

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4380086号
(P4380086)

(45) 発行日 平成21年12月9日(2009.12.9)

(24) 登録日 平成21年10月2日(2009.10.2)

(51) Int. Cl. F 1
G O 2 B 15/20 (2006.01) G O 2 B 15/20
G O 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18
G O 2 B 13/24 (2006.01) G O 2 B 13/24

請求項の数 11 (全 64 頁)

(21) 出願番号	特願2001-153718 (P2001-153718)	(73) 特許権者	303000408
(22) 出願日	平成13年5月23日(2001.5.23)		コニカミノルタオプト株式会社
(65) 公開番号	特開2002-350727 (P2002-350727A)		東京都八王子市石川町2970番地
(43) 公開日	平成14年12月4日(2002.12.4)	(74) 代理人	100085501
審査請求日	平成18年3月23日(2006.3.23)		弁理士 佐野 静夫
		(74) 代理人	100128842
			弁理士 井上 温
		(74) 代理人	100128967
			弁理士 井上 靖
		(74) 代理人	100128978
			弁理士 和田 智樹
		(72) 発明者	西川 純
			大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

拡大側から順に、負の屈折力の第1群と、正の屈折力の第2群と、正の屈折力の第3群と、負の屈折力の第4群と、正又は負の屈折力の第5群と、正の屈折力の第6群と、の6成分から成り、縮小側に略テレセントリックなズームレンズであって、

望遠端から広角端への変倍時に前記第3群と前記第5群が拡大側から縮小側へ移動し、前記第4群に絞りを有し、

前記絞りが前記絞りよりも縮小側のレンズ系から成る後群のほぼ拡大側焦点距離位置に配置され、前記第1群から前記第4群までのレンズ系がほぼアフォーカル系を構成し、以下の条件式(6)~(10)を満たすとともに、

前記第5群が以下の条件式(11)及び(12)を満たす正レンズを少なくとも1枚含むことを特徴とするズームレンズ；

$$0.5 < Tsp / (fa - FH) < 1.4 \quad \dots (6)$$

$$-0.1 < fw \cdot 5 < 0.3 \quad \dots (7)$$

$$-0.2 < fw \cdot 1-4 < 0.3 \quad \dots (8)$$

$$0.2 < T4-5 / Bf < 1.0 \quad \dots (9)$$

$$0.8 < Bf / fw < 3.0 \quad \dots (10)$$

$$0.7 < P5 < 6.0 \quad \dots (11)$$

$$60 < (5) < 100 \quad \dots (12)$$

ただし、

Tsp : 広角端での絞りから絞りの縮小側直後のレンズ面頂点までの軸上間隔、
 fa : 広角端での後群の焦点距離、
 FH : 広角端での絞りの縮小側直後のレンズ面頂点から後群の拡大側主点位置までの軸上間隔、

fw : 広角端での全系の焦点距離、

5 : 第 5 群の屈折力、

1-4 : 広角端での第 1 群から第 4 群までの合成屈折力、

T4-5 : 広角端での第 4 群と第 5 群との間のレンズ面間隔、

Bf : 空気換算されたバックフォーカス、

$$P5 = \{ - (0.6444 - 0.001689) \cdot (5) \} \times 100 ,$$

$$= (ng - nF) / (nF - nC) ,$$

ng : g 線 (波長 : 435.84nm) に対する屈折率、

nF : F 線 (波長 : 486.13nm) に対する屈折率、

nd : d 線 (波長 : 587.56nm) に対する屈折率、

nC : C 線 (波長 : 656.28nm) に対する屈折率、

(5) : 第 5 群を構成する正レンズのアップベ数 d、

$$d = (nd - 1) / (nF - nC) ,$$

である。

【請求項 2】

拡大側から順に、負の屈折力の第 1 群と、正の屈折力の第 2 群と、正の屈折力の第 3 群と、負の屈折力の第 4 群と、正又は負の屈折力の第 5 群と、正の屈折力の第 6 群と、の 6 成分から成り、縮小側に略テレセントリックなズームレンズであって、

望遠端から広角端への変倍時に、前記第 3 群と前記第 5 群が拡大側から縮小側へ移動し、前記第 2 群と前記第 3 群との間隔が増大し、前記第 4 群と前記第 5 群との間隔が増大し、前記第 4 群に絞りを有し、以下の条件式 (1) ~ (4) 及び (5a) を満たすことを特徴とするズームレンズ；

$$0.1 < 2 / 3 < 1.1 \quad \dots (1)$$

$$-0.6 < 5 / 4 < 0.5 \quad \dots (2)$$

$$-0.3 < 5 / 3 < 0.5 \quad \dots (3)$$

$$1.3 < | 1 | / 2 < 20 \quad \dots (4)$$

$$0.1 < fw \cdot 3 < 0.650 \quad \dots (5a)$$

ただし、

1 : 第 1 群の屈折力、

2 : 第 2 群の屈折力、

3 : 第 3 群の屈折力、

4 : 第 4 群の屈折力、

5 : 第 5 群の屈折力、

fw : 広角端での全系の焦点距離、

である。

【請求項 3】

更に以下の条件式 (9a) を満たすことを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ；

$$0.358 \leq T4-5 / Bf < 1.0 \quad \dots (9a)$$

ただし、

T4-5 : 広角端での第 4 群と第 5 群との間のレンズ面間隔、

Bf : 空気換算されたバックフォーカス、

である。

【請求項 4】

望遠端から広角端への変倍時に、前記第 2 群と前記第 3 群との間隔が増大し、前記第 4 群と前記第 5 群との間隔が増大し、更に以下の条件式 (1) ~ (5) を満たすことを特徴とする請求項 1 又は 3 記載のズームレンズ；

10

20

30

40

50

$$0.1 < 2 / 3 < 1.1 \quad \dots(1)$$

$$-0.6 < 5 / 4 < 0.5 \quad \dots(2)$$

$$-0.3 < 5 / 3 < 0.5 \quad \dots(3)$$

$$1.3 < | 1 | / 2 < 20 \quad \dots(4)$$

$$0.1 < fw \cdot 3 < 0.9 \quad \dots(5)$$

ただし、

- 1：第1群の屈折力、
- 2：第2群の屈折力、
- 3：第3群の屈折力、
- 4：第4群の屈折力、
- 5：第5群の屈折力、

fw：広角端での全系の焦点距離、

である。

【請求項5】

望遠端から広角端への変倍時に、前記第1群と前記第2群との間隔が増大することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項6】

望遠端から広角端への変倍時に、前記第1群と前記第2群との間隔が減少することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項7】

変倍時に前記絞りが前記第4群と共に位置固定であることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項8】

変倍時に前記絞りが前記第4群と共に移動することを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項9】

前記第6群が正レンズのみで構成され以下の条件式(13)を満たすことを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載のズームレンズ；

$$50 < (6') < 100 \quad \dots(13)$$

ただし、

(6')：第6群を構成する正レンズのアップベ数 dの平均値、

である。

【請求項10】

前記第1群を構成している負レンズの少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項11】

前記第4群の少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする請求項1～10のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はズームレンズに関するものであり、例えばデジタル・マイクロミラー・デバイス(Digital Micromirror Device, 以下「DMD」と称する。)を表示素子として、その画像をスクリーン上に投影するプロジェクター用の投影光学系として好適なズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

最近、会議でのプレゼンテーション、家庭でのBSデジタル放送・ホームシアター等で、DMDを表示素子とした小型で高性能なプロジェクターが急速に普及しつつある。DMDを用いることで表示素子の小型化・高解像度化が進むに伴い、投影用のズームレンズにも

10

20

30

40

50

小型化・高性能化が求められている。しかし、DMDの表示画像を投影するためのズームレンズには、光束分離用のTIR(Total Internal Reflection)プリズムを挿入するための長いバックフォーカスが必要とされる。しかも小型で諸収差(倍率色収差等)が十分に補正されている必要があり、狭い室内で大画面を映し出すことができるように広角化が要求される場合もある。

【0003】

プロジェクター用としては5成分のズームレンズが種々提案されている。例えば、特開平11-101940号公報で提案されているズームレンズは負・正・正・負・正から成り、変倍時に第2群～第4群が移動し、望遠端から広角端への変倍時には第4群がスクリーン側へ移動する構成になっている。米国特許第6,137,638号明細書で提案されているズームレンズは負・正・正・負・正から成り、望遠端から広角端への変倍時に第2群と第3群が表示素子側へ移動し、第4群がスクリーン側へ移動する構成になっている。特開平11-190821号公報で提案されているズームレンズは負・正・負・正・正から成り、変倍時には主に第2群～第4群が移動する構成になっている。特開2000-137165号公報で提案されているズームレンズは、負・正・正・負・正から成り、変倍時には第2群～第4群が移動し、望遠端から広角端への変倍時には第4群が絞りと共に縮小側へ移動する構成になっている。特開2000-292701号公報で提案されているズームレンズは負・正・正・負・正から成り、変倍時には第2群～第4群が移動し、負のメニスカスレンズ1枚で構成された第4群が変倍時に縮小側へ移動する構成になっている。また、負・正・正・負・正・正から成る6成分のズームレンズが特開2001-108900号公報で提案されており、そのズームレンズは第3群に絞りを有し、変倍時に第2群、第3群及び第5群が移動する構成になっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上記各従来例は主に液晶素子画像を投影するためのズームレンズであるため、小型ではあるものの歪曲収差、倍率色収差等の補正が不十分であり、バックフォーカスも短くなっている。例えば、特開平11-101940号公報で提案されているズームレンズは、歪曲収差、高次の倍率色収差、非点隔差等の補正が不十分である。米国特許第6,137,638号明細書で提案されているズームレンズは、1.25倍というズーム比の割には変倍による歪曲収差の変動が大きく非点隔差も大きくなっている。

【0005】

特開平11-190821号公報で提案されているズームレンズは、倍率色収差、歪曲収差等の補正が不十分であり、DMDのように小型で高解像力の表示素子には適していない。また第4群の正の屈折力が大きく、主変倍群である第2群に絞りがついているため、ズーム比を大きくした場合にはテレセントリック性を保ちにくいという問題もある。特開2000-137165号公報で提案されているズームレンズは、非点隔差が大きく歪曲や倍率色収差の補正が不十分である。特開2000-292701号公報で提案されているズームレンズでは、高屈折率・高分散ガラスを構成枚数13枚中4枚又は5枚使用することで倍率色収差等を補正している。しかしこのようなガラスは着色度が悪く、多用すると青の透過率が低くなるので、高画質が求められる投影光学系には適していない。また、ズーム比の割には変倍による歪曲収差の変動量が大きいという問題もある。

【0006】

特開2001-108900号公報で提案されているズームレンズには、倍率色収差、歪曲収差が大きいという問題がある。さらに非点隔差も大きく、DMDを表示素子とする投影光学系には向いていない。また第5群の正の屈折力が大きく、絞りが第3群と共に移動するため、変倍中絞りより後群の前側焦点距離位置と絞り位置が一致しにくいという問題がある。また第1群～第4群の負の屈折力が大きく、アフォーカル系からやや離れているため、軸外性能を良好に保ちながら長いバックフォーカスを得るには難しい構成となっている。

【0007】

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであって、バックフォーカスが長く、小型で諸収差が良好に補正されたズームレンズを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、第1の発明のズームレンズは、拡大側から順に、負の屈折力の第1群と、正の屈折力の第2群と、正の屈折力の第3群と、負の屈折力の第4群と、正又は負の屈折力の第5群と、正の屈折力の第6群と、の6成分から成り、縮小側に略テレセントリックなズームレンズであって、望遠端から広角端への変倍時に前記第3群と前記第5群が拡大側から縮小側へ移動し、前記第4群に絞りを有し、前記絞りが前記絞りよりも縮小側のレンズ系から成る後群のほぼ拡大側焦点距離位置に配置され、前記第1群から前記第4群までのレンズ系がほぼアフォーカル系を構成し、以下の条件式(6)~(10)を満たすとともに、前記第5群が以下の条件式(11)及び(12)を満たす正レンズを少なくとも1枚含むことを特徴とする。

$$0.5 < Tsp / (fa - FH) < 1.4 \quad \dots (6)$$

$$-0.1 < fw \cdot 5 < 0.3 \quad \dots (7)$$

$$-0.2 < fw \cdot 1-4 < 0.3 \quad \dots (8)$$

$$0.2 < T4-5 / Bf < 1.0 \quad \dots (9)$$

$$0.8 < Bf / fw < 3.0 \quad \dots (10)$$

$$0.7 < P5 < 6.0 \quad \dots (11)$$

$$60 < (5) < 100 \quad \dots (12)$$

ただし、

Tsp：広角端での絞りから絞りの縮小側直後のレンズ面頂点までの軸上間隔、

fa：広角端での後群の焦点距離、

FH：広角端での絞りの縮小側直後のレンズ面頂点から後群の拡大側主点位置までの軸上間隔、

fw：広角端での全系の焦点距離、

5：第5群の屈折力、

1-4：広角端での第1群から第4群までの合成屈折力、

T4-5：広角端での第4群と第5群との間のレンズ面間隔、

Bf：空気換算されたバックフォーカス、

$$P5 = \{ - (0.6444 - 0.001689) \cdot (5) \} \times 100 ,$$

$$= (ng - nF) / (nF - nC) ,$$

ng：g線(波長：435.84nm)に対する屈折率、

nF：F線(波長：486.13nm)に対する屈折率、

nd：d線(波長：587.56nm)に対する屈折率、

nC：C線(波長：656.28nm)に対する屈折率、

(5)：第5群を構成する正レンズのアップベ数 d、

$$d = (nd - 1) / (nF - nC) ,$$

である。

【0009】

第2の発明のズームレンズは、拡大側から順に、負の屈折力の第1群と、正の屈折力の第2群と、正の屈折力の第3群と、負の屈折力の第4群と、正又は負の屈折力の第5群と、正の屈折力の第6群と、の6成分から成り、縮小側に略テレセントリックなズームレンズであって、望遠端から広角端への変倍時に、前記第3群と前記第5群が拡大側から縮小側へ移動し、前記第2群と前記第3群との間隔が増大し、前記第4群と前記第5群との間隔が増大し、前記第4群に絞りを有し、以下の条件式(1)~(4)及び(5a)を満たすことを特徴とする。

$$0.1 < 2 / 3 < 1.1 \quad \dots (1)$$

$$-0.6 < 5 / 4 < 0.5 \quad \dots (2)$$

$$-0.3 < 5 / 3 < 0.5 \quad \dots (3)$$

$$1.3 < | 1 | / 2 < 20 \quad \dots (4)$$

$$0.1 < fw \cdot 3 < 0.650 \quad \dots (5a)$$

ただし、

1：第1群の屈折力、

2：第2群の屈折力、

3：第3群の屈折力、

4：第4群の屈折力、

5：第5群の屈折力、

f_w ：広角端での全系の焦点距離、

である。

【0010】

第3の発明のズームレンズは、上記第1の発明の構成において、更に以下の条件式(9a) 10
を満たすことを特徴とする。

$$0.358 \leq T4-5 / Bf < 1.0 \quad \dots (9a)$$

ただし、

$T4-5$ ：広角端での第4群と第5群との間のレンズ面間隔、

Bf ：空気換算されたバックフォーカス、

である。

【0012】

第4の発明のズームレンズは、上記第1又は第3の発明の構成において、望遠端から広角端への変倍時に、前記第2群と前記第3群との間隔が増大し、前記第4群と前記第5群との間隔が増大し、更に以下の条件式(1)～(5)を満たすことを特徴とする。 20

$$0.1 < \frac{2}{3} < 1.1 \quad \dots (1)$$

$$-0.6 < \frac{5}{4} < 0.5 \quad \dots (2)$$

$$-0.3 < \frac{5}{3} < 0.5 \quad \dots (3)$$

$$1.3 < \frac{|1|}{2} < 20 \quad \dots (4)$$

$$0.1 < f_w \cdot 3 < 0.9 \quad \dots (5)$$

ただし、

1：第1群の屈折力、

2：第2群の屈折力、

3：第3群の屈折力、

4：第4群の屈折力、

5：第5群の屈折力、

f_w ：広角端での全系の焦点距離、

である。

【0013】

第5の発明のズームレンズは、上記第1～第4のいずれか1つの発明の構成において、望遠端から広角端への変倍時に、前記第1群と前記第2群との間隔が増大することを特徴とする。

【0014】

第6の発明のズームレンズは、上記第1～第4のいずれか1つの発明の構成において、望遠端から広角端への変倍時に、前記第1群と前記第2群との間隔が減少することを特徴とする。 40

【0015】

第7の発明のズームレンズは、上記第1～第6のいずれか1つの発明の構成において、変倍時に前記絞りが前記第4群と共に位置固定であることを特徴とする。

【0016】

第8の発明のズームレンズは、上記第1～第6のいずれか1つの発明の構成において、変倍時に前記絞りが前記第4群と共に移動することを特徴とする。

【0017】

第9の発明のズームレンズは、上記第1～第8のいずれか1つの発明の構成において、前記第6群が正レンズのみで構成され以下の条件式(13)を満たすことを特徴とする。 50

$$50 < (6') < 100 \quad \dots (13)$$

ただし、

(6') : 第 6 群を構成する正レンズのアップ数 d の平均値、
である。

【 0 0 1 8 】

第 1 0 の発明のズームレンズは、上記第 1 ~ 第 9 のいずれか 1 つの発明の構成において、前記第 1 群を構成している負レンズの少なくとも 1 面に非球面を有することを特徴とする。また、第 1 1 の発明のズームレンズは、上記第 1 ~ 第 1 0 のいずれか 1 つの発明の構成において、前記第 4 群の少なくとも 1 面に非球面を有することを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を実施したズームレンズを、図面を参照しつつ説明する。なお、以下に説明する各実施の形態は、投影装置(特に D M D を搭載した単板式プロジェクター)用の投影光学系(つまり拡大系)として好適なズームレンズであるが、撮像装置(例えばビデオカメラ、デジタルカメラ、デジタルビデオユニット等)用の撮像光学系(つまり縮小系)としても勿論使用可能である。

【 0 0 2 0 】

図 1 ~ 図 1 2 は、第 1 ~ 第 1 2 の実施の形態のズームレンズにそれぞれ対応するレンズ構成図であり、望遠端(T)でのレンズ配置を光学断面で示している。各レンズ構成図中、矢印 m_j ($j=1, 2, 3, \dots$) は望遠端(長焦点距離端, T)から広角端(短焦点距離端, W)へのズームングにおける第 j 群(Gr j)の光軸(AX)に沿った移動をそれぞれ模式的に示している。ただし、ズームングにおいて位置固定の第 j 群(Gr j)については、その矢印 m_j を破線で示している。また、各レンズ構成図中、 r_i ($i=1, 2, 3, \dots$) が付された面は拡大側(つまりスクリーン側)から数えて i 番目の面(r_i に * 印が付された面は非球面)であり、 d_i が付された軸上面間隔は、拡大側から数えて i 番目の軸上面間隔 d_i ($i=1, 2, 3, \dots$) のうち、ズームングにおいて変化する可変間隔である。G i ($i=1, 2, 3, \dots$) は、拡大側から数えて i 番目のレンズである。

【 0 0 2 1 】

各実施の形態のズームレンズは、拡大側から順に、負の屈折力の第 1 群(Gr1)と、正の屈折力の第 2 群(Gr2)と、正の屈折力の第 3 群(Gr3)と、負の屈折力の第 4 群(Gr4)と、正又は負の屈折力の第 5 群(Gr5)と、正の屈折力の第 6 群(Gr6)と、の 6 成分を有しており、縮小側(つまり表示素子側)に略テレセントリックな構成になっている。第 4 群(Gr4)には絞り(ST)が含まれており、第 6 群(Gr6)の縮小側にはプリズム(P1)と平行平板(P2)が配置されている。プリズム(P1)は光束分離用の T I R プリズムに相当し、平行平板(P2)は表示素子(D M D 等)のカバーガラスに相当する。なお、各実施の形態のズームレンズを 3 板式プロジェクターに使用する場合には、色分解・色合成光学系(クロスダイクロプリズム等)もプリズム(P1)に含まれる。

【 0 0 2 2 】

各実施の形態において変倍(すなわちズームング)は各群間隔を変化させることにより行われ、望遠端(T)から広角端(W)への変倍時には、少なくとも第 3 群(Gr3)と第 5 群(Gr5)が拡大側(スクリーン側)から縮小側(表示素子側)へ移動する。各実施の形態におけるズーム成分の屈折力配置を表 1 に示す。なお表 1 中、屈折力表示に [] 括弧が付されたズーム群は変倍時位置固定の固定群であり、その他のズーム群は移動群であることを示している。

【 0 0 2 3 】

【表 1】

10

20

30

40

〈ズーム成分の屈折力配置〉

図	第1群	第2群	第3群	第4群	第5群	第6群
1	[負]	正	正	[負]	正	[正]
2	[負]	正	正	[負]	正	[正]
3	[負]	正	正	[負]	負	[正]
4	[負]	正	正	[負]	負	[正]
5	[負]	正	正	[負]	正	[正]
6	[負]	正	正	[負]	正	[正]
7	[負]	正	正	負	正	[正]
8	[負]	正	正	[負]	負	[正]
9	負	正	正	[負]	負	[正]
10	[負]	正	正	[負]	負	[正]
11	[負]	正	正	[負]	負	[正]
12	[負]	正	正	[負]	正	[正]

10

20

【0024】

第1の実施の形態(図1)では、望遠端(T)から広角端(W)へのズームングにおいて、第2群(Gr2)、第3群(Gr3)及び第5群(Gr5)が拡大側から縮小側へ移動する。このとき、第2群(Gr2)は直線的に移動し、第3群(Gr3)と第5群(Gr5)は縮小側にゆるい凸を描くように同移動量で移動する。

【0025】

第2の実施の形態(図2)では、望遠端(T)から広角端(W)へのズームングにおいて、第2群(Gr2)、第3群(Gr3)及び第5群(Gr5)が拡大側から縮小側へ移動する。このとき、第2群(Gr2)は直線的に移動し、第3群(Gr3)と第5群(Gr5)は縮小側にゆるい凸を描くように移動する。

【0026】

第3の実施の形態(図3)では、望遠端(T)から広角端(W)へのズームングにおいて、第2群(Gr2)、第3群(Gr3)及び第5群(Gr5)が拡大側から縮小側へ移動する。このとき、第3群(Gr3)は直線的に移動し、第2群(Gr2)と第5群(Gr5)は拡大側にゆるい凸を描くように移動する。

【0027】

第4の実施の形態(図4)では、望遠端(T)から広角端(W)へのズームングにおいて、第3群(Gr3)と第5群(Gr5)が拡大側から縮小側へ移動し、第2群(Gr2)がUターン移動する。このとき、第3群(Gr3)は直線的に移動し、第2群(Gr2)と第5群(Gr5)は拡大側にゆるい凸を描くように移動するが、第2群(Gr2)の移動では第1群(Gr1)と第2群(Gr2)との間隔(d8)がミドル(中間焦点距離状態,M)で狭くなる。

【0028】

第5の実施の形態(図5)では、望遠端(T)から広角端(W)へのズームングにおいて、第2群(Gr2)、第3群(Gr3)及び第5群(Gr5)が拡大側から縮小側へ移動する。このとき、第3群(Gr3)は直線的に移動し、第2群(Gr2)と第5群(Gr5)は拡大側にゆるい凸を描くように移動する。

30

40

50

【 0 0 2 9 】

第 6 の実施の形態(図 6)では、望遠端(T)から広角端(W)へのズームングにおいて、第 2 群(Gr2)、第 3 群(Gr3)及び第 5 群(Gr5)が拡大側から縮小側へ移動する。このとき、第 2 群(Gr2)は直線的に移動し、第 3 群(Gr3)と第 5 群(Gr5)は縮小側にゆるい凸を描くように移動する。

【 0 0 3 0 】

第 7 の実施の形態(図 7)では、望遠端(T)から広角端(W)へのズームングにおいて、第 2 群(Gr2)、第 3 群(Gr3)及び第 5 群(Gr5)が拡大側から縮小側へ移動し、第 4 群(Gr4)が拡大側にゆるい凸を描くように U ターン移動する。このとき、第 2 群(Gr2)は直線的に移動し、第 3 群(Gr3)と第 5 群(Gr5)は縮小側にゆるい凸を描くように移動する。

10

【 0 0 3 1 】

第 8 の実施の形態(図 8)では、望遠端(T)から広角端(W)へのズームングにおいて、第 2 群(Gr2)、第 3 群(Gr3)及び第 5 群(Gr5)が拡大側から縮小側へ移動する。このとき、第 3 群(Gr3)は直線的に移動し、第 2 群(Gr2)は拡大側にゆるい凸を描くように移動し、第 5 群(Gr5)は縮小側にゆるい凸を描くように移動する。

【 0 0 3 2 】

第 9 の実施の形態(図 9)では、望遠端(T)から広角端(W)へのズームングにおいて、第 1 群(Gr1)及び第 2 群(Gr2)が縮小側から拡大側へ移動し、第 3 群(Gr3)及び第 5 群(Gr5)が拡大側から縮小側へ移動する。このとき、第 1 群(Gr1)と第 3 群(Gr3)は直線的に移動し、第 2 群(Gr2)は拡大側にゆるい凸を描くように移動し、第 5 群(Gr5)は縮小側にゆるい凸を描くように移動する。

20

【 0 0 3 3 】

第 1 0 の実施の形態(図 1 0)では、望遠端(T)から広角端(W)へのズームングにおいて、第 2 群(Gr2)が縮小側から拡大側へ移動し、第 3 群(Gr3)及び第 5 群(Gr5)が拡大側から縮小側へ移動する。このとき、第 3 群(Gr3)は直線的に移動し、第 2 群(Gr2)と第 5 群(Gr5)は拡大側にゆるい凸を描くように移動するが、第 1 群(Gr1)と第 2 群(Gr2)との間隔(d8)は望遠端(T)から広角端(W)へのズームングにおいて狭くなる。

【 0 0 3 4 】

第 1 1 の実施の形態(図 1 1)では、望遠端(T)から広角端(W)へのズームングにおいて、第 2 群(Gr2)、第 3 群(Gr3)及び第 5 群(Gr5)が拡大側から縮小側へ移動する。このとき、第 3 群(Gr3)は直線的に移動し、第 2 群(Gr2)は拡大側にゆるい凸を描くように移動し、第 5 群(Gr5)は縮小側にゆるい凸を描くように移動する。

30

【 0 0 3 5 】

第 1 2 の実施の形態(図 1 2)では、望遠端(T)から広角端(W)へのズームングにおいて、第 2 群(Gr2)、第 3 群(Gr3)及び第 5 群(Gr5)が拡大側から縮小側へ移動する。このとき、第 3 群(Gr3)は直線的に移動し、第 2 群(Gr2)は拡大側にゆるい凸を描くように移動し、第 5 群(Gr5)は縮小側にゆるい凸を描くように移動する。

【 0 0 3 6 】

DMD の表示画像をスクリーン上に投影する投影光学系には、前述したように TIR プリズムを挿入できるほどの長いバックフォーカスが必要である。しかも小型で諸収差(倍率色収差等)が十分に補正されている必要がある。各実施の形態では縮小側に略テレセントリックなズームレンズを拡大側から順に負・正・正・負・正又は負・正の 6 成分で構成し、更に以下の点 1 ~ 4 で改善を加えることにより、TIR プリズムを挿入できるほどの長いバックフォーカスを持ち、小型で諸収差(倍率色収差等)が良好に補正された投影光学系を達成している。

40

【 0 0 3 7 】

1 : 望遠端(T)から広角端(W)への変倍において、第 2 群(Gr2)と第 3 群(Gr3)との間隔を広げて、第 3 群(Gr3)を拡大側から縮小側へ移動させる。第 3 群(Gr3)は絞り(ST)付近に近づくため、第 3 群(Gr3)に入射する軸外主光線を光軸(AX)上に低く集めることができる。第 2 群(Gr2)及び第 3 群(Gr3)を一体で移動させたときよりも、軸外主光線に対する正の

50

屈折作用が小さくなるので、高次の倍率色収差の発生量は小さくなる。

【 0 0 3 8 】

2 : 望遠端(T)から広角端(W)への変倍において、第4群(Gr4)と第5群(Gr5)との間隔を広げて、第5群(Gr5)を拡大側から縮小側へ移動させる。第5群(Gr5)は表示素子側に近づくため、第5群(Gr5)に入射する軸外主光線の光軸(Ax)からの高さを高くすることができる。広角端(W)時には望遠端(T)時よりも軸外主光線に対する正の屈折作用が大きくなるので、特に光軸(Ax)から外側に大きくずれるg線を光軸(Ax)側に強く戻すことができる。また、第5群(Gr5)の正レンズに異常分散性の強いレンズ材料を使用することで、倍率色収差をより効果的に補正することができる。

【 0 0 3 9 】

3 : 第4群(Gr4)が絞り(ST)を含み、その絞り(ST)が絞り(ST)よりも縮小側のレンズ系から成る後群(GrR)のほぼ拡大側(つまり前側)焦点位置に配置される。第5群(Gr5)の屈折力を弱い(正又は負)とすることで、第5群(Gr5)の移動により生じる上記後群(GrR)の合成焦点距離の変動を小さくすることができる。また、絞り(ST)を含む第4群(Gr4)が変倍時固定されているか、あるいは若干の移動量を持つようにする。

【 0 0 4 0 】

4 : 第1群(Gr1)から第4群(Gr4)までのレンズ系でほぼアフォーカル系を構成し、第4群(Gr4)と第5群(Gr5)との間隔を適切に定める。これにより、軸外の性能を維持したまま長いバックフォーカスを容易に得ることができる。

【 0 0 4 1 】

上記 1, 2 の観点から、望遠端(T)から広角端(W)への変倍時に、第2群(Gr2)と第3群(Gr3)との間隔が増大し、第4群(Gr4)と第5群(Gr5)との間隔が増大し、更に以下の条件式(1)~(5)を満たすことが望ましい。

$$0.1 < \frac{2}{3} < 1.1 \quad \dots (1)$$

$$-0.6 < \frac{5}{4} < 0.5 \quad \dots (2)$$

$$-0.3 < \frac{5}{3} < 0.5 \quad \dots (3)$$

$$1.3 < \left| \frac{1}{2} \right| < 20 \quad \dots (4)$$

$$0.1 < fw \cdot \frac{3}{5} < 0.9 \quad \dots (5)$$

ただし、

1 : 第1群(Gr1)の屈折力、

2 : 第2群(Gr2)の屈折力、

3 : 第3群(Gr3)の屈折力、

4 : 第4群(Gr4)の屈折力、

5 : 第5群(Gr5)の屈折力、

fw : 広角端(W)での全系の焦点距離、
である。

【 0 0 4 2 】

条件式(1)の下限を超えた場合、第3群(Gr3)による非点収差等の収差発生量が増大し、他群による収差補正が困難になる。条件式(1)の上限を超えた場合、第3群(Gr3)の移動量が増大し、その結果レンズ全長が長くなる。

【 0 0 4 3 】

条件式(2)の上限又は下限を超えた場合、第5群(Gr5)の倍率色収差が補正過剰となり、他群での収差補正が困難になる。

【 0 0 4 4 】

第3群(Gr3)で主に像面が補正され第5群(Gr5)で主に倍率色収差が補正されるため、条件式(3)を満たすように第3群(Gr3)と第5群(Gr5)との屈折力比を設定すると、非点収差と倍率色収差とのバランスを適切にとることができる。第5群(Gr5)の屈折力が大きくなって条件式(3)の上限又は下限を超えた場合、第5群(Gr5)による倍率色収差の発生量が大きくなり、変倍による収差変動が他群で補正しきれなくなる。また、高次の倍率色収差の発生量が増加する。第3群(Gr3)の屈折力が小さくなって条件式(3)の上限又は下限を超えた

10

20

30

40

50

場合は、変倍時の第3群(Gr3)の移動量が大きくなり、その結果レンズ全長が長くなる。

【0045】

条件式(4)を満たすように第1群(Gr1)及び第2群(Gr2)の屈折力を設定することにより、第1群(Gr1)でのフォーカシングによる非点収差等の収差変動を小さくすることができる。条件式(4)の上限を超えた場合、第1群(Gr1)の屈折力が相対的に強くなるため、特に歪曲収差が大きくなり、他収差とのバランスをとることが困難になる。また、条件式(4)の下限を超えた場合、フォーカシングの移動量が大きくなるため、非点収差等の補正が困難になる。また、第1群(Gr1)のレンズ径が大型化する。

【0046】

条件式(5)は、主変倍群である第3群(Gr3)の適正な屈折力範囲を規定している。条件式(5)の上限を超えた場合、第3群(Gr3)の移動量は減少するが、変倍時の収差変動が大きくなり補正が困難になる。条件式(5)の下限を超えた場合、収差補正が容易になる反面、第3群(Gr3)の移動量が増大してレンズ全長が長くなる。なお、このような観点から、以下の条件式(5a)を満たすことが更に望ましい。

$$0.1 < fw \cdot 3 \cdot 0.650 \dots (5a)$$

【0047】

前述した 3, 4 の観点から、第4群(Gr4)に含まれる絞り(ST)が絞り(ST)よりも縮小側のレンズ系から成る後群(GrR)のほぼ拡大側焦点距離位置に配置され、第1群(Gr1)から第4群(Gr4)までのレンズ系がほぼアフォーカル系を構成し、更に以下の条件式(6)~(10)を満たすことが望ましい。

$$0.5 < Tsp / (fa - FH) < 1.4 \dots (6)$$

$$-0.1 < fw \cdot 5 < 0.3 \dots (7)$$

$$-0.2 < fw \cdot 1-4 < 0.3 \dots (8)$$

$$0.2 < T4-5 / Bf < 1.0 \dots (9)$$

$$0.8 < Bf / fw < 3.0 \dots (10)$$

ただし、

Tsp: 広角端(W)での絞り(ST)から絞り(ST)の縮小側直後のレンズ面頂点までの軸上間隔、

fa: 広角端(W)での後群(GrR)の焦点距離、

FH: 広角端(W)での絞り(ST)の縮小側直後のレンズ面頂点から後群(GrR)の拡大側主点位置(すなわち前側主点位置)までの軸上間隔、

fw: 広角端(W)での全系の焦点距離、

5: 第5群(Gr5)の屈折力、

1-4: 広角端(W)での第1群(Gr1)から第4群(Gr4)までの合成屈折力、

T4-5: 広角端(W)での第4群(Gr4)と第5群(Gr5)との間のレンズ面間隔、

Bf: 空気換算されたバックフォーカス、

である。

【0048】

条件式(6)の上限又は下限を超えた場合、絞り(ST)よりも縮小側のレンズ系から成る後群(GrR)の前側焦点位置から絞り(ST)位置が大きくなり外れるため、テレセントリック性が悪くなる。

【0049】

条件式(7)の上限又は下限を超えた場合、後群(GrR)の前側焦点位置が変倍により大きく変化するため、テレセントリック性が悪くなる。

【0050】

条件式(8)の下限を超えた場合、第1群(Gr1)から第4群(Gr4)までの合成屈折力が負に大きく外れる。その結果、第6群(Gr6)の正の屈折力が大きくなり、倍率色収差等の収差の発生量が増大する。また、バックフォーカスが必要以上に長くなり、レンズの大型化につながる。条件式(8)の上限を超えた場合、第1群(Gr1)から第4群(Gr4)までの合成屈折力が大きく正にずれるため、バックフォーカスを維持しにくくなる。

【0051】

10

20

30

40

50

条件式(9)の上限を超えた場合、軸外の光線が光軸(AX)から外側に大きく外れる。したがって、第5群(Gr5)と第6群(Gr6)のレンズ径が大きくなりレンズ全体が大型化する。条件式(9)の下限を超えた場合、テレセントリック性を維持しにくくなる。なお、このような観点から、以下の条件式(9a)を満たすことが更に望ましい。

$$0.358 \quad T4-5 / Bf < 1.0 \quad \dots (9a)$$

【0052】

条件式(10)の下限を超えた場合、TIRプリズムを挿入する空間がなくなる。条件式(10)の上限を超えた場合、必要以上にバックフォーカスが長くなり、第5群(Gr5)と第6群(Gr6)のレンズ径が大型化する。

【0053】

各実施の形態のように少なくとも第3群(Gr3)と第5群(Gr5)が拡大側から縮小側へ移動する負・正・正・負・正又は負・正の6成分ズーム構成においては、望遠端(T)から広角端(W)への変倍時に、第1群(Gr1)と第2群(Gr2)との間隔を増大させるようにしてもよく(図1等)、減少させるようにしてもよい(図10)。また前述した3の観点から、変倍時に絞り(ST)が第4群(Gr4)と共に位置固定であってもよく(図1等)、第4群(Gr4)と共に移動するようにしてもよい(図7)。各実施の形態においてフォーカシングは主に第1群(Gr1)で行うが、その他の第2群(Gr2)～第6群(Gr6)でもフォーカシングは可能であり、またレンズ全体でフォーカシングを行うことも可能である。

【0054】

前述した2の観点から、第5群(Gr5)、第6群(Gr6)を構成するレンズ材料に関しては、第5群(Gr5)が以下の条件式(11)及び(12)を満たす正レンズを少なくとも1枚含むことが望ましく、第6群(Gr6)が正レンズのみで構成され以下の条件式(13)を満たすことが更に望ましい。

$$0.7 < P5 < 6.0 \quad \dots (11)$$

$$60 < (5) < 100 \quad \dots (12)$$

$$50 < (6') < 100 \quad \dots (13)$$

ただし、

$$P5 = \left\{ \frac{-(0.6444 - 0.001689) \cdot (5)}{(ng - nF) / (nF - nC)} \right\} \times 100,$$

ng: g線(波長: 435.84nm)に対する屈折率、

nF: F線(波長: 486.13nm)に対する屈折率、

nd: d線(波長: 587.56nm)に対する屈折率、

nC: C線(波長: 656.28nm)に対する屈折率、

(5): 第5群(Gr5)を構成する正レンズのアッベ数 d 、

(6'): 第6群(Gr6)を構成する正レンズのアッベ数 d の平均値、

$$d = (nd - 1) / (nF - nC),$$

である。

【0055】

条件式(11)は、レンズ材料のg線とF線に対する異常部分分散性を、ノーマルガラスを結んで得られる標準線からの偏差(つまり部分分散の規準線からの偏差)として、P5で定量的に規定している。具体的には、P5の $\frac{-(0.6444 - 0.001689) \cdot (5)}{(ng - nF) / (nF - nC)}$ がg線とF線の使用レンズ材料の部分分散比を表しており、P5の(0.6444 - 0.001689)が同じ d のノーマルガラス(規準ガラス)の場合の計算によって得られる部分分散比を表している。条件式(11)の下限を超えた場合、g線、F線に対する異常分散性が小さくなるため倍率色収差が悪化する。条件式(11)の上限を超えた場合、異常分散性は充分であるが、そのようなレンズ材料は一般には存在せず、仮にあったとしても非常に高価なものとなる。

【0056】

条件式(12)の下限を超えた場合、軸上色収差が悪化する。また条件式(12)の上限を超えた場合、色収差の補正は十分であるが、そのようなレンズ材料は現在存在していない。

【0057】

10

20

30

40

50

条件式(13)の下限を超えた場合、軸上色収差が悪化する。また条件式(13)の上限を超えた場合、色収差の補正は十分であるが、そのようなレンズ材料は現在存在していない。

【0058】

歪曲収差、倍率色収差等の諸収差の補正に関し、第1群(Gr1)を構成している負レンズの少なくとも1面に非球面を有することが望ましく(図6, 図8, 図11)、また、第4群(Gr4)の少なくとも1面に非球面を有することが望ましい(図8)。非球面を用いることにより、少ないレンズ枚数で諸収差を良好に補正することができる。

【0059】

なお各実施の形態には、入射光線を屈折により偏向させる屈折型レンズ(つまり、異なる屈折率を有する媒質同士の界面で偏向が行われるタイプのレンズ)のみが用いられている(つまり各群のパワーが屈折力のみから成る)が、これに限らない。例えば、回折により入射光線を偏向させる回折型レンズ、回折作用と屈折作用との組み合わせで入射光線を偏向させる屈折・回折ハイブリッド型レンズ、入射光線を媒質内の屈折率分布により偏向させる屈折率分布型レンズ等を用いてもよく、さらに収差補正を効果的に行うために、各群(Gr1~Gr6)中の少なくとも1つのレンズ面を非球面で構成してもよい。また、光学的なパワーを有しない面(反射面、屈折面、回折面等)を光路中に配置することにより、ズームレンズの前、後又は途中で光路を折り曲げてよい。その折り曲げ位置は必要に応じて設定すればよく、光路の適正な折り曲げにより、投影装置のコンパクト化・薄型化を達成することが可能である。

10

【0060】

【実施例】

以下、本発明に係るズームレンズをコンストラクションデータ等により更に具体的に説明する。なお、ここで例として挙げる実施例1~12は、前述した第1~第12の実施の形態にそれぞれ対応しており、第1~第12の実施の形態を表すレンズ構成図(図1~図12)は、対応する実施例1~12のレンズ構成をそれぞれ示している。

20

【0061】

各実施例のコンストラクションデータにおいて、 r_i ($i=1,2,3,\dots$)は拡大側から数えて*i*番目の面の曲率半径(mm)、 d_i ($i=1,2,3,\dots$)は拡大側から数えて*i*番目の軸上面間隔(mm)を示しており、 N_i ($i=1,2,3,\dots$)、 ν_i ($i=1,2,3,\dots$)は拡大側から数えて*i*番目の光学要素のd線に対する屈折率(Nd)、アッベ数(ν_d)を示している。曲率半径 r_i に*印が付された面は、非球面で構成された面であることを示し、非球面の面形状を表わす以下の式(AS)で定義されるものとする。また、コンストラクションデータ中、ズームングにおいて変化する軸上面間隔は、望遠端(長焦点距離端,T)~ミドル(中間焦点距離状態,M)~広角端(短焦点距離端,W)での可変空気間隔である。各焦点距離状態(T),(M),(W)での全系の焦点距離(f ,mm)、平行平板(P2)の縮小側面から表示面(例えばDMDの表示面)までの距離(S' ,mm)、Fナンバー(FNO)及び画角(2θ ,°)、並びに非球面データを他のデータと併せて示し、また条件式の対応データ及び関連データを表2~表6に示す。なお、すべての実施例について投影距離 = である。

30

【0062】

$$X(H) = (C \cdot H^2) / \{1 + (1 - C^2 \cdot H^2)\} + (A4 \cdot H^4 + A6 \cdot H^6 + A8 \cdot H^8) \dots (AS)$$

40

ただし、式(AS)中、

X(H)：高さHの位置での光軸(AX)方向の変位量(面頂点基準)、

H：光軸(AX)に対して垂直な方向の高さ、

C：近軸曲率(=1/曲率半径)、

：2次曲面パラメータ、

Ai：i次の非球面係数(i=4,6,8)、

である。

【0063】

図13~図48は実施例1~実施例12にそれぞれ対応する収差図であり、(T)は望遠端、(M)はミドル、(W)は広角端における無限遠物体に対する縮小側での諸収差{球面収差等(

50

mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%),倍率色収差(mm);H:入射高さ(mm),Y':像高(mm)}を示している。球面収差図において、実線はd線、一点鎖線はg線、二点鎖線はC線に対する球面収差をそれぞれ表しており、破線は正弦条件(SC)を表している。非点収差図において、実線、一点鎖線、二点鎖線はサジタル面(DS)でのd線、g線、C線に対する非点収差をそれぞれ表しており、各破線は(短いものから順に)タンジェンシャル面(DT)でのd線、g線、C線に対する非点収差をそれぞれ表している。また倍率色収差図において、実線はg線、破線はC線に対する倍率色収差をそれぞれ表している。

【0064】

なお、各実施例のズームレンズを投影装置(例えばDMDを搭載したプロジェクター)に用いる場合には、本来はスクリーン面(被投影面)が像面であり表示素子面(例えばDMDの表示面)が物体面であるが、各実施例では光学設計上それぞれ縮小系とし、スクリーン面を物体面とみなして表示素子面で光学性能を評価している。

【0065】

《実施例1》

$f=43.976(T) \sim 38.250(M) \sim 32.500(W)$

$S'=0.520(T) \sim 0.520(M) \sim 0.520(W)$

$FN0=3.00(T) \sim 2.95(M) \sim 2.89(W)$

$2\omega=33.6(T) \sim 38.3(M) \sim 44.6(W)$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

$r1= 157.440$

10

$d1= 4.700 \quad N1= 1.62041 \quad \nu 1= 60.34$

$r2= -157.440$

$d2= 0.200$

$r3= 98.548$

$d3= 2.000 \quad N2= 1.62041 \quad \nu 2= 60.34$

$r4= 27.738$

$d4= 15.300$

20

$r5= -27.075$

$d5= 1.600 \quad N3= 1.51680 \quad \nu 3= 64.20$

$r6= 132.895$

$d6= 3.990 \sim 6.053 \sim 9.148$

$r7= \infty$

$d7= 6.000 \quad N4= 1.77250 \quad \nu 4= 49.77$

$r8= -25.510$

30

$d8= 1.600 \quad N5= 1.75520 \quad \nu 5= 27.53$

$r9= -45.607$

$d9= 0.700 \sim 2.747 \sim 4.128$

$r10= 44.493$

$d10= 4.600 \quad N6= 1.77250 \quad \nu 6= 49.77$

$r11=-161.152$

$d11=11.300 \sim 7.190 \sim 2.714$

40

$r12= \infty(ST)$

	d12= 9.200	
r13= -40.663		
	d13= 1.500 N7= 1.48749 ν 7= 70.44	
r14= 40.663		
	d14= 5.500~9.610~14.086	
r15= 323.724		
	d15= 4.500 N8= 1.61800 ν 8= 63.39	10
r16= -52.163		
	d16= 1.600 N9= 1.80518 ν 9= 25.46	
r17= 96.651		
	d17= 3.000	
r18= ∞		
	d18= 7.000 N10=1.49310 ν 10=83.58	
r19= -34.312		20
	d19= 9.200~5.090~0.614	
r20= 103.351		
	d20= 5.300 N11=1.51680 ν 11=64.20	
r21=-103.351		
	d21= 0.300	
r22= 46.574		
	d22= 4.500 N12=1.58913 ν 12=61.25	30
r23= 206.718		
	d23=11.160	
r24= ∞		
	d24=25.000 N13=1.51680 ν 13=64.20	
r25= ∞		
	d25= 5.000	
r26= ∞		40
	d26= 3.000 N14=1.50847 ν 14=61.19	
r27= ∞		
[0 0 6 6]		

《実施例 2》

$$f=43.982(T) \sim 37.395(M) \sim 32.500(W)$$

$$S' = 0.522(T) \sim 0.522(M) \sim 0.522(W)$$

$$FN0=2.50(T) \sim 2.44(M) \sim 2.39(W)$$

$$2\omega=33.6(T) \sim 39.2(M) \sim 44.6(W)$$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

$$r1= 170.267$$

10

$$d1= 4.700 \quad N1= 1.62041 \quad \nu 1= 60.34$$

$$r2= -142.864$$

$$d2= 0.200$$

$$r3= 111.108$$

$$d3= 2.000 \quad N2= 1.62041 \quad \nu 2= 60.34$$

$$r4= 27.949$$

$$d4= 15.300$$

20

$$r5= -26.370$$

$$d5= 1.600 \quad N3= 1.51680 \quad \nu 3= 64.20$$

$$r6= 155.726$$

$$d6= 4.000 \sim 6.375 \sim 8.955$$

$$r7= 290.859$$

$$d7= 6.000 \quad N4= 1.77250 \quad \nu 4= 49.77$$

$$r8= -26.171$$

30

$$d8= 1.600 \quad N5= 1.75520 \quad \nu 5= 27.53$$

$$r9= -46.689$$

$$d9= 0.700 \sim 3.228 \sim 4.607$$

$$r10= 47.945$$

$$d10= 4.600 \quad N6= 1.77250 \quad \nu 6= 49.77$$

$$r11=-190.385$$

$$d11=11.200 \sim 6.298 \sim 2.338$$

40

$$r12= \infty(ST)$$

d12= 9.300
 r13= -39.747
 d13= 1.500 N7= 1.48749 ν 7= 70.44
 r14= 42.005
 d14= 5.500~10.300~14.200
 r15= 315.649
 d15= 4.500 N8= 1.61800 ν 8= 63.39 10
 r16= -52.432
 d16= 1.200
 r17= -51.878
 d17= 1.600 N9= 1.80518 ν 9= 25.46
 r18= 100.566
 d18= 3.000
 r19=2677.878 20
 d19= 7.500 N10=1.49310 ν 10=83.58
 r20= -34.047
 d20= 9.200~4.400~0.500
 r21= 94.582
 d21= 5.300 N11=1.51680 ν 11=64.20
 r22= -96.689
 d22= 0.300 30
 r23= 46.938
 d23= 4.500 N12=1.58913 ν 12=61.25
 r24= 153.416
 d24=11.200
 r25= ∞
 d25=25.000 N13=1.51680 ν 13=64.20
 r26= ∞ 40
 d26= 5.000
 r27= ∞
 d27= 3.000 N14=1.50847 ν 14=61.19
 r28= ∞

《実施例3》

$f=30.690(T) \sim 28.552(M) \sim 26.500(W)$

$S'=0.574(T) \sim 0.574(M) \sim 0.574(W)$

$FN0=2.48(T) \sim 2.49(M) \sim 2.50(W)$

$2\omega=46.8(T) \sim 50.0(M) \sim 53.3(W)$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

r1=	69.900				10
		d1=	2.500	N1= 1.71300	ν 1= 53.93
r2=	33.336				
		d2=	7.700		
r3=	138.360				
		d3=	5.700	N2= 1.74400	ν 2= 44.93
r4=	-89.420				
		d4=	0.200		20
r5=	95.654				
		d5=	1.900	N3= 1.62041	ν 3= 60.29
r6=	26.475				
		d6=	12.500		
r7=	-26.986				
		d7=	1.700	N4= 1.71300	ν 4= 53.93
r8=	-57.186				30
		d8=	3.000~3.201~3.672		
r9=	-46.699				
		d9=	1.800	N5= 1.71736	ν 5= 29.50
r10=	98.548				
		d10=	9.500	N6= 1.77250	ν 6= 49.77
r11=	-36.381				
		d11=	3.000~7.087~10.920		40
r12=	51.000				

$d_{12} = 5.200$ $N_7 = 1.80500$ $\nu_7 = 40.97$
 $r_{13} = -560.030$
 $d_{13} = 11.500 \sim 7.212 \sim 2.908$
 $r_{14} = 89.780$
 $d_{14} = 1.400$ $N_8 = 1.62041$ $\nu_8 = 60.29$
 $r_{15} = 20.512$
 $d_{15} = 2.100$ 10
 $r_{16} = 24.578$
 $d_{16} = 2.800$ $N_9 = 1.75520$ $\nu_9 = 27.53$
 $r_{17} = 39.251$
 $d_{17} = 6.000$
 $r_{18} = \infty(\text{ST})$
 $d_{18} = 14.600 \sim 17.352 \sim 20.220$
 $r_{19} = 289.436$ 20
 $d_{19} = 8.200$ $N_{10} = 1.49310$ $\nu_{10} = 83.58$
 $r_{20} = -26.602$
 $d_{20} = 1.200$
 $r_{21} = -28.898$
 $d_{21} = 1.900$ $N_{11} = 1.80610$ $\nu_{11} = 33.27$
 $r_{22} = 108.692$
 $d_{22} = 4.600$ 30
 $r_{23} = -387.627$
 $d_{23} = 7.800$ $N_{12} = 1.49310$ $\nu_{12} = 83.58$
 $r_{24} = -39.054$
 $d_{24} = 6.400 \sim 3.648 \sim 0.780$
 $r_{25} = 318.607$
 $d_{25} = 7.500$ $N_{13} = 1.49310$ $\nu_{13} = 83.58$
 $r_{26} = -59.950$ 40
 $d_{26} = 0.200$

r27= 67.334

d27= 7.900 N14=1.49310 ν 14=83.58

r28=-153.244

d28=25.610

r29= ∞

d29=26.000 N15=1.51680 ν 15=64.20

r30= ∞

d30= 5.000

r31= ∞

d31= 3.000 N16=1.50847 ν 16=61.19

r32= ∞

[0 0 6 8]

《実施例4》

 $f=30.500(T) \sim 26.800(M) \sim 23.100(W)$
 $S'=0.571(T) \sim 0.571(M) \sim 0.571(W)$
 $FN0=2.47(T) \sim 2.48(M) \sim 2.50(W)$
 $2\omega=41.3(T) \sim 46.4(M) \sim 52.9(W)$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

 $r1= 63.552$

10

 $d1= 2.500 \quad N1= 1.71300 \quad \nu 1= 53.93$
 $r2= 33.994$
 $d2= 9.700$
 $r3= 577.854$
 $d3= 5.700 \quad N2= 1.74400 \quad \nu 2= 44.93$
 $r4= -76.970$
 $d4= 0.200$

20

 $r5= 103.447$
 $d5= 1.900 \quad N3= 1.62041 \quad \nu 3= 60.29$
 $r6= 30.908$
 $d6= 13.500$
 $r7= -28.574$
 $d7= 1.700 \quad N4= 1.71300 \quad \nu 4= 53.93$
 $r8= -63.631$
 $d8= 7.000 \sim 6.790 \sim 7.448$

30

 $r9= -55.000$
 $d9= 1.800 \quad N5= 1.71736 \quad \nu 5= 29.50$
 $r10= 113.083$
 $d10=10.500 \quad N6= 1.77250 \quad \nu 6= 49.77$
 $r11= -39.853$
 $d11= 2.000 \sim 13.234 \sim 24.689$

40

 $r12= 72.056$

	d12= 5.200	N7= 1.80500	ν 7= 40.97	
r13=	-545.560			
	d13=	25.000~13.976~1.863		
r14=	110.079			
	d14= 1.400	N8= 1.61800	ν 8= 63.39	
r15=	21.779			
	d15= 2.100			10
r16=	25.792			
	d16= 2.800	N9= 1.71736	ν 9= 29.50	
r17=	49.270			
	d17= 5.500			
r18=	-54.680			
	d18= 2.500	N10=1.62004	ν 10=36.30	
r19=	-50.703			20
	d19= 3.000			
r20=	∞ (ST)			
	d20=	14.000~19.500~25.700		
r21=	-212.160			
	d21= 6.700	N11=1.49310	ν 11=83.58	
r22=	-28.307			
	d22= 1.200			30
r23=	-30.675			
	d23= 1.900	N12=1.80610	ν 12=33.27	
r24=	141.748			
	d24= 3.000			
r25=	1598.695			
	d25= 7.000	N13=1.49310	ν 13=83.58	
r26=	-37.736			40
	d26=	12.600~7.100~0.900		

r27= 360.531

d27= 6.000 N14=1.49310 ν 14=83.58

r28= -62.252

d28= 0.200

r29= 60.139

d29= 6.400 N15=1.49310 ν 15=83.58

r30=-319.917

d30=25.600

10

r31= ∞

d31=32.500 N16=1.51680 ν 16=64.20

r32= ∞

d32= 4.000

r33= ∞

d33= 3.000 N17=1.50847 ν 17=61.19

20

r34= ∞

[0 0 6 9]

《実施例 5》

 $f=41.000(T) \sim 35.800(M) \sim 30.500(W)$
 $S' = 0.583(T) \sim 0.583(M) \sim 0.583(W)$
 $FN0=2.50(T) \sim 2.48(M) \sim 2.46(W)$
 $2\omega=31.3(T) \sim 35.6(M) \sim 41.3(W)$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

r1= 66.473					10
	d1= 2.500	N1= 1.71300	ν 1= 53.93		
r2= 34.806					
	d2= 7.800				
r3= 416.488					
	d3= 4.500	N2= 1.74400	ν 2= 44.93		
r4= -83.141					
	d4= 0.200				20
r5= 85.436					
	d5= 1.900	N3= 1.62041	ν 3= 60.29		
r6= 32.544					
	d6= 11.500				
r7= -31.946					
	d7= 1.700	N4= 1.71300	ν 4= 53.93		
r8= -78.335					30
	d8= 7.000~7.848~9.992				
r9= -52.459					
	d9= 1.800	N5= 1.71736	ν 5= 29.50		
r10= 100.565					
	d10=10.500	N6= 1.77250	ν 6= 49.77		
r11= -40.691					
	d11= 2.000~9.743~17.237				40
r12= 59.893					

$d_{12} = 5.200$ $N_7 = 1.80500$ $\nu_7 = 40.97$
 $r_{13} = -1284.192$
 $d_{13} = 25.000 \sim 16.409 \sim 6.771$
 $r_{14} = 52.466$
 $d_{14} = 1.400$ $N_8 = 1.61800$ $\nu_8 = 63.39$
 $r_{15} = 22.203$
 $d_{15} = 2.100$ 10
 $r_{16} = 23.906$
 $d_{16} = 2.800$ $N_9 = 1.71736$ $\nu_9 = 29.50$
 $r_{17} = 35.109$
 $d_{17} = 3.200$
 $r_{18} = \infty(\text{ST})$
 $d_{18} = 2.300$
 $r_{19} = -45.428$ 20
 $d_{19} = 1.600$ $N_{10} = 1.62041$ $\nu_{10} = 60.29$
 $r_{20} = -69.566$
 $d_{20} = 13.800 \sim 19.300 \sim 25.800$
 $r_{21} = 1421.787$
 $d_{21} = 6.700$ $N_{11} = 1.49310$ $\nu_{11} = 83.58$
 $r_{22} = -35.490$
 $d_{22} = 1.200$ 30
 $r_{23} = -36.103$
 $d_{23} = 1.900$ $N_{12} = 1.71736$ $\nu_{12} = 29.50$
 $r_{24} = 130.639$
 $d_{24} = 3.000$
 $r_{25} = -1459.385$
 $d_{25} = 7.000$ $N_{13} = 1.49310$ $\nu_{13} = 83.58$
 $r_{26} = -41.960$ 40
 $d_{26} = 12.500 \sim 7.000 \sim 0.500$

r27= 263.123

d27= 4.300 N14=1.49310 ν 14=83.58

r28=-122.474

d28= 0.200

r29= 75.142

d29= 5.500 N15=1.61800 ν 15=63.39

r30=-241.963

d30=25.600

10

r31= ∞

d31=32.500 N16=1.51680 ν 16=64.20

r32= ∞

d32= 4.000

r33= ∞

d33= 3.000 N17=1.50847 ν 17=61.19

20

r34= ∞

[0 0 7 0]

《実施例6》

 $f=43.982(T) \sim 37.395(M) \sim 32.500(W)$
 $S'=0.591(T) \sim 0.591(M) \sim 0.591(W)$
 $FN0=3.00(T) \sim 2.96(M) \sim 2.94(W)$
 $2\omega=33.6(T) \sim 39.2(M) \sim 44.6(W)$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

 $r1= 54.423$

10

 $d1= 3.500 \quad N1= 1.52510 \quad \nu 1= 56.38$
 $r2*= 26.005$
 $d2= 12.700$
 $r3= -38.275$
 $d3= 1.600 \quad N2= 1.51680 \quad \nu 2= 64.20$
 $r4= 89.420$
 $d4= 4.000 \sim 6.825 \sim 9.852$

20

 $r5= 321.559$
 $d5= 6.300 \quad N3= 1.77250 \quad \nu 3= 49.77$
 $r6= -27.940$
 $d6= 1.600 \quad N4= 1.75520 \quad \nu 4= 27.53$
 $r7= -47.029$
 $d7= 0.700 \sim 3.056 \sim 4.139$
 $r8= 37.124$

30

 $d8= 4.600 \quad N5= 1.77250 \quad \nu 5= 49.77$
 $r9= 519.300$
 $d9= 13.000 \sim 7.819 \sim 3.709$
 $r10= \infty(SI)$
 $d10= 7.500$
 $r11= -46.283$
 $d11= 1.500 \quad N6= 1.48749 \quad \nu 6= 70.44$

40

 $r12= 38.554$

d12= 6.000~11.200~15.200
 r13= 648.408
 d13= 4.500 N7= 1.61800 ν 7= 63.39
 r14= -52.643
 d14= 1.600 N8= 1.80518 ν 8= 25.46
 r15= 85.586
 d15= 3.000 10
 r16=-1862.891
 d16= 7.000 N9= 1.49310 ν 9= 83.58
 r17= -34.588
 d17= 9.700~4.500~0.500
 r18= 127.941
 d18= 4.800 N10=1.48749 ν 10=70.44
 r19= -96.723 20
 d19= 0.300
 r20= 51.305
 d20= 5.700 N11=1.58913 ν 11=61.25
 r21=-456.840
 d21=11.000
 r22= ∞
 d22=25.000 N12=1.51680 ν 12=64.20 30
 r23= ∞
 d23= 5.000
 r24= ∞
 d24= 3.000 N13=1.50847 ν 13=61.19
 r25= ∞
 【 0 0 7 1 】
 [第 2 面 (r2) の非球面データ] 40
 =0.0, A4= 0.40641×10^{-5} , A6=- 0.30482×10^{-9} , A8= 0.68891×10^{-11}
 【 0 0 7 2 】

《実施例7》

$$f=44.000(T)\sim 37.395(M)\sim 32.500(W)$$

$$S'=0.574(T)\sim 0.574(M)\sim 0.574(W)$$

$$FN0=2.50(T)\sim 2.46(M)\sim 2.43(W)$$

$$2\omega=33.6(T)\sim 39.2(M)\sim 44.6(W)$$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

$$r1= 168.556$$

$$d1= 4.700 \quad N1= 1.71300 \quad \nu 1= 53.93$$

$$r2= -168.556$$

$$d2= 0.200$$

$$r3= 81.445$$

$$d3= 2.000 \quad N2= 1.58913 \quad \nu 2= 61.25$$

$$r4= 27.995$$

$$d4= 15.200$$

$$r5= -29.718$$

$$d5= 1.600 \quad N3= 1.58913 \quad \nu 3= 61.25$$

$$r6= 153.249$$

$$d6= 4.000\sim 6.660\sim 9.388$$

$$r7= -322.127$$

$$d7= 6.000 \quad N4= 1.77250 \quad \nu 4= 49.77$$

$$r8= -25.133$$

$$d8= 1.600 \quad N5= 1.71736 \quad \nu 5= 29.50$$

$$r9= -46.129$$

$$d9= 0.500\sim 2.440\sim 4.312$$

$$r10= 42.357$$

$$d10= 4.800 \quad N6= 1.77250 \quad \nu 6= 49.77$$

$$r11=-225.222$$

$$d11=12.500\sim 7.159\sim 3.133$$

$$r12= \infty(ST)$$

10

20

30

40

	d12= 8.000	
r13= -43.916		
	d13= 1.500 N7= 1.48749 ν 7= 70.44	
r14= 43.916		
	d14= 4.500~9.441~12.867	
r15=-1155.095		
	d15= 6.000 N8= 1.61800 ν 8= 63.39	10
r16= -45.884		
	d16= 1.600 N9= 1.80518 ν 9= 25.43	
r17= 104.016		
	d17= 3.000	
r18= 784.394		
	d18= 7.200 N10=1.49310 ν 10=83.58	
r19= -34.259		20
	d19= 9.000~4.800~0.800	
r20= 93.617		
	d20= 5.000 N11=1.51680 ν 11=64.20	
r21= -93.617		
	d21= 0.300	
r22= 45.495		
	d22= 4.600 N12=1.71300 ν 12=53.98	30
r23= 117.540		
	d23=12.900	
r24= ∞		
	d24=25.000 N13=1.51680 ν 13=64.20	
r25= ∞		
	d25= 4.200	
r26= ∞		40
	d26= 2.750 N14=1.50847 ν 14=61.19	
r27= ∞		

[0 0 7 3]

《実施例8》

$f=43.000(T) \sim 38.000(M) \sim 33.000(W)$

$S' = 0.538(T) \sim 0.538(M) \sim 0.538(W)$

$FN0=2.92(T) \sim 2.96(M) \sim 3.00(W)$

$2\omega=29.9(T) \sim 33.7(M) \sim 38.4(W)$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

$r1*= 44.752$

10

$d1= 4.000 \quad N1= 1.52510 \quad \nu 1= 56.38$

$r2= 31.565$

$d2= 5.800$

$r3= 110.847$

$d3= 2.300 \quad N2= 1.48749 \quad \nu 2= 70.44$

$r4= 31.316$

$d4= 13.000 \sim 13.493 \sim 17.440$

20

$r5= -39.478$

$d5= 1.800 \quad N3= 1.71736 \quad \nu 3= 29.50$

$r6= 163.977$

$d6= 1.800$

$r7= 153.340$

$d7= 7.500 \quad N4= 1.77250 \quad \nu 4= 49.77$

$r8= -44.714$

30

$d8= 5.000 \sim 14.338 \sim 20.577$

$r9= 62.107$

$d9= 5.200 \quad N5= 1.80500 \quad \nu 5= 40.97$

$r10=-931.541$

$d10=25.000 \sim 15.168 \sim 4.983$

$r11= 66.136$

$d11= 1.400 \quad N6= 1.62041 \quad \nu 6= 60.29$

40

$r12= 22.130$

	d12= 2.100	
r13*= 23.718		
	d13= 2.800 N7= 1.80518 ν 7= 25.43	
r14= 33.672		
	d14= 2.200	
r15= ∞ (ST)		
	d15=19.100~24.600~30.100	10
r16=-105.660		
	d16= 6.700 N8= 1.49700 ν 8= 81.61	
r17= -28.799		
	d17= 1.200	
r18= -30.626		
	d18= 1.900 N9= 1.71736 ν 9= 29.50	
r19= 166.242		20
	d19= 3.000	
r20=-212.494		
	d20= 7.000 N10=1.49700 ν 10=81.61	
r21= -37.942		
	d21=12.500~7.000~1.500	
r22= 151.852		
	d22= 6.000 N11=1.49700 ν 11=81.61	30
r23= -65.922		
	d23= 0.200	
r24= 58.021		
	d24= 5.000 N12=1.49700 ν 12=81.61	
r25= 817.027		
	d25=25.700	
r26= ∞		40
	d26=32.500 N13=1.51680 ν 13=64.20	

r27= ∞

d27= 4.000

r28= ∞

d28= 3.000 N14=1.50847 ν14=61.19

r29= ∞

【 0 0 7 4 】

[第1面(r1)の非球面データ]

=0.0, A4= 0.24917×10^{-5} , A6= 0.20214×10^{-9} , A8= 0.10558×10^{-11}

[第13面(r13)の非球面データ]

=0.10000 × 10, A4= -0.97030×10^{-6} , A6= -0.21292×10^{-8} , A8= -0.14844×10^{-11}

【 0 0 7 5 】

《実施例9》

 $f=23.500(T) \sim 21.800(M) \sim 20.100(W)$
 $S'=0.526(T) \sim 0.526(M) \sim 0.526(W)$
 $FN0=2.97(T) \sim 2.98(M) \sim 3.00(W)$
 $2\omega=52.5(T) \sim 56.0(M) \sim 60.0(W)$

	[曲率半径]	[軸上面間隔]	[屈折率]	[アッベ数]	
--	--------	---------	-------	--------	--

r1=	93.585				10
-----	--------	--	--	--	----

	d1=	3.800	N1=	1.62041	ν 1=	60.29
--	-----	-------	-----	---------	----------	-------

r2=	44.703				
-----	--------	--	--	--	--

	d2=	8.000			
--	-----	-------	--	--	--

r3=	98.975				
-----	--------	--	--	--	--

	d3=	3.500	N2=	1.71300	ν 2=	53.93
--	-----	-------	-----	---------	----------	-------

r4=	46.710				
-----	--------	--	--	--	--

	d4=	9.700			
--	-----	-------	--	--	--

r5=	-1527.207				
-----	-----------	--	--	--	--

	d5=	6.500	N3=	1.74400	ν 3=	44.93
--	-----	-------	-----	---------	----------	-------

r6=	-71.833				
-----	---------	--	--	--	--

	d6=	0.200			
--	-----	-------	--	--	--

r7=	100.293				
-----	---------	--	--	--	--

	d7=	2.700	N4=	1.61800	ν 4=	63.39
--	-----	-------	-----	---------	----------	-------

r8=	35.625				
-----	--------	--	--	--	--

	d8=	15.500			
--	-----	--------	--	--	--

r9=	-30.347				
-----	---------	--	--	--	--

	d9=	2.500	N5=	1.61800	ν 5=	63.39
--	-----	-------	-----	---------	----------	-------

r10=	-39.987				
------	---------	--	--	--	--

	d10=	8.000~8.139~8.747			
--	------	-------------------	--	--	--

r11=	-49.434				
------	---------	--	--	--	--

	d11=	1.800	N6=	1.71736	ν 6=	29.50
--	------	-------	-----	---------	----------	-------

r12=	306.872				
------	---------	--	--	--	--

10

20

30

40

	d12=10.000	N7= 1.77250	ν 7= 49.77	
r13= -41.284				
	d13= 5.000~14.897~24.759			
r14= 84.145				
	d14= 5.200	N8= 1.80500	ν 8= 40.97	
r15=5043.373				
	d15=17.000~9.964~2.494			10
r16=2627.707				
	d16= 1.400	N9= 1.61800	ν 9= 63.39	
r17= 29.115				
	d17= 3.300			
r18= 54.653				
	d18= 2.800	N10=1.75520	ν 10=27.53	
r19= 213.662				20
	d19= 5.500			
r20= -40.728				
	d20= 2.500	N11=1.62004	ν 11=36.30	
r21= -34.056				
	d21=14.800			
r22= ∞ (ST)				
	d22=21.000~25.000~29.000			30
r23=-269.004				
	d23= 6.700	N12=1.49310	ν 12=83.58	
r24= -32.073				
	d24= 1.200			
r25= -36.756				
	d25= 1.900	N13=1.80610	ν 13=33.27	
r26= 160.778				40
	d26= 3.000			

r27=-190.364

d27= 7.000 N14=1.49310 ν 14=83.58

r28= -37.692

d28= 8.600~4.600~0.600

r29= 193.765

d29= 6.000 N15=1.49310 ν 15=83.58

r30= -72.488

d30= 0.200

10

r31= 55.839

d31= 6.400 N16=1.49310 ν 16=83.58

r32=-645.299

d32=25.800

r33= ∞

d33=32.500 N17=1.51680 ν 17=64.20

20

r34= ∞

d34= 4.000

r35= ∞

d35= 3.000 N18=1.50847 ν 18=61.19

r36= ∞

[0 0 7 6]

30

《実施例10》

 $f=30.700(T) \sim 28.552(M) \sim 26.500(W)$
 $S' = 0.544(T) \sim 0.544(M) \sim 0.544(W)$
 $FN0=2.48(T) \sim 2.49(M) \sim 2.50(W)$
 $2\omega=46.8(T) \sim 50.0(M) \sim 53.3(W)$

	[曲率半径]	[軸上面間隔]	[屈折率]	[アッベ数]	
--	--------	---------	-------	--------	--

r1=	68.058				10
-----	--------	--	--	--	----

	d1=	2.400	N1=	1.71300	ν 1=	53.93
--	-----	-------	-----	---------	----------	-------

r2=	33.084				
-----	--------	--	--	--	--

	d2=	7.500			
--	-----	-------	--	--	--

r3=	169.680				
-----	---------	--	--	--	--

	d3=	5.400	N2=	1.74400	ν 2=	44.93
--	-----	-------	-----	---------	----------	-------

r4=	-83.378				
-----	---------	--	--	--	--

	d4=	0.200			
--	-----	-------	--	--	--

r5=	95.571				
-----	--------	--	--	--	--

	d5=	1.800	N3=	1.71300	ν 3=	53.93
--	-----	-------	-----	---------	----------	-------

r6=	28.321				
-----	--------	--	--	--	--

	d6=	11.800			
--	-----	--------	--	--	--

r7=	-26.153				
-----	---------	--	--	--	--

	d7=	1.700	N4=	1.71300	ν 4=	53.93
--	-----	-------	-----	---------	----------	-------

r8=	-48.980				30
-----	---------	--	--	--	----

	d8=	4.000~3.729~3.688			
--	-----	-------------------	--	--	--

r9=	-46.410				
-----	---------	--	--	--	--

	d9=	1.800	N5=	1.71736	ν 5=	29.50
--	-----	-------	-----	---------	----------	-------

r10=	145.725				
------	---------	--	--	--	--

	d10=	8.500	N6=	1.77250	ν 6=	49.77
--	------	-------	-----	---------	----------	-------

r11=	-35.976				
------	---------	--	--	--	--

	d11=	3.000~8.425~13.622			40
--	------	--------------------	--	--	----

r12=	52.776				
------	--------	--	--	--	--

$d_{12} = 5.000$ $N_7 = 1.80500$ $\nu_7 = 40.97$
 $r_{13} = -3005.892$
 $d_{13} = 12.000 \sim 6.846 \sim 1.690$
 $r_{14} = 93.398$
 $d_{14} = 1.400$ $N_8 = 1.62041$ $\nu_8 = 60.34$
 $r_{15} = 21.695$
 $d_{15} = 2.100$ 10
 $r_{16} = 25.925$
 $d_{16} = 2.800$ $N_9 = 1.80518$ $\nu_9 = 25.46$
 $r_{17} = 41.165$
 $d_{17} = 4.800$
 $r_{18} = \infty(\text{ST})$
 $d_{18} = 16.400 \sim 19.143 \sim 22.000$
 $r_{19} = 302.837$ 20
 $d_{19} = 8.200$ $N_{10} = 1.49310$ $\nu_{10} = 83.58$
 $r_{20} = -27.451$
 $d_{20} = 1.200$
 $r_{21} = -29.332$
 $d_{21} = 1.900$ $N_{11} = 1.74000$ $\nu_{11} = 31.72$
 $r_{22} = 102.243$
 $d_{22} = 4.600$ 30
 $r_{23} = -208.870$
 $d_{23} = 6.900$ $N_{12} = 1.49310$ $\nu_{12} = 83.58$
 $r_{24} = -42.466$
 $d_{24} = 6.200 \sim 3.457 \sim 0.600$
 $r_{25} = 328.754$
 $d_{25} = 7.600$ $N_{13} = 1.49310$ $\nu_{13} = 83.58$
 $r_{26} = -56.545$ 40
 $d_{26} = 0.200$

r27= 68.314

d27= 7.900 N14=1.49310 ν 14=83.58

r28=-160.366

d28=27.600

r29= ∞

d29=26.000 N15=1.51680 ν 15=64.20

r30= ∞

d30= 5.000

r31= ∞

d31= 3.000 N16=1.50847 ν 16=61.19

r32= ∞

[0 0 7 7]

《実施例 1 1》

$f=44.000(T) \sim 38.000(M) \sim 32.500(W)$

$S' = 0.555(T) \sim 0.555(M) \sim 0.555(W)$

$FN0=2.95(T) \sim 2.98(M) \sim 3.00(W)$

$2\omega=33.6(T) \sim 38.6(M) \sim 44.6(W)$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

$r1= 70.205$

10

$d1= 4.000 \quad N1= 1.52510 \quad \nu 1= 56.38$

$r2*= 22.403$

$d2= 13.000 \sim 15.683 \sim 24.208$

$r3= -40.685$

$d3= 1.800 \quad N2= 1.71736 \quad \nu 2= 29.50$

$r4= 83.082$

$d4= 1.800$

20

$r5= 96.998$

$d5= 8.500 \quad N3= 1.77250 \quad \nu 3= 49.77$

$r6= -47.067$

$d6= 3.000 \sim 9.356 \sim 9.229$

$r7= 53.655$

$d7= 5.200 \quad N4= 1.80500 \quad \nu 4= 40.97$

$r8= -670.758$

30

$d8= 25.000 \sim 15.960 \sim 7.563$

$r9= 9149.131$

$d9= 1.400 \quad N5= 1.62041 \quad \nu 5= 60.29$

$r10= 24.351$

$d10= 1.800$

$r11= \infty(ST)$

$d11= 0.300$

40

$r12= 29.176$

$d_{12} = 2.800$ $N_6 = 1.80518$ $\nu_6 = 25.43$
 $r_{13} = 66.529$
 $d_{13} = 18.200 \sim 23.200 \sim 27.200$
 $r_{14} = -122.854$
 $d_{14} = 6.700$ $N_7 = 1.49700$ $\nu_7 = 81.61$
 $r_{15} = -26.507$
 $d_{15} = 1.200$ 10
 $r_{16} = -26.625$
 $d_{16} = 1.900$ $N_8 = 1.71736$ $\nu_8 = 29.50$
 $r_{17} = 151.055$
 $d_{17} = 3.000$
 $r_{18} = -1224.560$
 $d_{18} = 7.000$ $N_9 = 1.49700$ $\nu_9 = 81.61$
 $r_{19} = -36.846$ 20
 $d_{19} = 10.000 \sim 5.000 \sim 1.000$
 $r_{20} = 154.012$
 $d_{20} = 7.000$ $N_{10} = 1.49700$ $\nu_{10} = 81.61$
 $r_{21} = -71.853$
 $d_{21} = 0.200$
 $r_{22} = 55.199$
 $d_{22} = 6.000$ $N_{11} = 1.49700$ $\nu_{11} = 81.61$ 30
 $r_{23} = 471.091$
 $d_{23} = 27.200$
 $r_{24} = \infty$
 $d_{24} = 26.000$ $N_{12} = 1.51680$ $\nu_{12} = 64.20$
 $r_{25} = \infty$
 $d_{25} = 5.000$
 $r_{26} = \infty$ 40
 $d_{26} = 3.000$ $N_{13} = 1.50847$ $\nu_{13} = 61.19$
 $r_{27} = \infty$

【 0 0 7 8 】

[第 2 面 (r2) の非球面データ]

$= 0.30000, A_4 = 0.24530 \times 10^{-5}, A_6 = 0.32006 \times 10^{-8}, A_8 = -0.43579 \times 10^{-12}$

【 0 0 7 9 】

《実施例 1 2》

$f=44.005(T) \sim 38.306(M) \sim 32.509(W)$

$S' = 0.597(T) \sim 0.594(M) \sim 0.589(W)$

$FN0=2.50(T) \sim 2.40(M) \sim 2.33(W)$

$2\omega=33.6(T) \sim 38.3(M) \sim 44.5(W)$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

$r1= 307.028$

10

$d1= 2.600 \quad N1= 1.51680 \quad \nu 1= 64.20$

$r2= 37.837$

$d2= 7.000$

$r3= 644.841$

$d3= 5.800 \quad N2= 1.71300 \quad \nu 2= 53.93$

$r4= -61.528$

$d4= 0.218$

20

$r5= 111.915$

$d5= 2.000 \quad N3= 1.62041 \quad \nu 3= 60.29$

$r6= 33.953$

$d6= 12.500$

$r7= -24.243$

$d7= 1.800 \quad N4= 1.51680 \quad \nu 4= 64.20$

$r8= -77.516$

$d8= 4.400 \sim 5.802 \sim 8.265$

30

$r9= -56.566$

$d9= 1.900 \quad N5= 1.71736 \quad \nu 5= 29.50$

$r10= 142.293$

$d10= 9.200 \quad N6= 1.77250 \quad \nu 6= 49.77$

$r11= -36.032$

$d11= 1.000 \sim 6.215 \sim 12.040$

40

$r12= 50.807$

	d12= 7.500	N7= 1.49310	ν 7= 83.58	
r13=	-126.893			
	d13=	25.800~19.182~10.896		
r14=	-56.864			
	d14= 1.500	N8= 1.48749	ν 8= 70.44	
r15=	32.311			
	d15= 2.000			10
r16=	38.040			
	d16= 3.500	N9= 1.75520	ν 9= 27.53	
r17=	122.104			
	d17= 0.650			
r18=	∞ (ST)			
	d18= 9.850~19.350~27.650			
r19=	213.814			20
	d19= 1.600	N10=1.83400	ν 10=37.05	
r20=	84.160			
	d20= 1.000			
r21=	63.286			
	d21= 4.800	N11=1.49310	ν 11=83.58	
r22=	-170.997			
	d22=	19.700~10.200~1.900		30
r23=	129.915			
	d23= 7.000	N12=1.49310	ν 12=83.58	
r24=	-44.651			
	d24= 1.700			
r25=	-46.154			
	d25= 2.000	N13=1.83400	ν 13=37.05	
r26=	67.991			40
	d26= 5.700			

r27=-186.413

d27= 3.500 N14=1.49310 ν 14=83.58

r28= -65.463

d28= 0.300

r29= 140.187

d29= 6.800 N15=1.49310 ν 15=83.58

r30= -59.074

d30= 0.200

10

r31= 50.117

d31= 6.500 N16=1.49310 ν 16=83.58

r32= ∞

d32=26.104

r33= ∞

d33=25.000 N17=1.51680 ν 17=64.20

20

r34= ∞

d34= 5.000

r35= ∞

d35= 3.000 N18=1.50847 ν 18=61.19

r36= ∞

【 0 0 8 0 】

【 表 2 】

30

〈条件式対応データ〉

実施例	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	$\phi 2 / \phi 3$	$\phi 5 / \phi 4$	$\phi 5 / \phi 3$	$ \phi 11 / \phi 2$	$f_w \cdot \phi 3$
1	0.785	-0.226	0.249	1.899	0.713
2	0.965	-0.254	0.305	1.726	0.650
3	0.494	0.120	-0.076	3.662	0.455
4	0.678	0.196	-0.113	3.454	0.291
5	0.542	-0.151	0.110	3.381	0.428
6	0.974	-0.142	0.171	1.672	0.631
7	0.720	-0.183	0.190	1.906	0.699
8	0.165	0.337	-0.183	6.798	0.455
9	0.657	0.207	-0.130	3.744	0.189
10	0.535	0.183	-0.112	3.675	0.411
11	0.060	0.191	-0.107	15.979	0.525
12	0.807	-0.502	0.351	2.762	0.436

10

20

【 0 0 8 1 】

【表 3】

〈条件式対応データ〉

実施例	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	Tsp/(fa-FH)	fw・φ5	fw・φ1-4	T4-5/Bf	Bf/fw
1	0.989	0.177	0.022	0.401	1.082
2	1.218	0.198	-0.014	0.403	1.083
3	1.011	-0.035	-0.034	0.521	1.899
4	0.962	-0.033	-0.019	0.536	2.320
5	0.737	0.047	-0.020	0.481	1.757
6	1.235	0.108	0.051	0.434	1.078
7	0.992	0.133	0.010	0.358	1.107
8	1.050	-0.083	0.058	0.598	1.626
9	1.029	-0.025	-0.034	0.815	2.674
10	0.984	-0.046	-0.066	0.513	1.973
11	1.200	-0.056	0.071	0.524	1.596
12	0.922	0.153	0.031	0.564	1.544

10

20

【 0 0 8 2 】

【表 4】

〈条件式対応データ〉

実施例	条件式(11), (12)に対応 するレンズ	(11)	(12)	(13)
		$\Delta P5$	$\nu(5)$	$\nu(6')$
1	G8, G10	0.727(G8) , 3.406(G10)	63.39(G8) , 83.58(G10)	62.73
2	G8, G10	0.727(G8) , 3.406(G10)	63.39(G8) , 83.58(G10)	62.73
3	G10, G12	3.406(G10), 3.406(G12)	83.58(G10), 83.58(G12)	83.58
4	G11, G13	3.406(G11), 3.406(G13)	83.58(G11), 83.58(G13)	83.58
5	G11, G13	3.406(G11), 3.406(G13)	83.58(G11), 83.58(G13)	73.48
6	G7, G9	0.727(G7) , 3.406(G9)	63.39(G7) , 83.58(G9)	65.84
7	G8, G10	0.727(G8) , 3.406(G10)	63.39(G8) , 83.58(G10)	59.09
8	G8, G10	3.203(G8) , 3.203(G10)	81.61(G8) , 81.61(G10)	81.61
9	G12, G14	3.406(G12), 3.406(G14)	83.58(G12), 83.58(G14)	83.58
10	G10, G12	3.406(G10), 3.406(G12)	83.58(G10), 83.58(G12)	83.58
11	G7, G9	3.203(G7) , 3.203(G9)	81.61(G7) , 81.61(G9)	81.61
12	G11	3.406	83.58	83.58

10

20

【 0 0 8 3 】

【 表 5 】

〈条件式関連データ〉

実施例	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 3$	$\phi 4$	$\phi 5$	$\phi 6$	$\phi 1-4$	fw
1	-0.03272	0.01723	0.02194	-0.02412	0.00546	0.01969	0.00067	32.5
2	-0.03330	0.01929	0.02000	-0.02401	0.00610	0.01947	-0.00042	32.5
3	-0.03102	0.00847	0.01716	-0.01091	-0.00131	0.01986	-0.00129	26.5
4	-0.02950	0.00854	0.01260	-0.00730	-0.00143	0.01880	-0.00081	23.1
5	-0.02573	0.00761	0.01404	-0.01018	0.00154	0.01646	-0.00067	30.5
6	-0.03158	0.01889	0.01940	-0.02331	0.00331	0.02128	0.00156	32.5
7	-0.02952	0.01549	0.02150	-0.02233	0.00408	0.02077	0.00032	32.5
8	-0.01550	0.00228	0.01379	-0.00747	-0.00252	0.01859	0.00174	33.0
9	-0.02314	0.00618	0.00941	-0.00588	-0.00122	0.01870	-0.00168	20.1
10	-0.03050	0.00830	0.01551	-0.00951	-0.00174	0.02007	-0.00251	26.5
11	-0.01550	0.00097	0.01615	-0.00902	-0.00172	0.01793	0.00220	32.5
12	-0.02989	0.01082	0.01340	-0.00939	0.00471	0.01495	0.00095	32.5

10

20

【 0 0 8 4 】

【 表 6 】

〈条件式関連データ〉

実施例	Bf	Tsp	fa	FH	T4-5
1	35.151	9.200	47.087	37.785	14.086
2	35.193	9.300	45.433	37.800	14.200
3	50.314	20.220	47.413	27.411	26.220
4	53.586	25.700	50.172	23.468	28.700
5	53.598	3.700	53.159	48.140	25.800
6	35.049	7.500	43.855	37.784	15.200
7	35.979	8.000	44.615	36.548	12.867
8	53.653	30.100	52.704	24.030	32.100
9	53.741	29.000	50.760	22.565	43.800
10	52.274	22.000	48.878	26.513	26.800
11	51.885	0.300	53.600	53.350	27.200
12	50.169	27.650	56.749	28.888	28.300

10

20

【0085】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、負・正・正・負・正又は負・正の6成分において変倍時の移動群と各群の屈折力配置が適切に定められているため、バックフォーカスが長く、小型で諸収差が良好に補正されたズームレンズを実現することができる。そして、本発明に係るズームレンズをDMD搭載の投影装置に使用すれば、投影装置の小型化・高性能化に寄与するとともに、高画質の画像投影が可能となる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態(実施例1)のレンズ構成図。

【図2】第2の実施の形態(実施例2)のレンズ構成図。

【図3】第3の実施の形態(実施例3)のレンズ構成図。

【図4】第4の実施の形態(実施例4)のレンズ構成図。

【図5】第5の実施の形態(実施例5)のレンズ構成図。

【図6】第6の実施の形態(実施例6)のレンズ構成図。

【図7】第7の実施の形態(実施例7)のレンズ構成図。

40

【図8】第8の実施の形態(実施例8)のレンズ構成図。

【図9】第9の実施の形態(実施例9)のレンズ構成図。

【図10】第10の実施の形態(実施例10)のレンズ構成図。

【図11】第11の実施の形態(実施例11)のレンズ構成図。

【図12】第12の実施の形態(実施例12)のレンズ構成図。

【図13】実施例1の望遠端での収差図。

【図14】実施例1のミドルでの収差図。

【図15】実施例1の広角端での収差図。

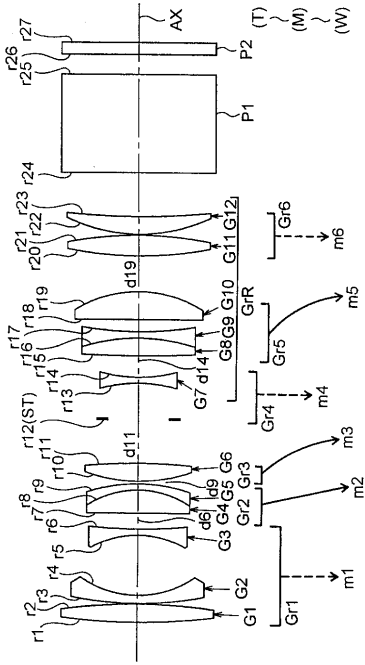
【図16】実施例2の望遠端での収差図。

【図17】実施例2のミドルでの収差図。

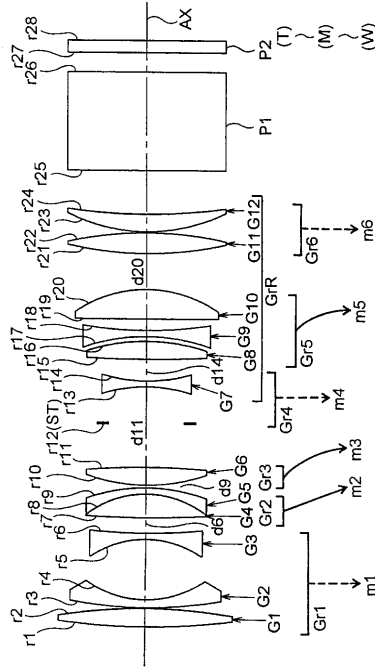
50

【図 1 8】	実施例 2 の広角端での収差図。	
【図 1 9】	実施例 3 の望遠端での収差図。	
【図 2 0】	実施例 3 のミドルでの収差図。	
【図 2 1】	実施例 3 の広角端での収差図。	
【図 2 2】	実施例 4 の望遠端での収差図。	
【図 2 3】	実施例 4 のミドルでの収差図。	
【図 2 4】	実施例 4 の広角端での収差図。	
【図 2 5】	実施例 5 の望遠端での収差図。	
【図 2 6】	実施例 5 のミドルでの収差図。	
【図 2 7】	実施例 5 の広角端での収差図。	10
【図 2 8】	実施例 6 の望遠端での収差図。	
【図 2 9】	実施例 6 のミドルでの収差図。	
【図 3 0】	実施例 6 の広角端での収差図。	
【図 3 1】	実施例 7 の望遠端での収差図。	
【図 3 2】	実施例 7 のミドルでの収差図。	
【図 3 3】	実施例 7 の広角端での収差図。	
【図 3 4】	実施例 8 の望遠端での収差図。	
【図 3 5】	実施例 8 のミドルでの収差図。	
【図 3 6】	実施例 8 の広角端での収差図。	
【図 3 7】	実施例 9 の望遠端での収差図。	20
【図 3 8】	実施例 9 のミドルでの収差図。	
【図 3 9】	実施例 9 の広角端での収差図。	
【図 4 0】	実施例 1 0 の望遠端での収差図。	
【図 4 1】	実施例 1 0 のミドルでの収差図。	
【図 4 2】	実施例 1 0 の広角端での収差図。	
【図 4 3】	実施例 1 1 の望遠端での収差図。	
【図 4 4】	実施例 1 1 のミドルでの収差図。	
【図 4 5】	実施例 1 1 の広角端での収差図。	
【図 4 6】	実施例 1 2 の望遠端での収差図。	
【図 4 7】	実施例 1 2 のミドルでの収差図。	30
【図 4 8】	実施例 1 2 の広角端での収差図。	
【符号の説明】		
Gr1	... 第 1 群	
Gr2	... 第 2 群	
Gr3	... 第 3 群	
Gr4	... 第 4 群	
Gr5	... 第 5 群	
Gr6	... 第 6 群	
P1	... プリズム	
P2	... 平行平板	40
ST	... 絞り	
AX	... 光軸	

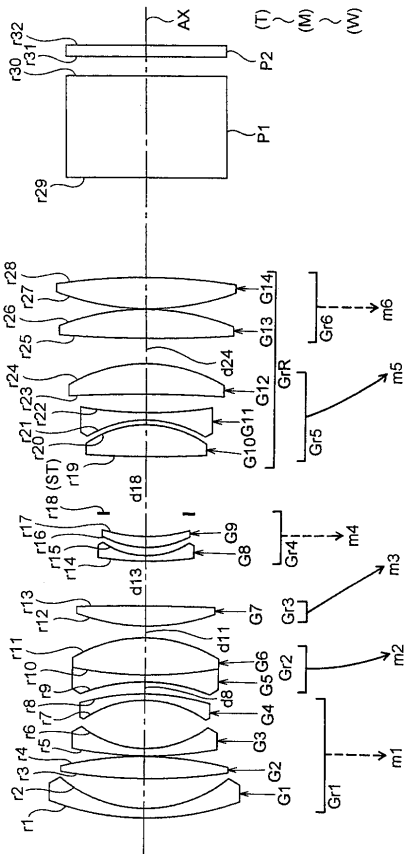
【 図 1 】



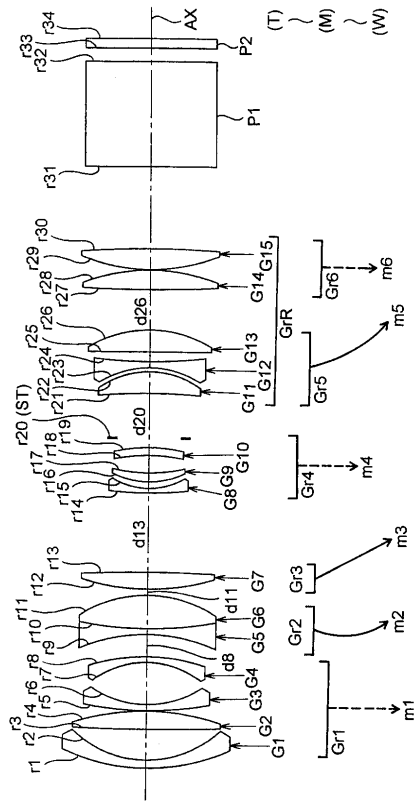
【 図 2 】



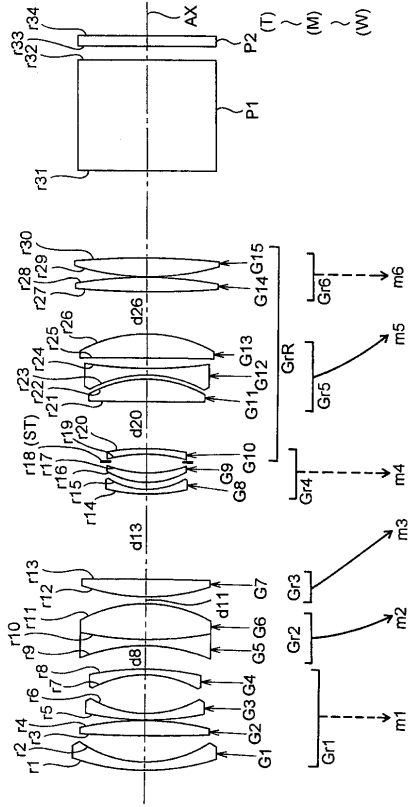
【 図 3 】



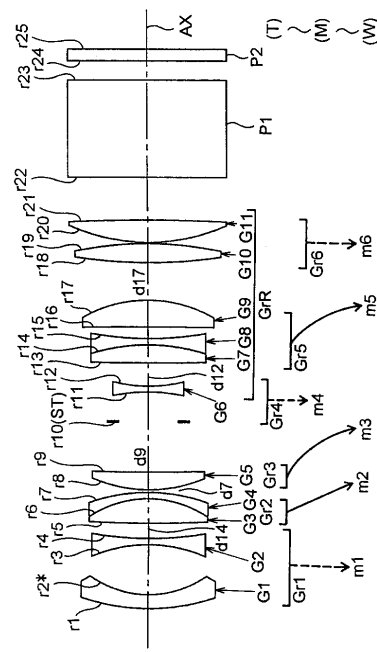
【 図 4 】



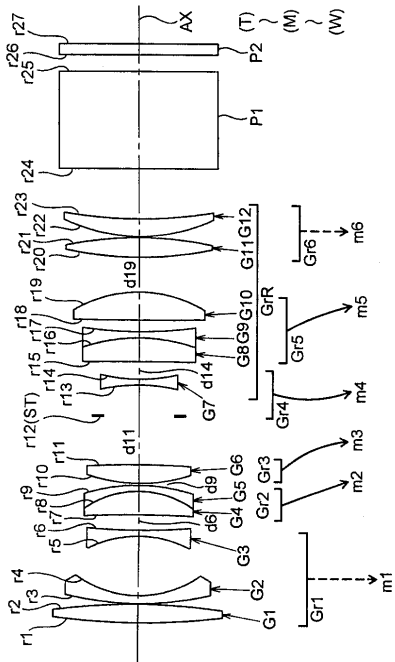
【 図 5 】



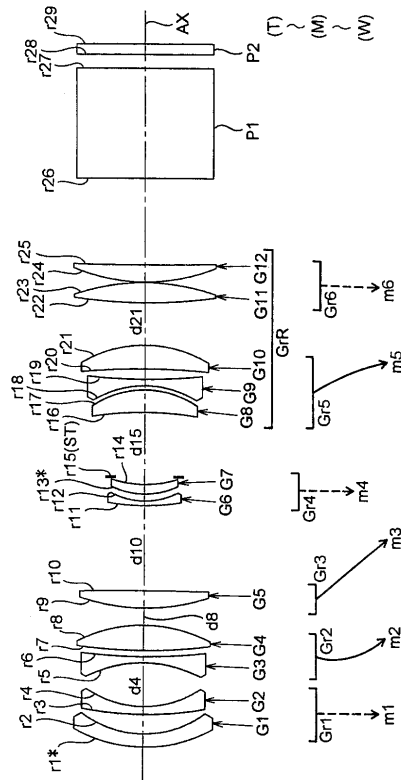
【 図 6 】



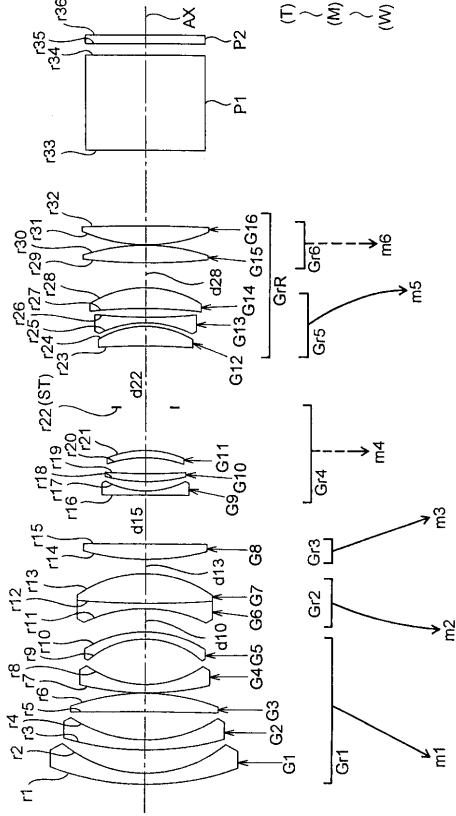
【 図 7 】



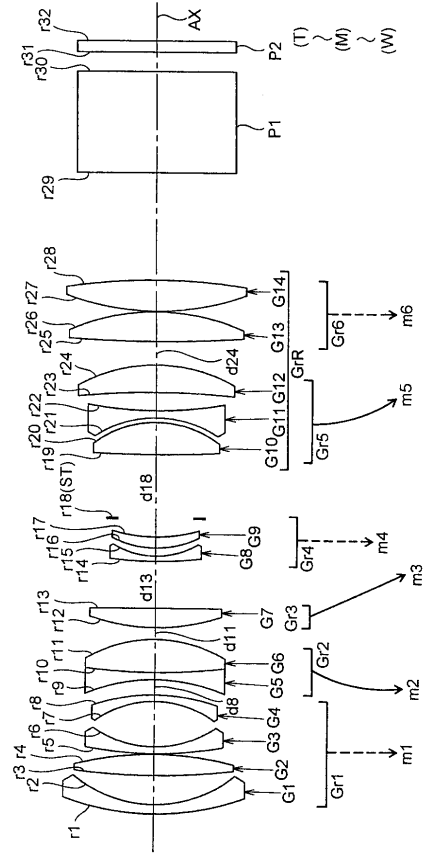
【 図 8 】



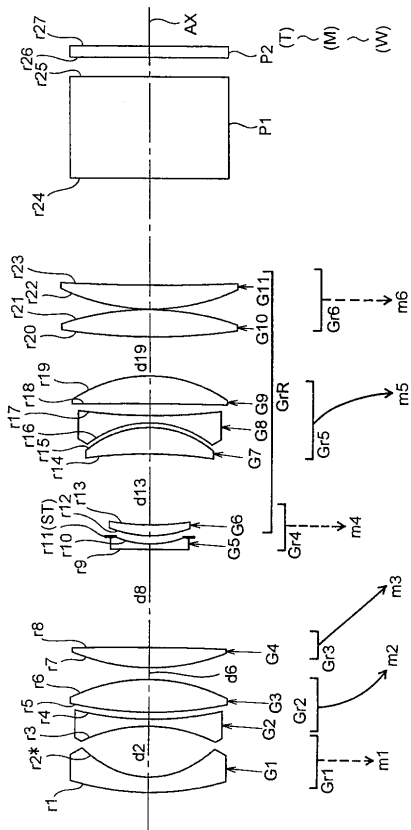
【 図 9 】



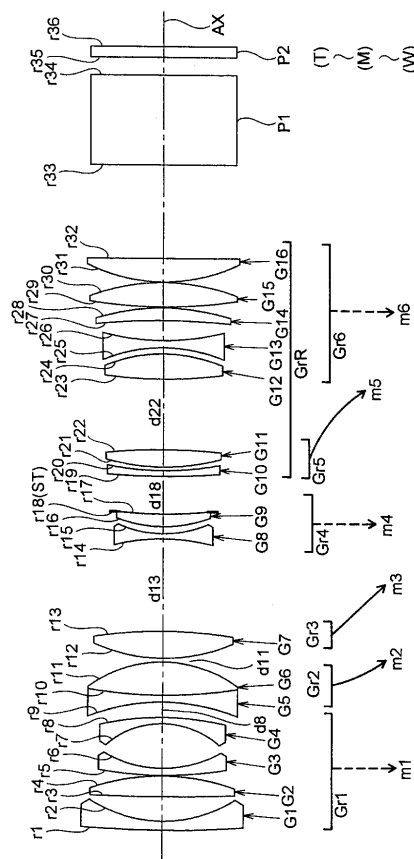
【 図 10 】



【 図 11 】

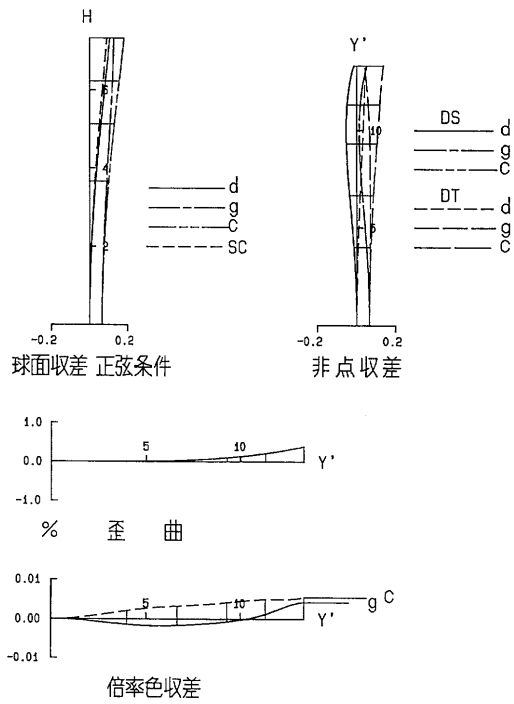


【 図 12 】



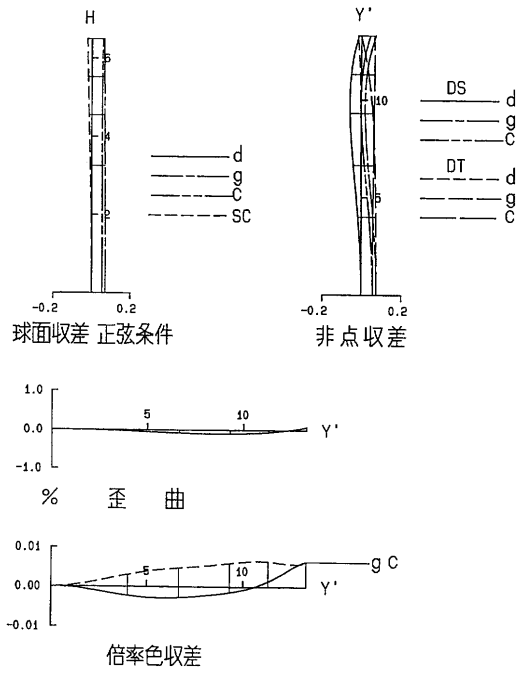
【图 13】

实施例 1 (T)



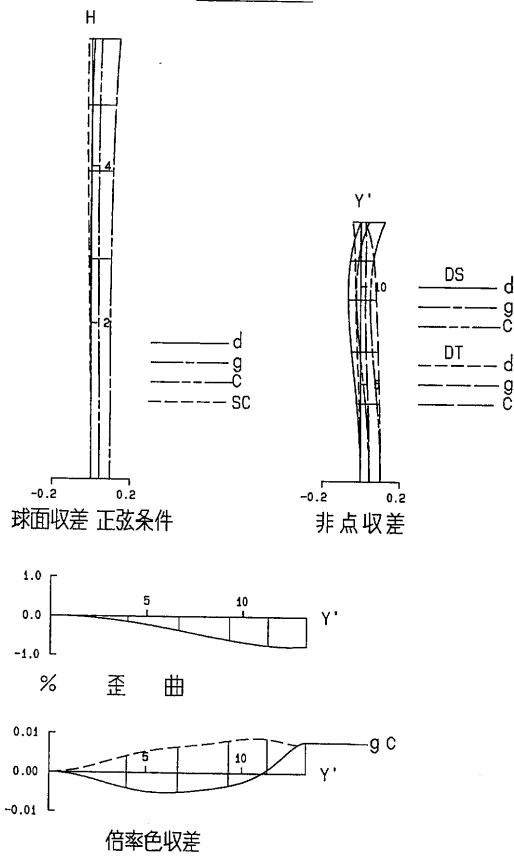
【图 14】

实施例 1 (M)



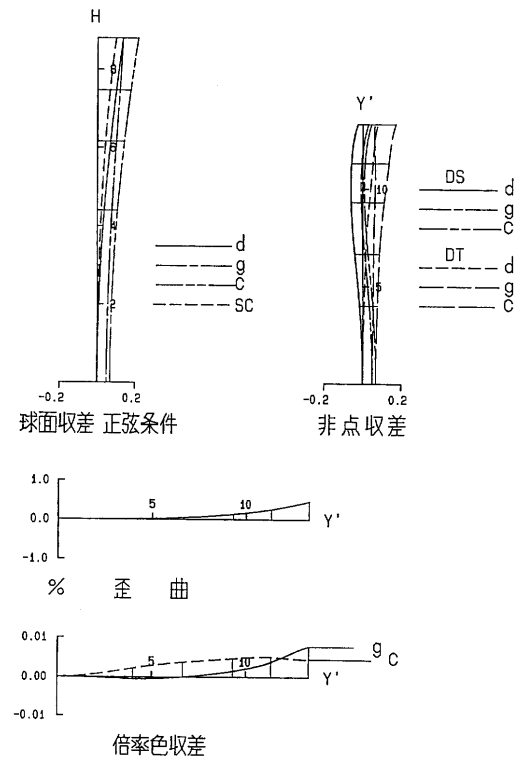
【图 15】

实施例 1 (W)

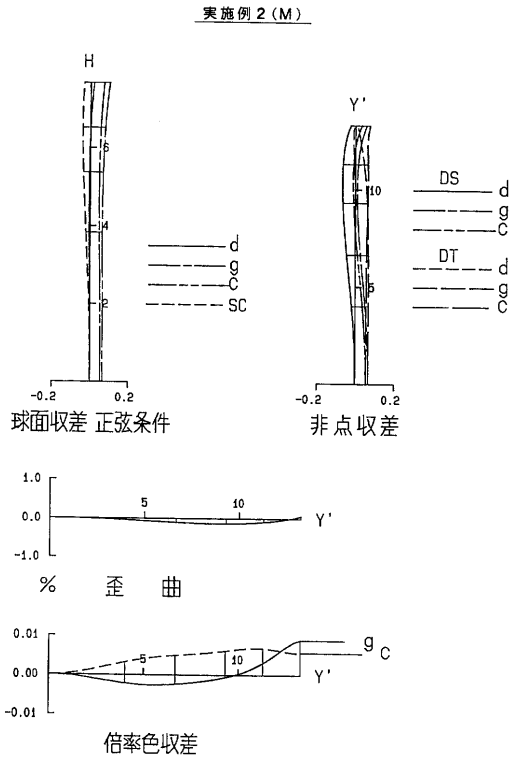


【图 16】

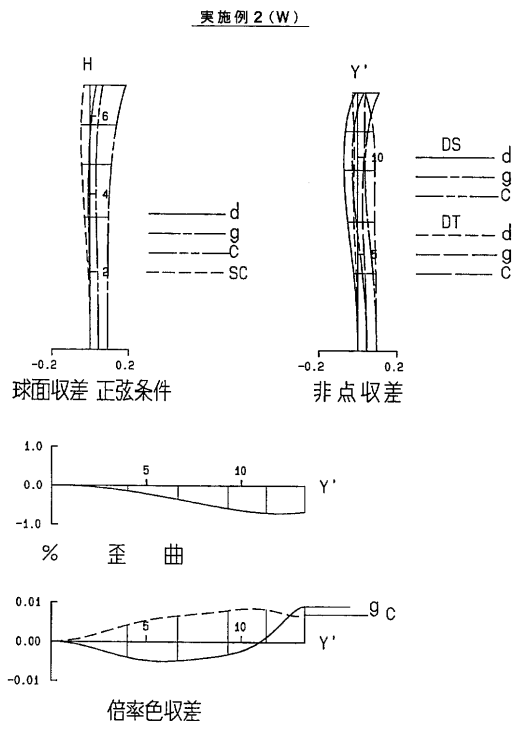
实施例 2 (T)



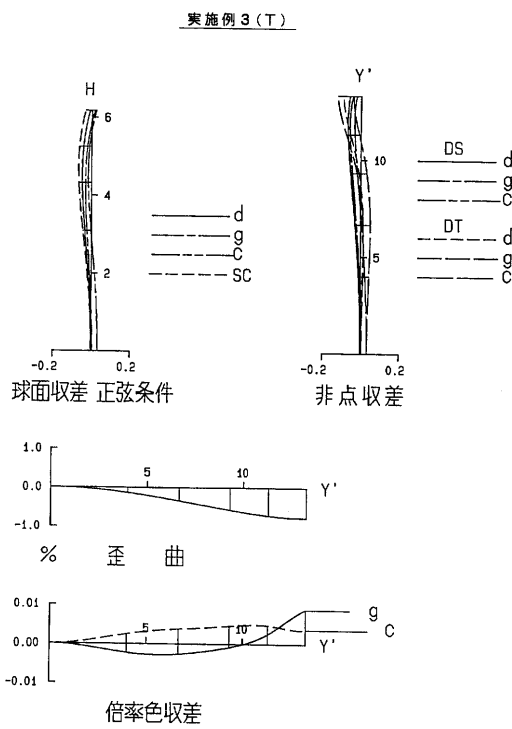
【图 17】



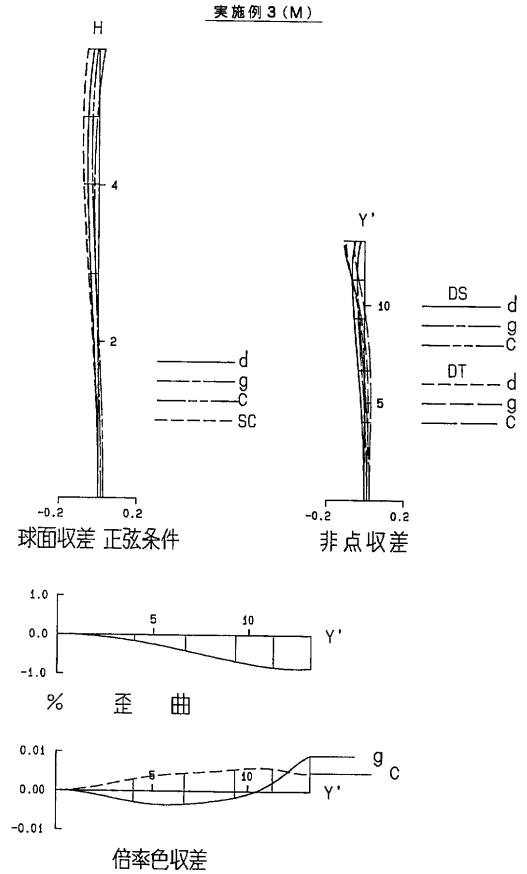
【图 18】



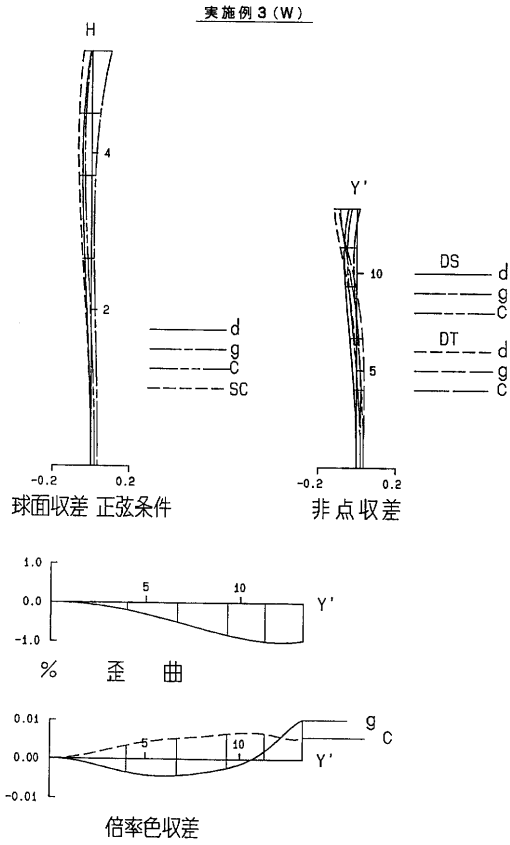
【图 19】



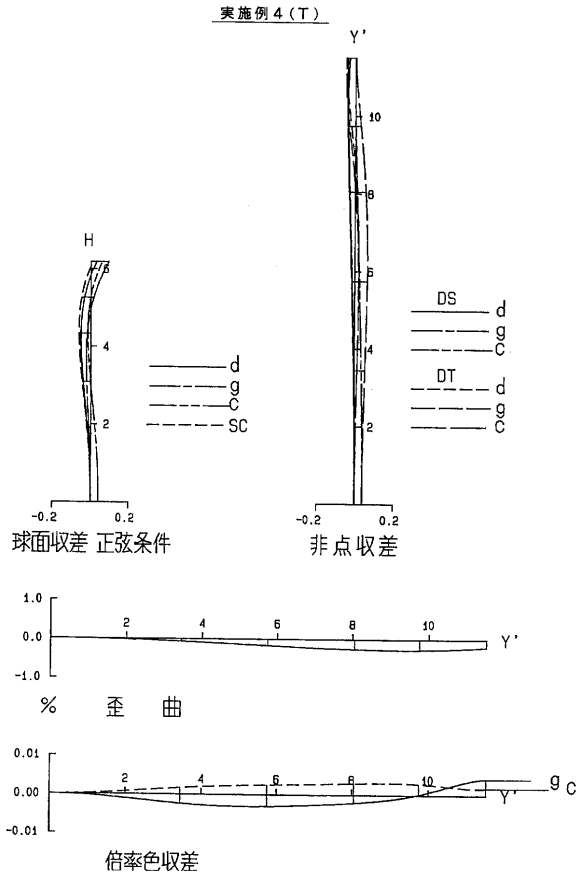
【图 20】



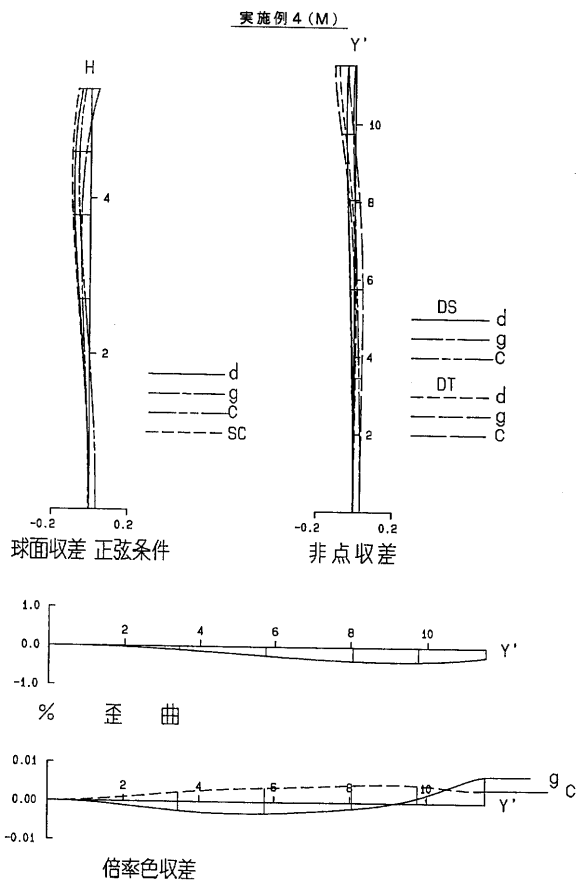
【图 2 1】



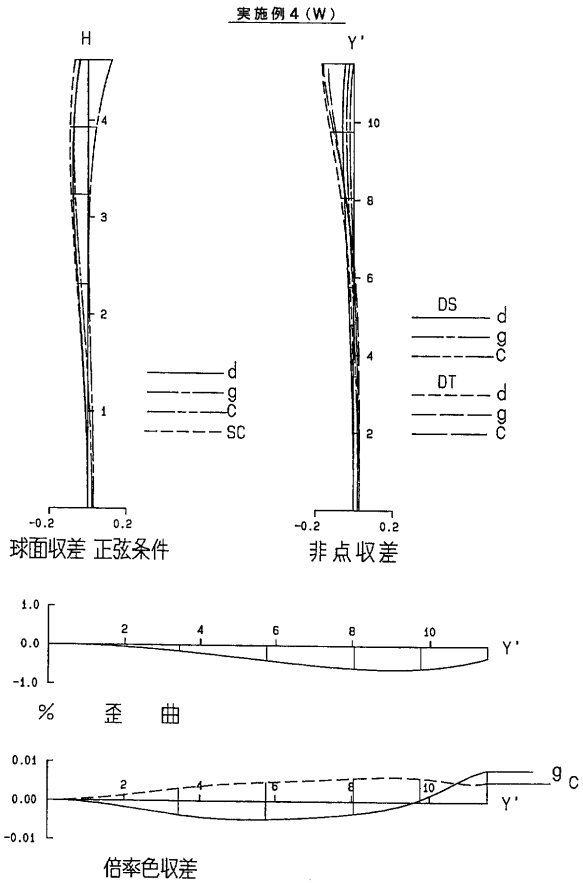
【图 2 2】



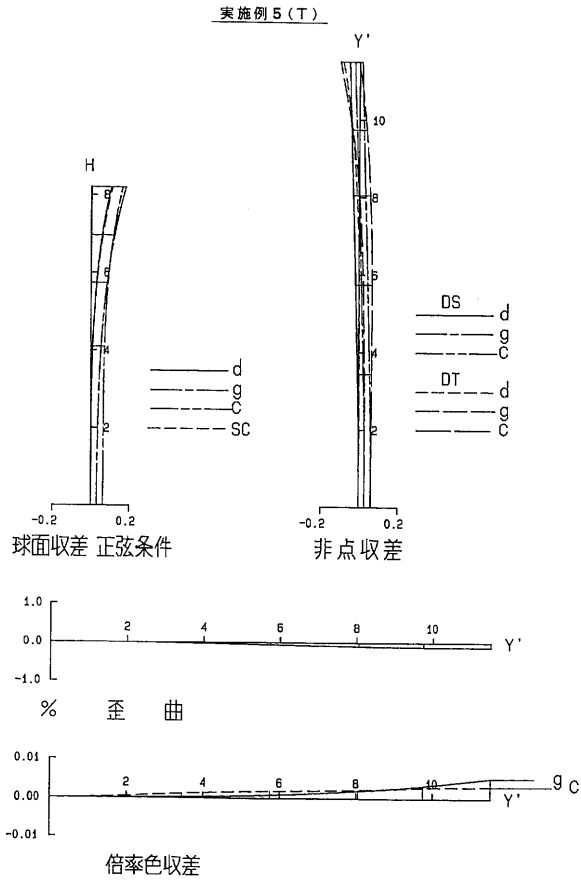
【图 2 3】



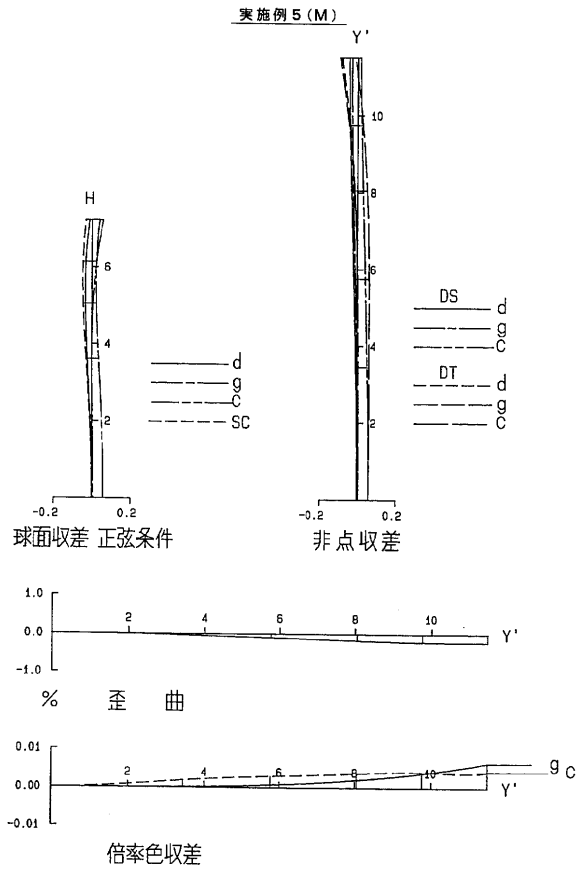
【图 2 4】



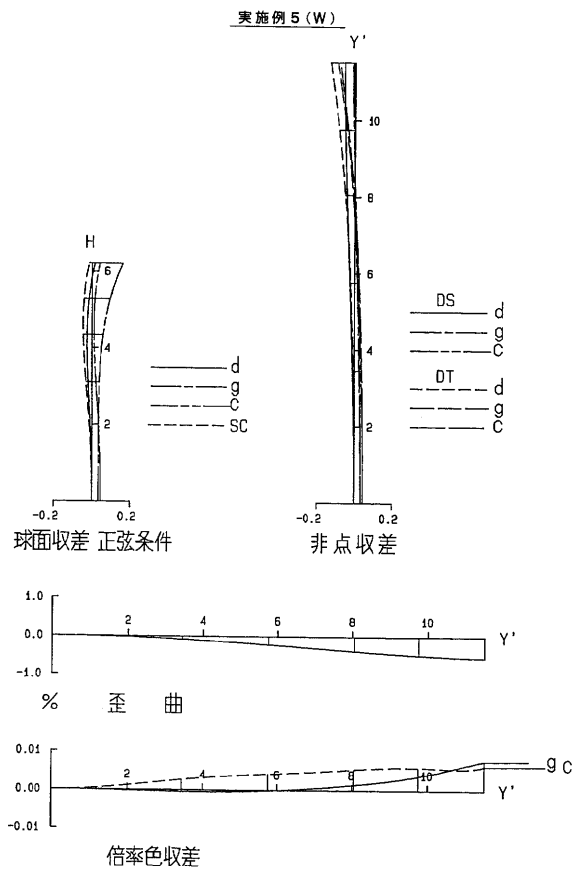
【图 25】



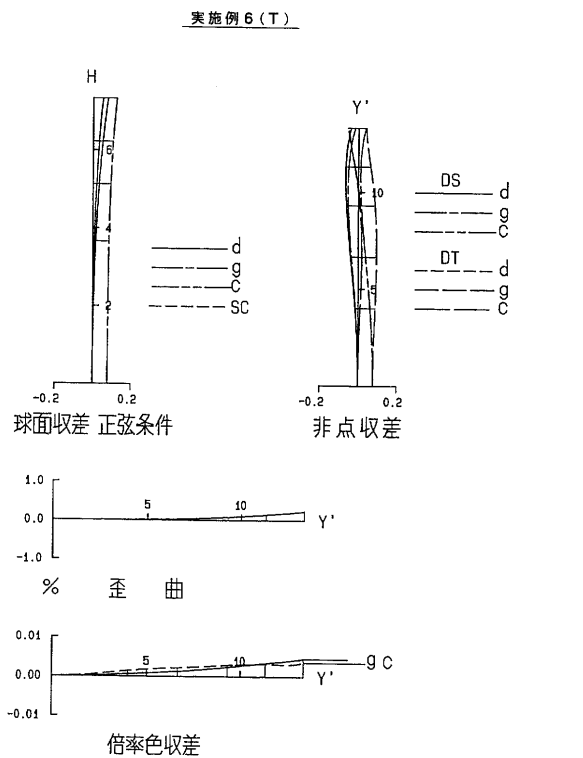
【图 26】



【图 27】

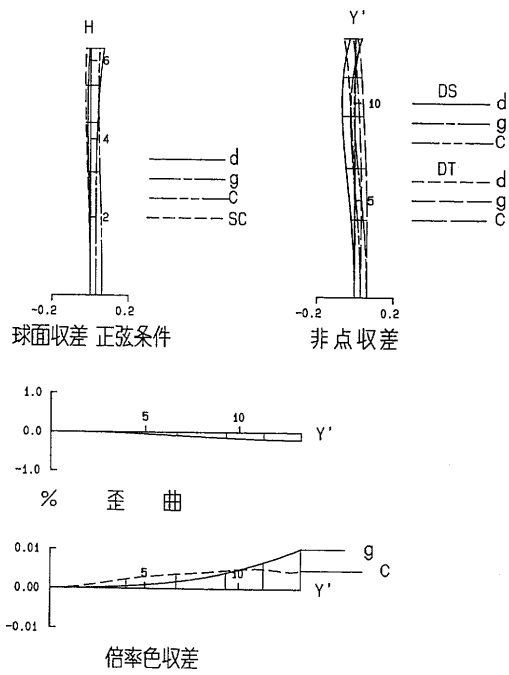


【图 28】



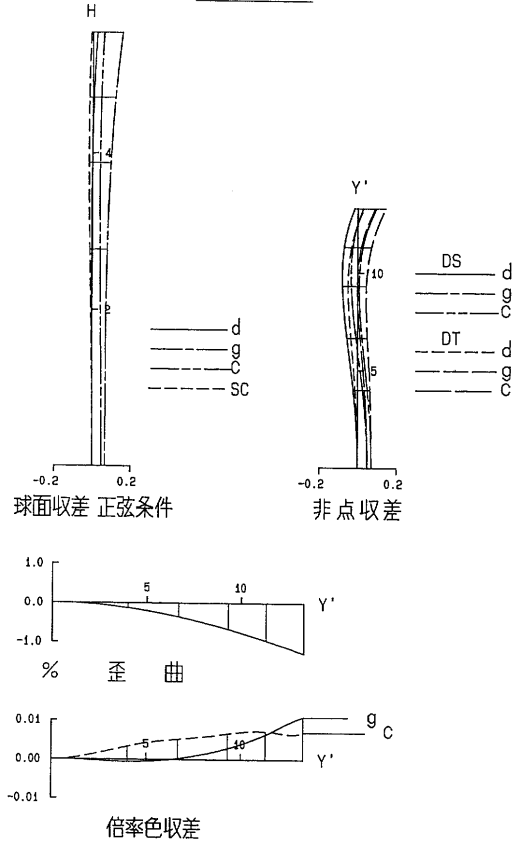
【图 29】

实施例 6 (M)



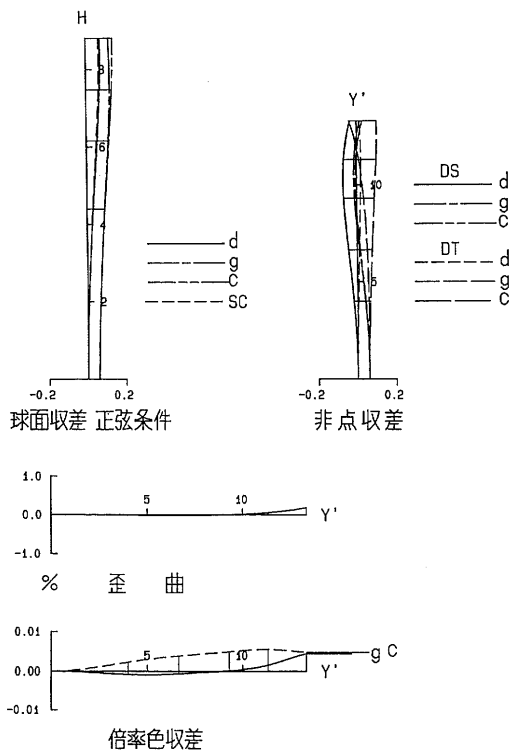
【图 30】

实施例 6 (W)



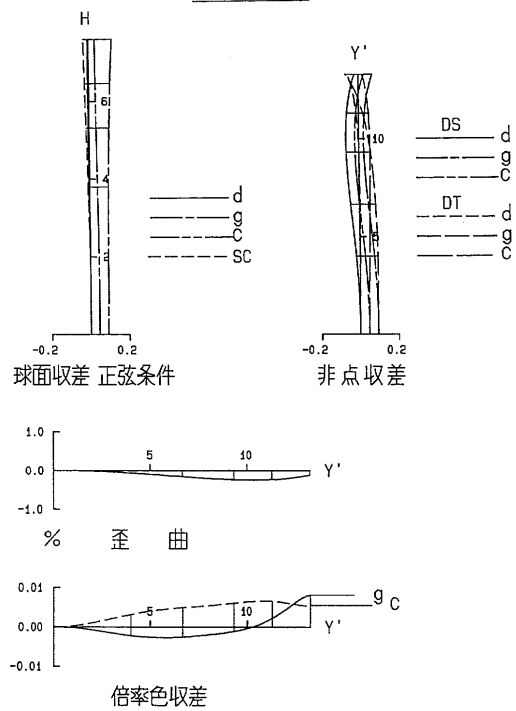
【图 31】

实施例 7 (T)

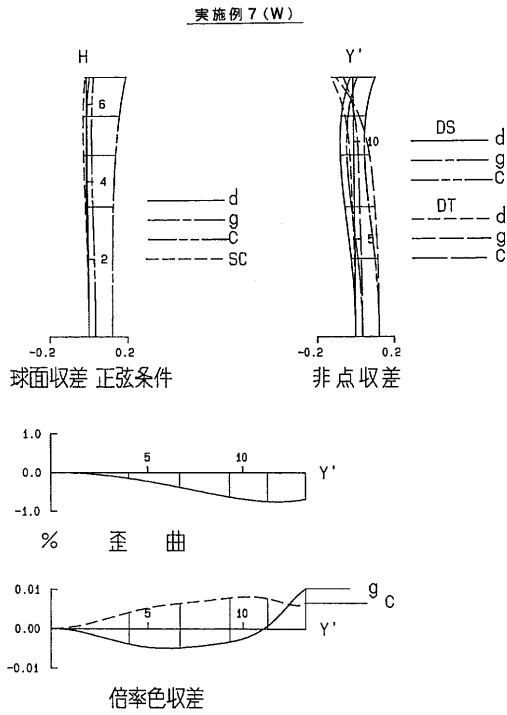


【图 32】

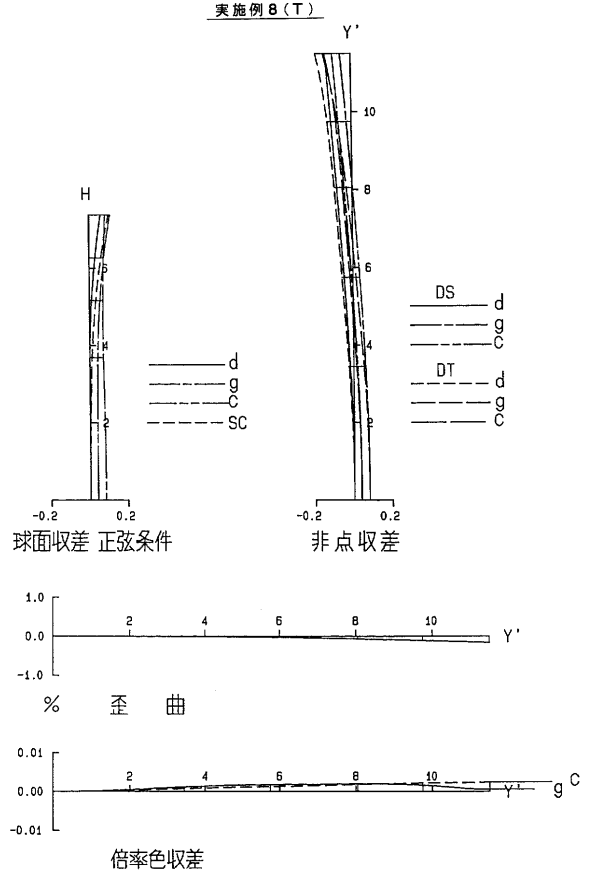
实施例 7 (M)



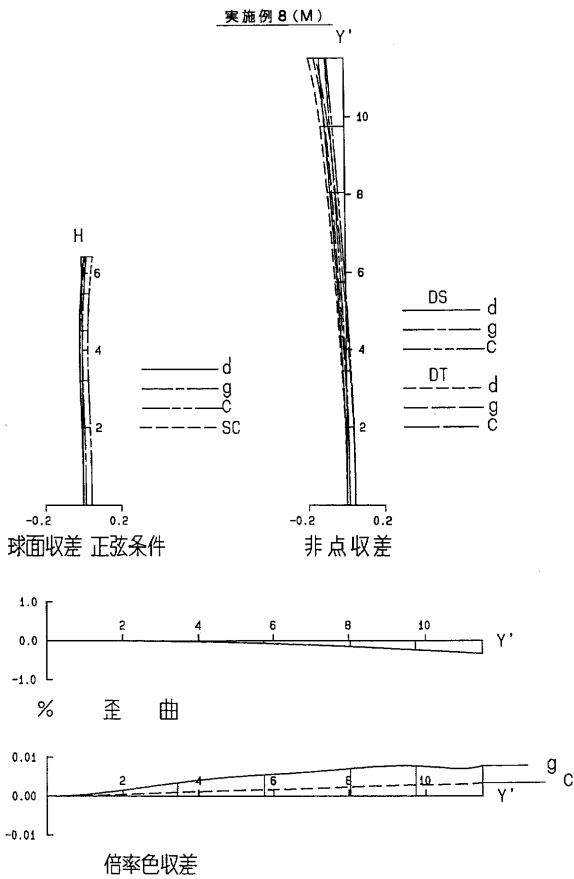
【图 3 3】



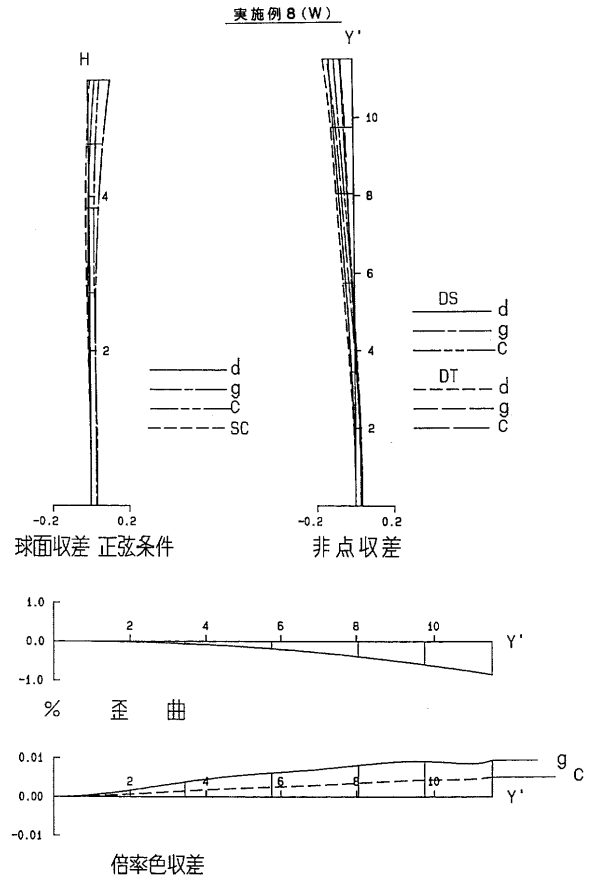
【图 3 4】



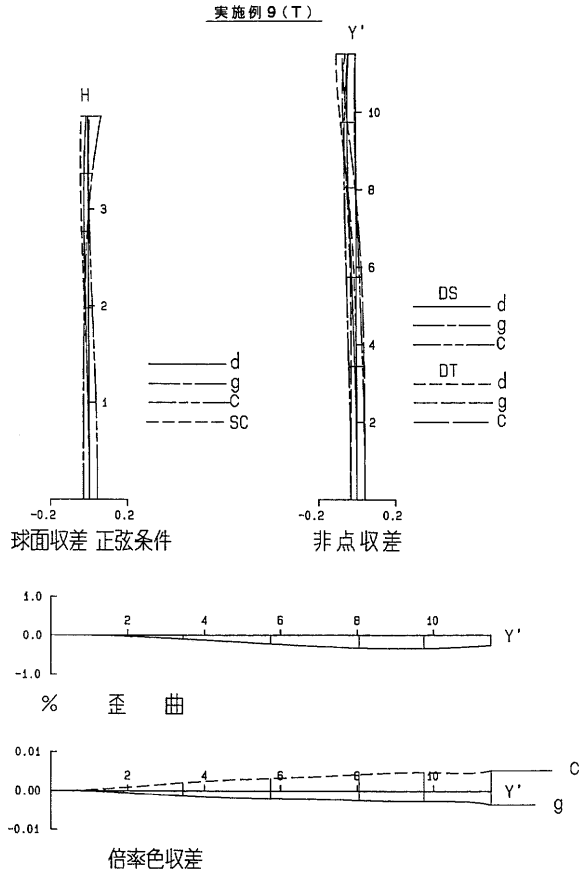
【图 3 5】



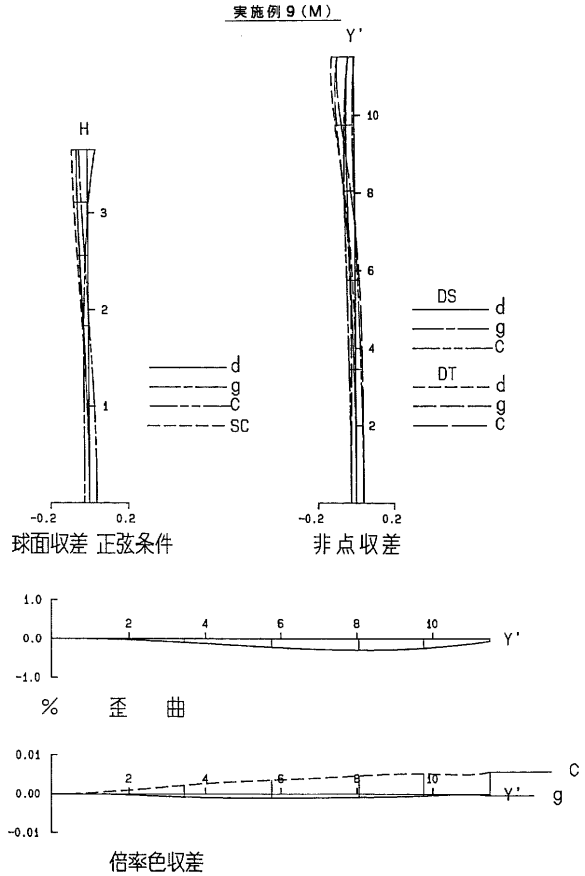
【图 3 6】



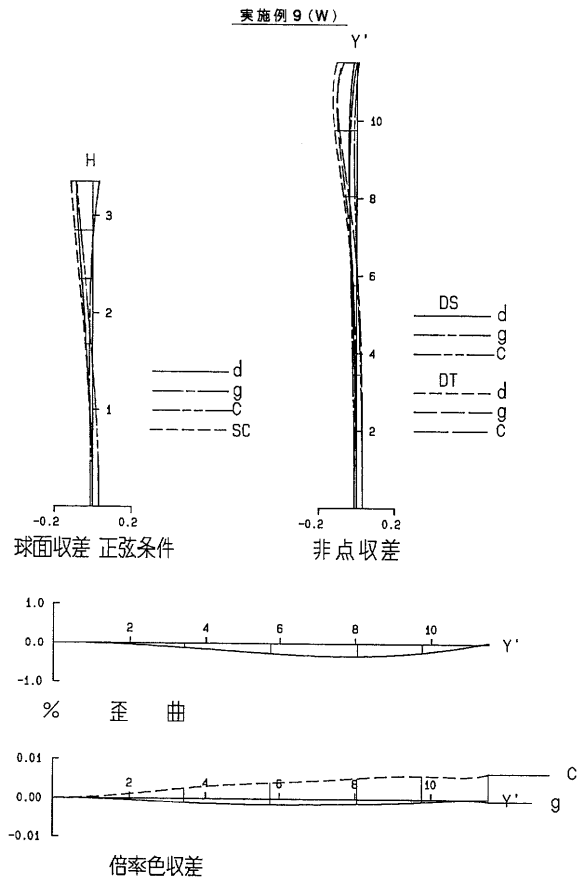
【图 37】



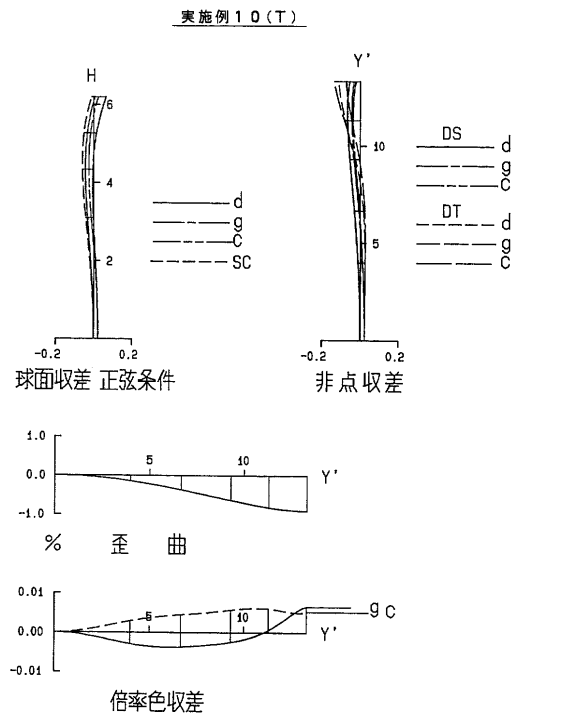
【图 38】



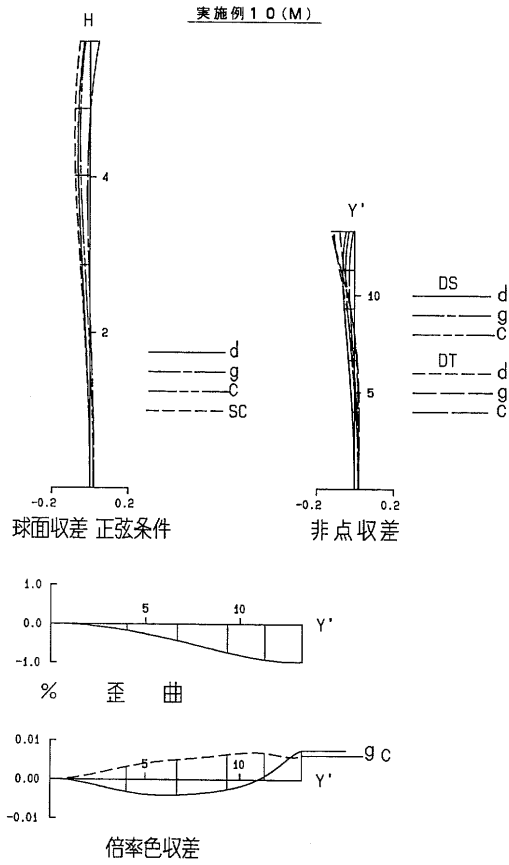
【图 39】



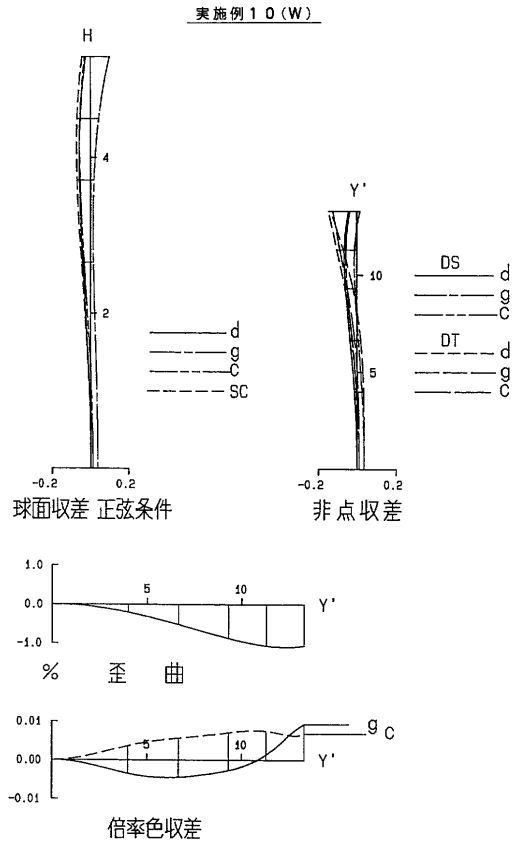
【图 40】



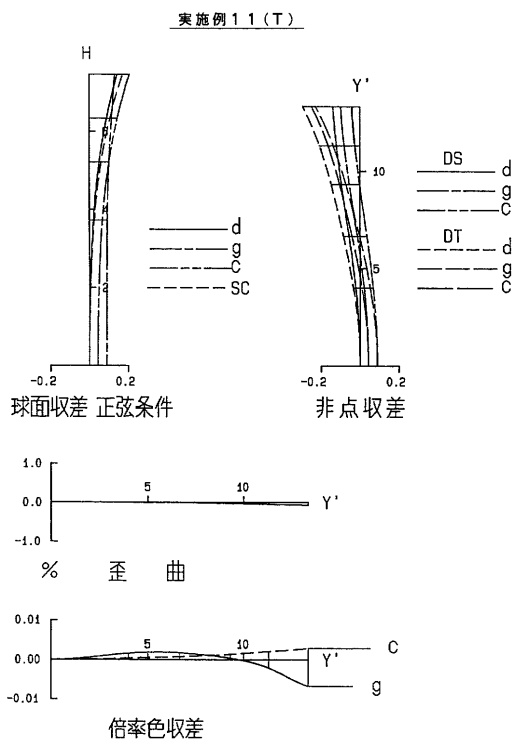
【图 4 1】



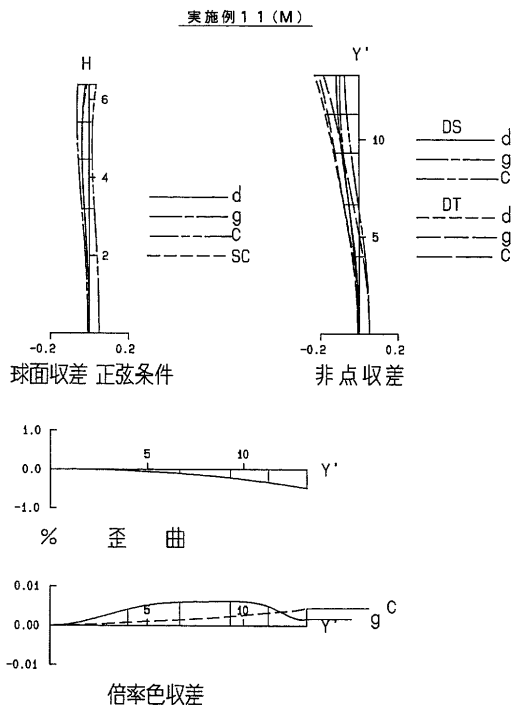
【图 4 2】



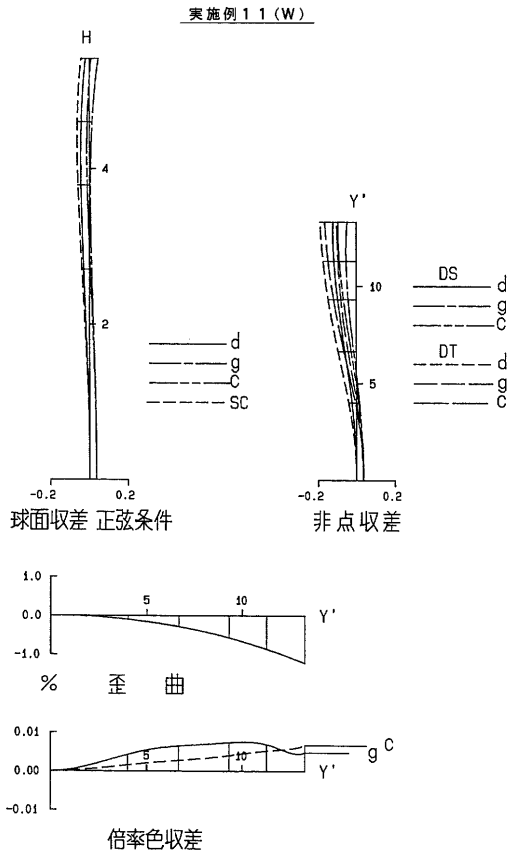
【图 4 3】



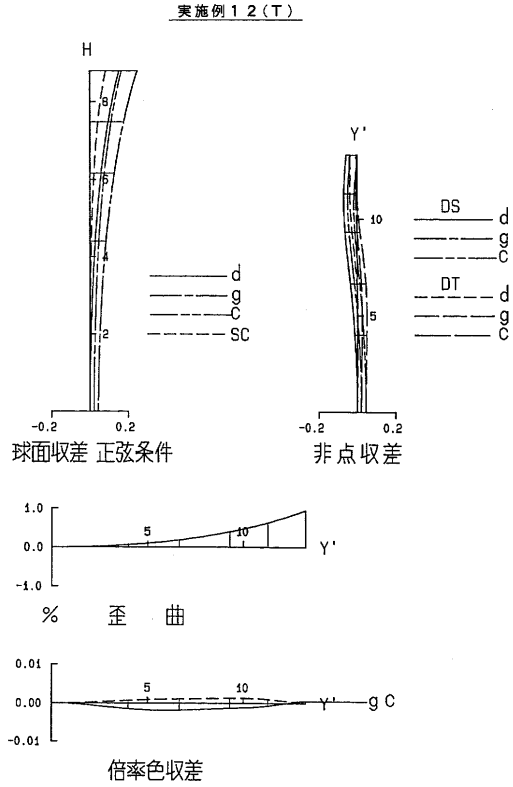
【图 4 4】



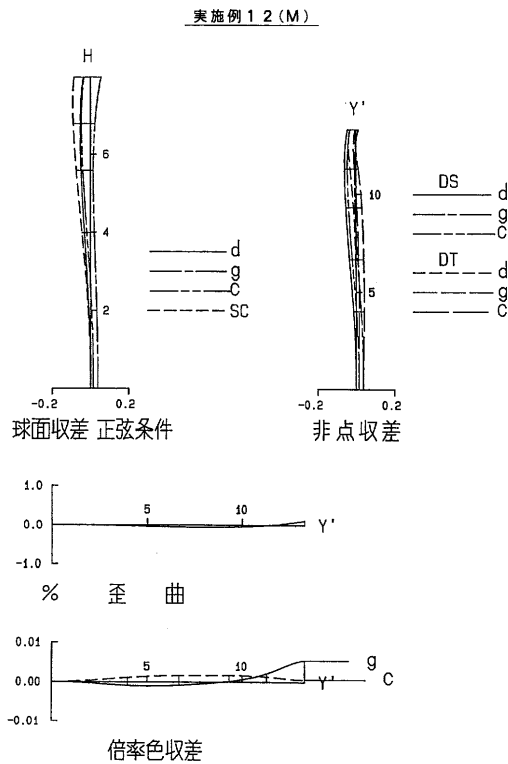
【图 4 5】



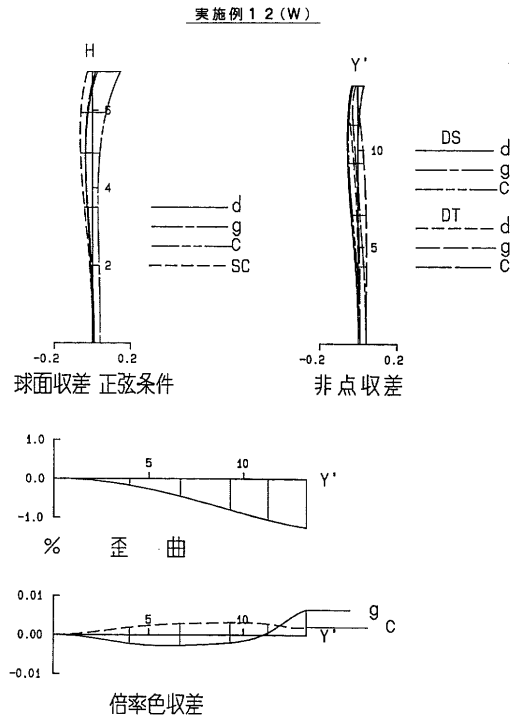
【图 4 6】



【图 4 7】



【图 4 8】



フロントページの続き

(72)発明者 中川 朋子
大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

審査官 下村 一石

(56)参考文献 特開2001-108900(JP,A)
特開2001-350094(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00-17/08

G02B21/02-04

G02B25/00-04