透镜的示意图。

[0070] 图22是本发明的实施例6的变焦镜头的广角端状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0071] 图23是本发明的实施例6的变焦镜头的中间焦距状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0072] 图24是本发明的实施例6的变焦镜头的望远端状态的无限远对焦时的球面像差图、像散图及歪曲像差图。

[0073] 附图标记说明

[0074] G1・・・第一透镜组

[0075] G2・・・第二透镜组

[0076] G3・・・第三透镜组

[0077] G4・・・第四透镜组

[0078] G5・・・第五透镜组

[0079] STOP・・・光圈

具体实施方式

[0080] 以下，对本发明的变焦镜头及摄像装置的实施方式进行说明。

[0081] 1.变焦镜头

[0082] 1-1.光学系统的构成

[0083] 首先，对本发明的变焦镜头的光学系统的构成进行说明。本发明的变焦镜头，从物体侧开始依次至少具备具有正折射本领的第一透镜组、具有负折射本领的第二透镜组、具有正折射本领的第三透镜组、具有负折射本领的第四透镜组、具有负折射本领的第五透镜组，通过向像面侧仅移动第四透镜组，来从无限远对焦至临近物体。

[0084] 本发明的变焦镜头是所谓的长焦型的变焦镜头，上述第一透镜组至第三透镜组是整体上具有正折射本领的物体侧透镜组，第四透镜组至最后透镜组是在整体上具有负折射本领的像面侧透镜组。此外，最后透镜组是指配置在最靠像面侧的透镜组。当第五透镜组之后不设置透镜组时，将第五透镜组作为最后透镜组。在本发明中，通过构成为长焦型的变焦镜头，能够使该变焦镜头的望远端的光学总长(optical full length)比该变焦镜头的望远端的焦距更短。由此，例如，在将变焦倍率提高到用35mm规格的胶片进行换算时的焦距超过300mm等的情况下，也能够抑制望远端的光学总长的增加。

[0085] 另外，在本发明中，在构成上述的长焦型的变焦镜头的同时，以如下方式构成像面侧透镜组，即：相对于作为对焦透镜组的第四透镜组，配置具有负折射本领的第五透镜组。这样，通过使第四透镜和第五透镜组的折射本领分别为负折射本领，容易使像面侧透镜组的整体的负折射本领增强。即，由于容易构成为长焦倾向强的变焦镜头，因此提高变焦倍率时，也能够使望远端的光学总长比望远端的焦距更短。

[0086] 此处，变焦镜头一般在镜筒(最外筒)内收容一个以上的伸缩式内筒。内筒根据变焦倍率从物体侧抽出。若望远端和广角端的光学总长的差变大，由于会使内筒收纳时的镜筒总长变短，因而可以在最外筒内收容多个内筒。但是，若在最外筒内收容多个内筒，由于

使最外筒的直径增大与内筒的厚度相应的尺寸。于是，在本发明中，通过构成为上述长焦倾向强的变焦镜头，即使在变焦倍率提高的情况下，也能够抑制望远端的光学总长的增加，因而能够抑制在最外筒内收容的内筒的数量的增加。因此，根据本发明，能够实现望远端的光学总长和镜筒的外径的小型化。

[0087] 1-2.动作

[0088] 接下来，对上述构成的变焦镜头的对焦动作及变倍动作按照顺序进行说明。

[0089] (1)对焦动作

[0090] 首先，对对焦动作进行说明。本发明的变焦镜头，如上所述，将第四透镜组作为对焦透镜组，然后通过向像面侧仅移动第四透镜组，来从无限远对焦至临近物体。与构成物体侧透镜组的各透镜相比，通过将透镜直径比较小的第四透镜组作为对焦透镜组，能够减小对焦时的对焦透镜组的移动量，并能够实现该变焦镜头的小型化。

[0091] 此处，作为长焦倾向强的变焦镜头，如上所述，要求像面侧透镜组的负折射本领增强。一直以来，对于长焦型的变焦镜头，一般采用使第四透镜组的折射本领为负，使第五透镜组的折射本领为正的方式。但是，当第四透镜组作为对焦透镜组时，第四透镜组具有较强的折射本领，则进行对焦动作期间伴随着第四透镜组的移动会出现像差变化或变倍作用。于是，在本发明中，通过将对第四透镜组之后的第五透镜组也分配为负折射本领，来抑制第四透镜组的负折射本领变得过强，使上述透镜组作为长焦倾向强的变焦镜头，并能够抑制对焦时的像差变化或变倍作用。例如，在无反光镜可换镜头相机等的不具备光学式取景器的摄像装置等中，使用者通过设置于装置本体背面的液晶屏幕等显示的实时取景图像图像等来确认图像图像并进行调焦。此时，若采用本发明的变焦镜头，能够抑制对焦期间的变倍等，并将成像性能高的图像图像作为实时取景画图像来显示。因此，本发明的变焦镜头能够适用于无反光镜可换镜头相机等。

[0092] (2)变倍动作

[0093] 接下来，对变倍动作进行说明。在本发明的变焦镜头中，对于变倍时的各透镜组的动作并无特别限定。但是，从为使像差校正的自由度提高、并在整个变焦范围内得到高品质成像性能的观点出发，为在变倍时使第一透镜组至第五透镜组的各透镜组间的间隔分别变化，优选使各透镜组能够相对移动。通过变倍时使各透镜组间的间隔分别变化，容易使在各变焦倍率中各透镜组的位置调整至像差校正中优选的位置。此时，变倍时通过将全部透镜组分别各自移动，可以使各透镜组间的间隔变化，也可以使全部透镜组中的一部分透镜组以一体的方式移动，其余的透镜组个别地移动。另外，也可以不将全部透镜组作为全部移动透镜组，而是将一部分透镜组作为固定透镜组。

[0094] 此处，从进一步提高像差校正的自由度的观点出发，优选变倍时将全部透镜组分别个别地移动，但是，从制造上的观点出发，在本发明中，优选变倍时将第三透镜组和第五透镜组按照相同的轨迹以一体的方式进行移动。通过使配置于第四透镜组的前后的第三透镜组和第五透镜组以一体的方式进行移动，能够将这两个透镜组作为一个单元来构成。因此，能够实现制造效率的提高及抑制组装误差。其结果，与使第三透镜组和第五透镜组分别各自移动的情况相比，能够简单地构成透镜移动机构。进而，由于将第三透镜组和第五透镜组单元化，能够将用于引导第四透镜组移动的引导轴通过用于保持第三透镜组内的各透镜的透镜保持框和用于保持第五透镜组内的各透镜的保持框来从该引导轴的其两端侧进行

支持。因此，容易将该引导轴以平行于光轴的方式保持，能够使第四透镜组稳定地移动，并能够抑制图像模糊等。

[0095] 进而，在本发明中，从广角端向望远端变倍时，优选地，使第四透镜组相对于第三透镜组暂且先向像面侧移动，其后向物体侧移动。通过变倍时第四透镜组按这样的方式进行移动，即使在第三透镜组和第五透镜组按照相同的轨迹移动的情况下，也能使第三透镜组和第四透镜组之间的间隔、第四透镜组和四五透镜组之间的间隔根据变焦倍率而变化，因而在进行像差校正上优选。

[0096] 以上说明的变焦镜头只是本发明的变焦镜头的其中一种形式，在不脱离本发明的主旨的范围内，自不必说可以在其具体范围内对透镜的构成做适宜地变更。虽然上述内容并未做详细叙述，如实施例所记载那样，也可以在第五透镜组之后具备一个或多个其他透镜组。另外，第五透镜组之后的透镜具有正折射本领，或具有负折射本领都可以。但是，本发明的目的之一在于，提供一种即使在提高变焦倍率的情况下，也能抑制光学总长的增加小型变焦镜头。若构成像面侧透镜组的透镜组的数量增加，会使分配到各透镜组的折射本领增强变得困难，长焦倾向变弱，望远端的光学总长的增加在光学上的抑制变得困难。另外，若透镜的数量增加，物理上的光学总长会增加。因此，从提供小型的变焦镜头的观点出发，优选第五透镜组之后的透镜组的数量在一个以下。

[0097] 1-3.条件式

[0098] 接下来，对本发明的变焦镜头应满足或优选满足的条件式进行说明。优选本发明的变焦镜头的特征在于满足下述条件式(1)及条件式(2)，并优选满足后述的条件式(3)至条件式(6)

[0099] 【式6】

[0100] $2.1<\beta rt<3.5$ • • •(1)

[0101] $-1.80<\beta 2t<-0.94$ • • •(2)

[0102] 其中，

[0103] βrt：位于比第三透镜组更靠像面侧的透镜组的望远端的无限远对焦时的合成横向放大率；

[0104] β2t：第二透镜组的望远端的无限远对焦时的横向放大率；

[0105] 1-3-1.条件式(1)

[0106] 首先，对条件式(1)进行说明。条件式(1)是本发明的变焦镜头中用于规定比第三透镜组更靠像面侧而配置的透镜组的横向放大率的条件式。但是，像面侧透镜组是指第四透镜组至最后透镜组，上述“βrt”示出了从第四组到最后组的合成横向放大率。另外，最后透镜组是指在构成该变焦镜头的全部透镜组中，配置在最靠像面侧的透镜组，第五透镜组之后没有透镜组时，第五透镜组相当于最后透镜组。

[0107] 通过满足该条件式(1)，能够在维持高品质成像性能的同时，实现高的变焦倍率，且使该变焦镜头以小型化的方式构成。另外，通过满足该条件式(1)，例如，能够确保无反光镜可换镜头相机等的摄像装置所要求的适当的法兰距。

[0108] 在条件式(1)的下限值以下时，由于像面侧透镜组的横向放大率变小，为实现望远化，有必要使物体侧透镜组(第一透镜组至第三透镜组)的焦距变大。其结果，由于构成物体侧透镜组的各透镜的透镜直径变大，使实现该变焦镜头的径向的小型化变得困难。另外，此

时，使抑制光学总长也变得困难。另一方面，在条件式(1)的上限值以上时，像面侧透镜组的横向放大率会过大，为了得到高品质的成像性能，像差校正时需要更多的透镜。即，由于构成变焦镜头的光学系统的透镜数量增加，光学总长会变长。因此，在该条件式(1)的范围以上时，任一情况都使该变焦镜头的小型化变得困难，因而不优选。

[0109] 从这些观点出发，在得到上述效果上，更优选条件式(1)满足以下条件。

[0110] $2.2<\beta rt<3.5$ • • •(1)'

[0111] 进而，在得到上述效果上，进一步优选条件式(1)满足以下条件。

[0112] $2.3<\beta rt<3.5$ • • •(1)''

[0113] 1-3-2.条件式(2)

[0114] 接下来，对条件式(2)进行说明。条件式(2)是规定本发明的变焦镜头中第二透镜组的望远端的横向放大率的条件式。通过满足条件式(2)，使第二透镜组的望远端的横向放大率为适当的值，能够实现望远端的光学总长和像差校正的适当化。在条件式(2)的下限值以下时，第二透镜组的横向放大率会过大，为了得到高品质的成像性能，像差校正时需要更多的透镜。因此，望远端的光学总长会变长。另一方面，在条件式(1)的上限值以上时，第二透镜组的横向放大率会变小，为实现较高的变焦倍率，有必要使像面侧的横向放大率增大。其结果，与条件式(1)中所述的理由相同，使实现该变焦镜头的径向的小型化变得困难，且使抑制光学总长也变得困难。因此，在该条件式(1)(或条件式(2))的范围以上时，任一情况都使该变焦镜头的小型化变得困难，因而不优选。另外，由上述可知，在本发明中，在具有高品质成像性能、且实现高的变焦倍率的同时，为得到小型的望远变焦镜头，要求同时满足条件式(1)及条件式(2)。

[0115] 从这些观点出发，在得到上述效果上，更优选条件式(2)满足以下条件。

[0116] $-1.60<\beta 2t<-0.94$ • • •(2)'

[0117] 进而，在得到上述效果上，进一步优选条件式(2)满足以下条件。

[0118] $-1.50<\beta 2t<-0.94$ • • •(2)''

[0119] 1-3-3.条件式(3)

[0120] 接下来，对条件式(3)进行说明。在本发明的变焦镜头中，优选第一透镜组满足以下的条件式(3)。

[0121] 【式7】

[0122] $$1.2 < f1/\sqrt{fw \times ft} < 2.1 \cdot \cdot \cdot (3)$$

[0123] 其中，

[0124] f1：第一透镜组的焦距；

[0125] fw：广角端的该变焦镜头的焦距；

[0126] ft：望远端的该变焦镜头的焦距。

[0127] 条件式(3)是规定第一透镜组的焦距的条件式。通过满足该条件式(3)，能够使变倍时的第一透镜组的移动量在适当的范围内，且在能够抑制像差校正时的透镜数量的增加的同时，实现高品质成像性能，因此，在实现该变焦镜头的小型化上优选。

[0128] 在该条件式(3)的下限值以下时，由于第一透镜组的折射本领变得过大，会使望远端的轴向色差恶化。因此，为维持高品质成像性能，在像差校正时需要更多数量的透镜。因此，通过增加透镜数量，会使光学总长变长，因而从实现变焦镜头的小型化的观点上不优

选。另一方面，在该条件式(3)的上限值以上时，由于第一透镜组的折射本领变小，变倍时的第一透镜组的移动量变大。此时，广角端和望远端的光学总长之差变大。此时，由于广角端和望远端的光学总长之差变大，会使外筒内收容的内筒数量增加，或者会使用于将内筒抽出的机构变得复杂。即，有可能使镜筒构成会变复杂，使镜筒的外径也要增大，因而不优选。

[0129] 从这些观点出发，在得到上述效果上，更优选条件式(3)满足以下的条件。

[0130] $1.35 < f1/\sqrt{fw \times ft} < 2.00 \cdots (3)'$

[0131] 另外，在得到上述效果上，进一步优选优选条件式(3)满足以下的条件。

[0132] $1.35 < f1/\sqrt{fw \times ft} < 1.90 \cdots (3)''$

[0133] 1-3-4.条件式(4)

[0134] 接下来，对条件式(4)进行说明。在本发明的变焦镜头中，更优选第一透镜组满足以下的条件式(4)。

[0135] 【式8】

[0136] $0.7 < m1/\sqrt{fw \times ft} < 1.2 \cdots (4)$

[0137] 其中，

[0138] m1：第一透镜组从广角端向望远端进行变倍时所移动的移动量；

[0139] fw：广角端的该变焦镜头的焦距；

[0140] ft：望远端的该变焦镜头的焦距。

[0141] 条件式(4)是用于规定第一透镜组从广角端向望远端变倍时所移动的移动量的条件式。通过满足条件式(4)，能够使广角端和望远端的光学总长之差抑制在适当的范围内。即，在实现该变焦镜头的小型化上，优选满足条件式(4)。

[0142] 在条件式(4)的下限值以下时，由于第一透镜组的移动量变小，为实现高的变焦倍率，有使各透镜组的折射本领增强的必要。另外，增强各透镜组的折射本领的情况下，为实现高品质的成像性能，在像差校正时需要较多数量的透镜。因此，由于透镜数量的增加使光学总长变长，从实现该变焦镜头的小型化的观点上不优选。另一方面，在该条件式(4)的上限值以上时，第一透镜组的移动量变大。此时，由于广角端和望远端的光学总长之差变大，和上述理由相同，镜筒构成变得复杂，镜筒的外径恐怕也要增大，因而不优选。

[0143] 从这些观点出发，在得到上述效果上，更优选条件式(4)满足以下的条件。

[0144] $0.75 < m1/\sqrt{fw \times ft} < 1.15 \cdots (4)'$

[0145] 1-3-5.条件式(5)

[0146] 在本发明的变焦镜头中，优选第四透镜组满足以下的条件式(5)。

[0147] 【式9】

[0148] $1.05 < \beta 4t/\beta 4w < 1.45 \cdots (5)$

[0149] 其中，

[0150] β4t：第四透镜组的望远端的横向放大率；

[0151] β4w：第四透镜组的广角端的横向放大率。

[0152] 条件式(5)是用于规定第四透镜组的变倍比的条件式。如上所述，在本发明的变焦镜头中，将第四透镜组作为对焦透镜组，在对焦时仅移动第四透镜组。通过满足条件式(5)，

能够使第四透镜组的从广角端到望远端的变倍比在适当的范围内，容易抑制上述对焦时的像差变化或者变倍作用。其结果，能够进一步提高仅将第四透镜组作为对焦透镜组而得到的上述效果。

[0153] 1-3-6.条件式(6)

[0154] 在本发明的变焦镜头中，更优选第四透镜组满足以下的条件式(6)。

[0155] 【式10】

[0156] $(1-\beta 4t^2)\times\beta zt^2<-4.5\cdots(6)$

[0157] 其中，

[0158] βzt：位于比第四透镜组更靠像面侧位置的透镜组的望远端的合成横向放大率。

[0159] 条件式(6)是用于规定第四透镜组的望远端的聚焦灵敏度的条件式。通过使位于比第四透镜组更靠像面侧的透镜组的望远端的合成横向放大率、即望远端的第五透镜组以后的透镜组的合成横向放大率满足条件式(6)，能够使望远时的聚焦灵敏度适当，并能够使对焦时的第四透镜组的移动量在适当的范围内。在条件式(6)的上限值以上时，由于聚焦灵敏度变小，对焦时的第四透镜组的移动量会变大，在实现该变焦镜头的小型化上不优选。

[0160] 2.摄像装置

[0161] 接下来，对本发明的摄像装置进行说明。本发明的摄像装置的特征在于，具备上述变焦镜头和摄像器件，该摄像器件用于将在其像面侧通过该变焦镜头所形成的光学图像变换为电信号。此处，对于摄像器件等并无特别限定。但是，如上所述，由于本发明的变焦镜头的法兰距能够变短，因此该变焦镜头适合用在不具备光学取景器或反光镜的摄像装置中。特别地，由于本发明的变焦镜头小型且能够实现较高的变焦倍率，优选构成所谓的无反光镜可换镜头相机等的安装有小型的个体摄像器件的小型摄像装置。

[0162] 接下来，示出实施例及比较例对本发明进行具体说明。但是，本发明并不限定于以下的实施例，下述的实施例所公开的镜头构成只不过是本发明的一例，自不必说本发明的变焦镜头的镜头构成在不脱离本发明主旨的范围内可以进行适宜的变更。

[0163] 实施例1

[0164] (1)变焦镜头的镜头构成例

[0165] 在图1中，示出了实施例1的变焦镜头的镜头构成例。如图1所示，本实施例1的变焦镜头的构成为从物体侧开始依次具备：具有正折射本领的第一透镜组G1、具有负折射本领的第二透镜组G2，具有正折射本领的第三透镜组G3、具有负折射本领的第四透镜组G4、具有负折射本领的第五透镜组G5、和具有正折射本领的第六透镜组G6。

[0166] 第一透镜组G1从物体侧开始依次包括接合透镜和弯月透镜L3，该接合透镜是将向着物体侧具有凸面且具有负折射本领的弯月透镜L1和具有正折射本领的透镜L2接合而成的，该弯月透镜L3向着物体侧具有凸面且具有正折射本领。第二透镜组G2从物体侧开始依次包括弯月透镜L4、双凹透镜L5、双凸透镜L6和弯月透镜L7，该弯月透镜L4在物体侧的面具有非球面、在像面侧的面具有曲率较大的凹面且具有负折射本领，该弯月透镜L7向着物体侧具有凹面且具有负折射本领。第三透镜组G3从物体侧开始依次包括两面都是非球面的双凸透镜L8和双凹透镜L9、双凸透镜L10。第四透镜组G4由接合透镜构成，该接合透镜从物体侧开始依次将双凸透镜L11和像面侧的面为非球面的双凹透镜L12接合而构成。第五透镜组G5由弯月透镜L13构成，该弯月透镜L13向着物体侧具有凹面且具有负折射本领。第六透镜

组G6由弯月透镜L14构成，该弯月透镜L14向着像面侧具有凸面且具有正折射本领。

[0167] 在具有上述构成的本实施例1的变焦镜头中，从广角端向望远端变倍时，如图1中的箭头所示，第一透镜组G1向物体侧移动，第二透镜组G2以描绘向像面侧凸的轨迹的方式移动，第三透镜组G3向物体侧移动，第四透镜组G4相对于第三透镜组G3以描绘向像面侧凸的轨迹的方式移动，第五透镜组G5向物体侧移动，第六透镜组G6为固定透镜组，相对于像面固定。另外，从无限远对焦至临近物体时，第四透镜组G4向像面侧移动。

[0168] (2)数值实施例

[0169] 在本实施例1中，表1示出了适用了具体数值的数值实施例1的透镜数据。表1示出的透镜数据如下。“NS”是透镜的面编号，示出了从物体侧数的透镜面的序号。“R”示出透镜面的曲率半径，“D”示出互相邻接的透镜面在光轴上的间隔，“Nd”示出相对于d线(波长λ＝587.6nm)的折射率，“νd”示出相对于d线(波长λ＝587.6nm)的阿贝数。另外，在图1中，光圈用符号“S”表示。表1中该光圈(开口光圈)的面编号表示为“STOP”。另外，透镜面为非球面时，在面编号中标记有“ASPH”的曲率半径“R”的栏表示近轴曲率半径。

[0170] (表1)

[0171]

NS	R	D	Nd	νd
1	63.6829	1.3000	1.91048	31.31
2	36.5043	0.0100	1.57046	42.84
3	36.5043	5.9600	1.49845	81.61
4	-852.9715	0.2000		
5	34.2606	4.0000	1.62032	63.39
6	151.8569	D（6）		
7 ASPH	54.3406	0.2000	1.51700	49.96
8	54.6285	0.8000	1.91695	35.25
9	8.9090	4.0317		
10	-30.8661	0.6500	1.91695	35.25
11	23.5188	0.4000		

	12	17.7113	2.9807	1.93323	20.88
	13	-28.4855	0.7683		
	14	-16.2247	0.6000	1.77621	49.62
	15	-51.4542	D（15）		
	16 STOP	0.0000	1.2000		
	17 ASPH	9.1792	2.8596	1.58547	59.46
	18 ASPH	-21.2748	0.3952		
	19	-469.2779	0.5000	1.89461	30.74
	20	11.3473	1.6070		
	21	27.4927	3.2402	1.59489	68.62
[0172]	22	-9.5668	D（22）		
	23	48.0920	1.2000	1.81263	25.46
	24	-93.4000	0.0100	1.57046	42.84
	25	-93.4000	0.6000	1.80558	45.45
	26 ASPH	13.0486	D（26）		
	27	-12.9322	0.6300	1.81263	25.46
	28	-18.8160	D（28）		
	29	-147.0832	1.9501	1.73234	54.67
	30	-35.3238	9.8000		
	31	0.0000	2.8000	1.51872	64.20
	32	0.0000	1.0000		

[0173] 另外，对于表1示出的非球面，表2示出了其形状用下式X(y)表示时的非球面系数及圆锥常数。

[0174] $X(y)=(y^2/R)/[1+(1-\varepsilon \cdot y^2/R^2)^{1/2}]+A4 \cdot y^4+A6 \cdot y^6+A8 \cdot y^8+A10 \cdot y^{10}$

[0175] 此处，“X(y)”是从光轴到垂直方向的高度y的各非球面的定点沿光轴方向的距离(sag量)，“R”是基准球面的曲率半径(近轴曲率半径)，“ε”是圆锥常数，“A4,A6,A8,A10”分别是非球面系数。

[0176] (表2)

[0177]

ASPH	ε	A4	A6	A8	A10

[0178]

7	1.0000	1.91163e-005	-4.04139e-007	3.49343e-009	-1.49337e-011
17	1.0000	-1.14585e-004	4.99824e-006	-1.46840e-007	-1.08200e-009
18	1.0000	4.60442e-004	5.38067e-006	-2.32614e-007	0.00000e+000
26	1.0000	-6.79774e-006	-5.35988e-008	4.43501e-009	-9.66065e-011

[0179] 接下来，表3中，将数值实施例1的广角端状态(f＝10.30)、中间焦距状态(f＝30.47)及望远端状态(f＝97.97)下的面间隔与焦距(f)、F编号(Fno)、画角(ω)一起分别示出。

[0180] (表3)

f	10.30	30.47	97.97
Fno	3.6490	5.0069	5.7049
ω	40.281	11.231	4.671
D(6)	0.9300	15.4076	32.7201
D(15)	20.1523	7.8284	1.9719
D(22)	1.2330	2.6313	1.5000
D(26)	7.2929	5.8946	7.0259
D(28)	0.4190	11.1985	17.2290

[0181]

[0182] 表4中，将数值实施例1的在广角端状态(f＝10.30)、中间焦距状态(f＝30.47)及望远端状态(f＝97.97)下的邻接物体对焦时的面间隔与无限远物体对焦时的焦距(f)、第一透镜面到物体的距离(D(0))一起分别示出。

[0183] (表4)

f	10.30	30.47	97.97
D(0)	920.28	903.19	889.86
D(22)	1.2704	3.3008	2.9038
D(26)	7.2555	5.2251	5.6221

[0184]

[0185] 上述数值实施例1的变焦镜头的广角端状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差如图2所示。另外，在图3示出了该变焦镜头的中间焦距状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差。图4示出了该变焦镜头的望远端状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差。此处，在各球面像差图中，纵轴表示通孔直径的百分比，横轴表示散焦，实线为d线，虚线为C线，点划线表示g线的球面像差。另外，在各像散图中，纵轴表示像高，横轴表示散焦，实线表示矢状面(sagittal)，虚线表示子午面上的各像面。进而，在各歪曲像差图中，纵轴表示像高，横轴用％表示。此外，这些在后述的图6-图8、图10-图12、图14-图16、图18-图20、图22-图24中是相同的。

[0186] 实施例2

[0187] (1)变焦镜头的构成例

[0188] 图5示出了本实施例2的变焦镜头的镜头构成例。如图5所示，本实施例2的变焦镜头构成为从物体侧开始依次具备：具有正折射本领的第一透镜组G1、具有负折射本领的第二透镜组G2，具有正折射本领的第三透镜组G3、具有负折射本领的第四透镜组G4、具有负折射本领的第五透镜组G5、具有正折射本领的第六透镜组G6。

[0189] 第一透镜组G1从物体侧开始依次包括接合透镜和弯月透镜L3，该接合透镜是将向着物体侧具有凸面且具有负折射本领的弯月透镜L1和具有正折射本领的透镜L2接合而成的，该弯月透镜L3向着物体侧具有凸面且具有正折射本领。第二透镜组G2从物体侧开始依次包括弯月透镜L4、双凹透镜L5、双凸透镜L6和弯月透镜L7，该弯月透镜L4是在物体侧的面具有非球面、在像面侧的面是曲率较大的凹面且具有负折射本领，该弯月透镜L7向着物体侧具有凹面且具有负折射本领。第三透镜组G3从物体侧开始依次包括：两面都是非球面的双凸透镜L8；向着像面侧具有凹面的负透镜L9；将物体侧的面为非球面的双凸透镜L10和向着物体侧具有凹面且具有负折射本领的弯月透镜L11接合而成的接合透镜；将向着像面侧具有凹面且具有负折射本领的弯月透镜L12和双凸透镜L13接合而成的接合透镜。第四透镜组G4由接合透镜构成，该接合透镜是从物体侧开始依次将双凸透镜L14和双凹透镜L15接合而成的。第五透镜组G5由向着物体侧具有凹面且具有负折射本领的弯月透镜L16所构成。第六透镜组G6由向着像面侧具有凸面且具有正折射本领的弯月透镜L17所构成。

[0190] 在具有上述构成的本实施例2的变焦镜头中，从广角端向望远端变倍时，如图5中的箭头所示，第一透镜组G1向物体侧移动，第二透镜组G2以描绘向像面侧凸的轨迹的方式移动，第三透镜组G3向物体侧移动，第四透镜组G4相对于第三透镜组G3以描绘向像面侧凸的轨迹的方式移动，第五透镜组G5向物体侧移动，第六透镜组G6为固定透镜组，相对于像面固定。另外，从无限远对焦至临近物体时，第四透镜组G4向像面侧移动。

[0191] (2)数值实施例

[0192] 在该实施例2中，适用了具体数值的数值实施例2的透镜数据如表5所示。表5所示的透镜数据与表1所示的透镜数据一样。

[0193] (表5)

[0194]

NS	R	D	Nd	ν d
1	71.8184	1.3000	1.91048	31.31
2	38.1169	0.0100	1.57046	42.84
3	38.1169	4.5000	1.49845	81.61
4	-271.5053	0.2000		
5	34.2543	3.5128	1.62032	63.39
6	144.7606	D（ 6）		
7 ASPH	51.0704	0.2000	1.51700	49.96
8	43.5620	0.7600	1.91695	35.25
9	9.1890	3.7360		
10	-21.5757	0.6040	1.91695	35.25
11	29.1538	0.4000		
12	20.4299	2.7524	1.93323	20.88
13	-21.6790	0.7155		
14	-12.4871	0.5960	1.77621	49.62
15	-39.8843	D（15）		
16 STOP	0.0000	1.2000		
17 ASPH	10.5362	2.8018	1.58547	59.46
18 ASPH	-22.5427	0.2000		
19	158.7690	0.5000	1.83945	42.72
20	12.7924	1.5947		
21 ASPH	43.3184	2.3000	1.58547	59.46
22	-12.8698	0.0100	1.57046	42.84
23	-12.8698	0.4670	1.91048	31.31

	24	-21.0076	0.8760		
	25	64.1680	0.4670	1.91695	35.25
	26	15.3783	0.0100	1.57046	42.84
	27	15.3783	3.0765	1.62032	63.39
	28	-13.0505	D（28）		
	29	41.5408	1.3000	1.81263	25.46
	30	-58.6162	0.0100	1.57046	42.84
[0195]	31	-58.6162	0.4830	1.80831	46.50
	32	12.0837	D（32）		
	33	-15.2307	0.6300	1.81263	25.46
	34	-23.6034	D（34）		
	35	-87.2068	1.9569	1.73234	54.67
	36	-27.2049	9.8000		
	37	0.0000	2.8000	1.51872	64.20
	38	0.0000	1.0000		

[0196] 对于表5中示出的非球面，与表2同样地，其非球面系数及圆锥常数如表6所示。

[0197] （表6）

[0198]

ASPH	ε	A4	A6	A8	A10
7	1.0000	2.99229e-005	-2.77911e-007	4.08113e-009	-6.45590e-012
17	1.0000	-9.24021e-005	-2.03212e-006	1.09833e-007	-3.07901e-009
18	1.0000	2.42296e-004	-3.20842e-006	1.17483e-007	-3.05003e-009
21	1.0000	-1.20912e-005	-1.01954e-006	2.87946e-008	-2.68033e-010

[0199] 接下来，表7中，将数值实施例1的广角端状态（f＝10.30）、中间焦距状态（f＝30.47）及望远端状态（f＝97.97）的面间隔与焦距（f）、F编号（Fno）、画角（ω）一起分别示出。

[0200] （表7）

	f	11.22	63.64	145.52
[0201]	Fno	3.6414	5.3644	5.7509
	ω	37.997	9.208	3.170

[0202]

D（ 6）	0.9300	21.8749	36.7527
D（15）	18.6221	4.8769	1.4250
D（28）	1.1900	4.2490	1.0100
D（32）	8.8421	5.7832	9.0221
D（34）	0.8860	15.9875	20.1532

[0203] 表8中，将数值实施例2的在广角端状态（f＝11.22）、中间焦距状态（f＝63.64）及望远端状态（f＝145.52）下的邻接物体对焦时的面间隔与无限远物体对焦时的焦距（f）、第一透镜面到物体的距离（D(0)）一起分别示出。

[0204] （表8）

[0205]

f	11.22	63.64	145.52
D（ 0）	918.76	896.55	880.86
D（28）	1.2267	4.6723	3.4247
D（32）	8.8054	5.3598	6.6074

[0206] 上述数值实施例2的变焦镜头的广角端状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差如图6所示。另外，在图7示出了该变焦镜头的中间焦距状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差。图8示出了该变焦镜头的望远端状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差。

[0207] 实施例3

[0208] (1)变焦镜头的构成例

[0209] 图9示出了本实施例3的变焦镜头的镜头构成例。如图9所示，本实施例3的变焦镜头构成为从物体侧开始依次具备：具有正折射本领的第一透镜组G1、具有负折射本领的第二透镜组G2，具有正折射本领的第三透镜组G3、具有负折射本领的第四透镜组G4、具有负折射本领的第五透镜组G5、具有正折射本领的第六透镜组G6。

[0210] 第一透镜组G1从物体侧开始依次包括接合透镜和弯月透镜L3，该接合透镜是将向着物体侧具有凸面且具有负折射本领的弯月透镜L1和具有正折射本领的透镜L2接合而成的，该弯月透镜L3向着物体侧具有凸面且具有正折射本领。第二透镜组G2从物体侧开始依次包括弯月透镜L4、双凹透镜L5、双凸透镜L6和弯月透镜L7，该弯月透镜L4是在物体侧的面具有非球面、在像面侧的面是曲率较大的凹面且具有负折射本领，该弯月透镜L7向着物体侧具有凹面且具有负折射本领。第三透镜组G3从物体侧开始依次包括：两面都是非球面的双凸透镜L8；向着像面侧具有凹面的负透镜L9；将物体侧的面为非球面的双凸透镜L10和向着物体侧具有凹面且具有负折射本领的弯月透镜L11接合而成的接合透镜；将向着像面侧具有凹面且具有负折射本领的弯月透镜L12和双凸透镜L13接合而成的接合透镜。第四透镜组G4由接合透镜构成，该接合透镜是从物体侧开始依次将双凸透镜L14和双凹透镜L15接合而成的。第五透镜组G5由向着物体侧具有凹面且具有负折射本领的弯月透镜L16所构成。第六透镜组G6由向着像面侧具有凸面且具有正折射本领的弯月透镜L17所构成。

[0211] 在具有上述构成的本实施例3的变焦镜头中，从广角端向望远端变倍时，如图9中

的箭头所示，第一透镜组G1向物体侧移动，第二透镜组G2以描绘向像面侧凸的轨迹的方式移动，第三透镜组G3向物体侧移动，第四透镜组G4相对于第三透镜组G3以描绘向像面侧凸的轨迹的方式移动，第五透镜组G5向物体侧移动，第六透镜组G6为固定透镜组，相对于像面固定。另外，从无限远对焦至临近物体时，第四透镜组G4向像面侧移动。

[0212] (2)数值实施例

[0213] 在该实施例3中，适用了具体数值的数值实施例3的透镜数据如表9所示。表9所示的透镜数据与表1所示的透镜数据一样。

[0214] (表9)

NS	R	D	Nd	νd
1	109.0553	1.5000	1.90366	31.31
2	52.5697	0.0100	1.56732	42.84
3	52.5697	5.5700	1.49700	81.61
4	-146.2327	0.2000		
5	39.5728	3.9700	1.61800	63.39
6	112.3407	D（ 6）		
7 ASPH	79.0234	0.2000	1.51460	49.96
8	65.0676	0.9000	1.91082	35.25

[0216]

9		12.3717	4.1854		
10		-23.8730	0.7500	1.91082	35.25
11		42.3962	0.4930		
12		28.5426	3.3730	1.92286	20.88
13		-24.6589	1.0150		
14		-14.8587	0.7500	1.77250	49.62
15		-49.5781	D（15）		
16	STOP	0.0000	1.5000		
17	ASPH	13.2954	3.2480	1.58313	59.46
18	ASPH	-32.0948	0.2000		
19		62.5251	0.6200	1.86188	42.08
20		15.8491	2.0200		
21	ASPH	61.7390	2.8500	1.58313	59.46
22		-15.2253	0.0100	1.56732	42.84
23		-15.2253	0.6000	1.90766	33.41
24		-25.8791	1.0200		
25		109.2068	0.5800	1.91082	35.25
26		20.0859	0.0100	1.56732	42.84
27		20.0859	3.7247	1.61882	64.32
28		-16.2282	D（28）		
29		51.3428	1.6830	1.80518	25.46
30		-75.7267	0.0100	1.56732	42.84
31		-75.7267	0.6000	1.80420	46.50
32		15.6073	D（32）		
33		-18.5559	0.9000	1.80518	25.46
34		-28.5021	D（34）		
35		-152.2485	2.3543	1.72916	54.67
36		-38.5471	11.0000		
37		0.0000	4.2000	1.51680	64.20
38		0.0000	1.0000		

[0217] 对于表9中示出的非球面，与表2同样地，其非球面系数及圆锥常数如表10所示。

[0218] （表10）

[0219]

ASPH	ε	A4	A6	A8	A10
7	1.0000	1.19556e-005	-5.12224e-008	4.21707e-010	2.89639e-012
17	1.0000	-4.81203e-005	-6.04617e-007	2.40398e-008	-4.15344e-010
18	1.0000	1.17843e-004	-9.32847e-007	2.61092e-008	-4.24829e-010
21	1.0000	-5.75515e-006	-1.80638e-007	2.44731e-009	-5.43340e-012

[0220] 接下来，表11中，数值实施例3的广角端状态(f＝14.43)、中间焦距状态(f＝57.85)及望远端状态(f＝145.40)的面间隔与焦距(f)、F编号(Fno)、画角(ω)一起分别示出。

[0221] (表11)

[0222]

f	14.43	57.85	145.40
Fno	3.6708	5.4085	5.9148
ω	37.102	10.651	3.671
D(6)	1.1330	24.2823	41.7003
D(15)	21.7353	5.4909	1.7000
D(28)	1.4374	6.0872	3.6419
D(32)	12.1029	7.4531	9.8984
D(34)	1.0300	19.1189	24.8250

[0223] 表12中，将数值实施例3的在广角端状态(f＝14.43)、中间焦距状态(f＝57.85)及望远端状态(f＝145.40)下的邻接物体对焦时的面间隔与无限远物体对焦时的焦距(f)、第一透镜面到物体的距离(D(0))一起分别示出。

[0224] (表12)

[0225]

f	14.43	57.85	145.40
D(0)	901.52	876.67	857.15
D(28)	1.5087	6.7510	6.5503
D(32)	12.0316	6.7893	6.9900

[0226] 上述数值实施例3的变焦镜头的广角端状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差如图10所示。另外，在图11示出了该变焦镜头的中间焦距状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差。图12示出了该变焦镜头的望远端状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差。

[0227] 实施例4

[0228] (1)变焦镜头的构成例

[0229] 图13示出了本实施例4的变焦镜头的镜头构成例。如图13所示，本实施例4的变焦镜头构成为从物体侧开始依次具备：具有正折射本领的第一透镜组G1、具有负折射本领的第二透镜组G2，具有正折射本领的第三透镜组G3、具有负折射本领的第四透镜组G4、具有负

折射本领的第五透镜组G5。

[0230] 第一透镜组G1从物体侧开始依次包括接合透镜和弯月透镜L3，该接合透镜是将向着物体侧具有凸面且具有负折射本领的弯月透镜L1和具有正折射本领的透镜L2接合而成的，该弯月透镜L3向着物体侧具有凸面且具有正折射本领。第二透镜组G2从物体侧开始依次包括弯月透镜L4、双凹透镜L5、双凸透镜L6和弯月透镜L7，该弯月透镜L4在物体侧的面具有非球面、在像面侧的面具有曲率较大的凹面且具有负折射本领，该弯月透镜L7向着物体侧具有凹面且具有负折射本领。第三透镜组G3从物体侧开始依次包括两面都是非球面的双凸透镜L8和双凹透镜L9、双凸透镜L10。第四透镜组G4由接合透镜构成，该接合透镜从物体侧开始依次将双凸透镜L11和像面侧的面为非球面的双凹透镜L12接合而构成。第五透镜组G5包括弯月透镜L13和弯月透镜L14，该弯月透镜L13向着物体侧具有凹面且具有负折射本领，该弯月透镜L14向着像面侧具有凸面且具有正折射本领。

[0231] 在具有上述构成的本实施例4的变焦镜头中，从广角端向望远端变倍时，如图13中的箭头所示，第一透镜组G1向物体侧移动，第二透镜组G2以描绘向像面侧凸的轨迹的方式移动，第三透镜组G3向物体侧移动，第四透镜组G4相对于第三透镜组G3以描绘向像面侧凸的轨迹的方式移动，第五透镜组G5向物体侧移动。另外，从无限远对焦至临近物体时，第四透镜组G4向像面侧移动。

[0232] (2)数值实施例

[0233] 在该实施例4中，表13示出了适用了具体数值的数值实施例4的透镜数据。表13所示的透镜数据与表1所示的透镜数据一样。

[0234] (表13)

[0235]

NS	R	D	Nd	ν d
1	64.9819	1.3000	1.90366	31.31
2	36.3975	0.0100	1.56732	42.84
3	36.3975	6.6600	1.49700	81.61
4	-1186.1757	0.2000		
5	34.2934	4.2232	1.61800	63.39
6	162.5347	D（ 6）		
7 ASPH	33.6698	0.2000	1.51460	49.96
8	36.8067	0.8000	1.91082	35.25
9	8.1262	4.0531		
10	-29.8667	0.6500	1.91082	35.25
11	20.0064	0.4000		
12	15.8824	2.9802	1.92286	20.88
13	-31.7119	0.7663		
14	-16.6818	0.6000	1.77250	49.62
15	-54.0405	D（15）		
16 STOP	0.0000	1.2000		
17 ASPH	9.0025	3.2330	1.58313	59.46
18 ASPH	-17.0238	0.4600		
19	-52.2330	0.5000	1.90366	31.31
20	12.6447	1.5345		
21	46.2818	2.9182	1.59282	68.62
22	-9.5695	D（22）		
23	100.3805	1.2000	1.80518	25.46
24	-28.6956	0.0100	1.56732	42.84
25	-28.6956	0.6000	1.80139	45.45
26 ASPH	19.7020	D（26）		
27	-10.7494	0.6300	1.80518	25.46

[0236]

28	-17.3803	0.2000		
29	-4854.1028	2.1691	1.48749	70.44
30	-20.5041	D（30）		
31	0.0000	9.8000		
32	0.0000	2.8000	1.51680	64.20
33	0.0000	1.0000		

[0237] 对于表13中示出的非球面，与表2同样地，其非球面系数及圆锥常数如表14所示。

[0238] （表14）

[0239]

ASPH	ε	A4	A6	A8	A10
7	1.0000	-1.81150e-006	-3.53409e-007	2.30973e-009	-1.22024e-011
17	1.0000	-1.28660e-004	1.17974e-006	-4.72888e-008	-2.76128e-009
18	1.0000	4.39407e-004	1.33550e-006	-1.82741e-007	0.00000e+000
26	1.0000	-2.01216e-005	-1.13690e-006	1.04261e-007	-2.22909e-009

[0240] 接下来，表15中，将数值实施例4的广角端状态（f＝10.31）、中间焦距状态（f＝41.50）及望远端状态（f＝100.60）的面间隔与焦距（f）、F编号（Fno）、画角（ω）一起分别示出。

[0241] （表15）

[0242]

f	10.31	41.50	100.60
Fno	3.657	5.267	5.799
ω	40.1947	10.9138	4.5726
D（ 6）	0.9310	19.9590	33.2042
D（15）	19.0512	4.6009	1.6230
D（22）	1.9788	3.7822	0.5120
D（26）	7.0763	5.2729	8.5431
D（30）	0.0000	13.7884	20.1450

[0243] 表16中，将数值实施例4的在广角端状态（f＝10.31）、中间焦距状态（f＝41.50）及望远端状态（f＝100.60）下的邻接物体对焦时的面间隔与无限远物体对焦时的焦距（f）、第一透镜面到物体的距离（D(0)）一起分别示出。

[0244] （表16）

[0245]

f	10.31	41.50	100.60
D（ 0）	919.86	901.49	884.90
D（22）	2.0430	4.3047	2.5769
D（26）	7.0121	4.7504	6.4782

[0246] 上述数值实施例4的变焦镜头的广角端状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差如图14所示。另外，在图15示出了该变焦镜头的中间焦距状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差。图16示出了该变焦镜头的望远端状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差。

[0247] 实施例5

[0248] (1)变焦镜头的构成例

[0249] 图17示出了本实施例5的变焦镜头的镜头构成例。如图17所示，本实施例5的变焦镜头构成为从物体侧开始依次具备：具有正折射本领的第一透镜组G1、具有负折射本领的第二透镜组G2，具有正折射本领的第三透镜组G3、具有负折射本领的第四透镜组G4、具有负折射本领的第五透镜组G5。

[0250] 第一透镜组G1从物体侧开始依次包括接合透镜和弯月透镜L3，该接合透镜是将向着物体侧具有凸面且具有负折射本领的弯月透镜L1和具有正折射本领的透镜L2接合而成的，该弯月透镜L3向着物体侧具有凸面且具有正折射本领。第二透镜组G2从物体侧开始依次包括弯月透镜L4、双凹透镜L5、双凸透镜L6和弯月透镜L7，该弯月透镜L4在物体侧的面具有非球面、在像面侧的面具有曲率较大的凹面且具有负折射本领，该弯月透镜L7向着物体侧具有凹面且具有负折射本领。第三透镜组G3从物体侧开始依次包括两面都是非球面的双凸透镜L8和双凹透镜L9、双凸透镜L10。第四透镜组G4由接合透镜构成，该接合透镜从物体侧开始依次将双凸透镜L11和像面侧的面为非球面的双凹透镜L12接合而构成。第五透镜组G5包括弯月透镜L13和双凸透镜L14，该弯月透镜L13向着物体侧具有凹面且具有负折射本领。

[0251] 在具有上述构成的本实施例5的变焦镜头中，从广角端向望远端变倍时，如图17中的箭头所示，第一透镜组G1向物体侧移动，第二透镜组G2以描绘向像面侧凸的轨迹的方式移动，第三透镜组G3向物体侧移动，第四透镜组G4相对于第三透镜组G3以描绘向像面侧凸的轨迹的方式移动，第五透镜组G5向物体侧移动。另外，从无限远对焦至临近物体时，第四透镜组G4向像面侧移动。

[0252] (2)数值实施例

[0253] 在该实施例5中，适用了具体数值的数值实施例5的透镜数据如表17所示。表17所示的透镜数据与表1所示的透镜数据一样。

[0254] (表17)

	NS	R	D	Nd	ν d
	1	65.0172	1.3000	1.91048	31.31
	2	36.2100	0.0100	1.57046	42.84
	3	36.2100	6.0000	1.49845	81.61
	4	-2179.5150	0.2000		
	5	35.2814	4.0027	1.62032	63.39
	6	183.6531	D（ 6）		
	7 ASPH	42.2125	0.2000	1.51700	49.96
	8	42.6979	0.8000	1.91695	35.25
	9	8.4806	4.0102		
	10	-40.2053	0.6500	1.91695	35.25
[0255]	11	19.8739	0.4000		
	12	15.7705	2.9108	1.93323	20.88
	13	-39.4484	0.7583		
	14	-17.4656	0.6000	1.77621	49.62
	15	-52.0671	D（15）		
	16 STOP	0.0000	1.2000		
	17 ASPH	8.5883	3.0750	1.58547	59.46
	18 ASPH	-25.0697	0.4400		
	19	171.5901	0.5000	1.91048	31.31
	20	10.4093	1.6207		
	21	25.6522	3.1313	1.59489	68.62
	22	-9.9776	D（22）		

[0256]

23	46.2354	1.2000	1.81263	25.46
24	-53.2640	0.0100	1.57046	42.84
25	-53.2640	0.6000	1.80558	45.45
26 ASPH	13.2084	D（26）		
27	-11.9913	0.6300	1.81263	25.46
28	-21.7212	0.2000		
29	57.2469	2.1490	1.48914	70.44
30	-29.7248	D（30）		
31	0.0000	2.8000	1.51872	64.20
32	0.0000	1.0000		

[0257] 对于表17中示出的非球面，与表2同样地，其非球面系数及圆锥常数如表18所示。

[0258] （表18）

[0259]

ASPH	ε	A4	A6	A8	A10
7	1.0000	8.18698e-006	-2.73054e-007	1.74363e-009	-8.23298e-012
17	1.0000	-1.01823e-004	2.84220e-006	-6.99155e-008	-7.96183e-010
18	1.0000	4.60590e-004	3.18830e-006	-1.41926e-007	0.00000e+000
26	1.0000	-1.47382e-005	-1.68264e-006	1.30906e-007	-2.85225e-009

[0260] 接下来，表19中，将数值实施例5的广角端状态（f＝10.30）、中间焦距状态（f＝38.91）及望远端状态（f＝100.21）下的面间隔与焦距（f）、F编号（Fno）、画角（ω）一起分别示出。

[0261] （表19）

[0262]

f	10.30	38.91	100.21
Fno	3.6579	5.0177	5.8760
ω	40.250	11.571	4.601
D（ 6）	0.9300	21.0041	33.8012
D（15）	19.9939	5.7856	1.5907
D（22）	1.3754	2.5090	0.5000
D（26）	6.4996	5.3660	7.3750
D（30）	9.8031	20.7424	28.8244

[0263] 表20中，将数值实施例5的在广角端状态（f＝10.30）、中间焦距状态（f＝38.91）及望远端状态（f＝100.21）下的邻接物体对焦时的面间隔与无限远物体对焦时的焦距（f）、第一透镜面到物体的距离（D(0)）一起分别示出。

[0264] （表20）

[0265]

f	10.30	38.91	100.21
D（ 0）	921.00	904.19	887.51
D（22）	1.4167	2.8588	1.9523
D（26）	6.4584	5.0162	5.9227

[0266] 上述数值实施例5的变焦镜头的广角端状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差如图18所示。另外，在图19示出了该变焦镜头的中间焦距状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差。图20示出了该变焦镜头的望远端状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差。

[0267] 实施例6

[0268] (1)变焦镜头的构成例

[0269] 图21示出了本实施例6的变焦镜头的镜头构成例。如图21所示，本实施例6的变焦镜头构成为从物体侧开始依次具备：具有正折射本领的第一透镜组G1、具有负折射本领的第二透镜组G2，具有正折射本领的第三透镜组G3、具有负折射本领的第四透镜组G4、具有负折射本领的第五透镜组G5、具有正折射本领的第六透镜组G6。

[0270] 第一透镜组G1从物体侧开始依次包括接合透镜和弯月透镜L3，该接合透镜是将向着物体侧具有凸面且具有负折射本领的弯月透镜L1和具有正折射本领的透镜L2接合而成的，该弯月透镜L3向着物体侧具有凸面且具有正折射本领。第二透镜组G2从物体侧开始依次包括弯月透镜L4、双凹透镜L5、双凸透镜L6和弯月透镜L7，该弯月透镜L4在物体侧的面具有非球面、在像面侧的面是曲率较大的凹面且具有负折射本领，该弯月透镜L7向着物体侧具有凹面且具有负折射本领。第三透镜组G3从物体侧开始依次包括：两面都是非球面的双凸透镜L8；向着像面侧具有凹面的负透镜L9；将物体侧的面为非球面的双凸透镜L10和向着物体侧具有凹面且具有负折射本领的弯月透镜L11接合而成的接合透镜；将向着像面侧具有凹面且具有负折射本领的弯月透镜L12和双凸透镜L13接合而成的接合透镜。第四透镜组G4由接合透镜构成，该接合透镜是从物体侧开始依次将双凸透镜L14和双凹透镜L15接合而成的。第五透镜组G5由向着物体侧具有凹面且具有负折射本领的弯月透镜L16所构成。第六透镜组G6由向着像面侧具有凸面且具有正折射本领的弯月透镜L17所构成。

[0271] 在具有上述构成的本实施例6的变焦镜头中，从广角端向望远端变倍时，如图21中的箭头所示，第一透镜组G1向物体侧移动，第二透镜组G2向像面侧移动，第三透镜组G3向物体侧移动，第四透镜组G4相对于第三透镜组G3以描绘向像面侧凸的轨迹的方式移动，第五透镜组G5向物体侧移动，第六透镜组G6为固定透镜组，相对于像面固定。另外，从无限远对焦至临近物体时，第四透镜组G4向像面侧移动。

[0272] (2)数值实施例

[0273] 在该实施例6中，适用了具体数值的数值实施例6的透镜数据如表21所示。表21所示的透镜数据与表1所示的透镜数据一样。

[0274] （表21）

[0275]

NS	R	D	Nd	ν d
1	67.0027	1.3000	1.91048	31.31
2	40.2340	0.0100	1.57046	42.84
3	40.2340	6.0800	1.49845	81.61
4	-794.8341	0.2000		
5	38.8102	4.2157	1.59489	68.62
6	164.1604	D（ 6）		
7 ASPH	81.1825	0.2000	1.51700	49.96
8	67.7585	0.8000	1.91695	35.25
9	9.1243	4.5510		
10	-25.0778	0.6300	1.88622	40.16
11	27.2576	0.4000		
12	20.6797	2.8798	1.93323	20.88
13	-35.8254	0.7873		

	14	-18.2251	0.6000	1.77621	49.62
	15	-29.9960	D（15）		
	16 STOP	0.0000	1.2000		
	17 ASPH	10.0444	2.7000	1.59625	44.39
	18 ASPH	-26.2330	0.2000		
	19	87.7790	0.5000	1.88288	33.76
	20	11.5320	1.6800		
	21 ASPH	40.2913	2.2800	1.58547	59.46
	22	-13.2420	0.0100	1.57046	42.84
	23	-13.2420	0.5000	1.91048	31.31
	24	-22.1094	0.8800		
	25	31.6556	0.5000	1.91695	35.25
[0276]	26	12.2444	0.0100	1.57046	42.84
	27	12.2444	3.1524	1.62032	63.39
	28	-13.1686	D（28）		
	29	34.3534	1.3430	1.81263	25.46
	30	-73.7708	0.0100	1.57046	42.84
	31	-73.7708	0.5000	1.80831	46.50
	32	9.5086	D（32）		
	33	-14.5628	0.6300	1.81263	25.46
	34	-22.8634	D（34）		
	35 ASPH	-52.1333	1.9752	1.73234	54.67
	36	-22.2809	9.8650		
	37	0.0000	2.8000	1.51872	64.20
	38	0.0000	1.0000		

[0277] 对于表21中示出的非球面，与表2同样地，其非球面系数及圆锥常数如表22所示。

[0278] （表22）

[0279]

ASPH	ε	A4	A6	A8	A10
7	1.0000	3.35886e-005	-5.16900e-007	4.32183e-009	-1.69535e-011

[0280]

17	1.0000	-1.00611e-004	9.45393e-007	-3.09257e-008	-3.45772e-010
18	1.000	2.30712e-004	-1.29334e-008	-3.64331e-008	0.00000e+000
21	1.0000	-1.81099e-005	-2.09951e-007	-8.74078e-009	3.55913e-010
35	1.0000	-5.54443e-006	1.24920e-007	-1.94726e-010	0.00000e+000

[0281] 表23中，将数值实施例6的广角端状态(f＝9.27)、中间焦距状态(f＝48.39)及望远端状态(f＝130.94)的面间隔与焦距(f)、F编号(Fno)、画角(ω)一起分别示出。

[0282] (表23)

[0283]

f	9.27	48.39	130.94
Fno	3.5533	5.3868	5.8014
ω	43.132	9.317	3.534
D(6)	0.4150	27.3053	40.9217
D(15)	24.4257	6.4675	1.5000
D(28)	1.4080	2.8534	1.5255
D(32)	5.1559	3.7105	5.0383
D(34)	0.5160	15.9041	19.4150

[0284] 表24中，将数值实施例6的在广角端状态(f＝9.27)、中间焦距状态(f＝48.39)及望远端状态(f＝130.94)下的邻接物体对焦时的面间隔与限远物体对焦时的焦距(f)、第一透镜面到物体的距离(D(0))一起分别示出。

[0285] (表24)

[0286]

f	9.27	48.39	130.94
D(0)	913.69	889.37	877.21
D(28)	1.4336	3.1627	3.1488
D(32)	5.1303	3.4012	3.4150

[0287] 上述数值实施例6的变焦镜头的广角端状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差如图22所示。另外，在图23示出了该变焦镜头的中间焦距状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差。图24示出了该变焦镜头的望远端状态的无限远对焦时的球面像差、像散及歪曲像差。

[0288] 表25中示出了的实施例1-实施例6的变焦镜头中，适用了具体数值时的上述条件式(1)-条件式(6)的各值。

[0289] (表25)

[0290]

	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5	实施例 6
条件式（1）	2.911	3.162	2.999	2.502	2.857	3.381
条件式（2）	-1.085	-1.433	-0.947	-0.971	-0.975	-1.358
条件式（3）	1.788	1.407	1.531	1.788	1.828	1.833
条件式（4）	0.958	0.938	0.968	1.086	1.042	1.047
条件式（5）	1.170	1.194	1.151	1.348	1.370	1.224
条件式（6）	-6.693	-8.267	-7.217	-4.951	-6.808	-9.641

[0291] 工业上利用的可能性

[0292] 根据本发明，采用所谓长焦型的望远系统，将变焦时的各透镜组的移动量抑制到最小，在实现高品质的成像性能的同时，达到高的变焦倍率，且能够提供一种小型的望远的变焦镜头及具备该变焦镜头的摄像装置。因此，例如，可作为适用于小型成像系统的变焦镜头。

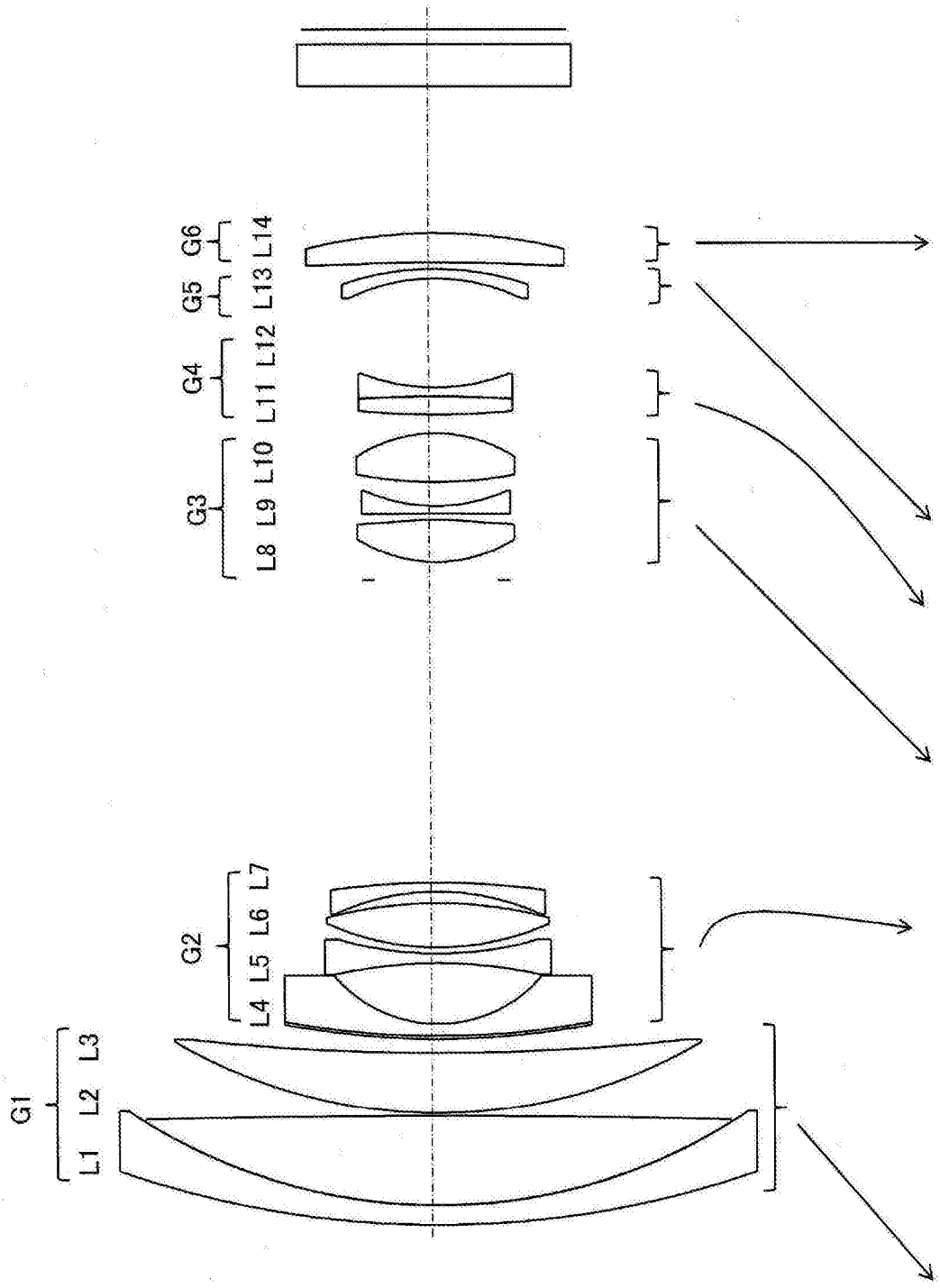


图1

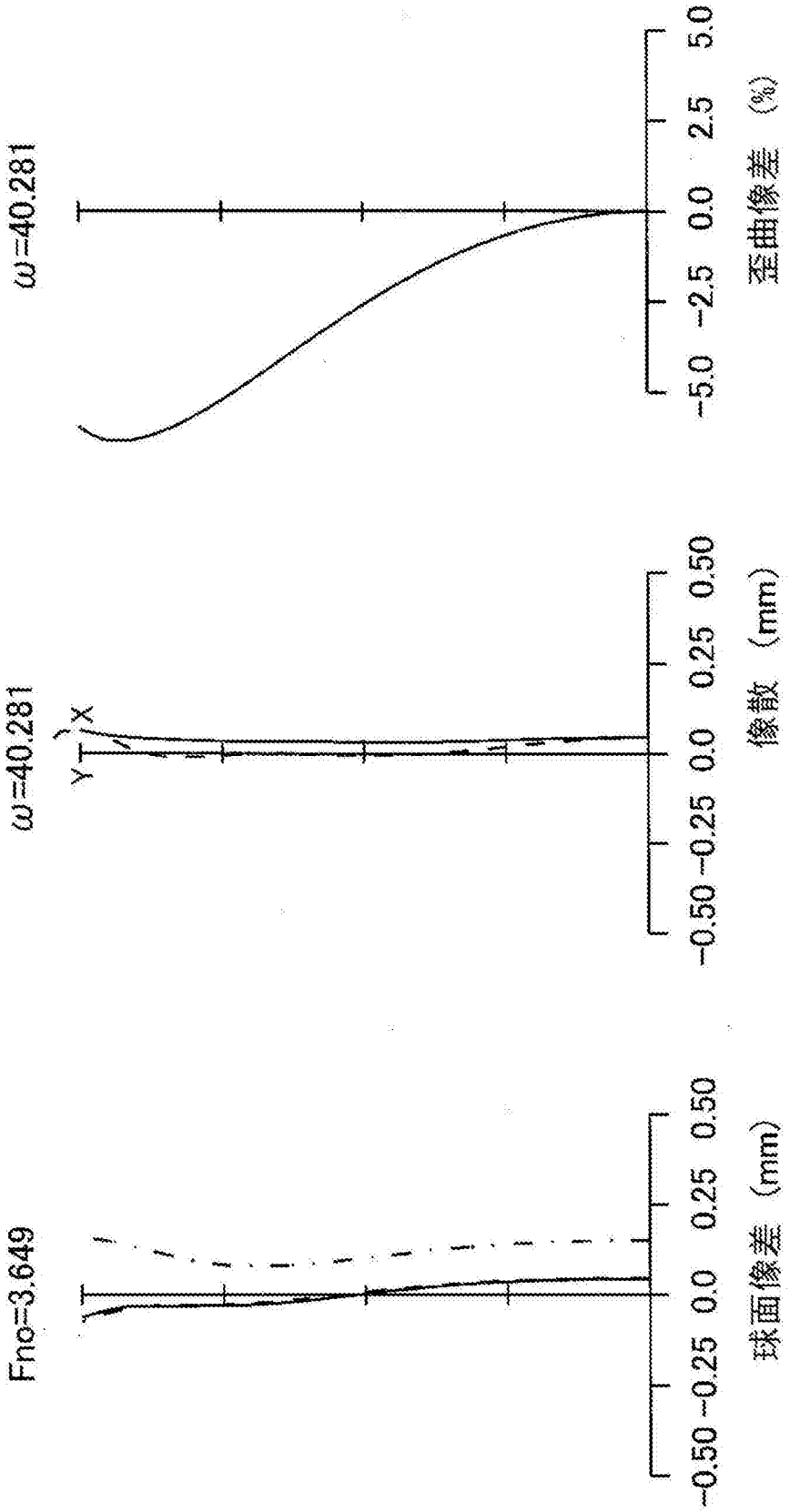

ω=40.281
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0
歪曲像差 (%)
ω=40.281
Y
X
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
像散 (mm)
Fno=3.649
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
球面像差 (mm)

图2

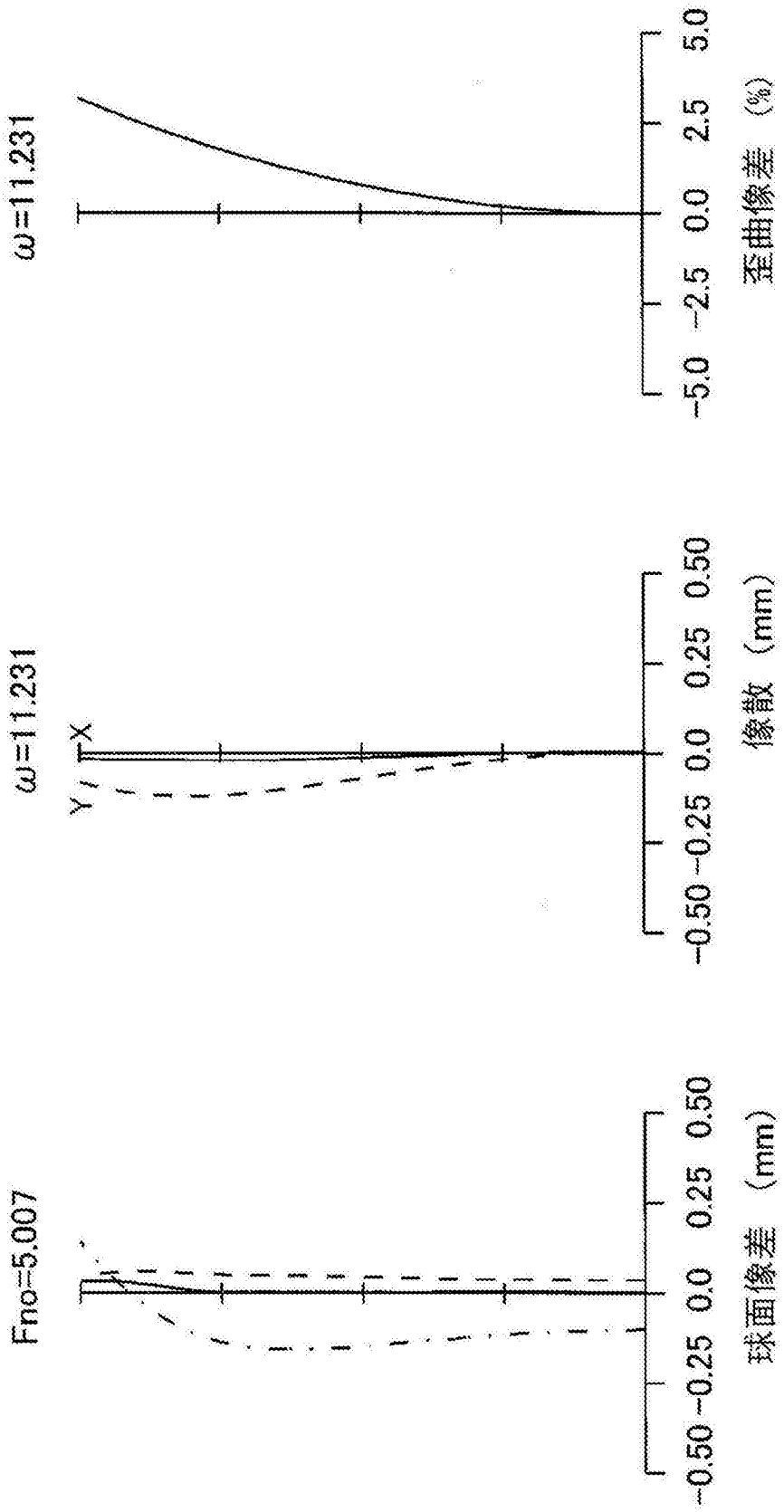

ω=11.231
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0
歪曲像差 (%)
ω=11.231
Y
X
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
像散 (mm)
Fno=5.007
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
球面像差 (mm)

图3

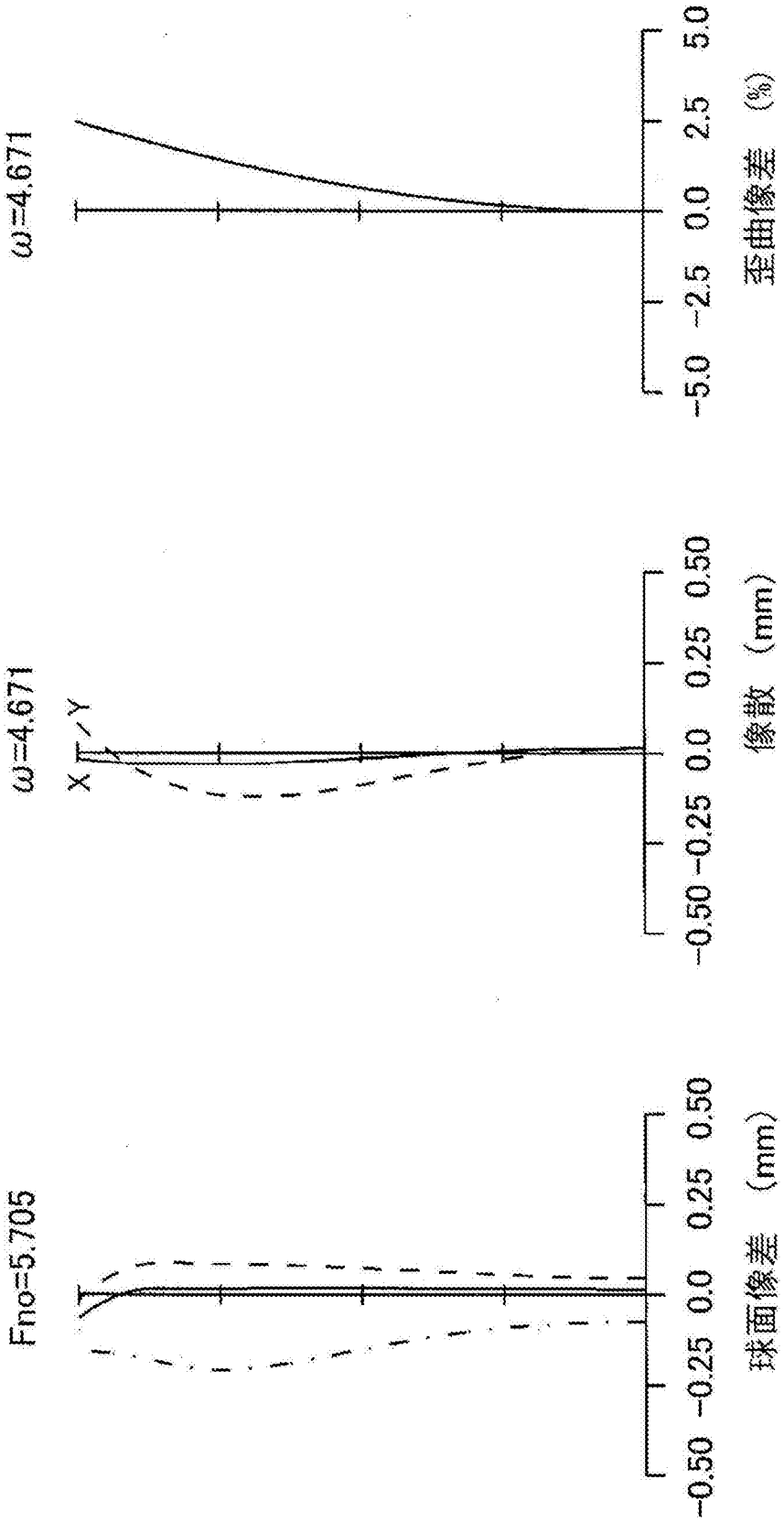

ω=4.671
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0
歪曲像差 (%)
ω=4.671
X Y
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
像散 (mm)
Fno=5.705
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
球面像差 (mm)

图4

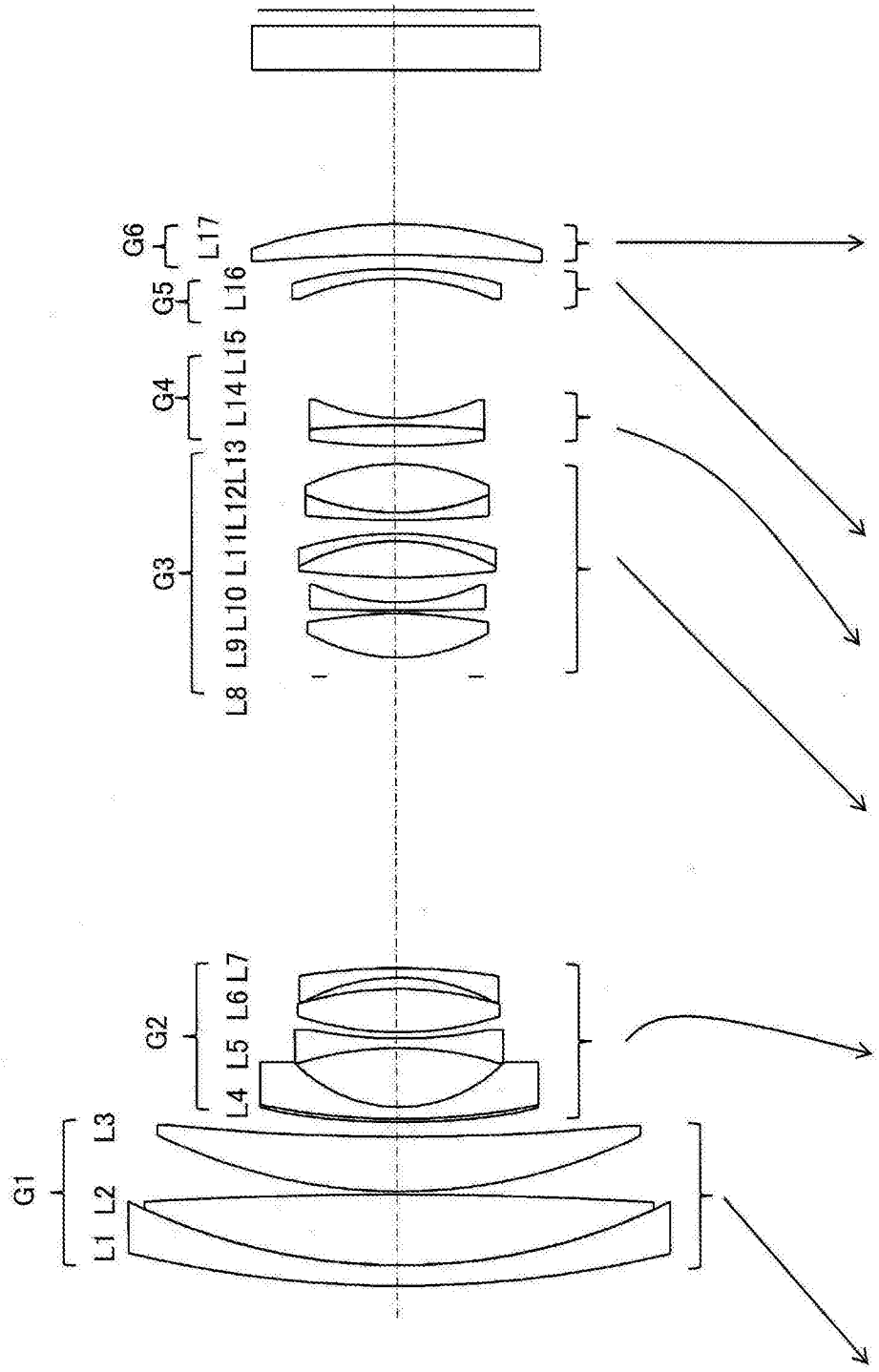

G6
L17
G5
L16
G4
L15
L14
L13
G3
L12
L11
L10
L9
L8
G2
L7
L6
L5
L4
G1
L3
L2
L1

图5

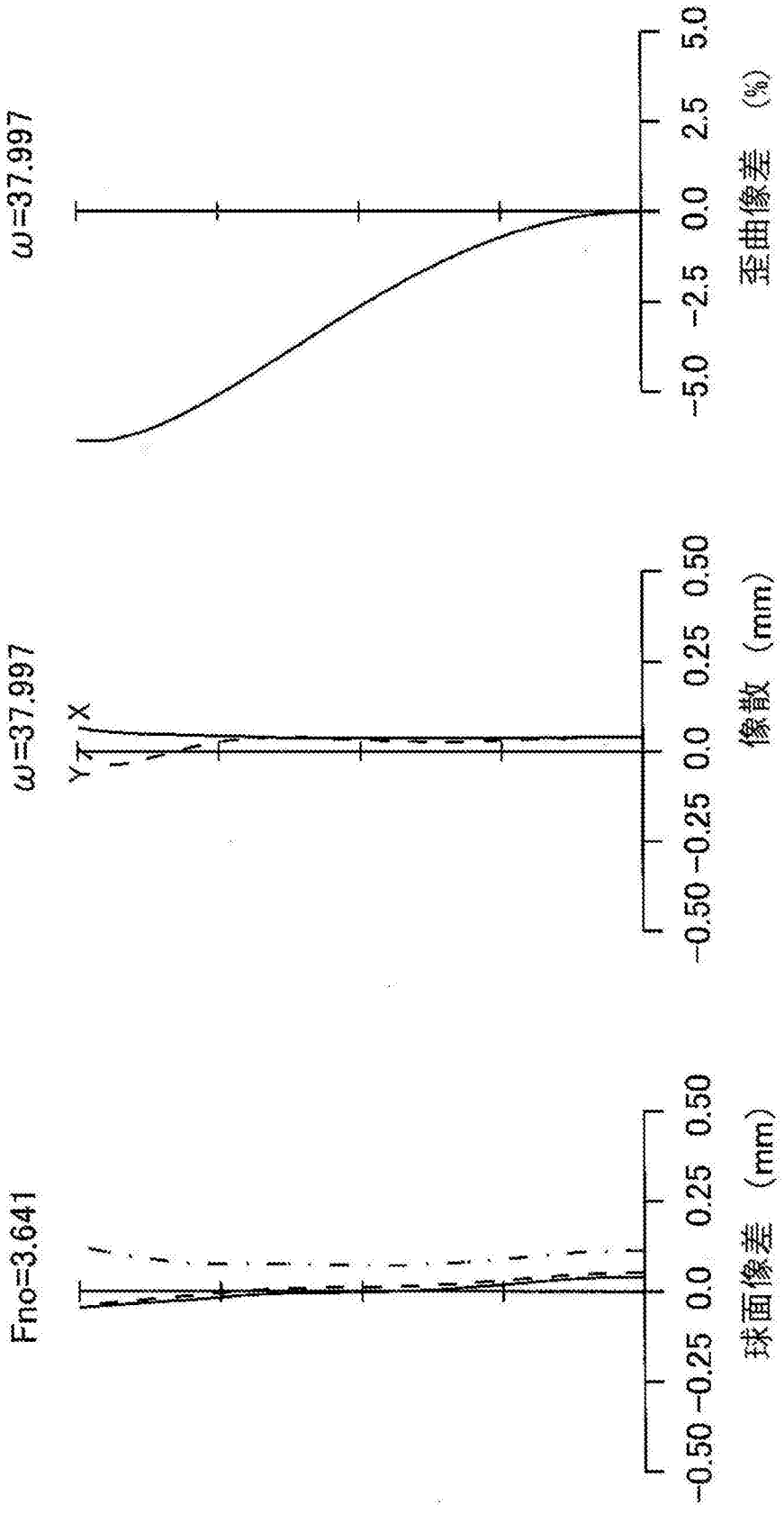

ω=37.997
5.0
2.5
0.0
-2.5
-5.0
歪曲像差 (%)
ω=37.997
Y
X
0.50
0.25
0.0
-0.25
-0.50
像散 (mm)
Fno=3.641
0.50
0.25
0.0
-0.25
-0.50
球面像差 (mm)

图6

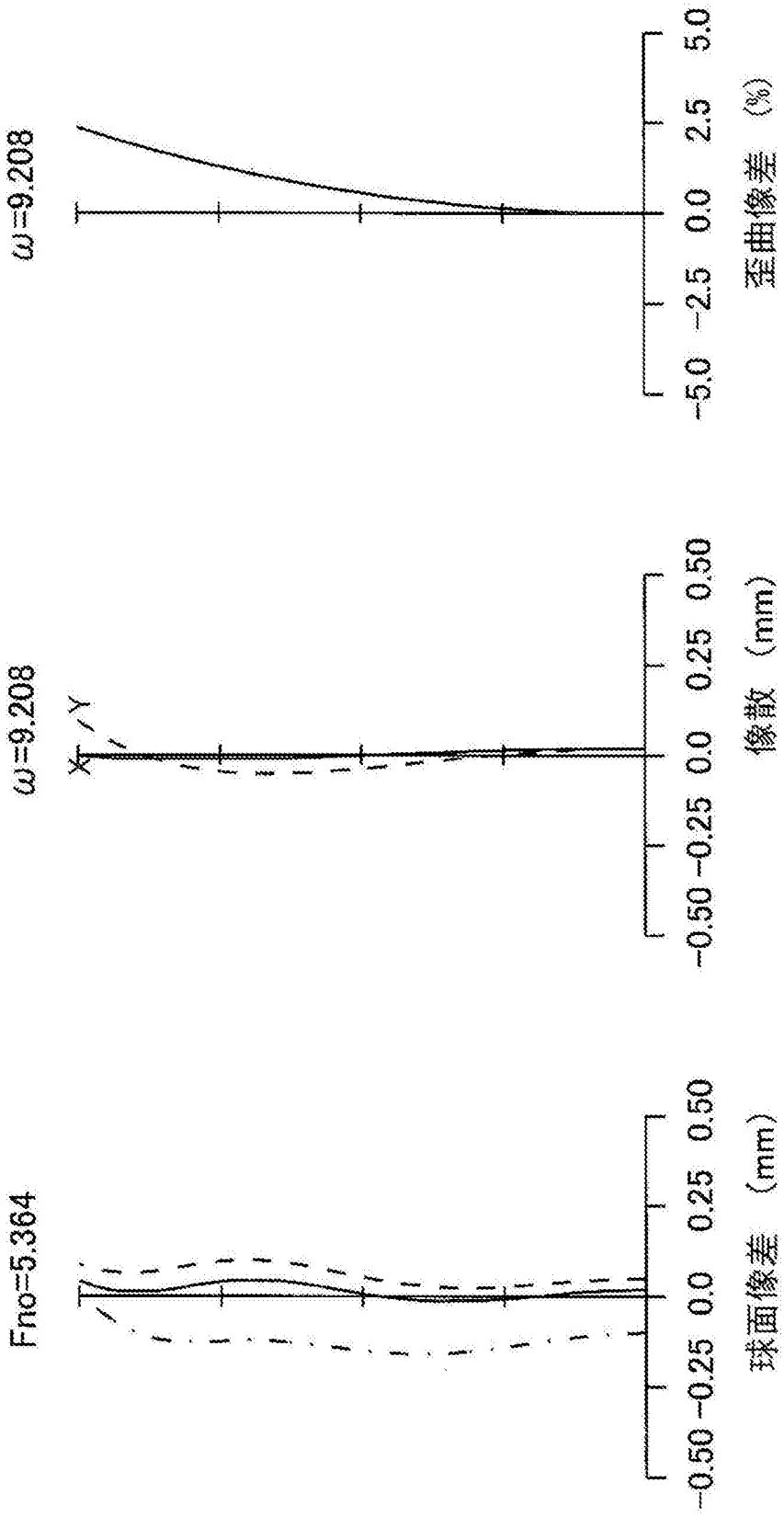

ω=9.208
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0
歪曲像差 (%)
ω=9.208
X Y
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
像散 (mm)
Fno=5.364
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
球面像差 (mm)

图7

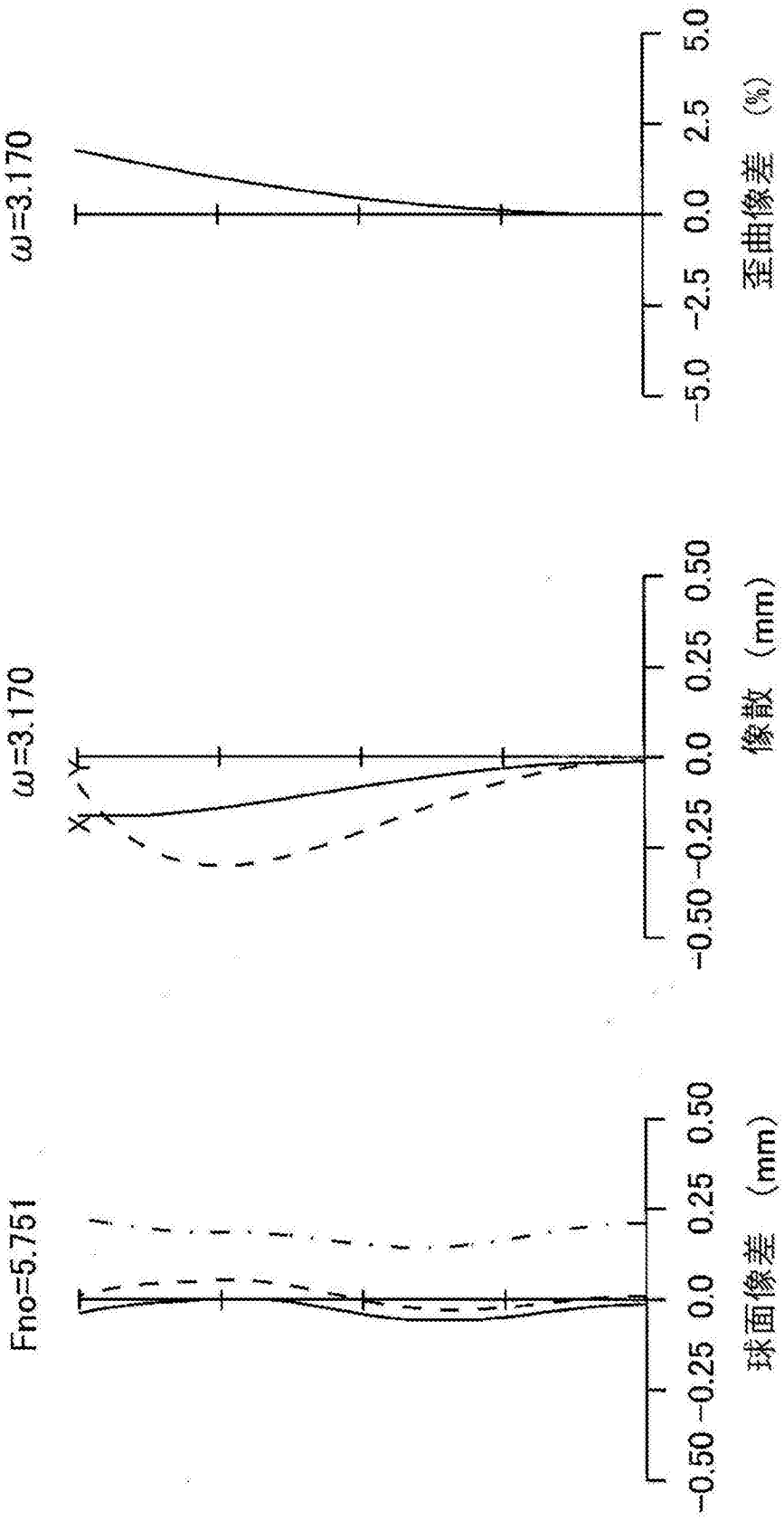

ω=3.170
5.0
2.5
0.0
-2.5
-5.0
歪曲像差 (%)
ω=3.170
X
Y
0.50
0.25
0.0
-0.25
-0.50
像散 (mm)
Fno=5.751
0.50
0.25
0.0
-0.25
-0.50
球面像差 (mm)

图8

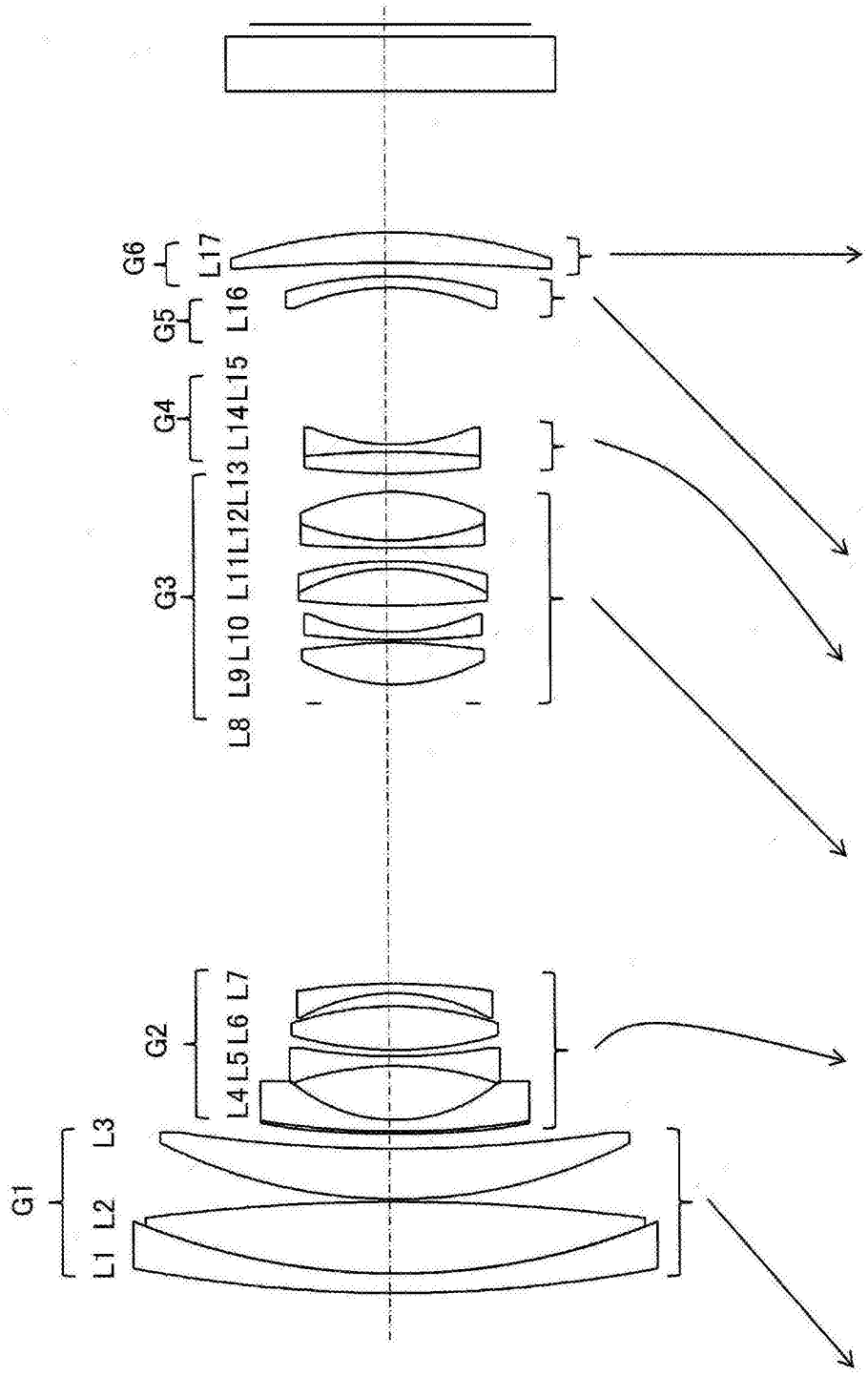

G6
L17
G5
L16
G4
L15
L14
L13
G3
L12
L11
L10
L9
L8
G2
L7
L6
L5
L4
G1
L3
L2
L1

图9

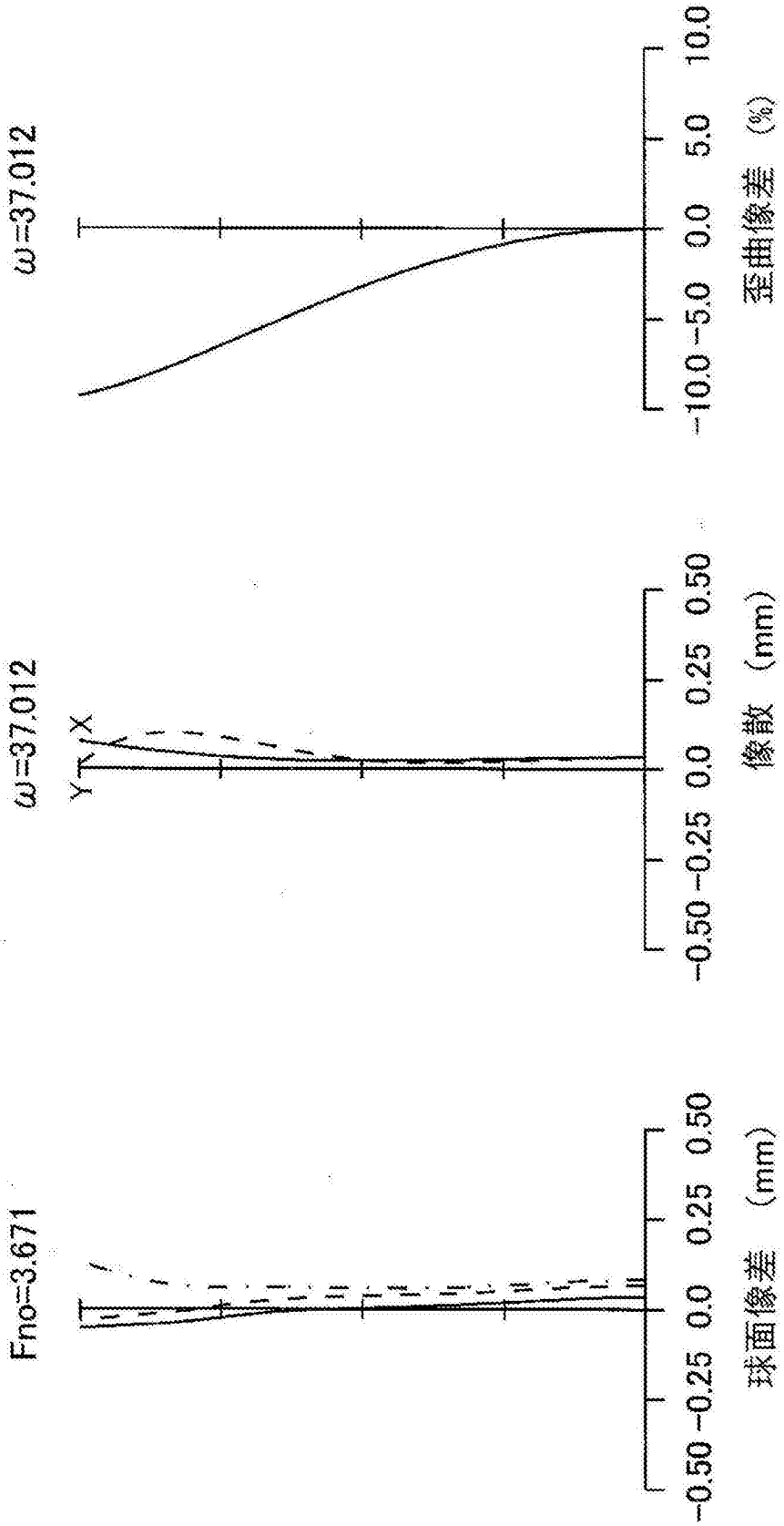

ω=37.012
-10.0 -5.0 0.0 5.0 10.0
歪曲像差 (%)
ω=37.012
X
Y
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
像散 (mm)
Fno=3.671
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
球面像差 (mm)

图10

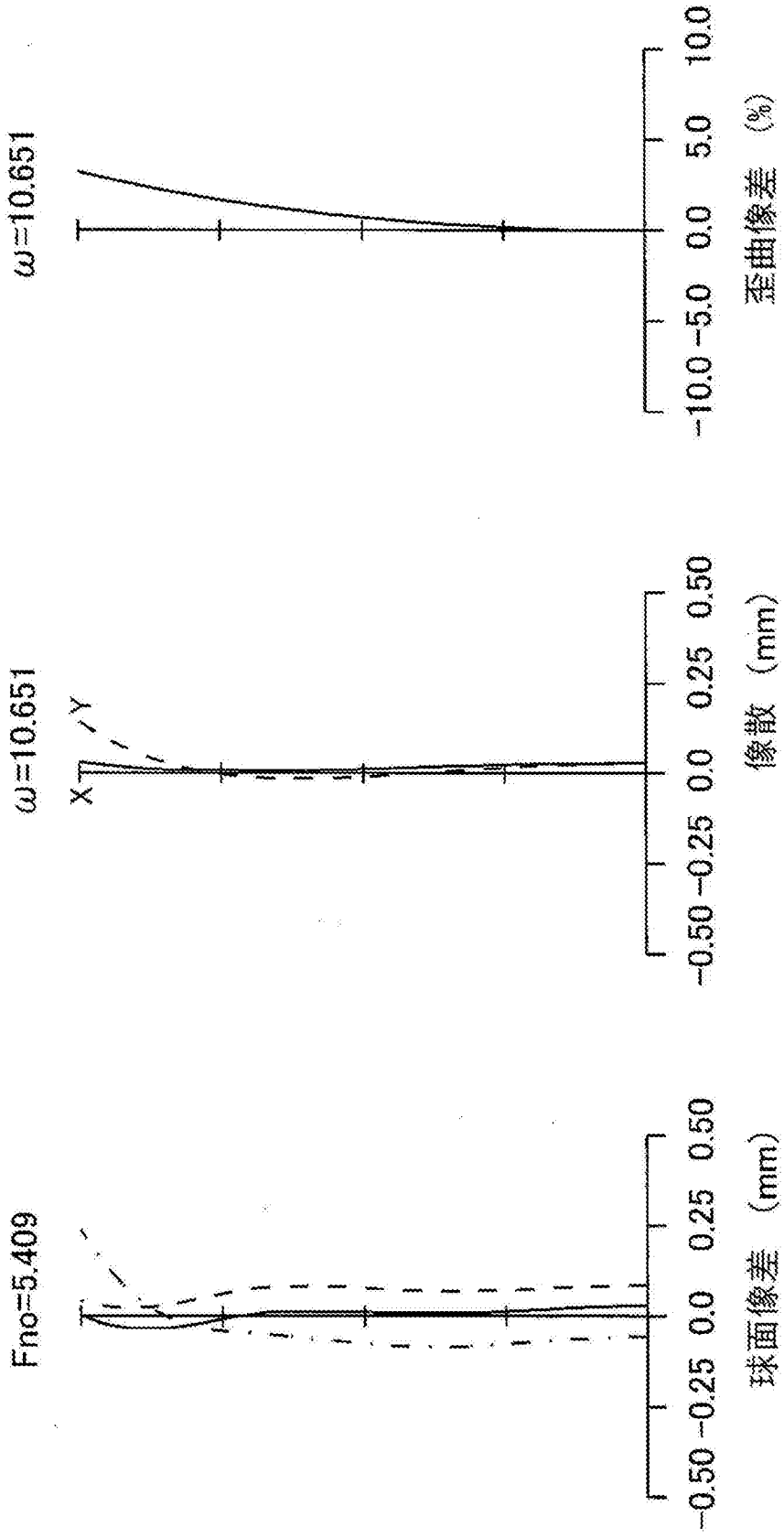

ω=10.651
-10.0 -5.0 0.0 5.0 10.0
歪曲像差（%）
ω=10.651
X
Y
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
像散（mm）
Fno=5.409
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
球面像差（mm）

图11

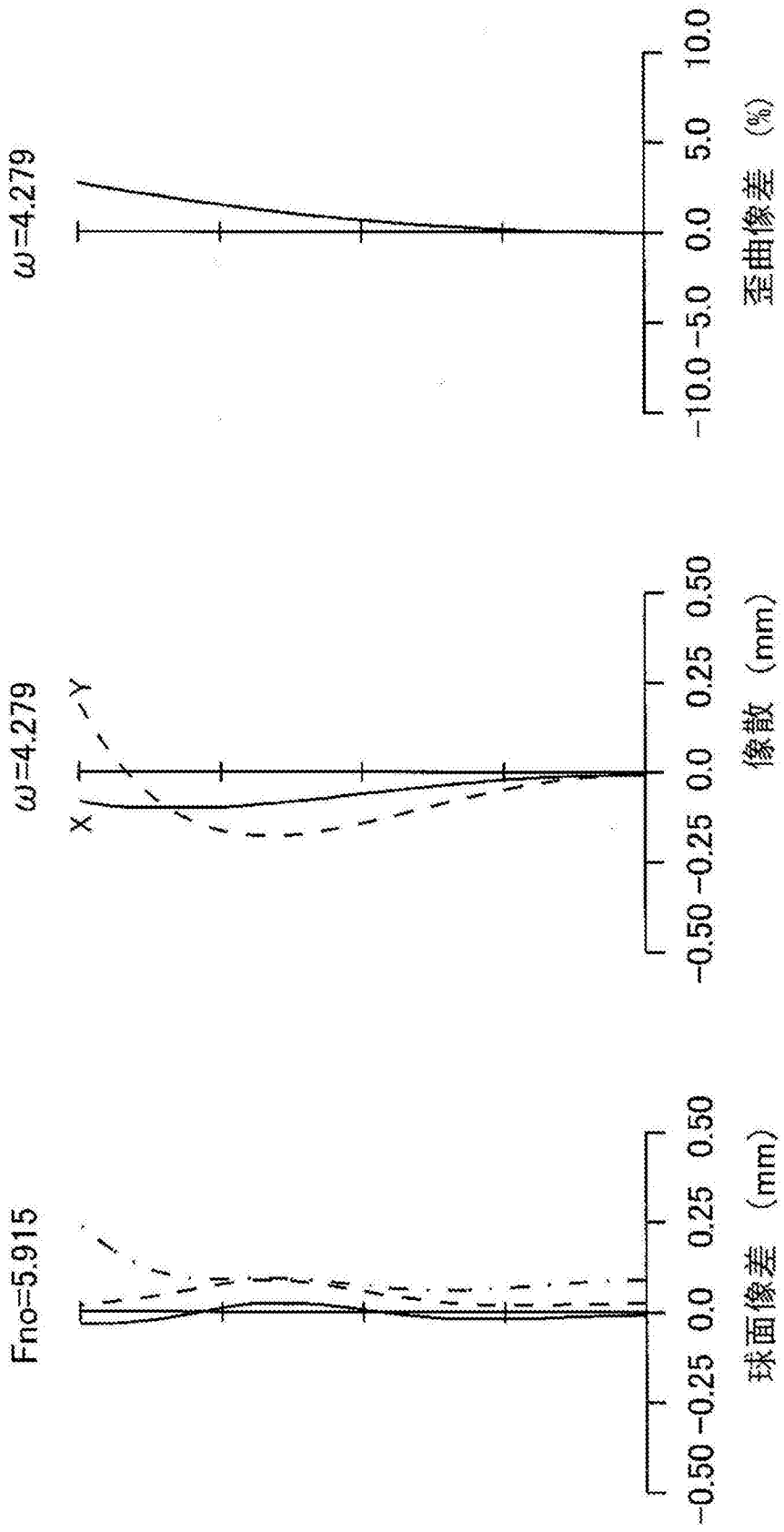

ω=4.279
-10.0 -5.0 0.0 5.0 10.0
歪曲像差 (%)
ω=4.279
X
Y
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
像散 (mm)
Fno=5.915
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
球面像差 (mm)

图12

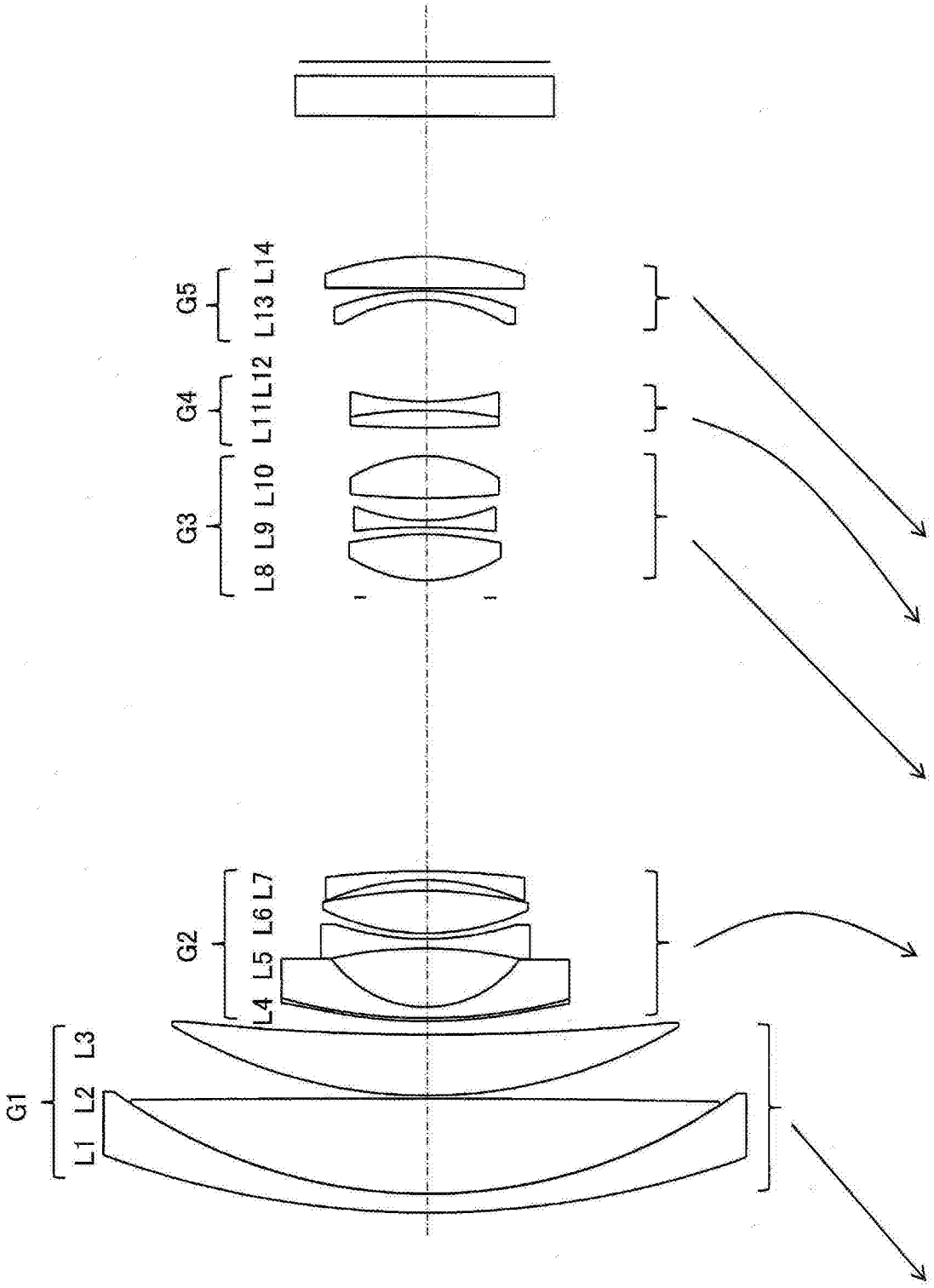


图13

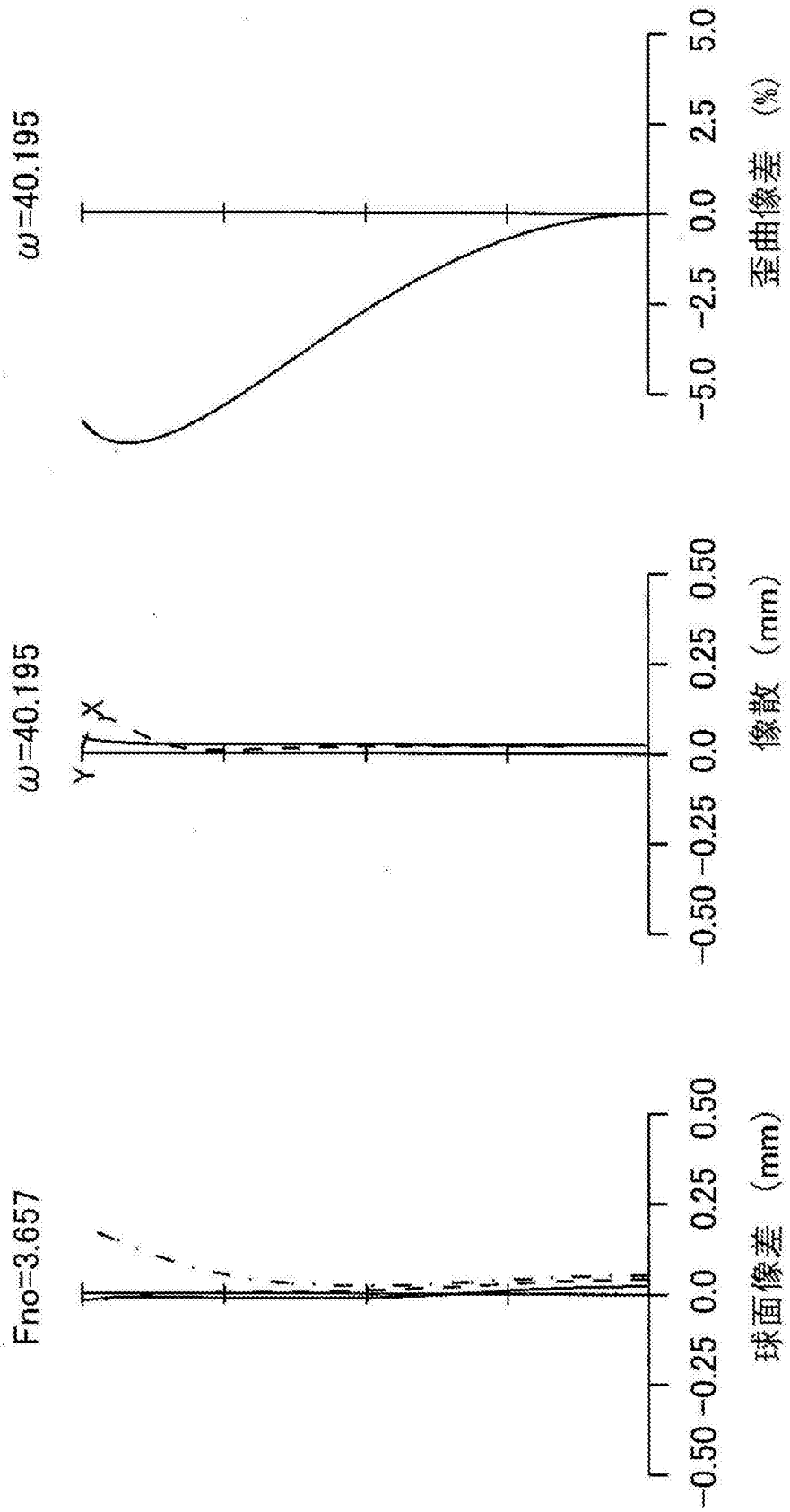

ω=40.195
5.0
2.5
0.0
-2.5
-5.0
歪曲像差 (%)
ω=40.195
Y
X
0.50
0.25
0.0
-0.25
-0.50
像散 (mm)
Fno=3.657
0.50
0.25
0.0
-0.25
-0.50
球面像差 (mm)

图14

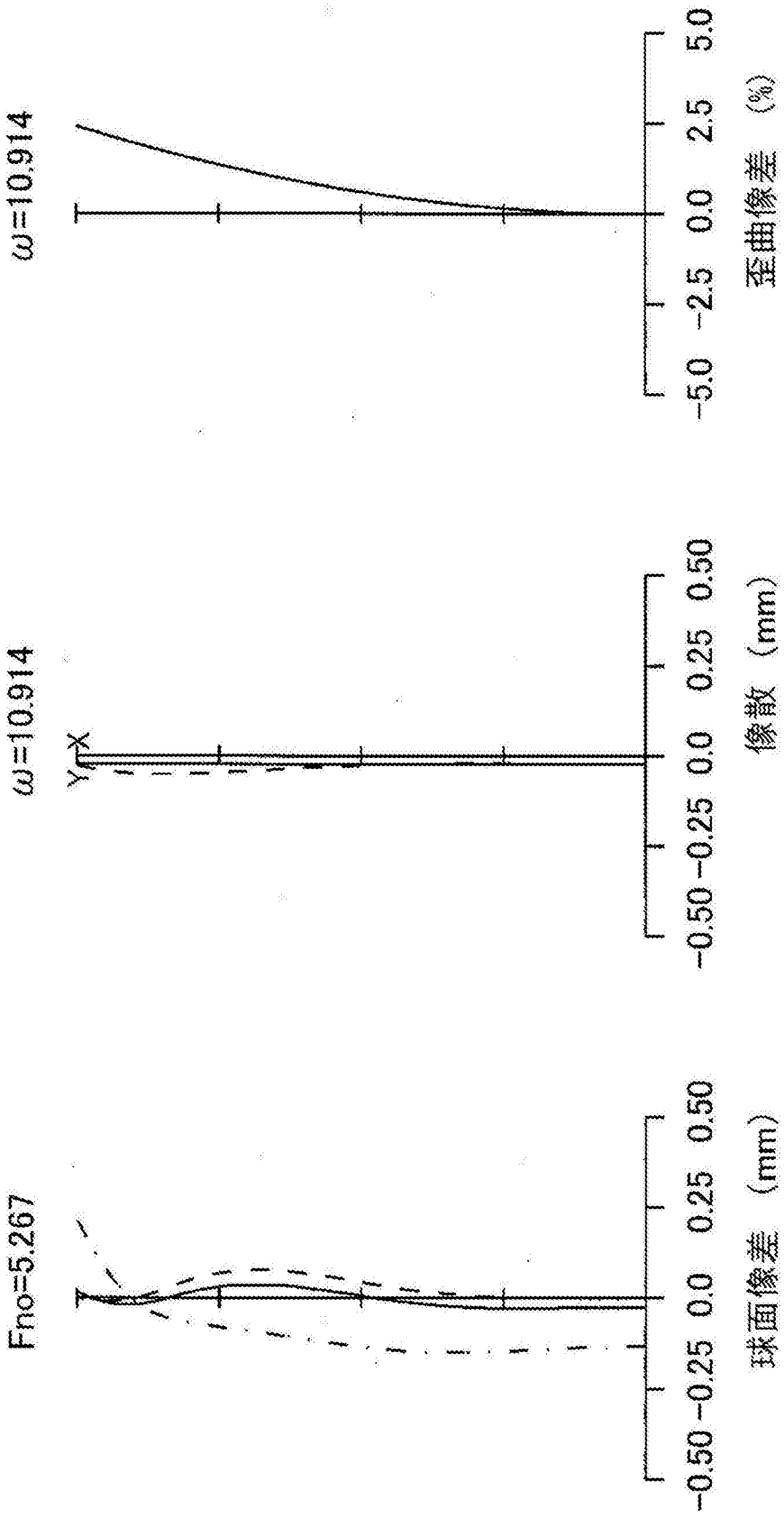

ω=10.914
歪曲像差 (%)
5.0
2.5
0.0
-2.5
-5.0
ω=10.914
Y
X
像散 (mm)
0.50
0.25
0.0
-0.25
-0.50
Fno=5.267
球面像差 (mm)
0.50
0.25
0.0
-0.25
-0.50

图15

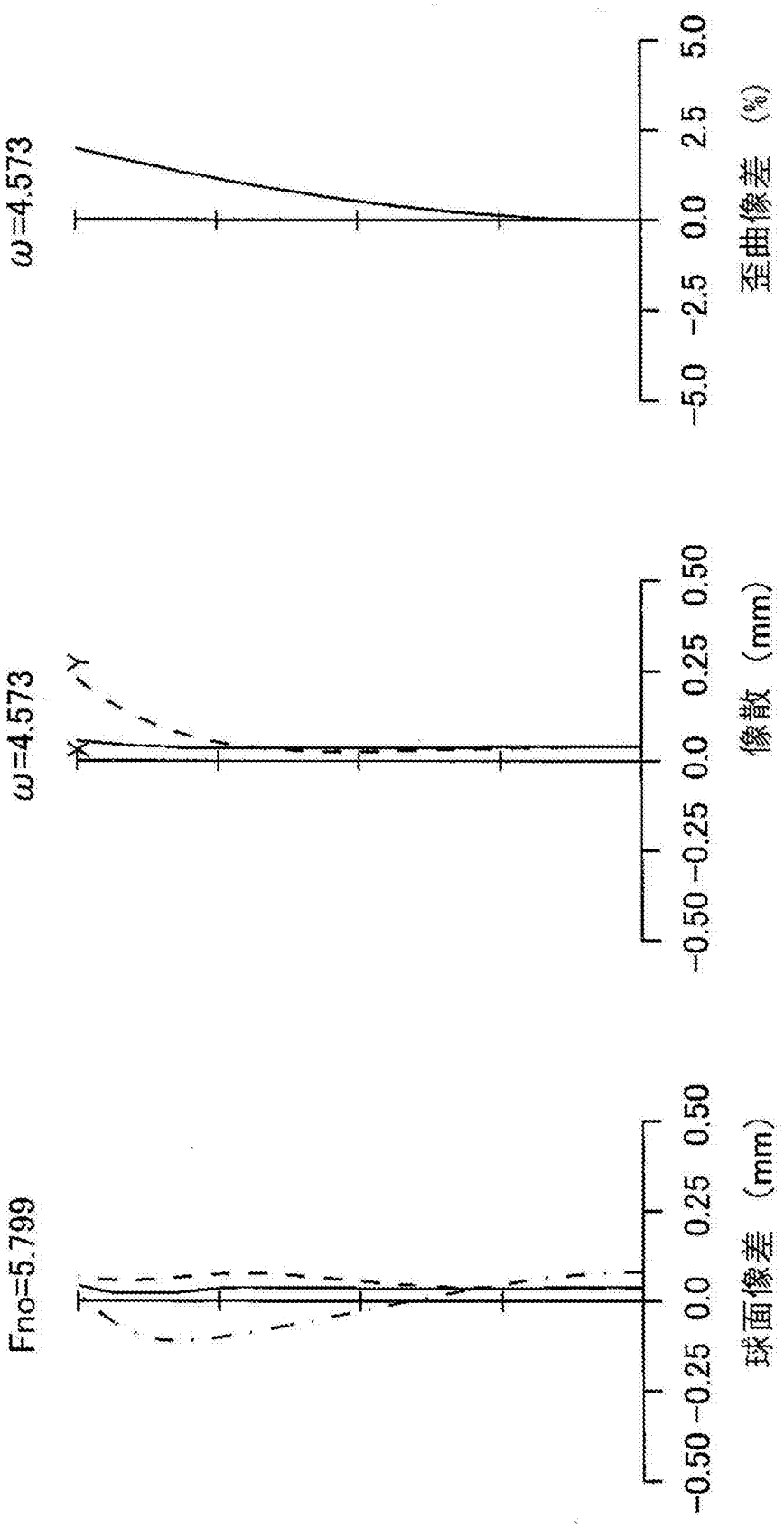

ω=4.573
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0
歪曲像差 (%)
ω=4.573
Y
X
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
像散 (mm)
Fno=5.799
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
球面像差 (mm)

图16

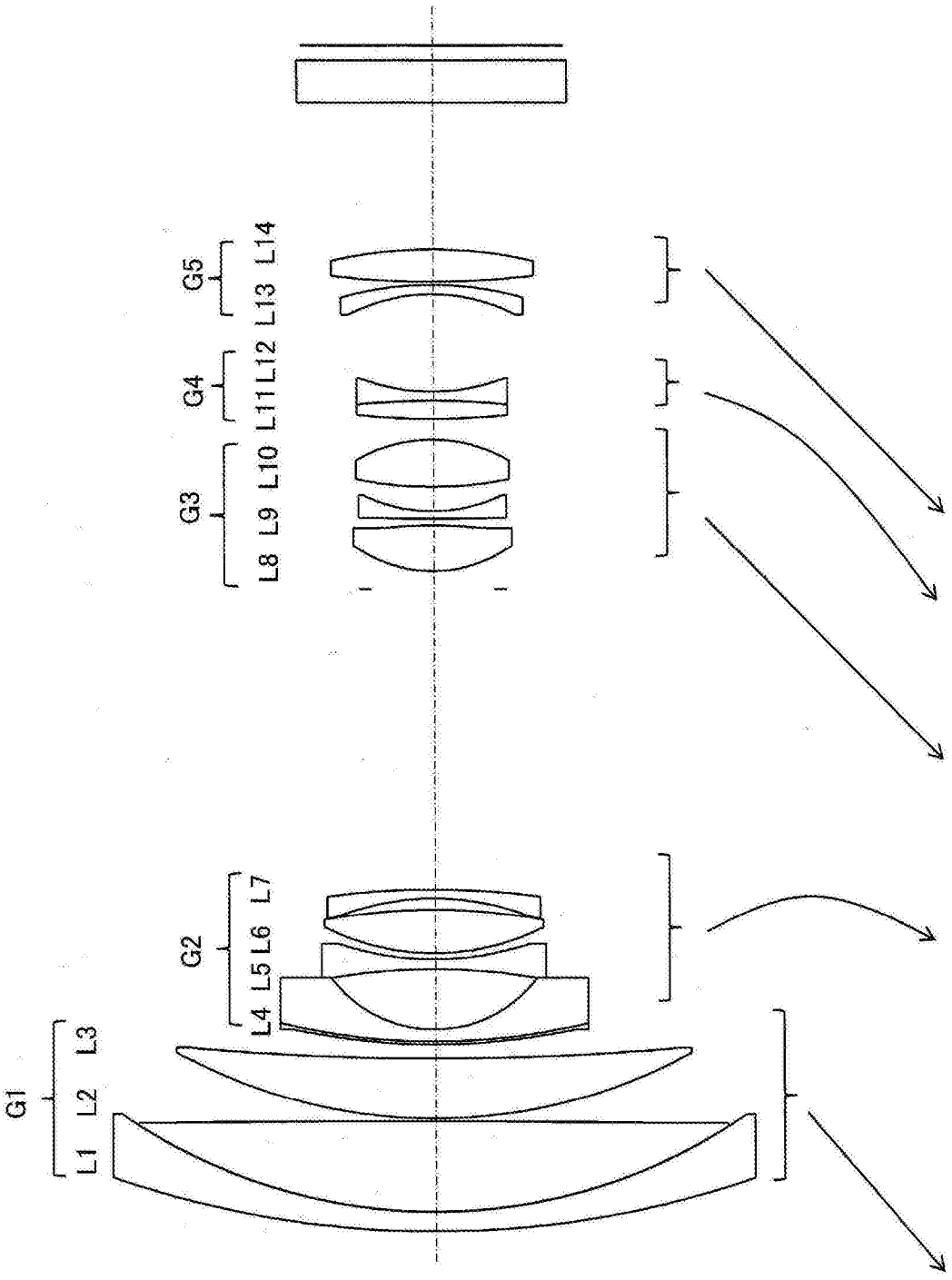


图17

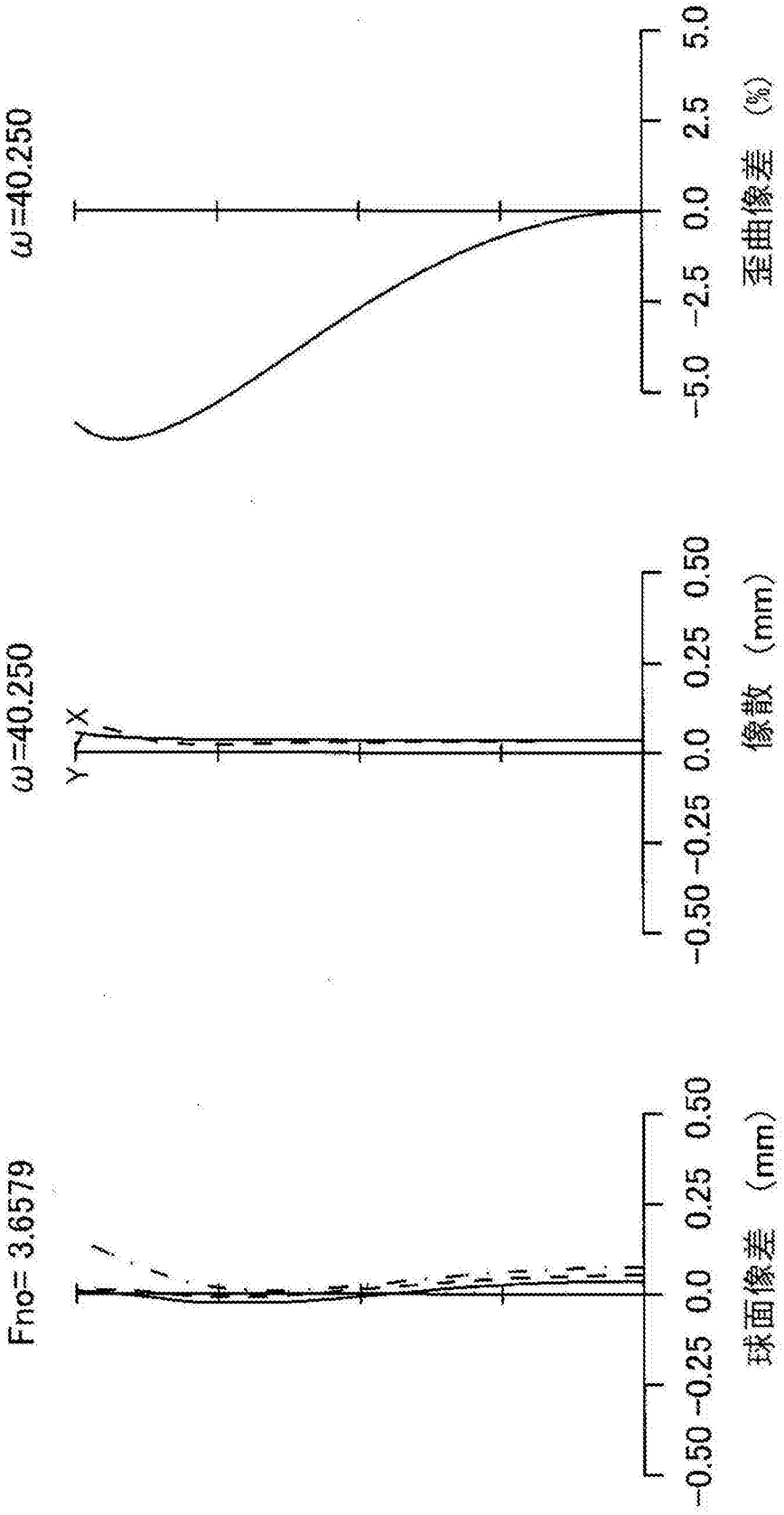

ω=40.250
5.0
2.5
0.0
-2.5
-5.0
歪曲像差 (%)
ω=40.250
X
Y
0.50
0.25
0.0
-0.25
-0.50
像散 (mm)
Fno= 3.6579
0.50
0.25
0.0
-0.25
-0.50
球面像差 (mm)

图18

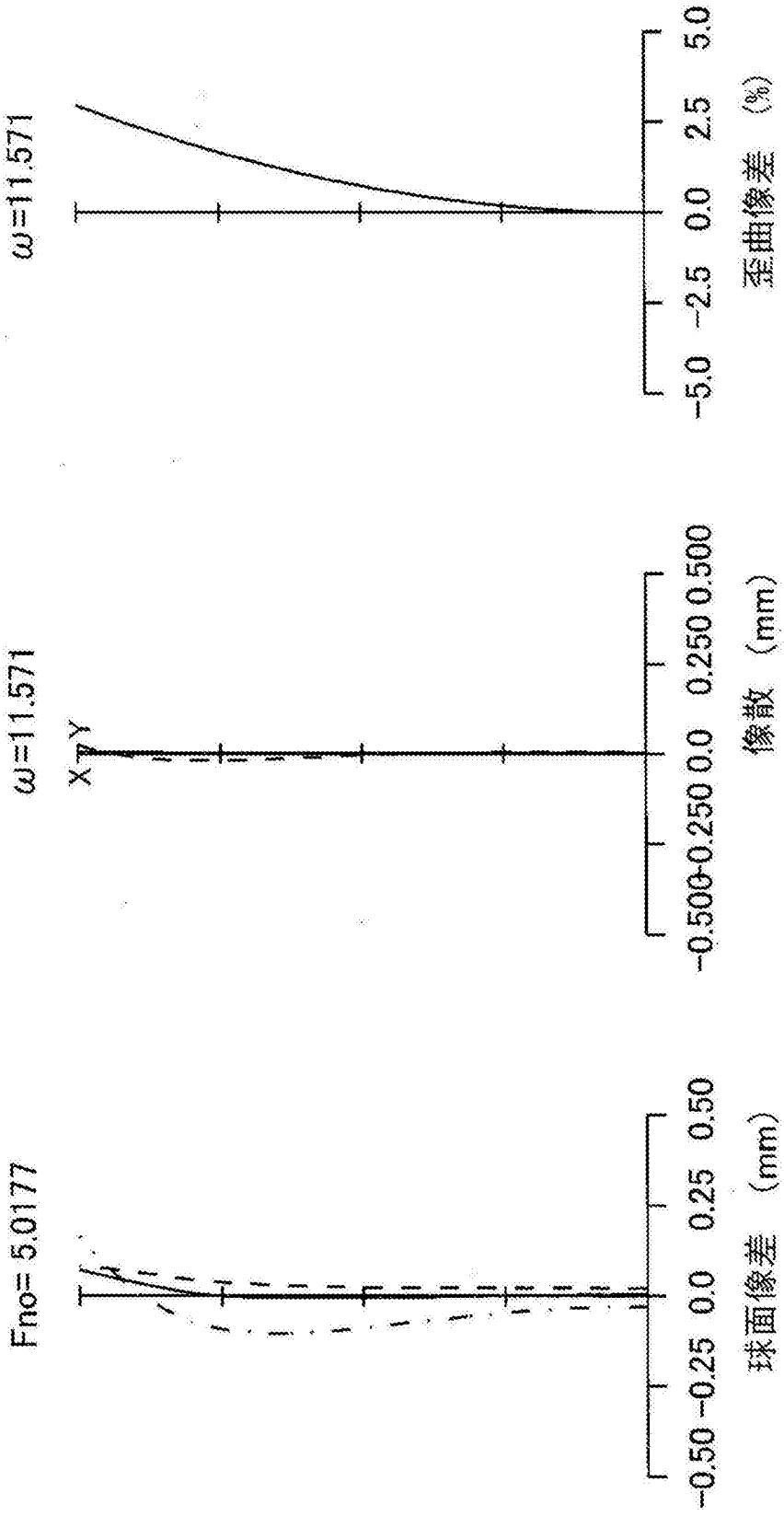

Fno= 5.0177
ω=11.571
球面像差 (mm)
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
X Y
ω=11.571
像散 (mm)
-0.500-0.250 0.0 0.250 0.500
ω=11.571
歪曲像差 (%)
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0

图19

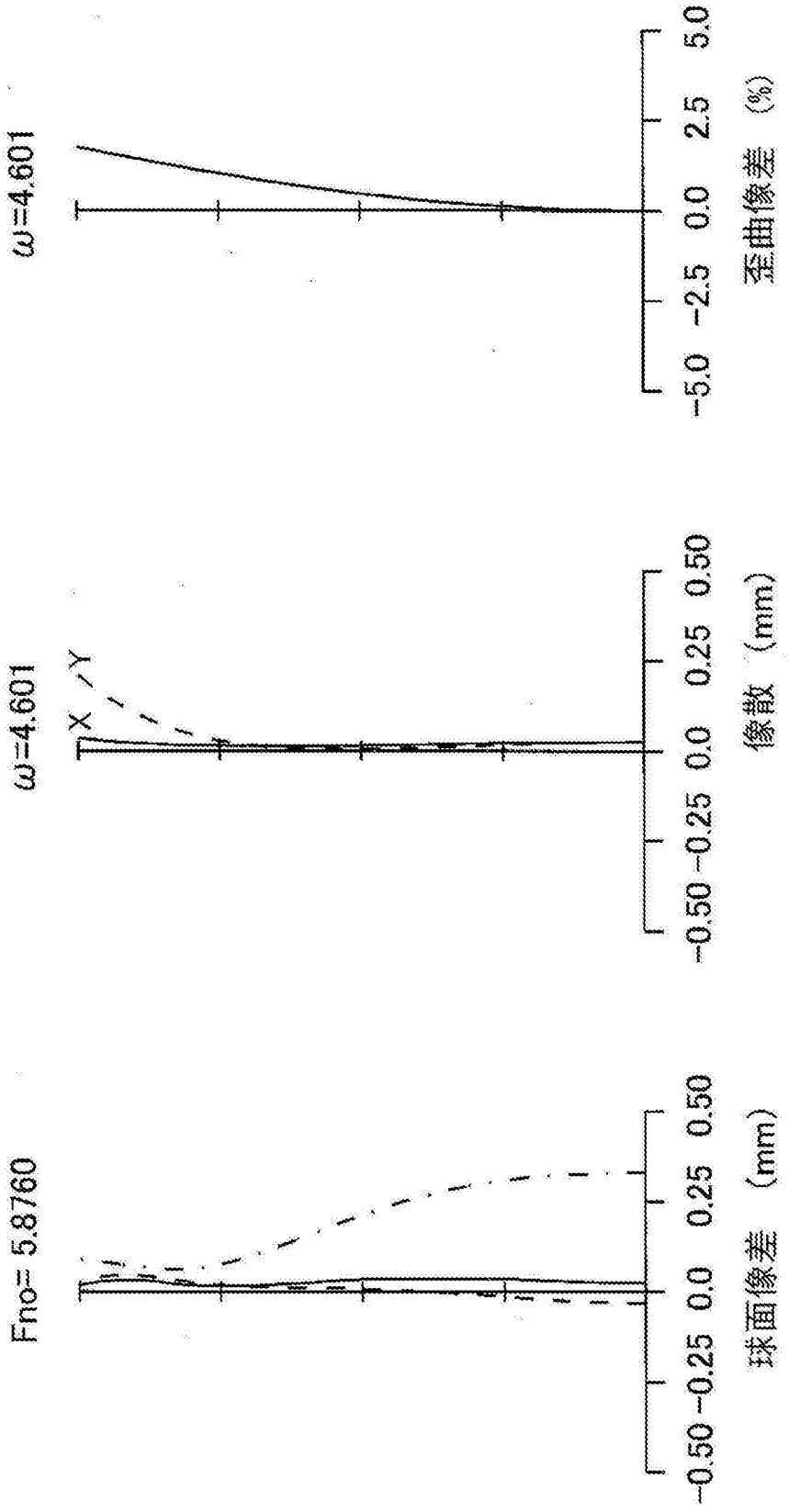

Fno= 5.8760
ω=4.601
球面像差 (mm)
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
X Y
ω=4.601
像散 (mm)
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
ω=4.601
歪曲像差 (%)
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0

图20

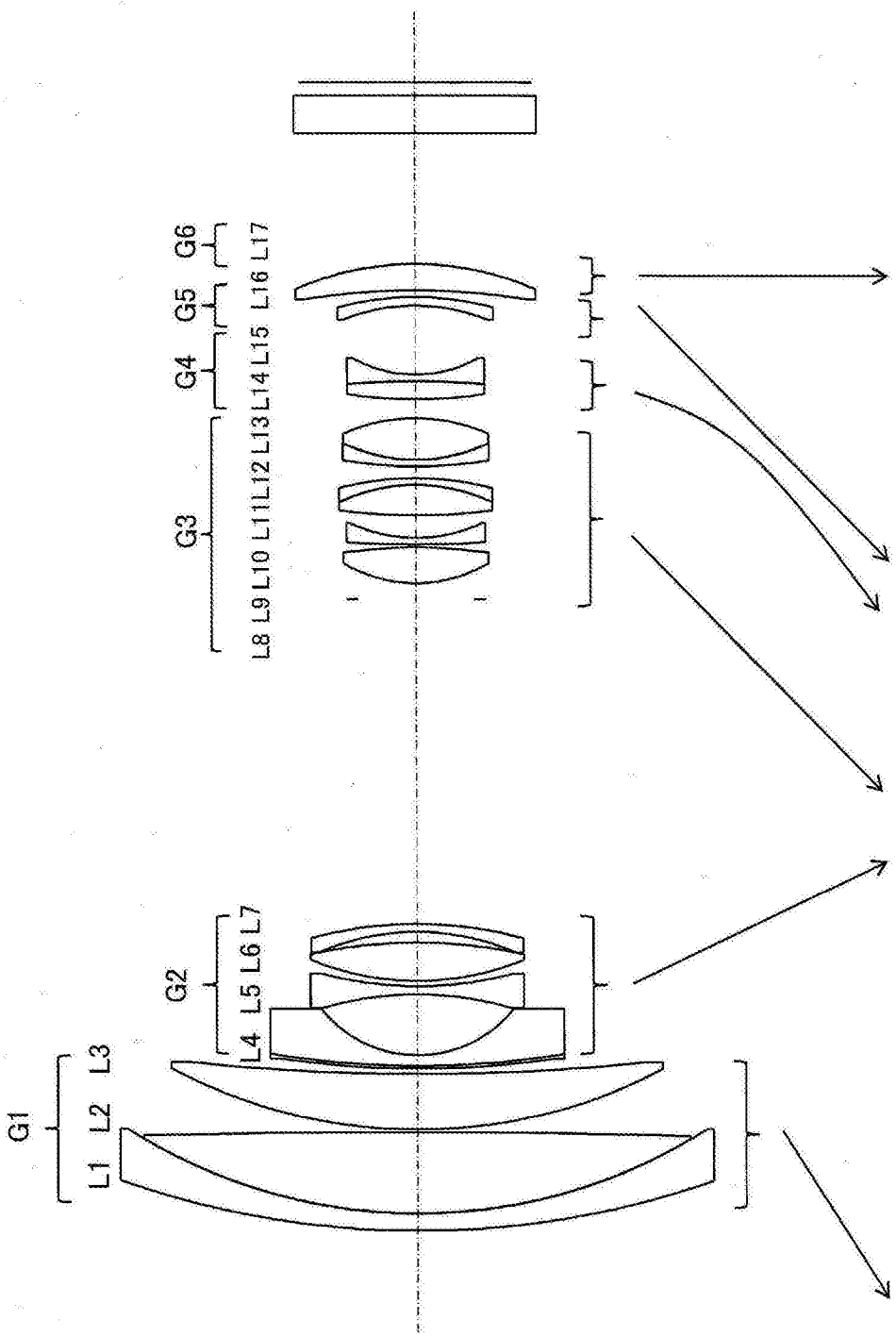

G6
G5
G4
G3
G2
G1
L17
L16
L15
L14
L13
L12
L11
L10
L9
L8
L7
L6
L5
L4
L3
L2
L1

图21

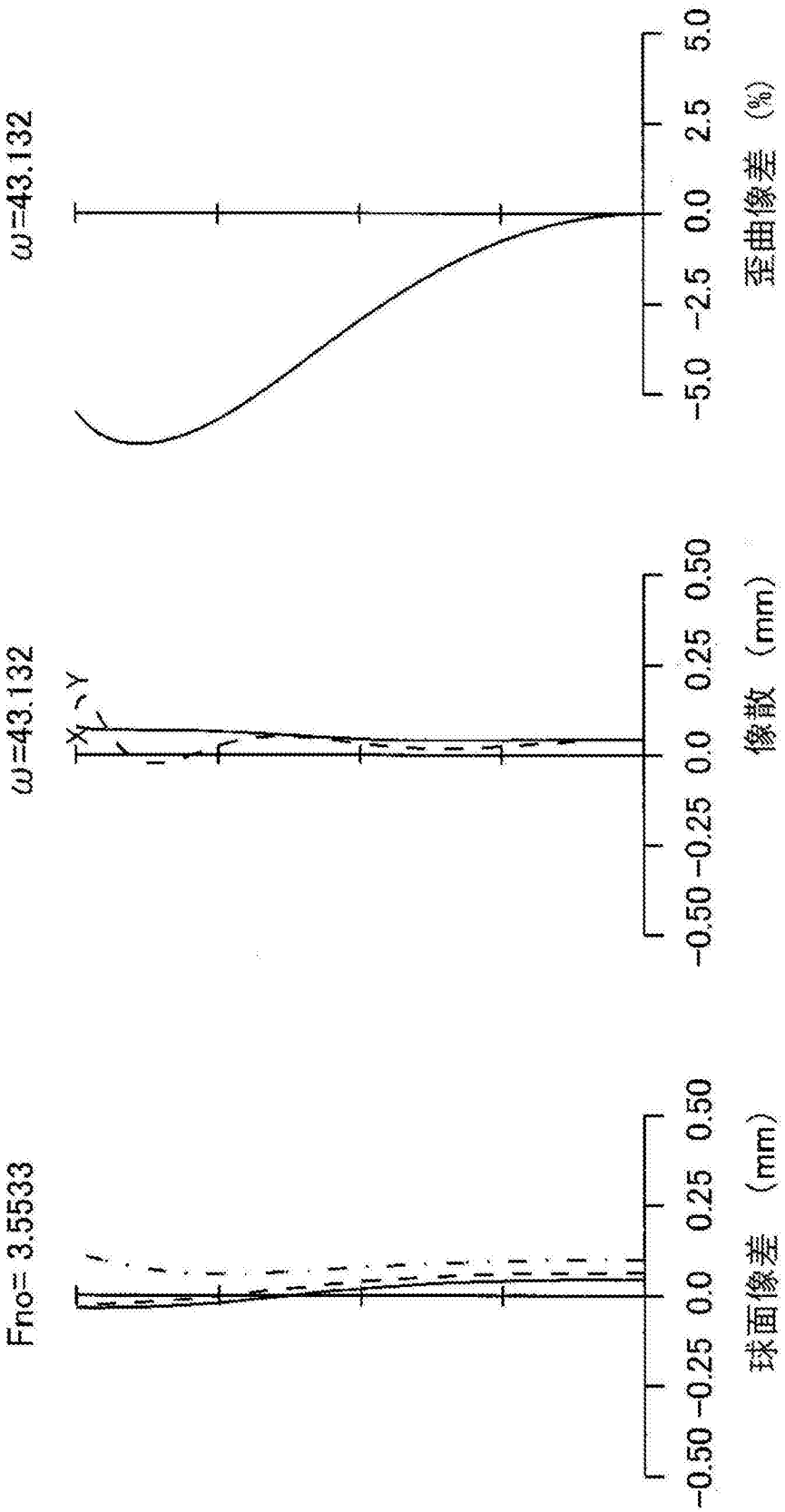

ω=43.132
5.0
2.5
0.0
-2.5
-5.0
歪曲像差 (%)
ω=43.132
X、Y
0.50
0.25
0.0
-0.25
-0.50
像散 (mm)
Fno= 3.5533
0.50
0.25
0.0
-0.25
-0.50
球面像差 (mm)

图22

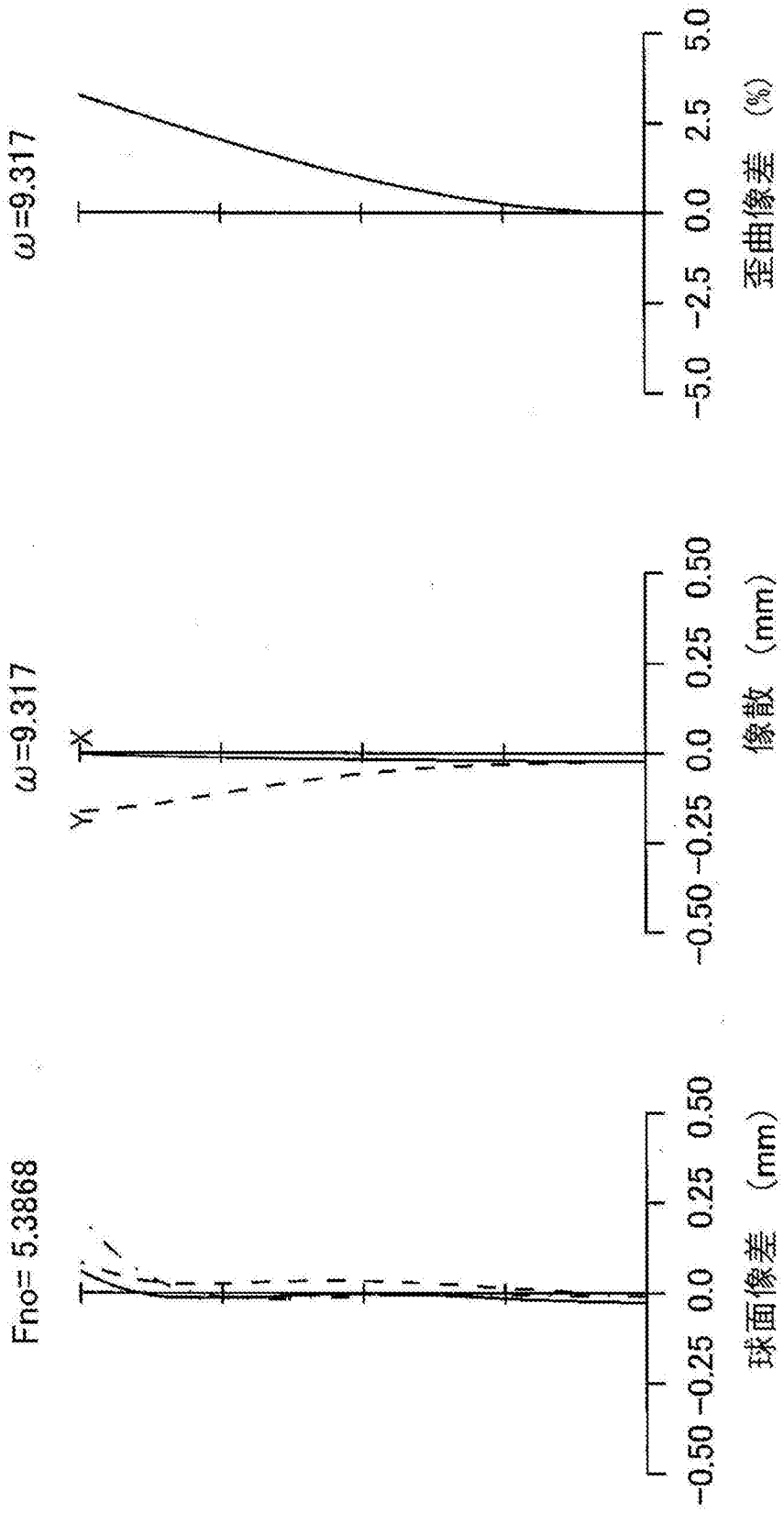

ω=9.317
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0
歪曲像差 (%)
ω=9.317
Y1
X
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
像散 (mm)
Fno= 5.3868
T
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
球面像差 (mm)

图23

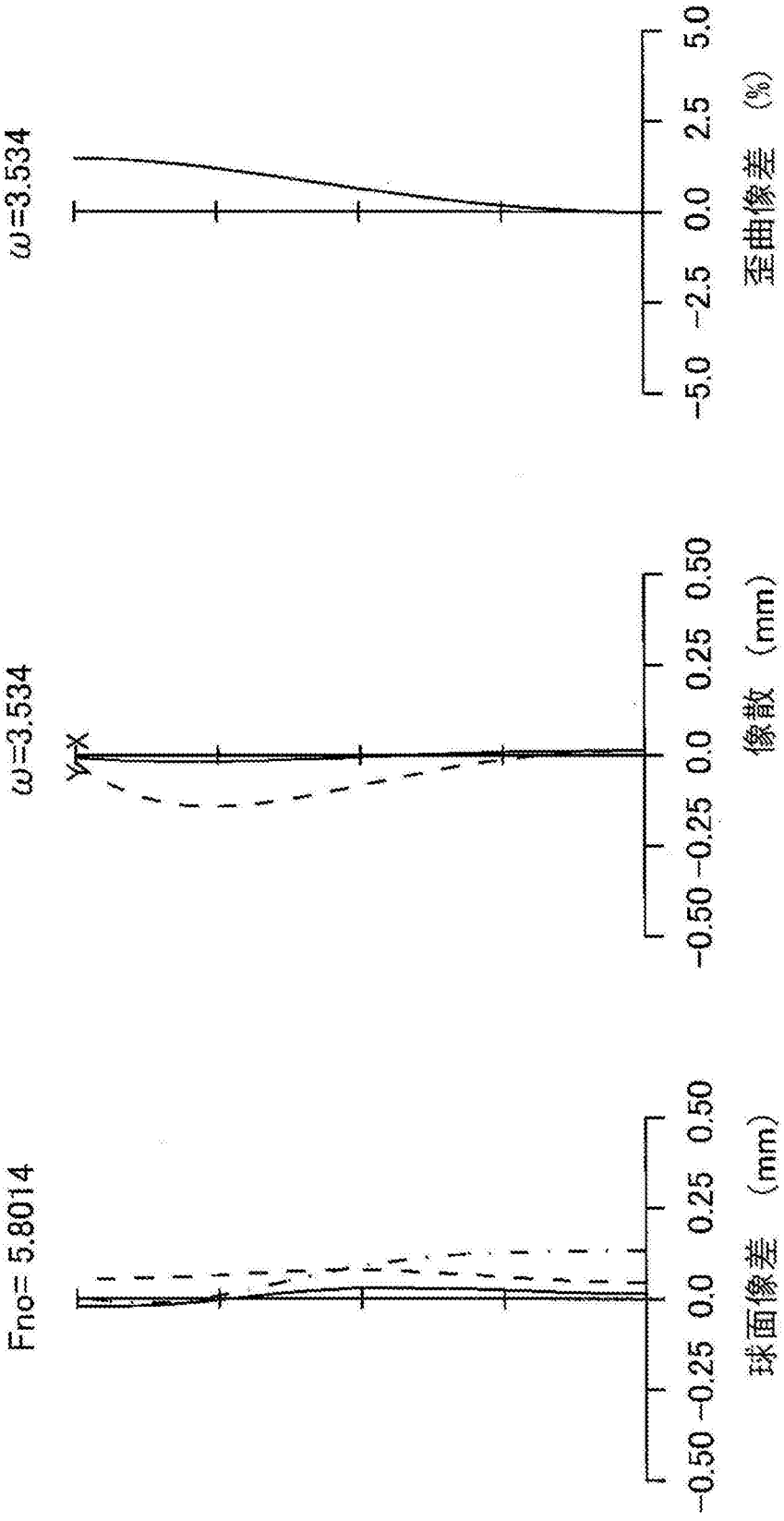

ω=3.534
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0
歪曲像差 (%)
ω=3.534
Y
X
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
像散 (mm)
Fno= 5.8014
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
球面像差 (mm)

图24