

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 9 月 7 日(07.09.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/117857 A1

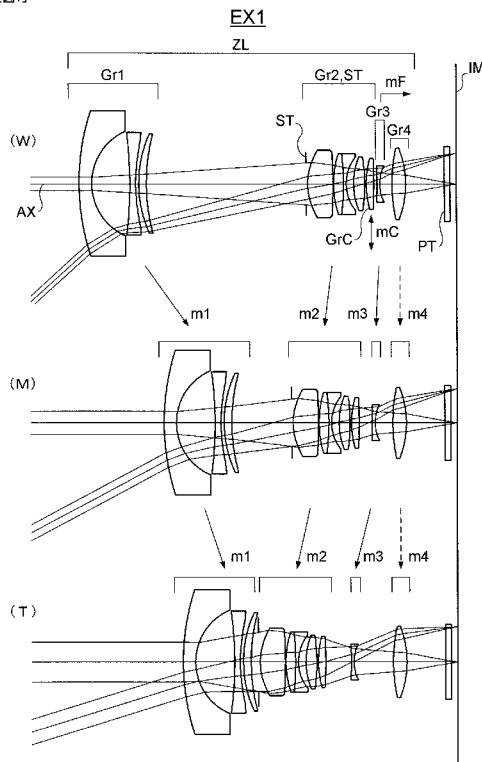
- (51) 国際特許分類:
G02B 15/20 (2006.01) *G02B 13/18* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/053595
- (22) 国際出願日: 2012 年 2 月 16 日(16.02.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-044729 2011 年 3 月 2 日(02.03.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): コニカミノルタオプト株式会社(Konica Minolta Opto, Inc.) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 相馬 祥人(SOUMA Yoshihito) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 コニカミノルタオプト株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 佐野 静夫(SANO Shizuo); 〒5400032 大阪府大阪市中央区天満橋京町 2 - 6 天満橋八千代ビル別館 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: ZOOM LENS, IMAGING OPTICAL DEVICE, AND DIGITAL APPARATUS

(54) 発明の名称: ズームレンズ, 撮像光学装置及びデジタル機器

[図1]



(57) Abstract: A negative/positive/negative/positive zoom lens in which the following occurs when the magnification is changed from the wide angle end to the telescopic end: at least first through third groups move individually, the interval between the first group and the second group decreases, the interval between the second group and the third group changes, the interval between the third group and the fourth group increases, and the conditional expressions $0.9 < |M1/M2| < 2.5$ and $2.0 < \beta_{3t} < 4.4$ are satisfied, where M1 is the displacement of the first group from the wide angle end to the telescopic end, M2 is the displacement of the second group from the wide angle end to the telescopic end, and β_{3t} is the paraxial lateral magnification of the third group at the telescopic end.

(57) 要約: 負正負正のズームレンズは、広角端から望遠端への変倍において、少なくとも第1群から第3群がそれぞれ移動し、第1群と第2群との間隔が減少し、第2群と第3群との間隔が変化し、第3群と第4群との間隔が増大し、条件式: $0.9 < |M1/M2| < 2.5$, $2.0 < \beta_{3t} < 4.4$ (M1: 広角端から望遠端までの第1群の移動量、M2: 広角端から望遠端までの第2群の移動量、 β_{3t} : 望遠端における第3群の近軸横倍率) を満足する。

WO 2012/117857 A1

WO 2012/117857 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：ズームレンズ、撮像光学装置及びデジタル機器

技術分野

[0001] 本発明はズームレンズ、撮像光学装置及びデジタル機器に関するものである。例えば、被写体の映像を撮像素子（例えば、CCD（Charge Coupled Device）型イメージセンサ、CMOS（Complementary Metal-Oxide Semiconductor）型イメージセンサ等の固体撮像素子）で取り込むデジタルカメラ等の画像入力機能付きデジタル機器に適した大口径でコンパクトなズームレンズと、そのズームレンズ及び撮像素子で取り込んだ被写体の映像を電気的な信号として出力する撮像光学装置と、その撮像光学装置を搭載したデジタルカメラ等の画像入力機能付きデジタル機器と、に関するものである。

背景技術

[0002] 従来の交換レンズにおける負正負正のズームタイプでは、広角端から望遠端への変倍の際、第2群と第4群が大きく物体側へ繰り出すことで変倍を稼ぐタイプ（例えば特許文献1）が主流である。また、非撮影時には沈胴するようなコンパクトカメラに適用される負正負正のズームタイプでは、広角端から望遠端への変倍に際して、第4群はほとんど移動しないが第2群が物体側へ大きく繰り出すタイプ（例えば特許文献2）が主流である。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2005-049843号公報

特許文献2：特開2010-160198号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記の両タイプ共に、広角端から望遠端への変倍に際して第2群を比較的大きく物体側へ移動させることにより所要の変倍を実現している。そのため、望遠端において光学全長を短くすることが困難であった。また、広角端に

において所要の画角を達成するためには、広角端における第1群と第2群との間に十分な空気間隔を確保する必要があり、広角端においても全長を短縮することは困難であった。結果として、ズーム域中の光学全長の最小値は比較的大きく、また、可搬性を良くするためには全ズーム域よりも全長が短くなる状態を実現するための沈胴機構を搭載する必要があった。

[0005] 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、その目的は、画角（ 2ω ）が80度を超える比較的広角な焦点距離域を含み、全ズーム域でF2.8程度の比較的大きな口径にもかかわらず高い光学性能を有し、ズーム域中の光学全長の最小値を小さくして可搬性に優れたズームレンズ、それを備えた撮像光学装置及びデジタル機器を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 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、物体側から順に、負パワーを有する第1群と、正パワーを有する第2群と、負パワーを有する第3群と、正パワーを有する第4群と、を含み、各群間隔を変化させることにより変倍を行うズームレンズであって、広角端から望遠端への変倍において、少なくとも前記第1群から前記第3群がそれぞれ移動し、前記第1群と前記第2群との間隔が減少し、前記第2群と前記第3群との間隔が変化し、前記第3群と前記第4群との間隔が増大し、以下の条件式（1）及び条件式（3）を満足することを特徴とする。

$$0.9 < |M1 / M2| < 2.5 \quad \dots (1)$$

$$2.0 < \beta_{3t} < 4.4 \quad \dots (3)$$

ただし、

M1：広角端から望遠端までの第1群の移動量、

M2：広角端から望遠端までの第2群の移動量、

β_{3t} ：望遠端における第3群の近軸横倍率、

である。

[0007] 第2の発明のズームレンズは、上記第1の発明において、以下の条件式（2）を満足することを特徴とする。

$$TL2t / Ymax < 8.0 \quad \dots (2)$$

ただし、

TL2t : 望遠端における第2群の最も物体側のレンズ面から像面までの距離、

Ymax : 最大像高、

である。

[0008] 第3の発明のズームレンズは、上記第1の発明において、以下の条件式(4)を満足することを特徴とする。

$$-3.0 < f1 / fw < -2.0 \quad \dots (4)$$

ただし、

f1 : 第1群の焦点距離、

fw : 広角端における全系の焦点距離、

である。

[0009] 第4の発明のズームレンズは、上記第1の発明において、以下の条件式(5)を満足することを特徴とする。

$$T3 / TLw < 0.02 \quad \dots (5)$$

ただし、

T3 : 第3群の光軸上の厚み、

TLw : 広角端における第1群の最も物体側のレンズ面から像面までの距離、

である。

[0010] 第5の発明のズームレンズは、上記第1の発明において、前記第3群に少なくとも1面の非球面を含むことを特徴とする。

[0011] 第6の発明のズームレンズは、上記第1の発明において、以下の条件式(6)を満足することを特徴とする。

$$0.7 < \beta3t / \beta3w < 1.5 \quad \dots (6)$$

ただし、

$\beta3w$: 広角端における第3群の近軸横倍率、

である。

[0012] 第7の発明のズームレンズは、上記第1の発明において、前記第3群が、以下の条件式(7)を満足する負レンズを1枚有していることを特徴とする。

$$0.4 < SF < 0.88 \quad \dots (7)$$

ただし、

$$SF = (R1 + R2) / (R1 - R2)$$

R1：負レンズの物体側面の曲率半径、

R2：負レンズの像側面の曲率半径、

である。

[0013] 第8の発明のズームレンズは、上記第1の発明において、前記第3群の移動によりフォーカシングを行うことを特徴とする。

[0014] 第9の発明のズームレンズは、上記第1の発明において、以下の条件式(8)を満足することを特徴とする。

$$0.7 < f2 / \sqrt{f_w \times f_t} < 1.5 \quad \dots (8)$$

ただし、

f2：第2群の焦点距離、

f_w：広角端における全系の焦点距離、

f_t：望遠端における全系の焦点距離、

である。

[0015] 第10の発明のズームレンズは、上記第1の発明において、以下の条件式(9)を満足することを特徴とする。

$$-1.6 < f3 / \sqrt{f_w \times f_t} < -0.5 \quad \dots (9)$$

ただし、

f3：第3群の焦点距離、

f_w：広角端における全系の焦点距離、

f_t：望遠端における全系の焦点距離、

である。

[0016] 第11の発明のズームレンズは、上記第1の発明において、以下の条件式(10)を満足することを特徴とする。

$$1. \quad 1 < f_4 / \sqrt{f_w \times f_t} < 2.3 \quad \cdots (10)$$

ただし、

f_4 : 第4群の焦点距離、

f_w : 広角端における全系の焦点距離、

f_t : 望遠端における全系の焦点距離、

である。

[0017] 第12の発明のズームレンズは、上記第1の発明において、前記第2群を構成している最も像側のレンズを含むレンズ群を、光軸に対して垂直に移動させることにより手振れ補正を行うことを特徴とする。

[0018] 第13の発明のズームレンズは、上記第1の発明において、デジタルカメラ用の交換レンズであることを特徴とする。

[0019] 第14の発明の撮像光学装置は、上記第1の発明に係るズームレンズと、受光面上に形成された光学像を電気的な信号に変換する撮像素子と、を備え、前記撮像素子の受光面上に被写体の光学像が形成されるように前記ズームレンズが設けられていることを特徴とする。

[0020] 第15の発明のデジタル機器は、上記第14の発明に係る撮像光学装置を備えることにより、被写体の静止画撮影、動画撮影のうちの少なくとも一方の機能が付加されたことを特徴とする。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、広角端から望遠端への変倍において条件式(1)を満たし、更に条件式(3)を満たした構成になっているため、望遠側での光学全長の短縮化が可能である。したがって、画角(2ω)が80度を超える比較的広角な焦点距離域を含み、全ズーム域でF2.8程度の比較的大きな口径にもかかわらず高い光学性能を有し、ズーム域中の光学全長の最小値を小さくして可搬性に優れたズームレンズ及び撮像光学装置を実現することができる。そして、その大口径でコンパクトなズームレンズ又は撮像光学装置をデ

デジタル機器（例えばデジタルカメラ）に用いることによって、デジタル機器に対して高性能の画像入力機能をコンパクトに付加することが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0022] [図1]第1の実施の形態（実施例1）の光学構成図。
[図2]第2の実施の形態（実施例2）の光学構成図。
[図3]第3の実施の形態（実施例3）の光学構成図。
[図4]第4の実施の形態（実施例4）の光学構成図。
[図5]第5の実施の形態（実施例5）の光学構成図。
[図6]第6の実施の形態（実施例6）の光学構成図。
[図7]実施例1の縦収差図。
[図8]実施例2の縦収差図。
[図9]実施例3の縦収差図。
[図10]実施例4の縦収差図。
[図11]実施例5の縦収差図。
[図12]実施例6の縦収差図。
[図13]実施例1の手振れ補正前後、広角端での横収差図。
[図14]実施例1の手振れ補正前後、望遠端での横収差図。
[図15]実施例2の手振れ補正前後、広角端での横収差図。
[図16]実施例2の手振れ補正前後、望遠端での横収差図。
[図17]実施例3の手振れ補正前後、広角端での横収差図。
[図18]実施例3の手振れ補正前後、望遠端での横収差図。
[図19]実施例4の手振れ補正前後、広角端での横収差図。
[図20]実施例4の手振れ補正前後、望遠端での横収差図。
[図21]実施例5の手振れ補正前後、広角端での横収差図。
[図22]実施例5の手振れ補正前後、望遠端での横収差図。
[図23]実施例6の手振れ補正前後、広角端での横収差図。
[図24]実施例6の手振れ補正前後、望遠端での横収差図。
[図25]撮像光学装置を搭載したデジタル機器の概略構成例を示す模式図。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明に係るズームレンズ、撮像光学装置及びデジタル機器を説明する。本発明に係るズームレンズは、物体側から順に、負パワーを有する第1群と、正パワーを有する第2群と、負パワーを有する第3群と、正パワーを有する第4群と、を含み、各群間隔を変化させることにより変倍を行うズームレンズであって、広角端から望遠端への変倍において、少なくとも前記第1群から前記第3群がそれぞれ移動し、前記第1群と前記第2群との間隔が減少し、前記第2群と前記第3群との間隔が変化し、前記第3群と前記第4群との間隔が増大し、以下の条件式(1)を満足することを特徴としている(パワー：焦点距離の逆数で定義される量)。

$$0.9 < |M1/M2| < 2.5 \quad \dots (1)$$

ただし、

M1：広角端から望遠端までの第1群の移動量、

M2：広角端から望遠端までの第2群の移動量、

である。

[0024] 本発明に係るズームレンズでは、第1群と第2群との間隔変化により変倍を稼ぐのは従来のズームタイプと同様であるが、広角端から望遠端への変倍において条件式(1)を満たすように第1群と第2群を移動させているため、望遠側での光学全長の短縮化を達成することができる。一般的な負正負正タイプのズームレンズと比較すると、第1群の移動量が第2群の移動量に比べて相対的に大きくなっているため(移動量は広角端と望遠端でのレンズ群位置の差である。)、広角端と比較して望遠端での光学全長が顕著に短縮される。したがって、沈胴構成を採用しなくても、ズーム域中の光学全長の最小値が小さくなって可搬性に優れたズームレンズを実現することができる。

[0025] 条件式(1)の下限を下回ると、上記の効果を十分に発揮できず望遠側での光学全長の短縮化が不十分となる。条件式(1)の上限を上回ると、第1群の移動量が大きくなりすぎて、広角端における周辺照度を確保するために、第1群を構成するレンズの有効径が増大してしまうので望ましくない。ま

た、歪曲収差や非点収差が増大して、軸外性能が劣化するおそれもある。

[0026] 上記特徴的構成によると、画角（ 2ω ）が80度を超える比較的広角な焦点距離域を含み、全ズーム域でF2.8程度の比較的大きな口径にもかかわらず高い光学性能を有し、ズーム域中の光学全長の最小値を小さくして可搬性に優れたズームレンズ及びそれを備えた撮像光学装置を実現することが可能である。そのズームレンズ又は撮像光学装置をデジタルカメラ等のデジタル機器に用いれば、デジタル機器に対し高性能の画像入力機能を軽量・コンパクトに付加することが可能となる。したがって、デジタル機器のコンパクト化、低コスト化、高性能化、高機能化等に寄与することができる。また、本発明に係るズームレンズは、レンズバックの短縮化や大口径化（例えば、全変倍域でF2.8を維持する。）を図る上で、ミラーレスタイプのデジタルカメラ用の交換レンズとして好適であるため、持ち運びに便利なコンパクトな交換レンズを実現することができる。こういった効果をバランス良く得るとともに、更に高い光学性能、小型化等を達成するための条件等を以下に説明する。

[0027] 以下の条件式（1a）を満足することが更に望ましい。

$$1. \quad 1 < |M1/M2| < 2.3 \quad \dots (1a)$$

この条件式（1a）は、前記条件式（1）が規定している条件範囲のなかでも、前記観点等に基づいた更に好ましい条件範囲を規定している。したがって、好ましくは条件式（1a）を満たすことにより、上記効果をより一層大きくすることができる。

[0028] 以下の条件式（2）を満足することが望ましい。

$$TL2t/Ymax < 8.0 \quad \dots (2)$$

ただし、

TL2t：望遠端における第2群の最も物体側のレンズ面から像面までの距離、

Ymax：最大像高、

である。

[0029] 第2群の変位量を小さくすると、第2群の最物体側面から像面までの距離が撮像面の対角線長に対して比較的小さくなる。したがって、条件式(2)を満足させると、望遠端において $F2.8$ という比較的小さなFナンバーを設定しつつも、第2群の有効径を比較的小さくすることが可能となる。条件式(2)の条件範囲を外れると、第2群の有効径が大きくなる。また、第1群の光軸上の厚みを短くしなければならなくなるので、広角端での歪曲収差や非点収差の補正が難しくなる。

[0030] 以下の条件式(2a)を満足することが更に望ましい。

$$TL2t/Ymax < 7.0 \quad \dots (2a)$$

この条件式(2a)は、前記条件式(2)が規定している条件範囲のなかでも、前記観点等に基づいた更に好ましい条件範囲を規定している。したがって、好ましくは条件式(2a)を満たすことにより、上記効果をより一層大きくすることができる。

[0031] 以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$2.0 < \beta_{3t} < 4.4 \quad \dots (3)$$

ただし、

β_{3t} ：望遠端における第3群の近軸横倍率、
である。

[0032] 条件式(3)を満足することにより、望遠端において第2群から射出する軸上光束の収束度を第3群通過後に緩くすることができ、いわゆるテレフォトタイプに近づけることが可能となる。結果として、望遠端における光学全長を短くすることができる。条件式(3)の下限を下回ると、上記の効果を十分発揮することができず、望遠端での光学全長を短くすることが難しくなる。あるいは、第2群の主点位置を物体側へ移動させなければならなくなるので、第2群の最も物体側に位置するレンズのパワーを強くする必要が生じる。第2群の最も物体側のレンズに入射する軸上光線高さは高いため、該レンズのパワーを強くすると球面収差やコマ収差の補正が困難となる。条件式(3)の上限を上回ると、第2群のパワーを強くしなければならなくなるの

で、球面収差やコマ収差の補正が困難となる。

[0033] 以下の条件式（3 a）を満足することが更に望ましい。

$$2.4 < \beta_{3t} < 3.9 \quad \dots (3a)$$

この条件式（3 a）は、前記条件式（3）が規定している条件範囲のなかでも、前記観点等に基づいた更に好ましい条件範囲を規定している。したがって、好ましくは条件式（3 a）を満たすことにより、上記効果をより一層大きくすることができる。

[0034] 以下の条件式（4）を満足することが望ましい。

$$-3.0 < f_1 / f_w < -2.0 \quad \dots (4)$$

ただし、

f_1 : 第1群の焦点距離、

f_w : 広角端における全系の焦点距離、

である。

[0035] 条件式（4）の下限を下回ると、第1群のパワーが弱くなりすぎて、広角端の全長が大きくなる。結果として、第1群を構成するレンズの有効径が増大してしまうので望ましくない。また、全長を抑えようとすれば第2群の主点位置を像面に近づけなければならなくなるので、第2群のパワーを強くする必要が生じて球面収差やコマ収差の補正が難しくなる。条件式（4）の上限を上回ると、第1群のパワーが強くなりすぎ、広角端における非点収差、歪曲収差の補正が困難となる。

[0036] 以下の条件式（4 a）を満足することが更に望ましい。

$$-2.7 < f_1 / f_w < -2.3 \quad \dots (4a)$$

この条件式（4 a）は、前記条件式（4）が規定している条件範囲のなかでも、前記観点等に基づいた更に好ましい条件範囲を規定している。したがって、好ましくは条件式（4 a）を満たすことにより、上記効果をより一層大きくすることができる。

[0037] 以下の条件式（5）を満足することが望ましい。

$$T_3 / T_{Lw} < 0.02 \quad \dots (5)$$

ただし、

T_3 : 第3群の光軸上の厚み、

TL_w : 広角端における第1群の最も物体側のレンズ面から像面までの距離、
である。

[0038] 条件式(5)を満たすように第3群の厚みを薄くすると、広角端における第2群位置を像面に近づけることが可能となり、広角端における広角化が達成しやすくなる。条件式(5)の上限を越えると、広角端における光学全長の増大が生じたり、第1群のパワーを強くする必要性が生じたりする。結果として、第1群のレンズ系の増大が生じたり、あるいは広角端における非点収差、歪曲収差の補正が困難になったりするため望ましくない。

[0039] 以下の条件式(5a)を満足することが更に望ましい。

$$T_3 / TL_w < 0.014 \quad \dots (5a)$$

この条件式(5a)は、前記条件式(5)が規定している条件範囲のなかでも、前記観点等に基づいた更に好ましい条件範囲を規定している。したがって、好ましくは条件式(5a)を満たすことにより、上記効果をより一層大きくすることができる。

[0040] 第3群に少なくとも1面の非球面を含むことが望ましい。第3群は、全ズーム域で適度な軸上光線高さと軸外主光線高さを有しているため、非点収差とコマ収差を補正する上で有効な部分である。しかしながら、収差補正の自由度を十分に確保するために十分なレンズ枚数を配置することは、例えば前記条件式(5)の作用に反することになってしまうので望ましくない。したがって、十分な収差補正自由度を確保できるように非球面を少なくとも1面配置することが望ましい。その非球面としては、周辺ほど負パワーの強くなる非球面が好ましく、レンズの像側面に配置されることが更に好ましい。

[0041] 以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$0.7 < \beta_{3t} / \beta_{3w} < 1.5 \quad \dots (6)$$

ただし、

β_{3w} : 広角端における第3群の近軸横倍率、
である。

[0042] 例えば、第3群に少なくとも1面の非球面を用い、更に条件式(6)を満たして第3群の変倍負担を低めに抑えると、全ズーム域における光線入射角の変化を抑えて非点収差とコマ収差の補正に対して自由度を使うことができる。この条件式(6)の条件範囲を外れると、第3群の変倍負担が増えてしまい、非点収差やコマ収差の劣化を招くおそれがある。

[0043] 前記第3群が、以下の条件式(7)を満足する負レンズを1枚有していることが望ましい。

$$0.4 < SF < 0.88 \quad \dots (7)$$

ただし、

$$SF = (R_1 + R_2) / (R_1 - R_2)$$

R_1 : 負レンズの物体側面の曲率半径、

R_2 : 負レンズの像側面の曲率半径、

である。

[0044] 条件式(7)を満足することにより、第3群において正の歪曲を発生させ、広角端において第1群で発生する大きな負の歪曲収差を打ち消すことが可能となる。条件式(7)の下限を下回ると上記効果が十分に得られなくなり、条件式(7)の上限を上回るとコマ収差が増大するおそれがある。

[0045] 前記第3群の移動によりフォーカシングを行うことが望ましい。例えば前記条件式(5)を満たすと、必然的に第3群の重量は軽くなる。したがって、第3群をフォーカシング群にすることでアクチュエータの軽量化及びフォーカシングの高速化を達成することが可能となる。また、第3群はフォーカス感度の制御が容易であるため、フォーカシング群としては第3群が好適である。

[0046] 以下の条件式(8)～(10)のうちの少なくとも1つを満足することが望ましく、条件式(8)～(10)を3つとも満足することが更に望ましい。

$$0.7 < f_2 / \sqrt{f_w \times f_t} < 1.5 \quad \cdots (8)$$

$$-1.6 < f_3 / \sqrt{f_w \times f_t} < -0.5 \quad \cdots (9)$$

$$1.1 < f_4 / \sqrt{f_w \times f_t} < 2.3 \quad \cdots (10)$$

ただし、

f_2 : 第2群の焦点距離、

f_3 : 第3群の焦点距離、

f_4 : 第4群の焦点距離、

f_w : 広角端における全系の焦点距離、

f_t : 望遠端における全系の焦点距離、

である。

[0047] 条件式(8)の下限を下回ると、第2群のパワーが強くなりすぎて、球面収差やコマ収差の補正が困難となる。条件式(8)の上限を上回ると、光学系が大型化して望ましくない。

[0048] 以下の条件式(8a)を満足することが更に望ましい。

$$0.9 < f_2 / \sqrt{f_w \times f_t} < 1.3 \quad \cdots (8a)$$

この条件式(8a)は、前記条件式(8)が規定している条件範囲のなかでも、前記観点等に基づいた更に好ましい条件範囲を規定している。したがって、好ましくは条件式(8a)を満たすことにより、上記効果をより一層大きくすることができる。

[0049] 条件式(9)の上限を上回ると、第3群のパワーが強くなりすぎて、非点収差やコマ収差の補正が困難となる。条件式(9)の下限を下回ると、光学系が大型化して望ましくない。

[0050] 条件式(10)の下限を下回ると、第4群のパワーが強くなりすぎて、十分なレンズバックを確保することが困難となる。条件式(10)の上限を上回ると、光学系が大型化して望ましくない。

[0051] 前記第2群を構成している最も像側のレンズを含むレンズ群を、光軸に対して垂直に移動させることにより手振れ補正を行うことが望ましい。第3群は偏心による収差発生が大きく、手振れ補正群として不適當である。第4群

は手振れ補正感度が低すぎて不適當であり、第1群及び第1群内レンズはレンズ外径が大きいため不適當である。第2群全体は手振れ補正感度が高すぎて不適當である。したがって、第2群内の一部が候補となるが、第2群内の物体側のレンズは、軸上光線高さが高いためレンズの偏心による収差発生を抑えることが困難である。よって、第2群内の最も像面側の要素を手振れ補正群とすることが望ましい。

[0052] 前記手振れ補正群は、以下の条件式(11)及び条件式(12)を満足することが望ましい。

$$0.2 < (1 - \beta_{dw}) \beta_{rw} < 2.0 \quad \dots (11)$$

$$0.6 < (1 - \beta_{dt}) \beta_{rt} < 2.0 \quad \dots (12)$$

ただし、

β_{dw} : 手振れ補正群の広角端における近軸横倍率、

β_{rw} : 手振れ補正群よりも像面側に配置されたレンズ系の広角端における近軸横倍率、

β_{dt} : 手振れ補正群の望遠端における近軸横倍率、

β_{rt} : 手振れ補正群よりも像面側に配置されたレンズ系の望遠端における近軸横倍率、

である。

[0053] 条件式(11)又は条件式(12)の下限を下回ると、手振れ補正の感度が低すぎて、手振れ補正群の移動範囲を大きく確保する必要が生じてしまい望ましくない。条件式(11)又は条件式(12)の上限を上回ると、手振れ補正の感度が高すぎて制御が困難になる。例えば、電氣的ノイズ等で手振れ補正群が動くとき像が動くので露光時間全体で積分された像質が劣化する。

[0054] 本発明に係るズームレンズは、画像入力機能付きデジタル機器（例えば、デジタルカメラ）用の撮像レンズとしての使用に適しており、これを撮像素子等と組み合わせることにより、被写体の映像を光学的に取り込んで電氣的な信号として出力する撮像光学装置を構成することができる。撮像光学装置は、被写体の静止画撮影や動画撮影に用いられるカメラの主たる構成要素を

成す光学装置であり、例えば、物体（すなわち被写体）側から順に、物体の光学像を形成するズームレンズと、そのズームレンズにより形成された光学像を電氣的な信号に変換する撮像素子と、を備えることにより構成される。そして、撮像素子の受光面（すなわち撮像面）上に被写体の光学像が形成されるように、前述した特徴的構成を有するズームレンズが配置されることにより、小型・低コストで高変倍・高性能の撮像光学装置やそれを備えたデジタル機器（例えば、デジタルカメラ、携帯電話）を実現することができる。

[0055] カメラの例としては、デジタルカメラ、ビデオカメラ、監視カメラ、車載カメラ、テレビ電話用カメラ等が挙げられ、また、パーソナルコンピュータ、デジタル機器（例えば、携帯電話、モバイルコンピュータ等の小型で携帯可能な情報機器端末）、これらの周辺機器（スキャナー、プリンター等）、その他のデジタル機器等に内蔵又は外付けされるカメラが挙げられる。これらの例から分かるように、撮像光学装置を用いることによりカメラを構成することができるだけでなく、各種機器に撮像光学装置を搭載することによりカメラ機能を付加することが可能である。例えば、カメラ付き携帯電話等の画像入力機能付きデジタル機器を構成することが可能である。

[0056] 図25に、画像入力機能を有するデジタル機器DUの概略構成例を模式的断面で示す。図25に示すデジタル機器DUに搭載されている撮像光学装置LUは、物体（すなわち被写体）側から順に、物体の光学像（像面）IMを変倍可能に形成するズームレンズZL（AX：光軸，ST：絞り）と、平行平板PT（撮像素子SRのカバーガラス；必要に応じて配置される光学的ローパスフィルター，赤外カットフィルター等の光学フィルター等に相当する。）と、ズームレンズZLにより受光面SS上に形成された光学像IMを電氣的な信号に変換する撮像素子SRと、を備えている。この撮像光学装置LUで画像入力機能付きデジタル機器DUを構成する場合、通常そのボディ内部に撮像光学装置LUを配置することになるが、カメラ機能を実現するには必要に応じた形態を採用することが可能である。例えば、ユニット化した撮像光学装置LUをデジタル機器DUの本体に対して着脱自在又は回動自

在に構成することが可能である。

[0057] 撮像素子SRとしては、例えば複数の画素を有するCCD型イメージセンサ、CMOS型イメージセンサ等の固体撮像素子が用いられる。ズームレンズZLは、撮像素子SRの光電変換部である受光面SS上に被写体の光学像IMが形成されるように設けられているので、ズームレンズZLによって形成された光学像IMは、撮像素子SRによって電氣的な信号に変換される。

[0058] デジタル機器DUは、撮像光学装置LUの他に、信号処理部1、制御部2、メモリ3、操作部4、表示部5等を備えている。撮像素子SRで生成した信号は、信号処理部1で所定のデジタル画像処理や画像圧縮処理等が必要に応じて施され、デジタル映像信号としてメモリ3（半導体メモリ、光ディスク等）に記録されたり、場合によってはケーブルを介したり赤外線信号等に変換されたりして他の機器に伝送される（例えば携帯電話の通信機能）。制御部2はマイクロコンピュータから成っており、撮影機能（静止画撮影機能、動画撮影機能等）、画像再生機能等の機能の制御；ズーミングやフォーカシングのためのレンズ移動機構の制御等を集中的に行う。例えば、被写体の静止画撮影、動画撮影のうちの少なくとも一方を行うように、制御部2により撮像光学装置LUに対する制御が行われる。表示部5は液晶モニター等のディスプレイを含む部分であり、撮像素子SRによって変換された画像信号あるいはメモリ3に記録されている画像情報を用いて画像表示を行う。操作部4は、操作ボタン（例えばリリースボタン）、操作ダイヤル（例えば撮影モードダイヤル）等の操作部材を含む部分であり、操作者が操作入力した情報を制御部2に伝達する。

[0059] ズームレンズZLは、前述したように、負正負正の4群を含む大口径負リードのズーム構成になっており、少なくとも第1群から第3群がそれぞれ光軸AXに沿って移動して各群間隔を変化させることにより変倍（すなわちズーミング）を行い、撮像素子SRの受光面SS上に光学像IMを形成する構成になっている。ここで、第1～第6の実施の形態を挙げて、ズームレンズZLの具体的な光学構成を更に詳しく説明する。図1～図6は、第1～第6

の実施の形態を構成するズームレンズZLにそれぞれ対応するレンズ構成図であり、広角端(W)、中間焦点距離状態(M)、望遠端(T)でのレンズ配置を光学断面で示している。各レンズ構成図中の矢印 m_1 、 m_2 、 m_3 、 m_4 は、広角端(W)から望遠端(T)へのズーミングにおける第1群 G_{r1} 、第2群 G_{r2} 、第3群 G_{r3} 、第4群 G_{r4} の移動をそれぞれ直線的に近似して模式的に示している(なお、破線はズーム位置固定を示している)。

[0060] 第1の実施の形態(図1)では、第1群 G_{r1} ～第3群 G_{r3} が移動群であり、第4群 G_{r4} が固定群である。したがって、ズーミングにおいて第1群 G_{r1} ～第3群 G_{r3} が移動し、第4群 G_{r4} はズーム位置固定である。第3群 G_{r3} はフォーカス群であり、矢印 m_F で示すように、近距離物体へのフォーカシングにおいて像側へ繰り出される。絞りSTは第2群 G_{r2} の物体側に位置しており、ズーミングにおいて第2群 G_{r2} と共に移動する。第2群 G_{r2} を構成している最も像側のレンズ1枚が手振れ補正群 G_{rC} を構成しており、矢印 m_C で示すように、手振れ補正群 G_{rC} を光軸AXに対して垂直に移動させることにより手振れ補正が行われる。非球面は、第2レンズの像側面、第4レンズの両面、第7レンズの像側面、第9レンズの両面である。

[0061] 第2、第5の実施の形態(図2、図5)では、第1群 G_{r1} ～第4群 G_{r4} が移動群である。したがって、ズーミングにおいて第1群 G_{r1} ～第4群 G_{r4} が移動する。第3群 G_{r3} はフォーカス群であり、矢印 m_F で示すように、近距離物体へのフォーカシングにおいて像側へ繰り出される。絞りSTは第2群 G_{r2} の物体側に位置しており、ズーミングにおいて第2群 G_{r2} と共に移動する。第2群 G_{r2} を構成している最も像側のレンズ1枚が手振れ補正群 G_{rC} を構成しており、矢印 m_C で示すように、手振れ補正群 G_{rC} を光軸AXに対して垂直に移動させることにより手振れ補正が行われる。非球面は、第2レンズの像側面、第4レンズの両面、第9レンズの両面である。

[0062] 第3の実施の形態（図3）では、第1群G r 1～第4群G r 4が移動群である。したがって、ズーミングにおいて第1群G r 1～第4群G r 4が移動する。第3群G r 3はフォーカス群であり、矢印m Fで示すように、近距離物体へのフォーカシングにおいて像側へ繰り出される。第2群G r 2を構成している最も像側のレンズ1枚が手振れ補正群G r Cを構成しており、矢印m Cで示すように、手振れ補正群G r Cを光軸A Xに対して垂直に移動させることにより手振れ補正が行われる。絞りS Tは手振れ補正群G r Cの物体側に位置しており、ズーミングにおいて第2群G r 2と共に移動する。非球面は、第2レンズの像側面、第4レンズの両面、第9レンズの両面である。

[0063] 第4の実施の形態（図4）では、第1群G r 1～第3群G r 3が移動群であり、第4群G r 4が固定群である。したがって、ズーミングにおいて第1群G r 1～第3群G r 3が移動し、第4群G r 4はズーム位置固定である。第3群G r 3はフォーカス群であり、矢印m Fで示すように、近距離物体へのフォーカシングにおいて像側へ繰り出される。第2群G r 2を構成している最も像側のレンズ1枚が手振れ補正群G r Cを構成しており、矢印m Cで示すように、手振れ補正群G r Cを光軸A Xに対して垂直に移動させることにより手振れ補正が行われる。絞りS Tは手振れ補正群G r Cの物体側に位置しており、ズーミングにおいて第2群G r 2と共に移動する。第1群G r 1と第2群G r 2との間には、ズーム時に開口径不変で移動するフレアーストッパーF Sが配置されている。非球面は、第2レンズの像側面、第4レンズの両面、第9レンズの両面である。

[0064] 第6の実施の形態（図6）では、第1群G r 1～第4群G r 4が移動群である。したがって、ズーミングにおいて第1群G r 1～第4群G r 4が移動する。第3群G r 3はフォーカス群であり、矢印m Fで示すように、近距離物体へのフォーカシングにおいて像側へ繰り出される。絞りS Tは第2群G r 2の物体側に位置しており、ズーミングにおいて第2群G r 2と共に移動する。第2群G r 2を構成している最も像側の接合レンズが手振れ補正群G r Cを構成しており、矢印m Cで示すように、手振れ補正群G r Cを光軸A

Xに対して垂直に移動させることにより手振れ補正が行われる。非球面は、第2レンズの像側面、第4レンズの両面、第9レンズの両面である。

実施例

[0065] 以下、本発明を実施したズームレンズの構成等を、実施例のコンストラクションデータ等を挙げて更に具体的に説明する。ここで挙げる実施例1～6（EX1～6）は、前述した第1～第6の実施の形態にそれぞれ対応する数値実施例であり、第1～第6の実施の形態を表す光学構成図（図1～図6）は、対応する実施例1～6のレンズ構成をそれぞれ示している。

[0066] 各実施例のコンストラクションデータでは、面データとして、左側の欄から順に、面番号、曲率半径 r (mm)、軸上での面間隔 d (mm)、 d 線（波長 587.56 nm）に関する屈折率 n_d 、 d 線に関するアッペ数 v_d を示す。面番号に*が付された面は非球面であり、その面形状は面頂点を原点とするローカルな直交座標系（ x , y , z ）を用いた以下の式（AS）で定義される。非球面データとして、非球面係数等を示す。なお、各実施例の非球面データにおいて表記の無い項の係数は0であり、すべてのデータに関して $E - n = \times 10^{-n}$ である。

$$z = (c \cdot h^2) / [1 + \sqrt{\{1 - (1 + K) \cdot c^2 \cdot h^2\}}] + \sum (A_j \cdot h^j) \quad \dots (AS)$$

ただし、

h : z 軸（光軸AX）に対して垂直な方向の高さ（ $h^2 = x^2 + y^2$ ）、

z : 高さ h の位置での光軸AX方向のサグ量（面頂点基準）、

c : 面頂点での曲率（曲率半径 r の逆数）、

K : 円錐定数、

A_j : j 次の非球面係数、

である。

[0067] 各種データとして、ズーム比、全系の焦点距離（ f , mm）、Fナンバー（ $Fno.$ ）、半画角（ ω , °）、像高（ Y_{max} , mm）、レンズ全長（ TL , mm）、バックフォーカス（ BF , mm）、可変面間隔 d_i （ i : 面

番号, mm) を、各焦点距離状態について示し、ズームレンズ群データとして、各レンズ群の焦点距離 (mm) を示す。ただし、ここで使っている BF はカバーガラス (平行平板 PT に相当する。) の像側面から像面までの距離であり、レンズ全長はレンズ最前面から像面までの距離である。また、表 1 に条件式に用いられているパラメータの値を各実施例について示し、表 2 に各実施例の条件式対応値を示す。

[0068] 図 7～図 12 は、実施例 1～実施例 6 (EX1～EX6) にそれぞれ対応する収差図 (通常時 (偏心前), 無限遠合焦状態での縦収差図) であり、(W) は広角端, (M) は中間, (T) は望遠端における諸収差 (左から順に、球面収差等, 非点収差, 歪曲収差である。) を示している。図 7～図 12 中、FNO は F ナンバー、Y' (mm) は撮像素子 SR の受光面 SS 上での最大像高 Ymax (光軸 AX からの距離に相当する。) である。球面収差図において、実線 d, 一点鎖線 g, 二点鎖線 c は d 線, g 線, c 線に対する球面収差 (mm) をそれぞれ表しており、破線 SC は正弦条件不満足量 (mm) を表している。非点収差図において、破線 DM はメリディオナル面、実線 DS はサジタル面での d 線に対する各非点収差 (mm) を表している。また、歪曲収差図において実線は d 線に対する歪曲 (%) を表している。

[0069] 図 13～図 24 は、実施例 1～実施例 6 (EX1～EX6) の偏心前 (通常時) 及び偏心後 (手振れ補正時) の無限遠合焦状態での横収差図であり、図 13 及び図 14 は実施例 1、図 15 及び図 16 は実施例 2、図 17 及び図 18 は実施例 3、図 19 及び図 20 は実施例 4、図 21 及び図 22 は実施例 5、図 23 及び図 24 は実施例 6 にそれぞれ対応している。図 13～図 24 中、(A), (B) は偏心前の横収差図であり、(C)～(E) は偏心後の横収差図である (y' (mm) は撮像素子 SR の受光面 SS 上での最大像高 Ymax (光軸 AX からの距離に相当する。) である。) 。

[0070] 図 13, 図 15, 図 17, 図 19, 図 21, 図 23 は、広角端 (W) で 0.3 度の角度の像ブレを偏心レンズ成分 (すなわち手振れ補正群 GrC) の偏心により補正したときの軸上及び軸外での横収差の劣化を表しており、図

14, 図16, 図18, 図20, 図22, 図24は、望遠端(T)で0.3度の角度の像ブレを偏心レンズ成分の偏心により補正したときの軸上及び軸外での横収差の劣化を表している。ただし、図13～図24から分かるように、収差劣化は小さく、手振れ補正状態でも良好な性能が確保できている。

[0071] 実施例1

単位: mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	74.658	3.920	1.62041	60.35
2	17.888	12.209		
3	-123.657	1.740	1.48749	70.45
4*	47.462	1.000		
5	37.093	2.420	1.84666	23.78
6	58.800	可変		
7(絞り)	∞	0.500		
8*	18.531	7.980	1.74330	49.32
9*	-144.529	0.200		
10	30.601	3.180	1.51680	64.20
11	-90.803	0.800	1.69895	30.05
12	13.321	2.363		
13	21.633	3.460	1.48749	70.45
14*	-58.042	0.500		
15	29.117	2.390	1.49700	81.61
16	-148.177	可変		
17*	-100.143	0.900	1.69350	53.22
18*	13.758	可変		
19	52.775	4.420	1.62041	60.35
20	-30.492	12.100		
21	∞	1.900	1.51680	64.20
22	∞			

[0072] 非球面データ

第4面

K= 0.00000

A4=-9.43781E-06

A6=-2.12317E-08

A8= 4.96413E-11

A10=-2.39529E-13

[0073] 第8面

K= 0.00000

A4=-1.22879E-05

A6=-2.04014E-08

A8=-4.56303E-10

A10= 3.51589E-13

[0074]

第9面

K= 0.00000
 A4= 2.08789E-05
 A6=-1.01130E-07
 A8=-3.62447E-10
 A10= 1.75935E-12

[0075] 第14面

K= 0.00000
 A4=-1.70184E-05
 A6= 2.91570E-07
 A8=-2.77718E-09
 A10= 8.12590E-12

[0076] 第17面

K= 0.00000
 A4= 1.96322E-04
 A6=-1.04344E-05
 A8= 3.17151E-07
 A10=-4.02866E-09

[0077] 第18面

K= 0.00000
 A4= 2.11688E-04
 A6=-1.15414E-05
 A8= 3.36165E-07
 A10=-4.17712E-09

[0078] 各種データ

ズーム比	2.917		
	広角 (W)	中間 (M)	望遠 (T)
焦点距離	12.000	20.500	35.000
Fナンバー	2.800	2.800	2.800
半画角	45.032	27.933	16.779
像高	10.800	10.800	10.800
レンズ全長	119.278	92.527	86.638
BF	2.000	2.000	2.000
d6	50.528	18.940	2.365
d16	1.000	4.145	7.992
d18	3.769	5.460	12.299

[0079] ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-30.212
2	7	19.956
3	17	-17.386
4	19	31.796

[0080]

実施例 2

単位 : mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	85.106	2.450	1.58913	61.24
2	17.521	12.409		
3	-112.386	1.740	1.51680	64.20
4*	48.408	1.208		
5	42.299	3.000	1.84666	23.78
6	81.889	可変		
7(絞り)	∞	0.500		
8*	19.289	4.030	1.69350	53.22
9*	534.432	2.681		
10	28.231	3.230	1.48749	70.45
11	-163.722	1.121	1.67270	32.17
12	14.882	2.537		
13	25.731	3.730	1.49700	81.61
14	-44.377	0.500		
15	33.955	2.440	1.49700	81.61
16	-163.729	可変		
17*	-113.134	1.070	1.53048	55.72
18*	14.026	可変		
19	77.410	3.940	1.58913	61.24
20	-31.030	可変		
21	∞	1.900	1.51680	64.20
22	∞			

[0081] 非球面データ

第4面

K= 0.00000

A4=-1.10248E-05

A6=-2.90192E-08

A8= 8.51008E-11

A10=-3.23488E-13

[0082] 第8面

K= 0.00000

A4=-6.36191E-06

A6= 2.98541E-08

A8=-3.03744E-10

A10= 1.01842E-12

[0083] 第9面

K= 0.00000

A4= 1.61675E-05

A6= 2.74193E-08

A8=-3.10516E-10

A10= 1.05769E-12

[0084]

第17面

K= 0.00000
 A4= 1.23373E-04
 A6=-5.64289E-06
 A8= 1.48573E-07
 A10=-1.60374E-09

[0085] 第18面

K= 0.00000
 A4= 1.27751E-04
 A6=-5.72478E-06
 A8= 1.36764E-07
 A10=-1.37893E-09

[0086] 各種データ

ズーム比	2.917		
	広角 (W)	中間 (M)	望遠 (T)
焦点距離	12.000	20.500	35.000
Fナンバー	2.800	2.800	2.800
半画角	45.025	28.023	16.826
像高	10.800	10.800	10.800
レンズ全長	119.108	91.809	89.045
BF	2.000	2.000	2.000
d6	49.219	17.278	2.154
d16	1.000	5.802	10.153
d18	3.753	5.017	14.151
d20	14.651	13.226	12.100

[0087] ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-29.839
2	7	22.027
3	17	-23.456
4	19	38.113

[0088]

実施例 3

単位 : mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	70.017	2.350	1.58913	61.24
2	17.855	13.263		
3	-92.589	1.730	1.48749	70.45
4*	44.967	2.031		
5	43.626	2.330	1.84666	23.78
6	76.500	可変		
7*	19.113	4.200	1.69350	53.22
8*	781.304	3.340		
9	27.526	3.050	1.58913	61.24
10	-163.722	1.150	1.69895	30.05
11	14.186	2.654		
12	27.010	2.950	1.58913	61.24
13	-109.954	0.500		
14(絞り)	∞	0.500		
15	31.798	2.500	1.49700	81.61
16	-160.340	可変		
17*	-92.147	1.000	1.53048	55.72
18*	13.680	可変		
19	42.315	4.700	1.48749	70.45
20	-26.043	可変		
21	∞	1.900	1.51680	64.20
22	∞			

[0089] 非球面データ

第4面

K= 0.00000

A4=-1.07458E-05

A6=-3.08800E-08

A8= 9.24341E-11

A10=-2.86896E-13

[0090] 第7面

K= 0.00000

A4=-7.52250E-06

A6=-3.43174E-08

A8= 1.59721E-10

A10=-5.31783E-13

[0091] 第8面

K= 0.00000

A4= 1.23658E-05

A6=-3.38793E-08

A8= 2.54657E-10

A10=-7.61000E-13

[0092]

第17面

K= 0.00000
 A4= 1.21361E-04
 A6=-6.46828E-06
 A8= 1.95713E-07
 A10=-2.38614E-09

[0093] 第18面

K= 0.00000
 A4= 1.34421E-04
 A6=-7.57877E-06
 A8= 2.24530E-07
 A10=-2.74766E-09

[0094] 各種データ

ズーム比	2.917		
	広角 (W)	中間 (M)	望遠 (T)
焦点距離	12.000	20.500	35.000
Fナンバー	2.800	2.800	2.800
半画角	45.036	27.972	16.895
像高	10.800	10.800	10.800
レンズ全長	117.078	91.564	88.280
BF	2.000	2.000	2.000
d6	47.575	16.965	1.396
d16	1.038	5.860	10.779
d18	3.197	4.431	11.479
d20	13.121	12.162	12.480

[0095] ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-29.502
2	7	22.228
3	17	-22.381
4	19	33.832

[0096]

実施例 4

単位 : mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	106.513	2.300	1.58913	61.24
2	17.278	12.010		
3	-148.616	1.720	1.51680	64.20
4*	49.875	2.673		
5	48.976	2.431	1.84666	23.78
6	106.550	可変		
7(FS)	∞	可変		
8*	18.503	8.650	1.69350	53.22
9*	-305.951	0.200		
10	27.368	3.830	1.48749	70.45
11	-70.190	1.120	1.67270	32.17
12	13.482	2.766		
13	24.800	3.020	1.49700	81.61
14	-126.277	0.500		
15(絞り)	∞	1.000		
16	33.959	2.400	1.49700	81.61
17	-131.878	可変		
18*	-170.598	1.270	1.53048	55.72
19*	15.968	可変		
20	112.732	4.300	1.58913	61.24
21	-27.445	12.100		
22	∞	1.900	1.51680	64.20
23	∞			

[0097] 非球面データ

第4面

K= 0.00000

A4=-1.27453E-05

A6=-3.15463E-08

A8= 1.06588E-10

A10=-4.36607E-13

[0098] 第8面

K= 0.00000

A4=-1.12001E-05

A6=-1.90261E-08

A8=-4.32614E-11

A10= 6.24684E-14

[0099] 第9面

K= 0.00000

A4= 1.13477E-05

A6=-1.71564E-08

A8= 4.21066E-11

A10= 1.42917E-13

[0100]

第18面

K= 0.00000
 A4= 1.40295E-04
 A6=-4.75015E-06
 A8= 1.01988E-07
 A10=-8.97567E-10

[0101] 第19面

K= 0.00000
 A4= 1.64031E-04
 A6=-4.62575E-06
 A8= 8.79935E-08
 A10=-7.46670E-10

[0102] 各種データ

ズーム比	2.917		
	広角 (W)	中間 (M)	望遠 (T)
焦点距離	12.000	20.500	35.000
Fナンバー	2.800	2.800	2.800
半画角	45.000	27.830	16.857
像高	10.800	10.800	10.800
レンズ全長	118.252	93.343	93.007
BF	2.000	2.000	2.000
d6	27.326	2.073	2.068
d7	20.407	14.916	0.502
d17	1.000	5.884	10.065
d19	3.329	4.279	14.181

[0103] ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-29.969
2	7	23.763
3	17	-27.460
4	19	37.896

[0104]

実施例 5

単位 : mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	88.504	2.200	1.58913	61.24
2	17.472	12.338		
3	-112.130	1.700	1.51680	64.20
4*	47.065	1.433		
5	42.911	2.900	1.84666	23.78
6	85.283	可変		
7(絞り)	∞	0.500		
8*	19.460	4.080	1.69350	53.22
9*	504.884	2.980		
10	29.413	3.260	1.48749	70.45
11	-141.336	0.925	1.67270	32.17
12	15.184	2.484		
13	25.895	3.720	1.49700	81.61
14	-44.492	0.500		
15	35.004	2.450	1.49700	81.61
16	-149.222	可変		
17*	-144.841	1.060	1.53048	55.72
18*	14.214	可変		
19	81.472	4.020	1.58913	61.24
20	-31.336	可変		
21	∞	1.900	1.51680	64.20
22	∞			

[0105] 非球面データ

第4面

K= 0.00000

A4=-1.18127E-05

A6=-3.04580E-08

A8= 9.16487E-11

A10=-3.40974E-13

[0106] 第8面

K= 0.00000

A4=-6.34937E-06

A6= 3.14237E-08

A8=-2.60420E-10

A10= 1.23566E-13

[0107] 第9面

K= 0.00000

A4= 1.59811E-05

A6= 3.47847E-08

A8=-3.69376E-10

A10= 5.53905E-13

[0108]

第17面

$K = 0.00000$
 $A4 = 1.31956E-04$
 $A6 = -6.05472E-06$
 $A8 = 1.61753E-07$
 $A10 = -1.77718E-09$

[0109] 第18面

$K = 0.00000$
 $A4 = 1.37452E-04$
 $A6 = -6.02803E-06$
 $A8 = 1.46300E-07$
 $A10 = -1.49775E-09$

[0110] 各種データ

ズーム比	2.917		
	広角 (W)	中間 (M)	望遠 (T)
焦点距離	12.000	20.500	35.000
Fナンバー	2.800	2.800	2.800
半画角	45.038	28.017	16.827
像高	10.800	10.800	10.800
レンズ全長	119.240	91.706	89.766
BF	2.000	2.000	2.000
d6	48.806	16.826	2.142
d16	1.000	6.180	10.695
d18	3.989	4.751	14.380
d20	14.996	13.499	12.100

[0111] ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-29.348
2	7	22.348
3	17	-24.344
4	19	38.929

[0112]

実施例 6

単位 : mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	82.592	2.200	1.58913	61.24
2	17.376	12.716		
3	-93.089	1.700	1.51680	64.20
4*	51.933	1.000		
5	48.158	2.900	1.84666	23.78
6	112.089	可変		
7(絞り)	∞	0.500		
8*	19.135	3.350	1.69350	53.22
9*	73.377	2.011		
10	20.602	2.880	1.48749	70.45
11	50.352	1.130	1.67270	32.17
12	14.808	3.360		
13	37.693	3.000	1.62041	60.35
14	-70.529	0.500		
15	23.892	1.000	1.75520	27.52
16	15.303	4.000	1.48749	70.45
17	-126.388	可変		
18*	-114.916	1.100	1.53048	55.72
19*	14.605	可変		
20	80.788	4.000	1.58913	61.24
21	-29.882	可変		
22	∞	1.900	1.51680	64.20
23	∞			

[0113] 非球面データ

第4面

K= 0.00000

A4=-1.20984E-05

A6=-2.78776E-08

A8= 8.14167E-11

A10=-3.22648E-13

[0114] 第8面

K= 0.00000

A4=-2.66493E-06

A6= 3.62388E-08

A8=-3.69534E-10

A10= 1.09159E-12

[0115] 第9面

K= 0.00000

A4= 1.82203E-05

A6= 3.76122E-08

A8=-4.06044E-10

A10= 1.23418E-12

[0116]

第18面

$K = 0.00000$
 $A4 = 1.55201E-04$
 $A6 = -6.69596E-06$
 $A8 = 1.66821E-07$
 $A10 = -1.72969E-09$

[0117] 第19面

$K = 0.00000$
 $A4 = 1.64742E-04$
 $A6 = -6.51575E-06$
 $A8 = 1.44420E-07$
 $A10 = -1.35978E-09$

[0118] 各種データ

ズーム比	2.917		
	広角 (W)	中間 (M)	望遠 (T)
焦点距離	12.000	20.500	35.000
Fナンバー	2.800	2.800	2.800
半画角	45.011	28.007	16.863
像高	10.400	10.400	10.400
レンズ全長	117.575	91.498	89.982
BF	2.000	2.000	2.000
d6	47.462	16.494	1.978
d17	1.000	5.930	10.115
d19	3.609	4.899	14.543
d21	14.258	12.929	12.100

[0119] ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-29.861
2	7	22.164
3	18	-24.355
4	20	37.530

[0120]

[表1]

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
fw	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
ft	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000
M1	-32.640	-30.064	-28.798	-25.245	-29.474	-27.594
M2	15.522	17.001	17.381	19.918	17.189	17.891
β_{3w}	3.263	2.792	2.876	2.200	2.793	2.679
β_{3t}	3.754	2.869	3.126	2.596	2.761	2.827
t3	0.900	1.070	1.000	1.270	1.060	1.100
f1	-30.212	-29.839	-29.502	-29.969	-29.348	-29.861
f2	19.956	22.027	22.228	23.763	22.348	22.164
f3	-17.386	-23.456	-22.381	-27.460	-24.344	-24.355
f4	31.796	38.113	33.832	37.896	38.929	37.530
TLW	119.278	119.108	117.078	118.252	119.240	117.575
TL2T	62.983	66.083	65.180	69.303	67.053	66.989
β_{dw}	0.698	0.683	0.672	0.670	0.677	0.638
β_{dt}	0.542	0.518	0.479	0.469	0.506	0.465
β_{rw}	1.583	1.428	1.379	1.278	1.432	1.380
β_{rt}	1.821	1.659	1.559	1.507	1.621	1.619

[0121] [表2]

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
(1) $ M1/M2 $	2.103	1.768	1.657	1.267	1.715	1.542
(2) $TL2T/Y_{max}$	5.832	6.119	6.035	6.417	6.209	6.203
(3) β_{3t}	3.754	2.869	3.126	2.596	2.761	2.827
(4) $f1/fw$	-2.518	-2.487	-2.459	-2.497	-2.446	-2.488
(5) $T3/TLW$	0.008	0.009	0.009	0.011	0.009	0.009
(6) β_{3t}/β_{3w}	1.150	1.027	1.087	1.180	0.989	1.055
(7) SF	0.758	0.779	0.741	0.829	0.821	0.774
(8) $f2/\sqrt{(fw*ft)}$	0.974	1.075	1.085	1.160	1.090	1.081
(9) $f3/\sqrt{(fw*ft)}$	-0.848	-1.145	-1.092	-1.340	-1.188	-1.188
(10) $f4/\sqrt{(fw*ft)}$	1.551	1.860	1.651	1.849	1.900	1.831
(11) $(1-\beta_{dw})\beta_{rw}$	0.478	0.453	0.453	0.422	0.462	0.500
(12) $(1-\beta_{dt})\beta_{rt}$	0.835	0.800	0.813	0.800	0.800	0.867

符号の説明

[0122] D U デジタル機器

L U 撮像光学装置

Z L ズームレンズ

G r 1 第1群

G r 2 第2群

G r 3 第3群

G r 4 第4群

G r C	手振れ補正群
S T	絞り（開口絞り）
F S	フレアーストッパー
S R	撮像素子
S S	受光面（撮像面）
I M	像面（光学像）
A X	光軸
1	信号処理部
2	制御部
3	メモリ
4	操作部
5	表示部

請求の範囲

[請求項1] 物体側から順に、負パワーを有する第1群と、正パワーを有する第2群と、負パワーを有する第3群と、正パワーを有する第4群と、を含み、各群間隔を変化させることにより変倍を行うズームレンズであって、広角端から望遠端への変倍において、少なくとも前記第1群から前記第3群がそれぞれ移動し、前記第1群と前記第2群との間隔が減少し、前記第2群と前記第3群との間隔が変化し、前記第3群と前記第4群との間隔が増大し、以下の条件式(1)及び条件式(3)を満足することを特徴とするズームレンズ；

$$0.9 < |M1 / M2| < 2.5 \quad \dots (1)$$

$$2.0 < \beta_{3t} < 4.4 \quad \dots (3)$$

ただし、

M1：広角端から望遠端までの第1群の移動量、

M2：広角端から望遠端までの第2群の移動量、

β_{3t} ：望遠端における第3群の近軸横倍率、

である。

[請求項2] 以下の条件式(2)を満足することを特徴とする請求項1記載のズームレンズ；

$$TL_{2t} / Y_{max} < 8.0 \quad \dots (2)$$

ただし、

TL_{2t} ：望遠端における第2群の最も物体側のレンズ面から像面までの距離、

Y_{max} ：最大像高、

である。

[請求項3] 以下の条件式(4)を満足することを特徴とする請求項1記載のズームレンズ；

$$-3.0 < f_1 / f_w < -2.0 \quad \dots (4)$$

ただし、

f_1 : 第 1 群の焦点距離、
 f_w : 広角端における全系の焦点距離、
 である。

[請求項4] 以下の条件式 (5) を満足することを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ；

$$T_3 / T_{Lw} < 0.02 \quad \dots (5)$$

ただし、

T_3 : 第 3 群の光軸上の厚み、

T_{Lw} : 広角端における第 1 群の最も物体側のレンズ面から像面までの距離、

である。

[請求項5] 前記第 3 群に少なくとも 1 面の非球面を含むことを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ。

[請求項6] 以下の条件式 (6) を満足することを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ；

$$0.7 < \beta_{3t} / \beta_{3w} < 1.5 \quad \dots (6)$$

ただし、

β_{3w} : 広角端における第 3 群の近軸横倍率、

である。

[請求項7] 前記第 3 群が、以下の条件式 (7) を満足する負レンズを 1 枚有していることを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ；

$$0.4 < SF < 0.88 \quad \dots (7)$$

ただし、

$$SF = (R_1 + R_2) / (R_1 - R_2)$$

R_1 : 負レンズの物体側面の曲率半径、

R_2 : 負レンズの像側面の曲率半径、

である。

[請求項8] 前記第 3 群の移動によりフォーカシングを行うことを特徴とする請

求項 1 記載のズームレンズ。

[請求項9] 以下の条件式 (8) を満足することを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ；

$$0.7 < f_2 / \sqrt{(f_w \times f_t)} < 1.5 \quad \dots (8)$$

ただし、

f_2 : 第 2 群の焦点距離、

f_w : 広角端における全系の焦点距離、

f_t : 望遠端における全系の焦点距離、

である。

[請求項10] 以下の条件式 (9) を満足することを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ；

$$-1.6 < f_3 / \sqrt{(f_w \times f_t)} < -0.5 \quad \dots (9)$$

ただし、

f_3 : 第 3 群の焦点距離、

f_w : 広角端における全系の焦点距離、

f_t : 望遠端における全系の焦点距離、

である。

[請求項11] 以下の条件式 (10) を満足することを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ；

$$1.1 < f_4 / \sqrt{(f_w \times f_t)} < 2.3 \quad \dots (10)$$

ただし、

f_4 : 第 4 群の焦点距離、

f_w : 広角端における全系の焦点距離、

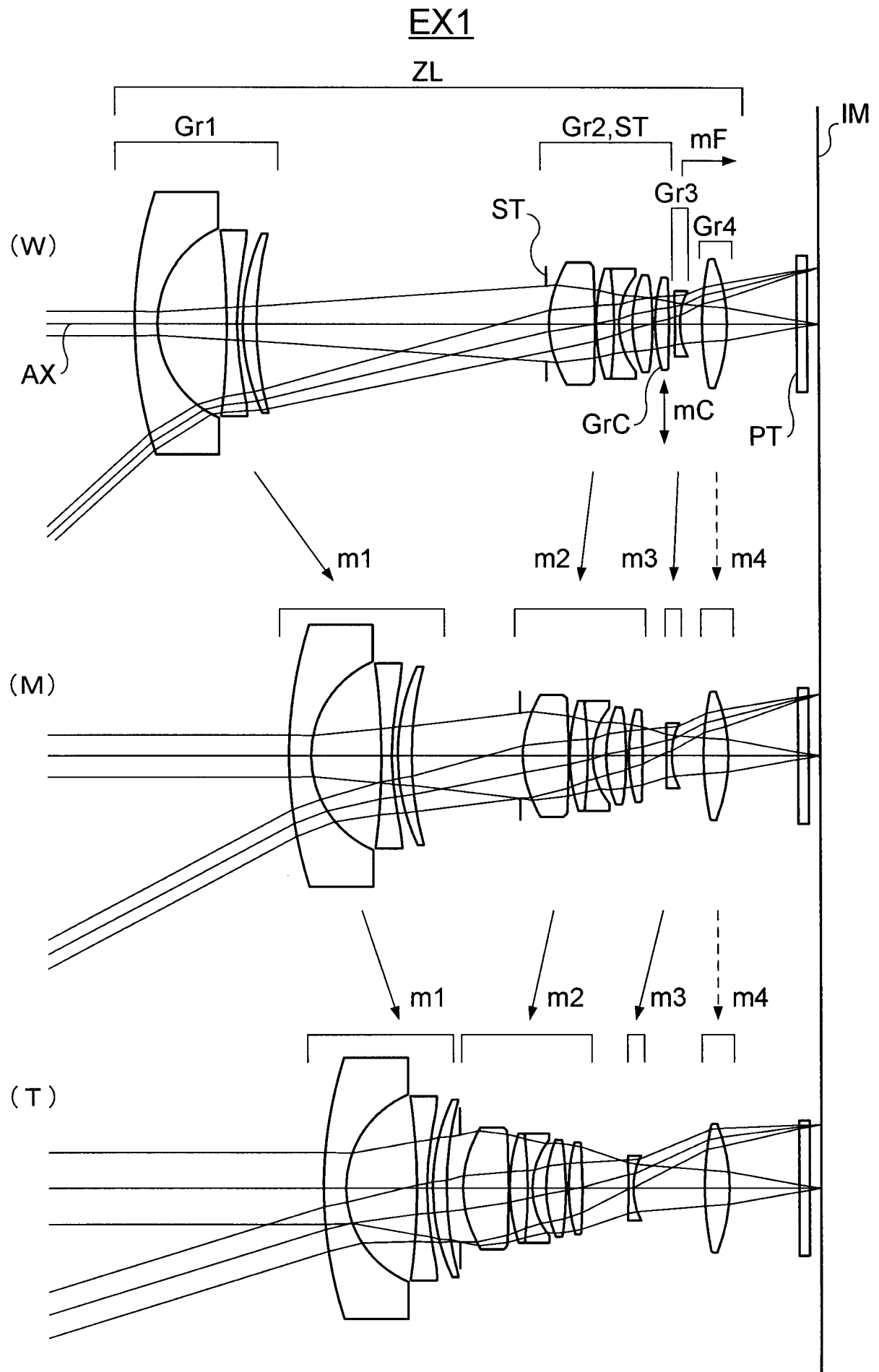
f_t : 望遠端における全系の焦点距離、

である。

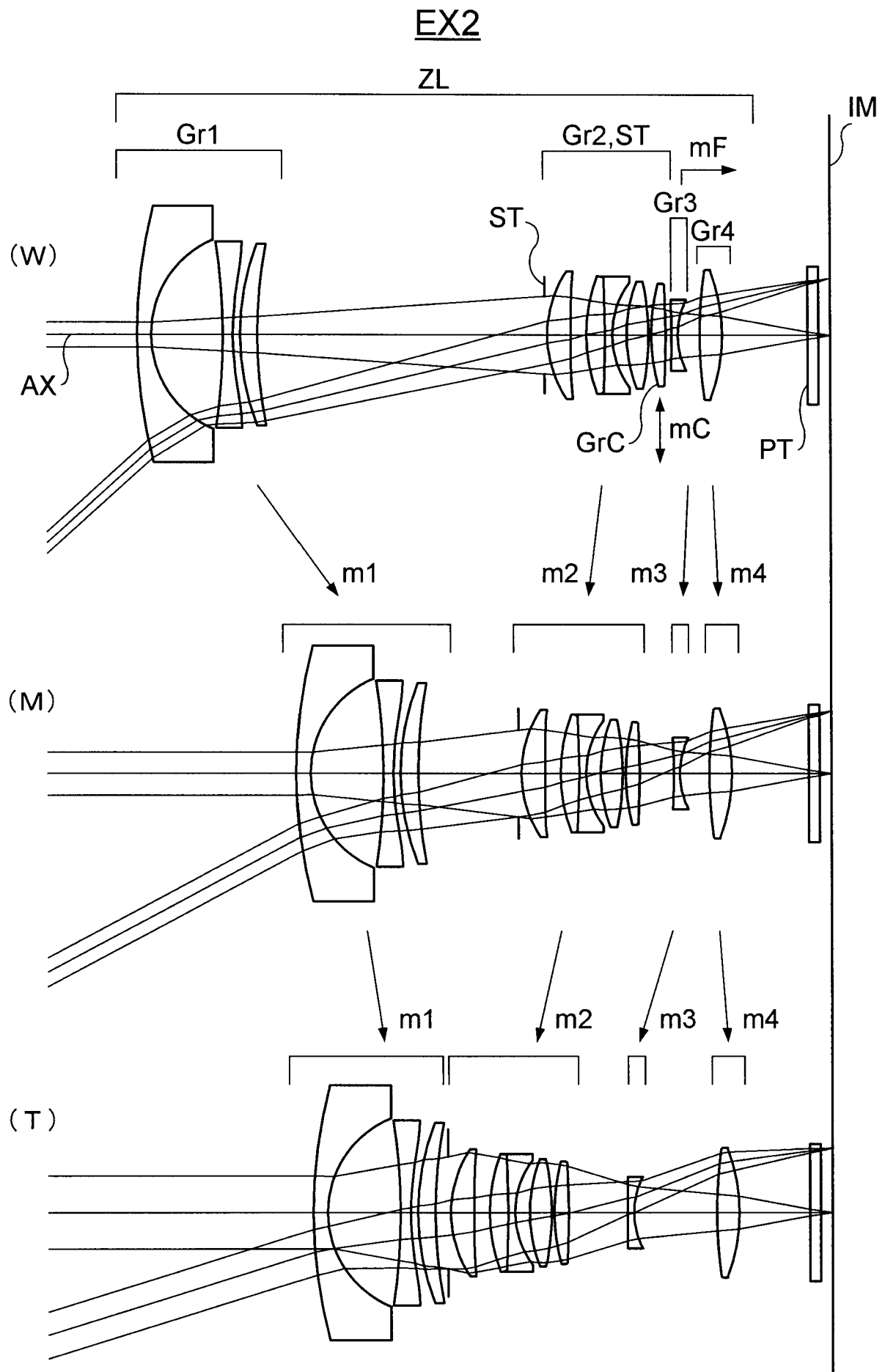
[請求項12] 前記第 2 群を構成している最も像側のレンズを含むレンズ群を、光軸に対して垂直に移動させることにより手振れ補正を行うことを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ。

- [請求項13] デジタルカメラ用の交換レンズであることを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ。
- [請求項14] 請求項 1 記載のズームレンズと、受光面上に形成された光学像を電気的な信号に変換する撮像素子と、を備え、前記撮像素子の受光面上に被写体の光学像が形成されるように前記ズームレンズが設けられていることを特徴とする撮像光学装置。
- [請求項15] 請求項 1 4 記載の撮像光学装置を備えることにより、被写体の静止画撮影、動画撮影のうちの少なくとも一方の機能が付加されたことを特徴とするデジタル機器。

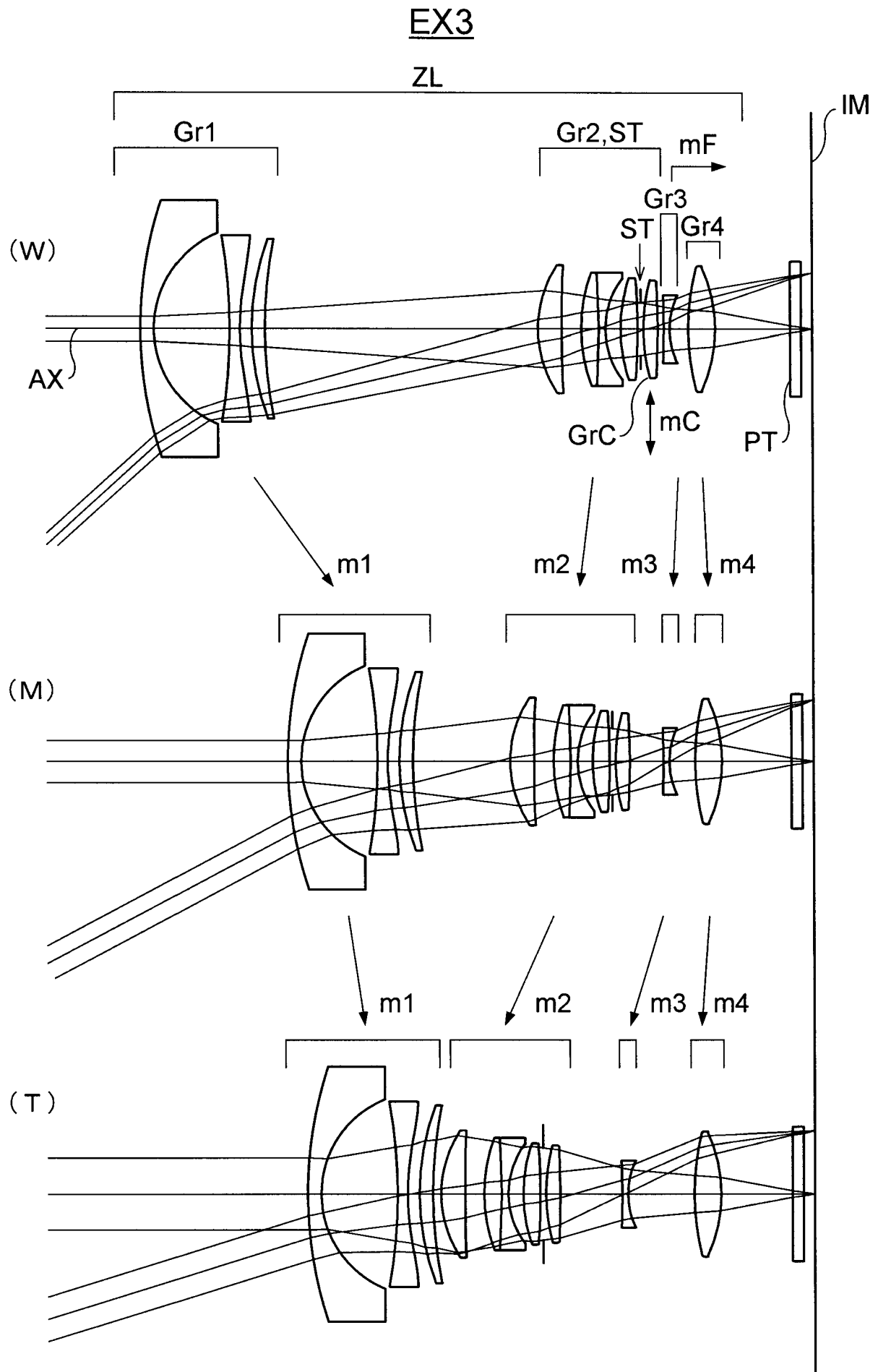
[図1]



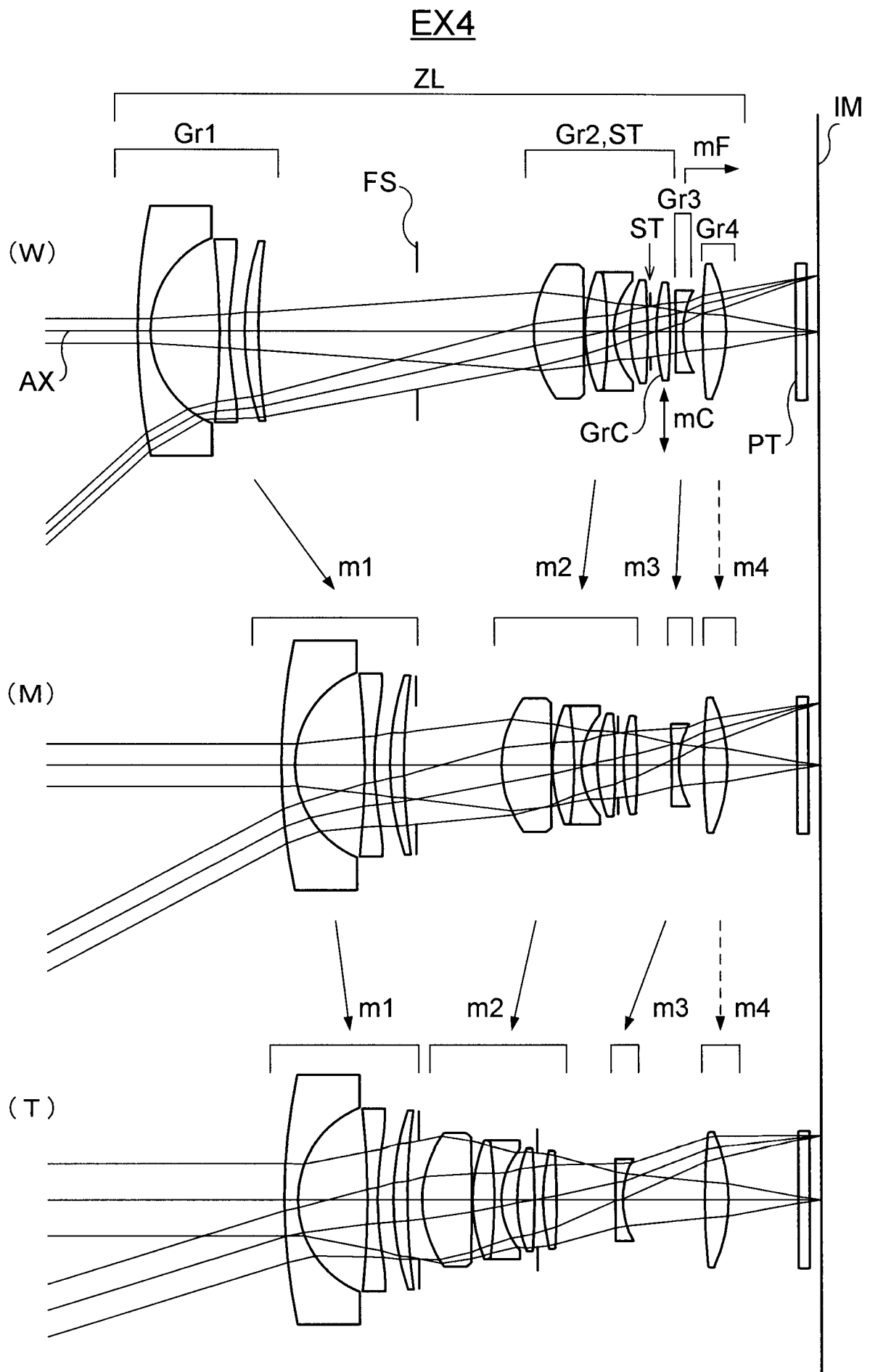
[図2]



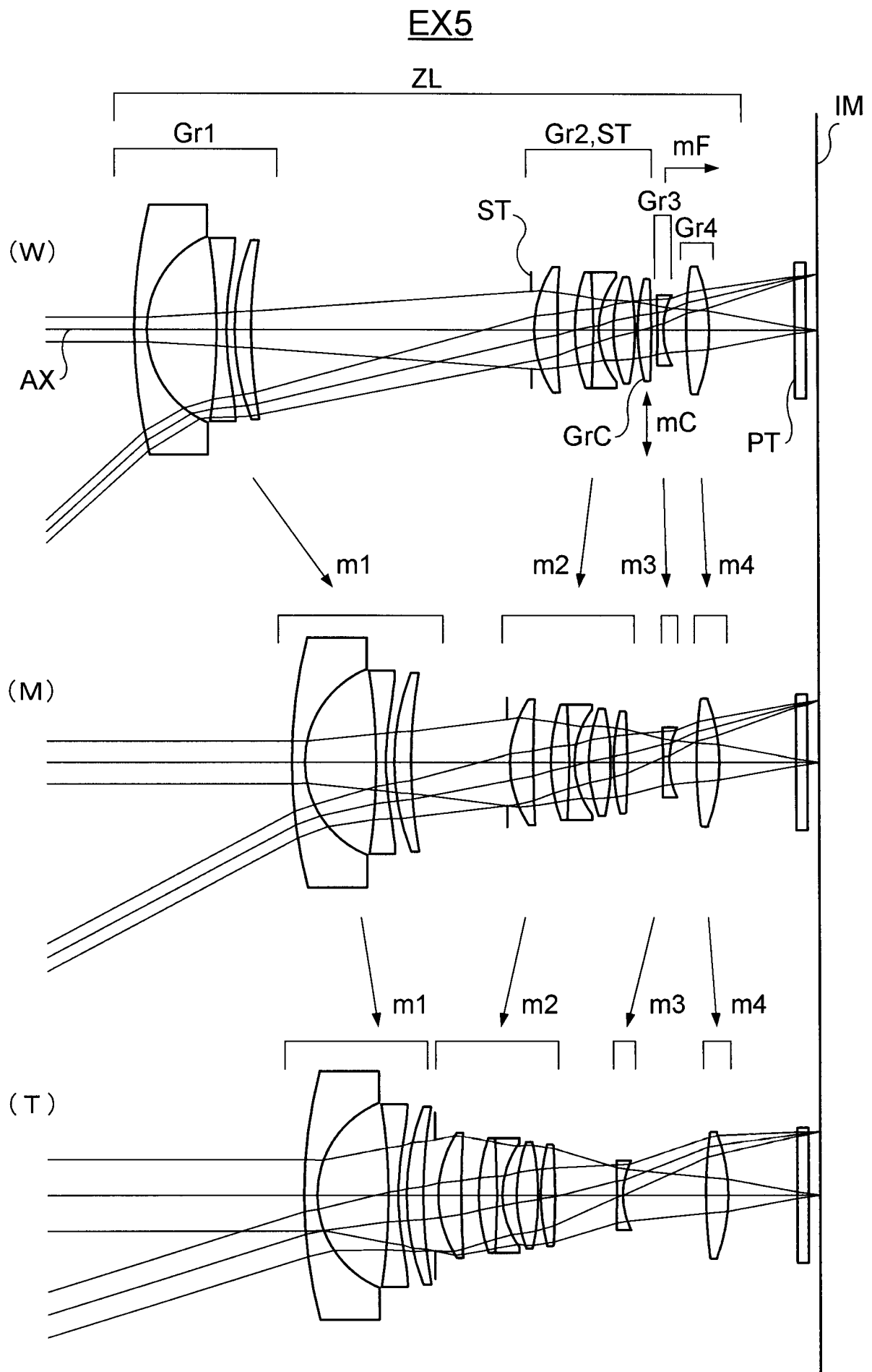
[図3]



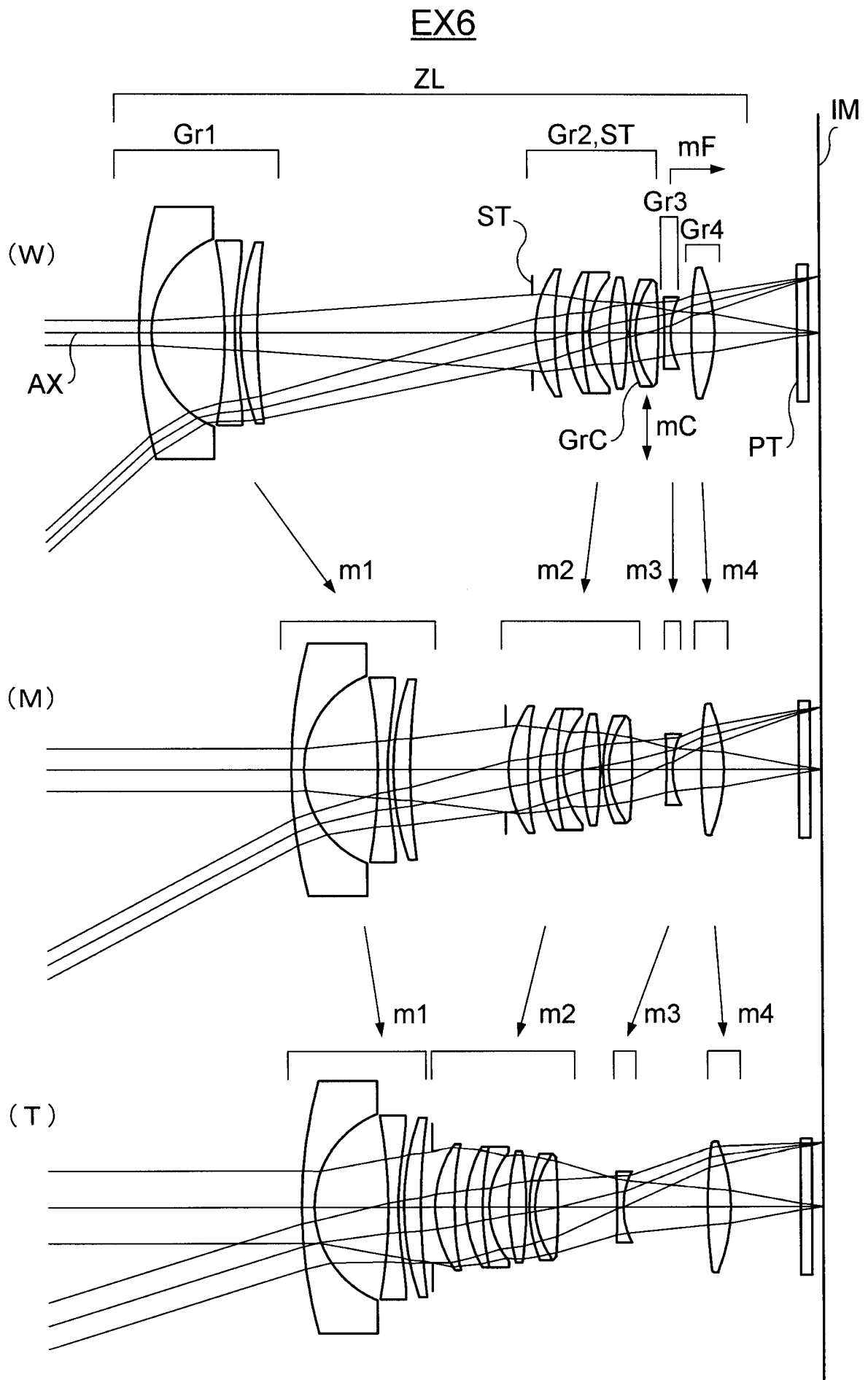
[図4]



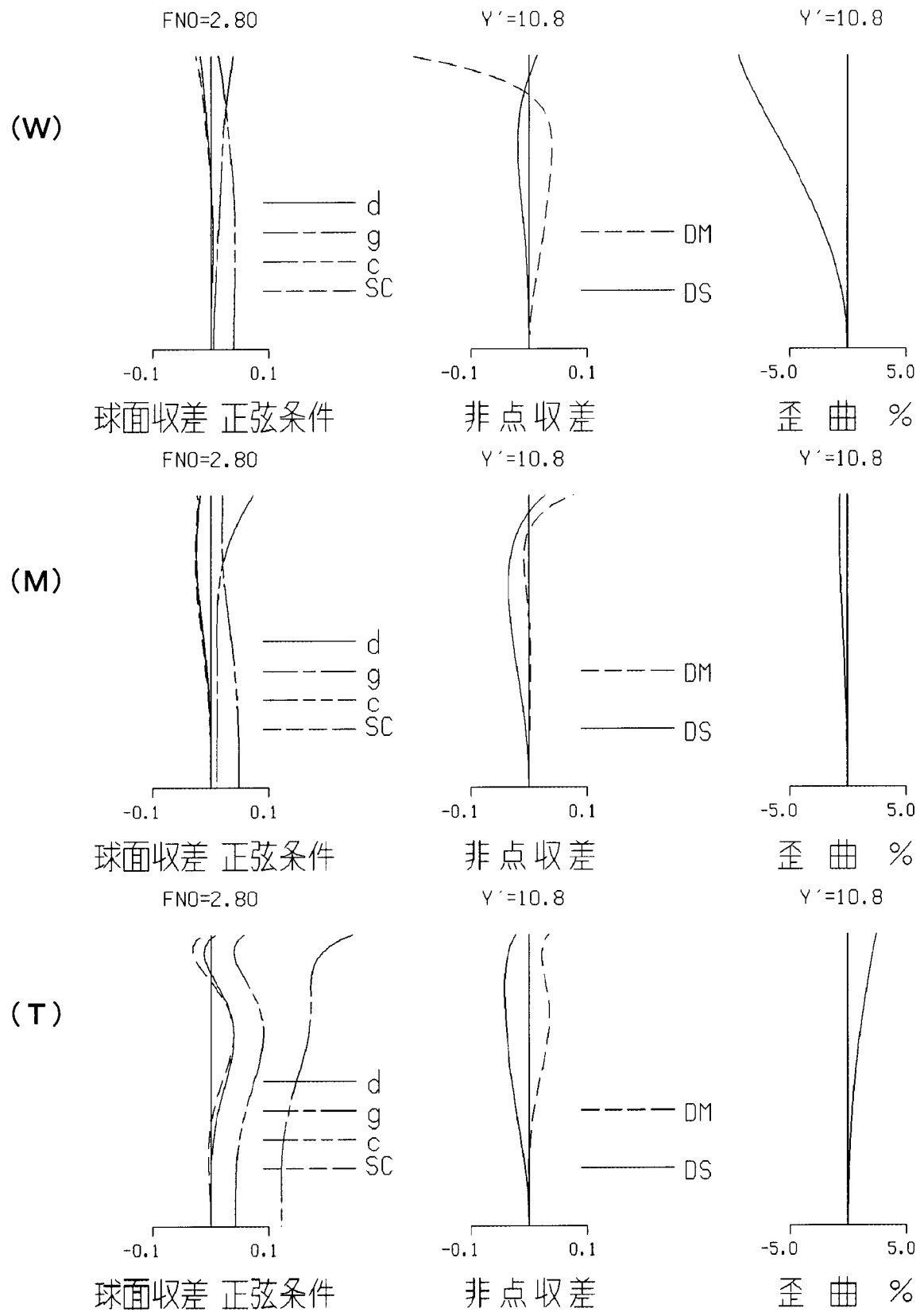
[図5]



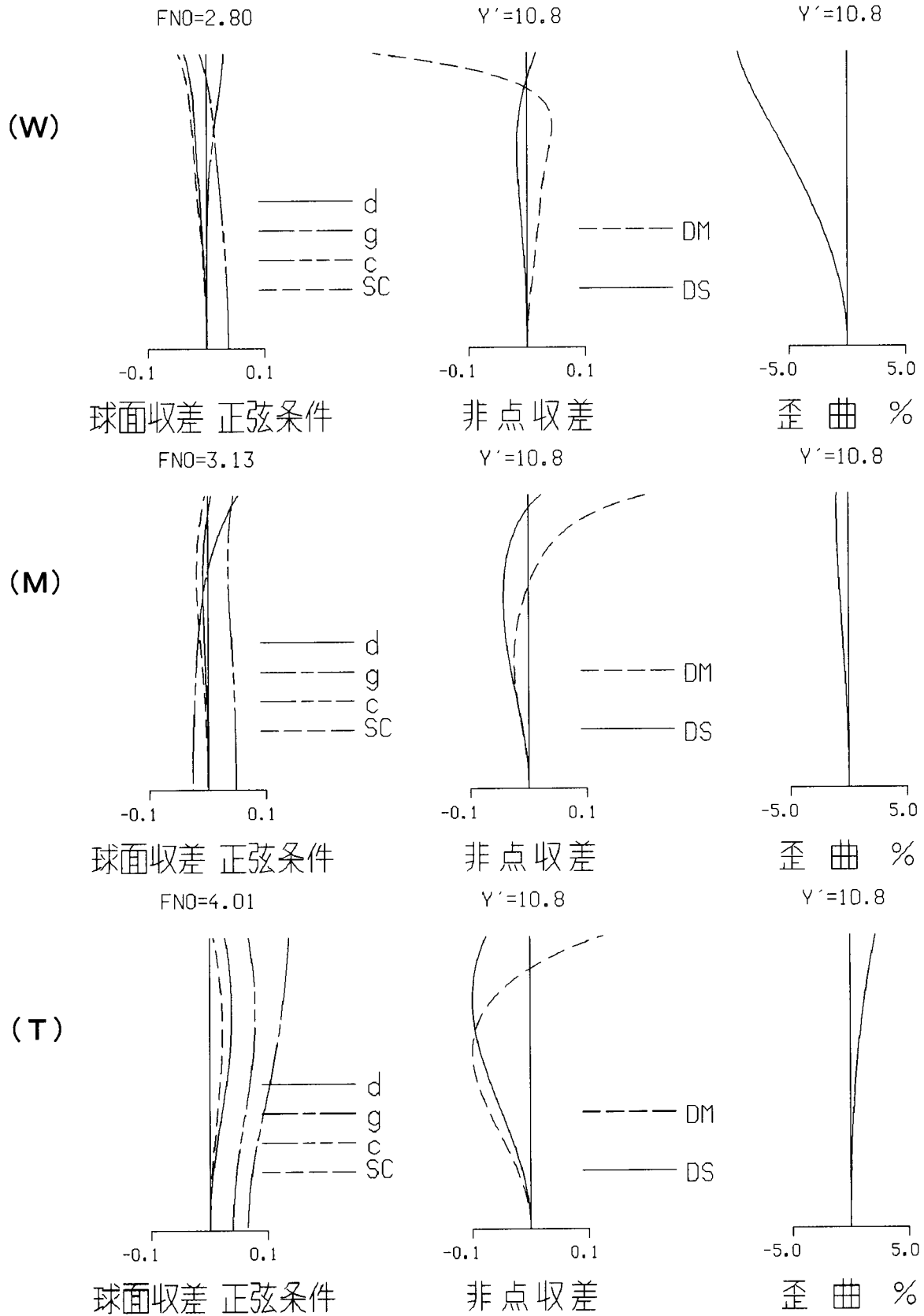
[図6]



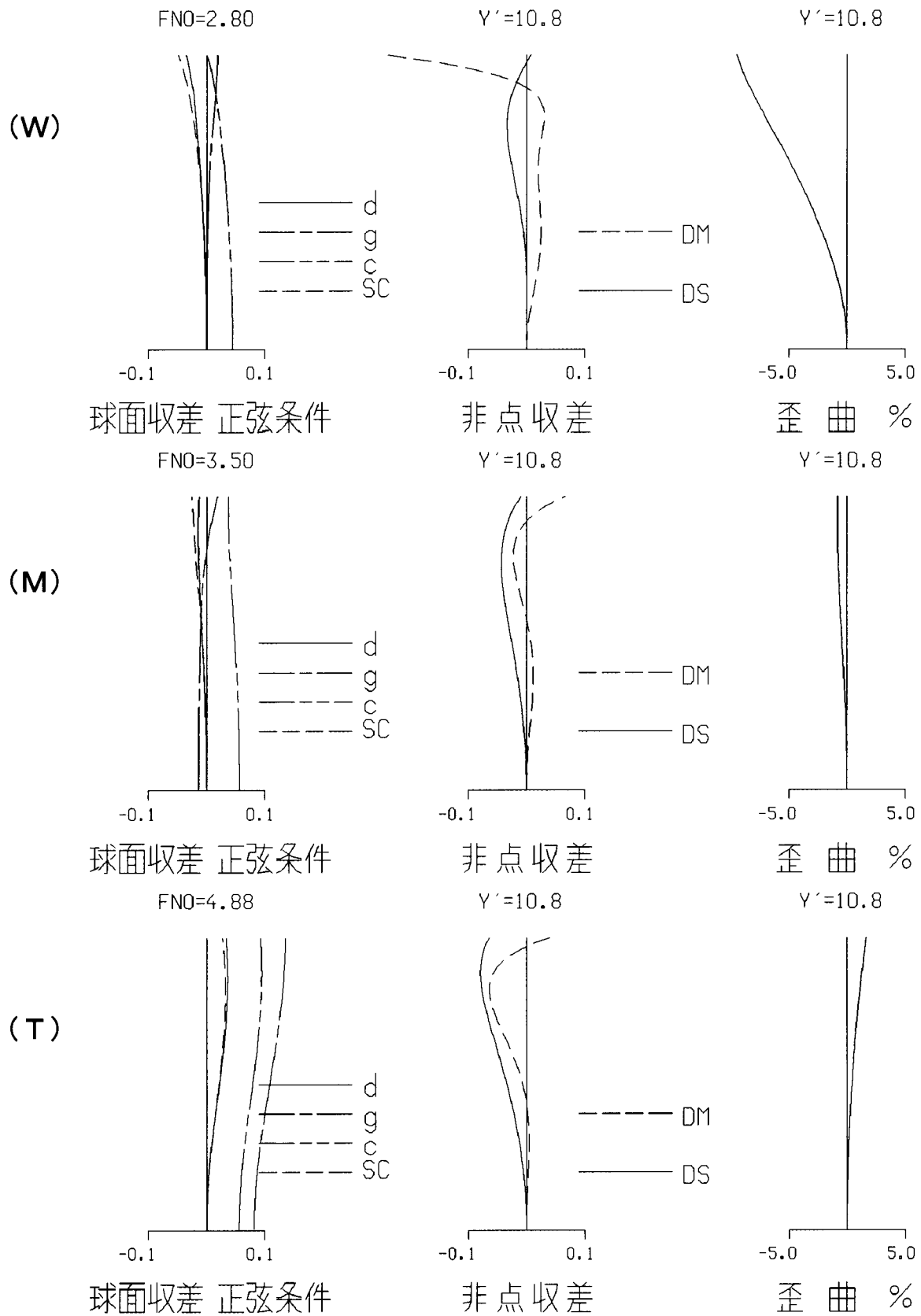
[図7]

EX1

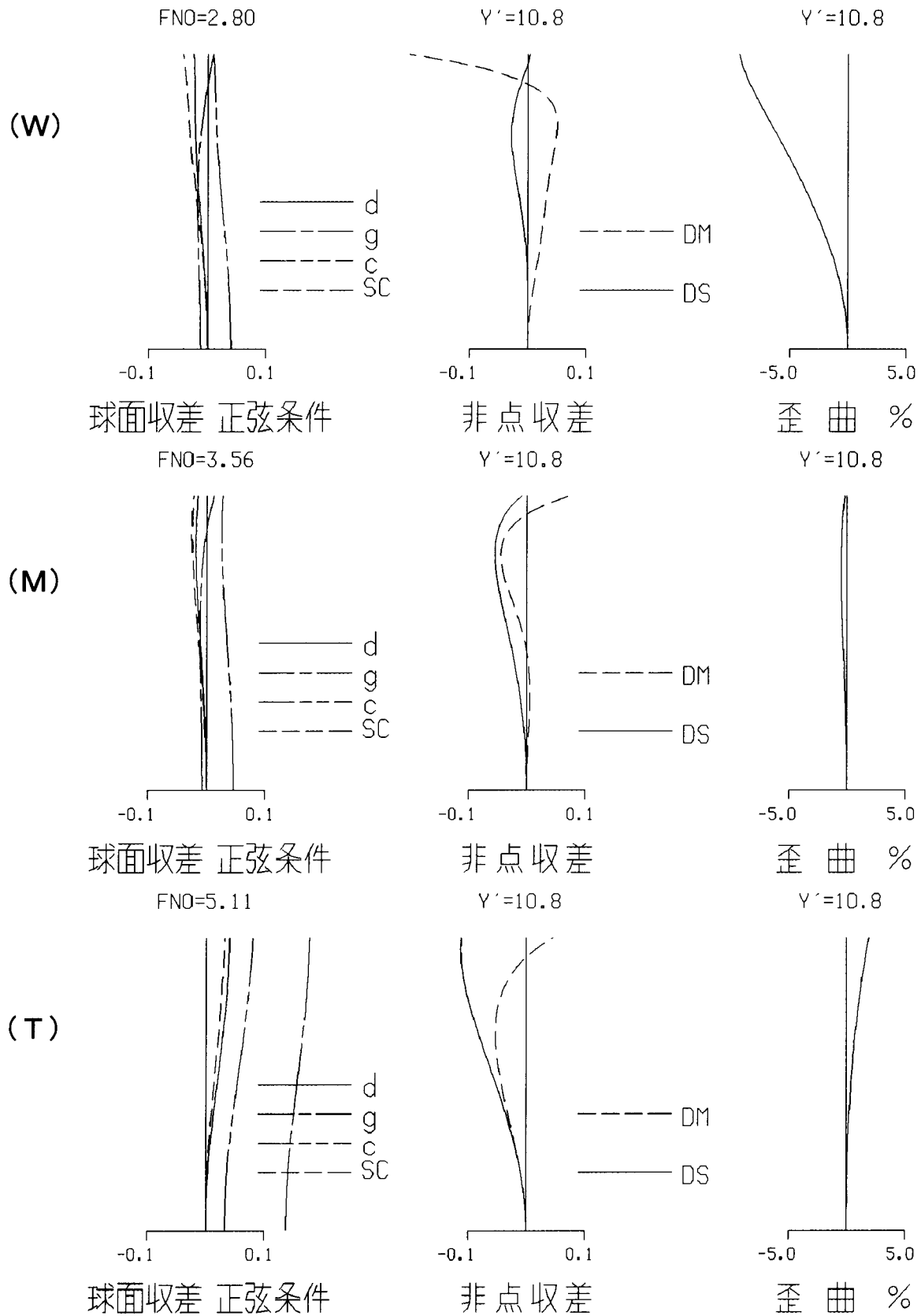
[図8]

EX2

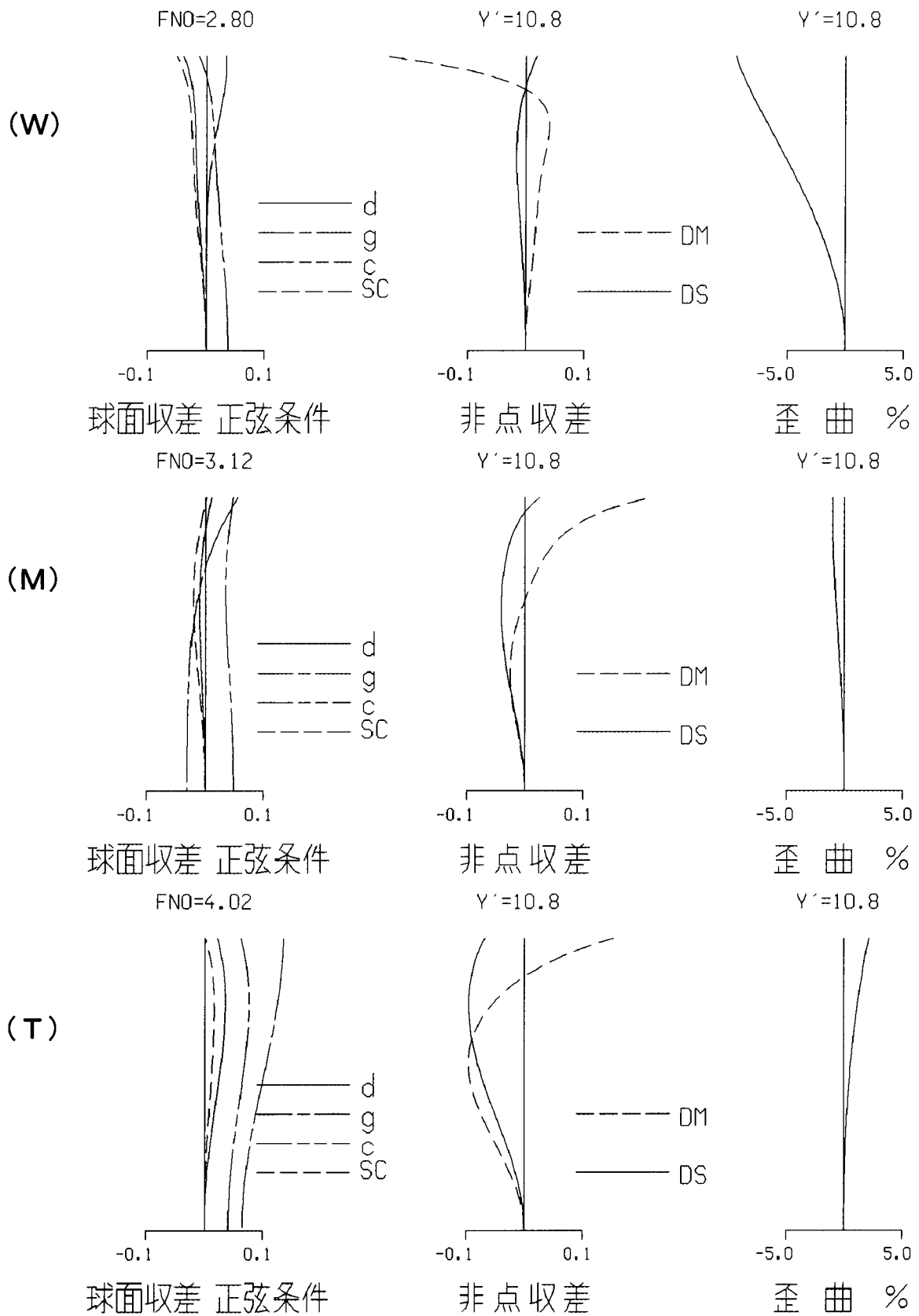
[図9]

EX3

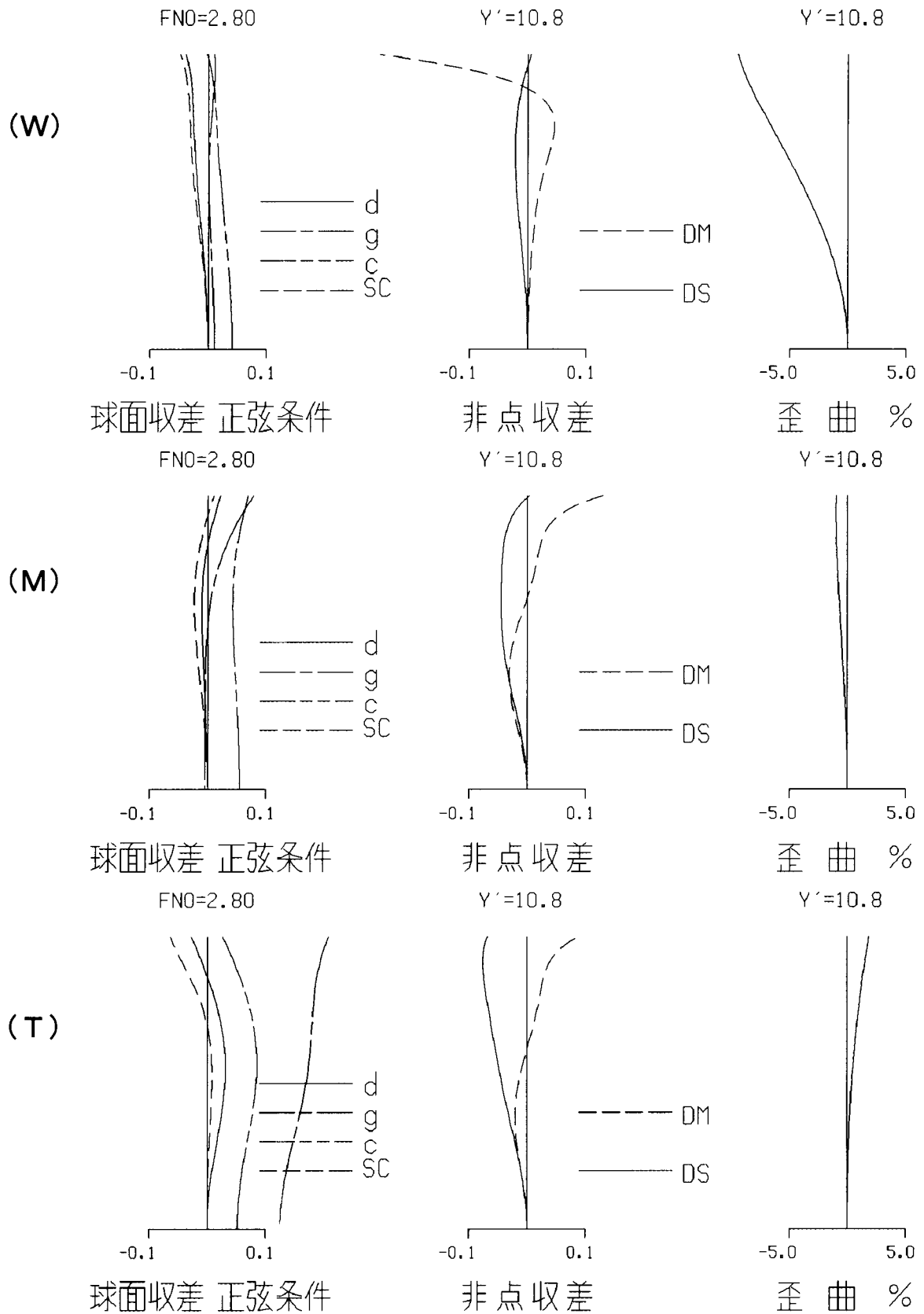
[図10]

EX4

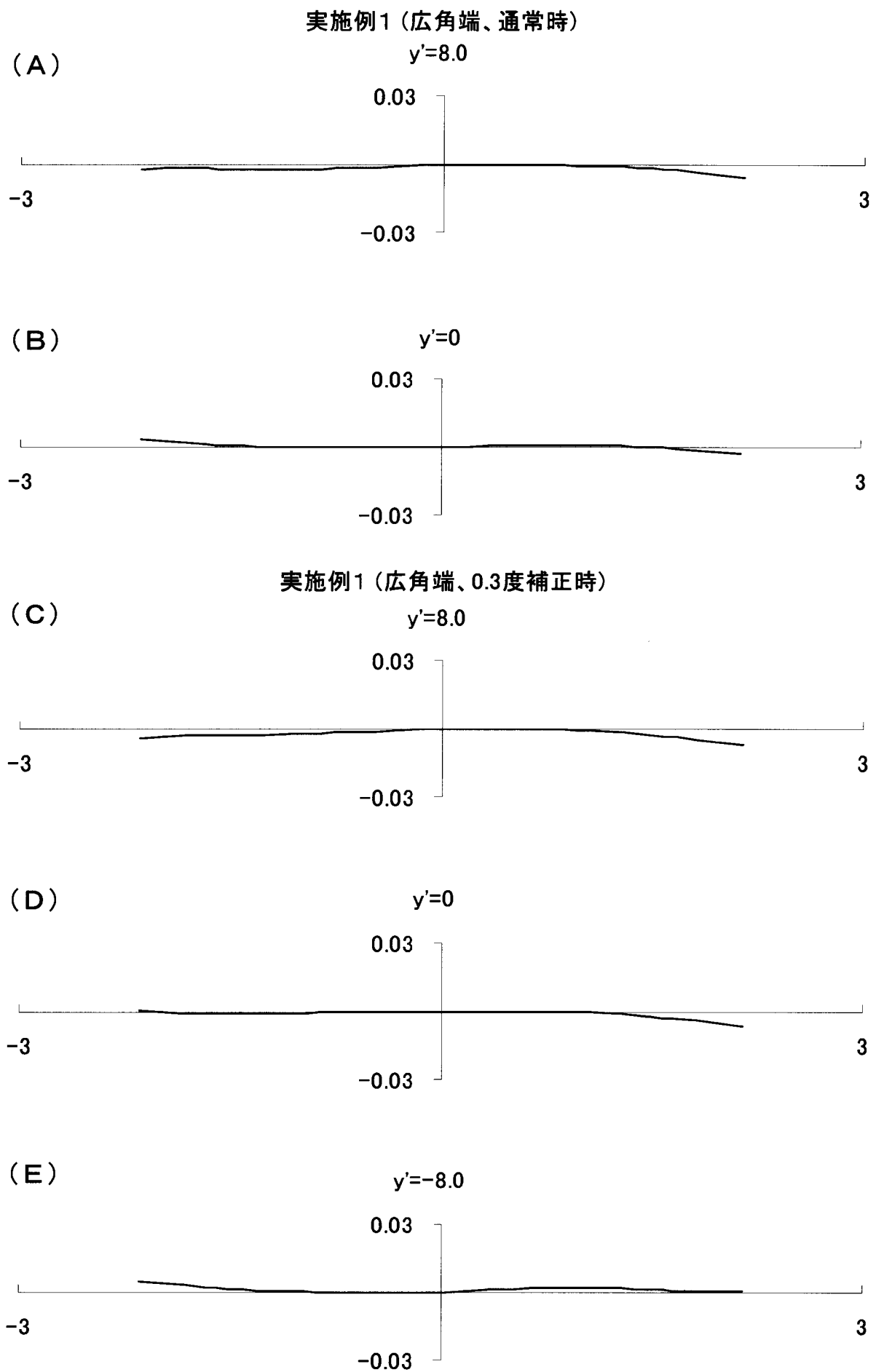
[図11]

EX5

[図12]

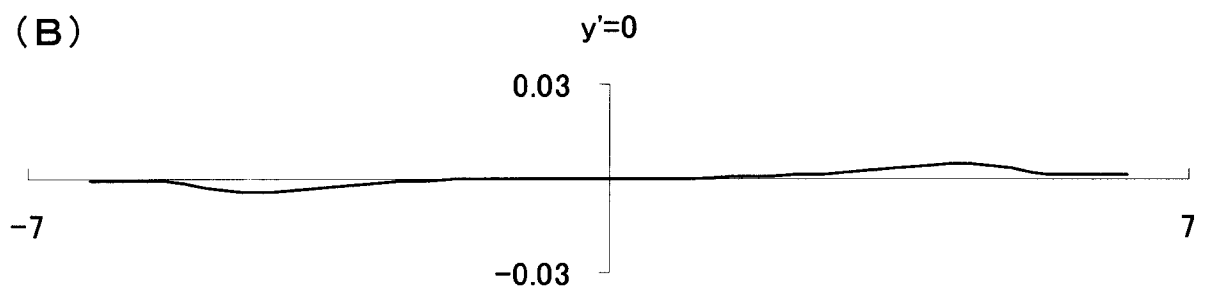
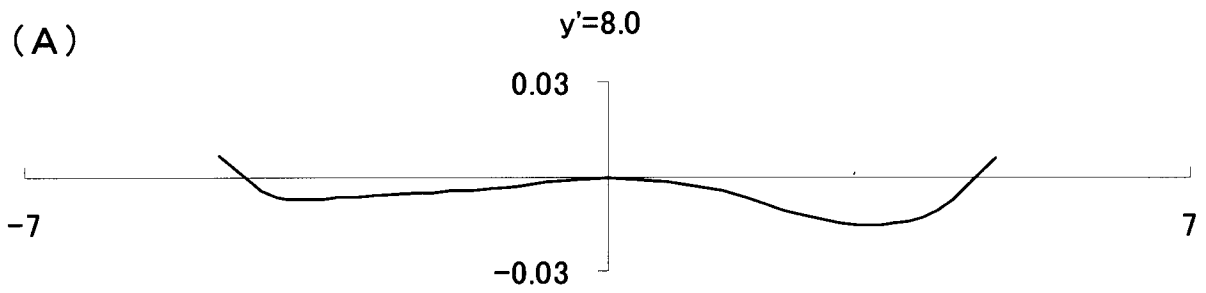
EX6

[図13]

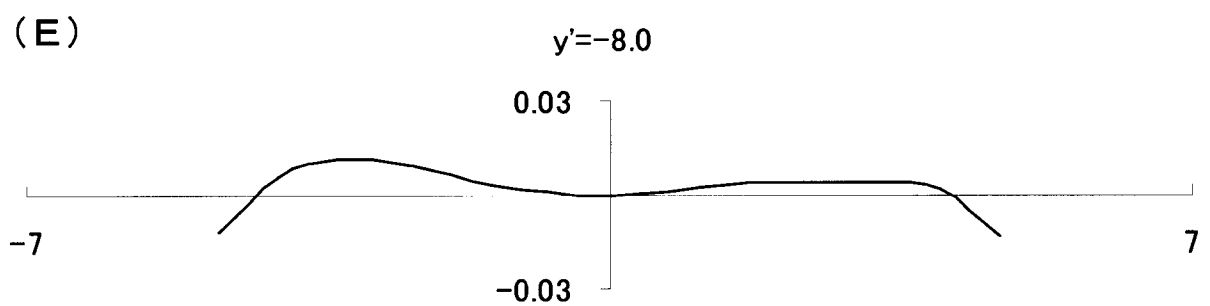
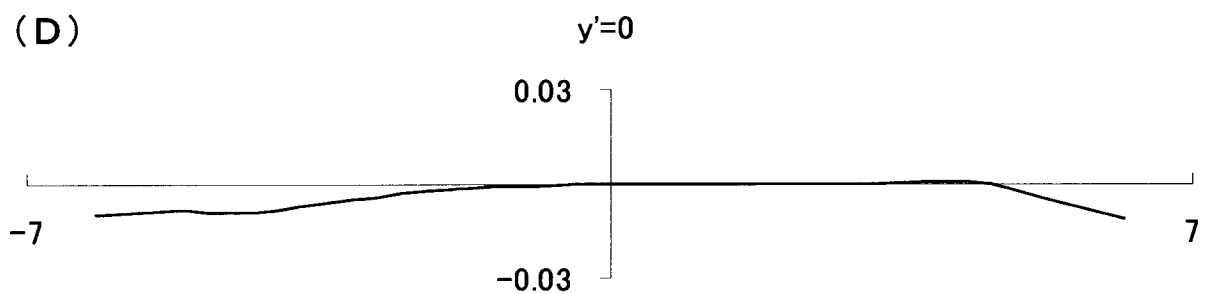
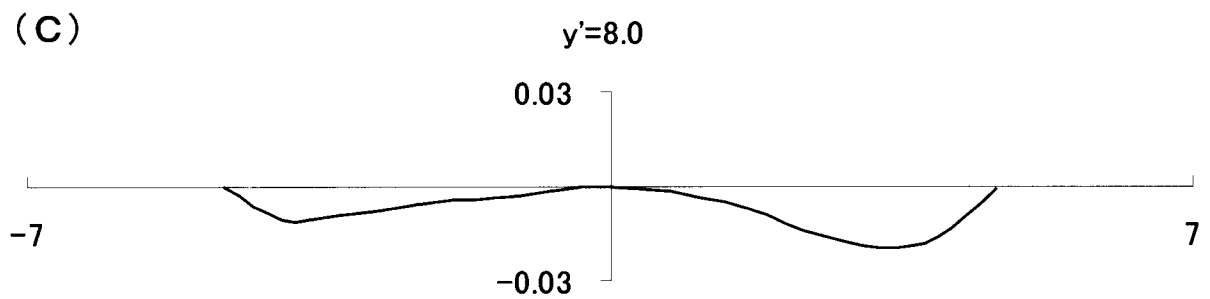


[図14]

実施例1 (望遠端、通常時)

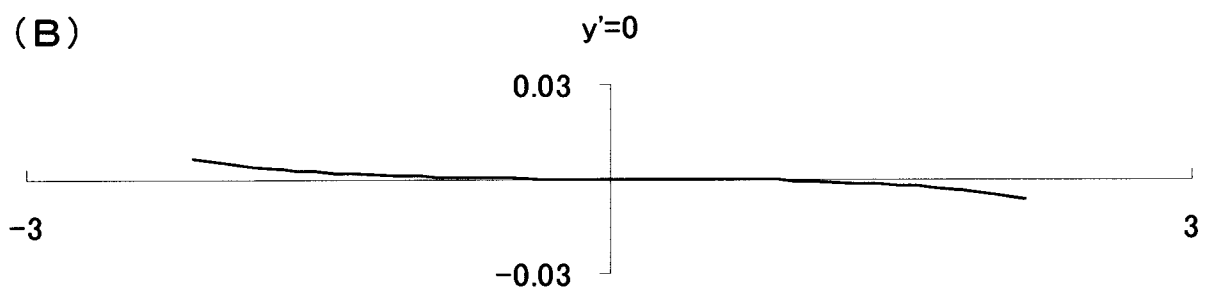
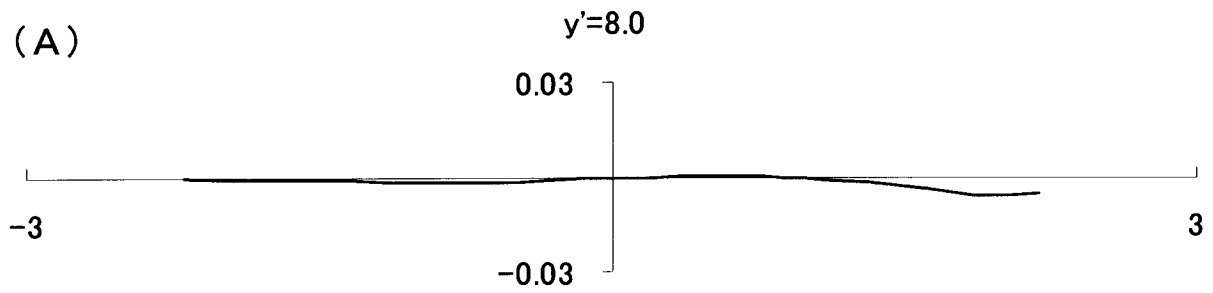


実施例1 (望遠端、0.3度補正時)

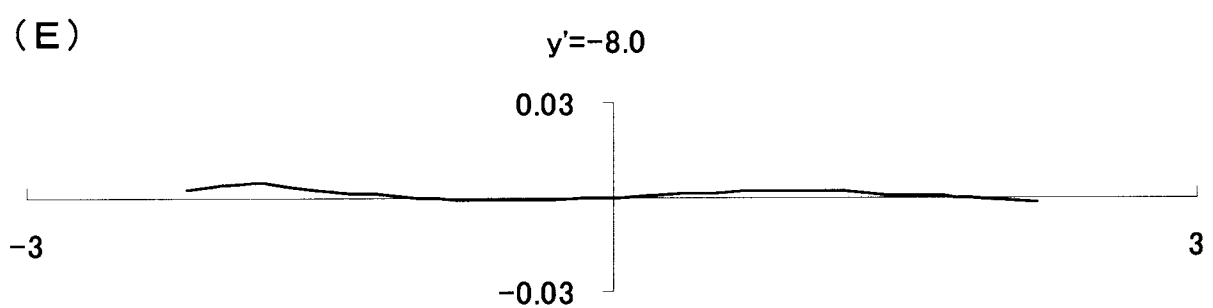
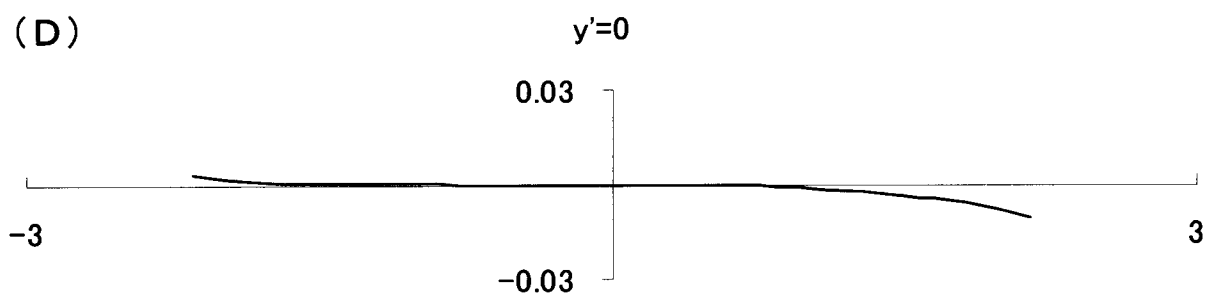
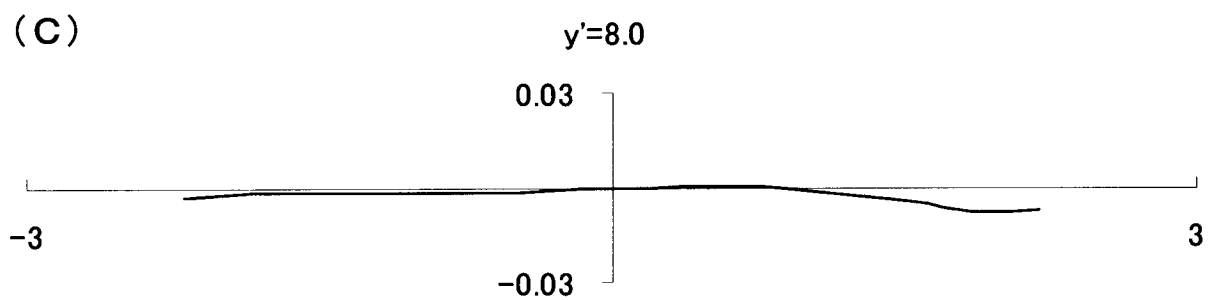


[図15]

実施例2 (広角端、通常時)

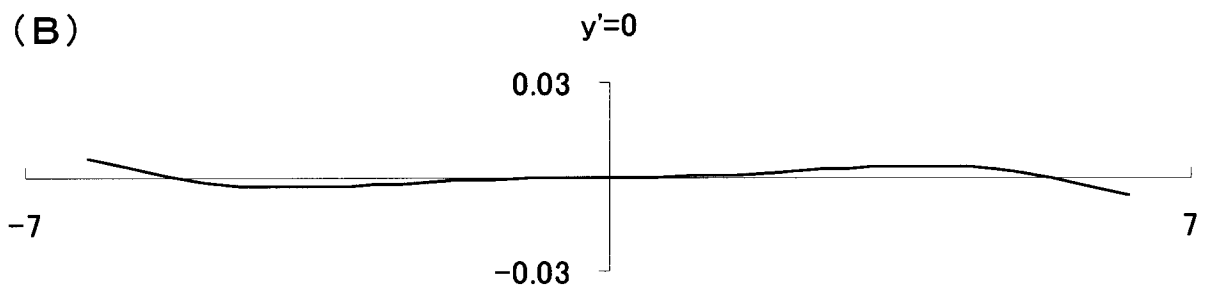
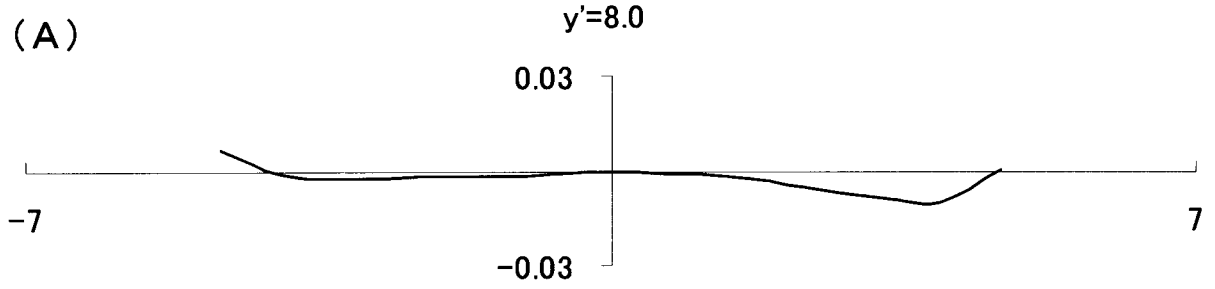


実施例2 (広角端、0.3度補正時)

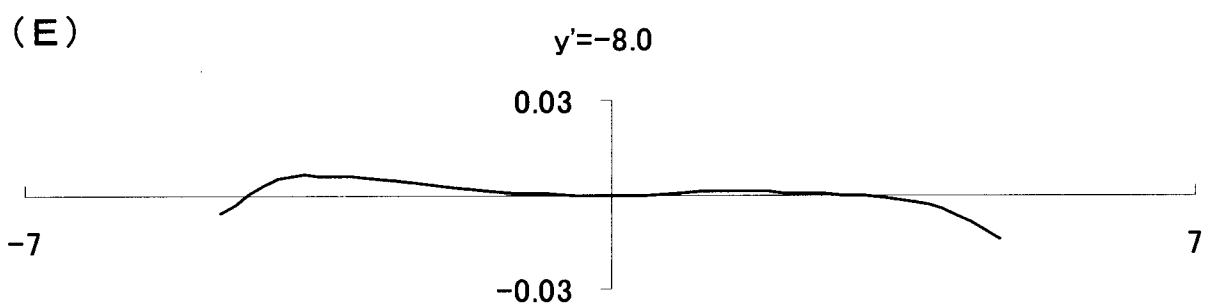
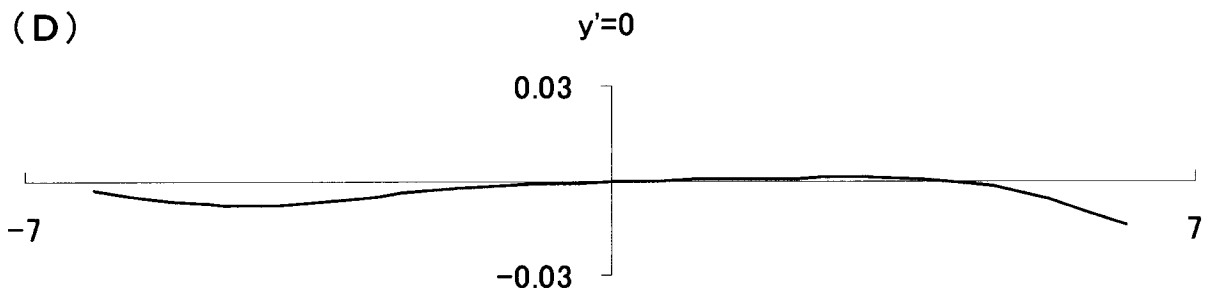
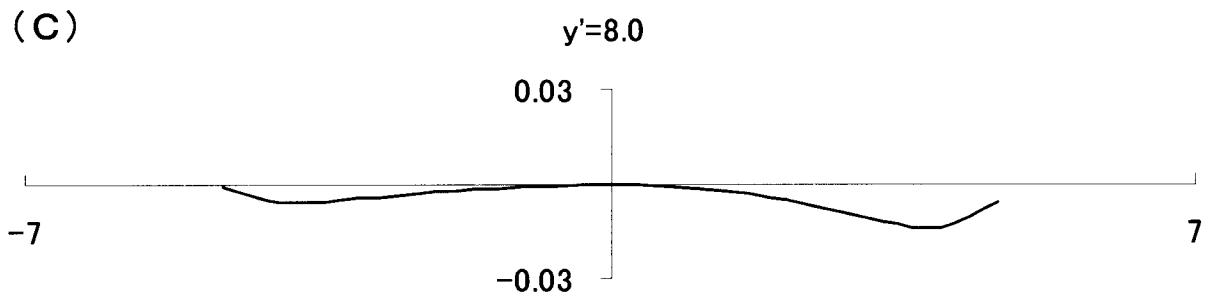


[図16]

実施例2 (望遠端、通常時)

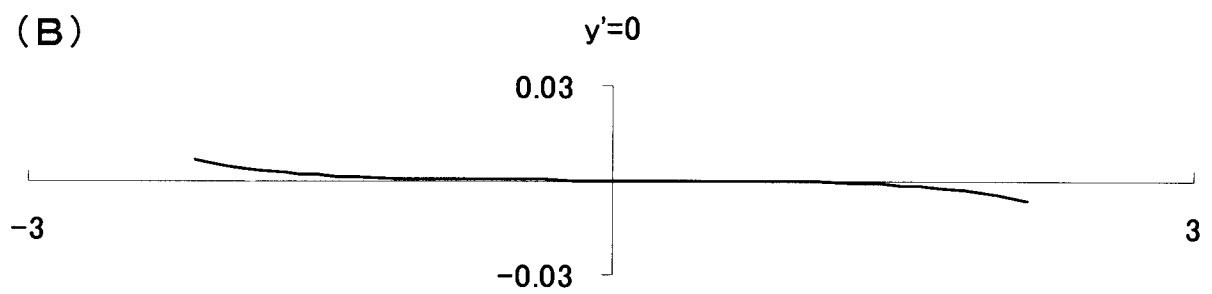
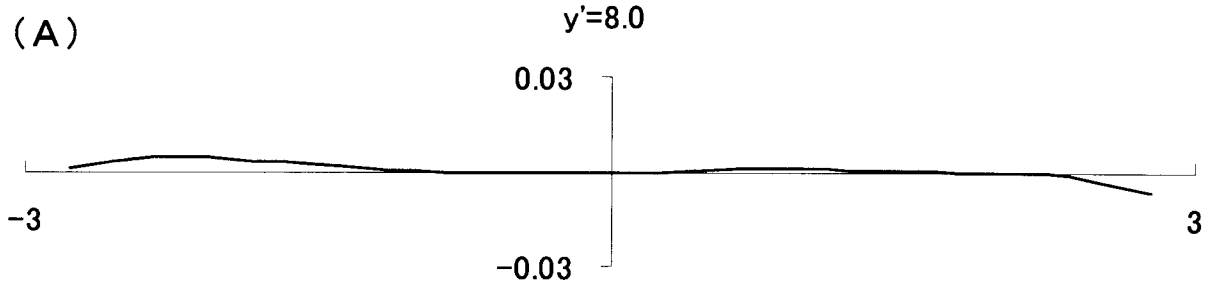


実施例2 (望遠端、0.3度補正時)

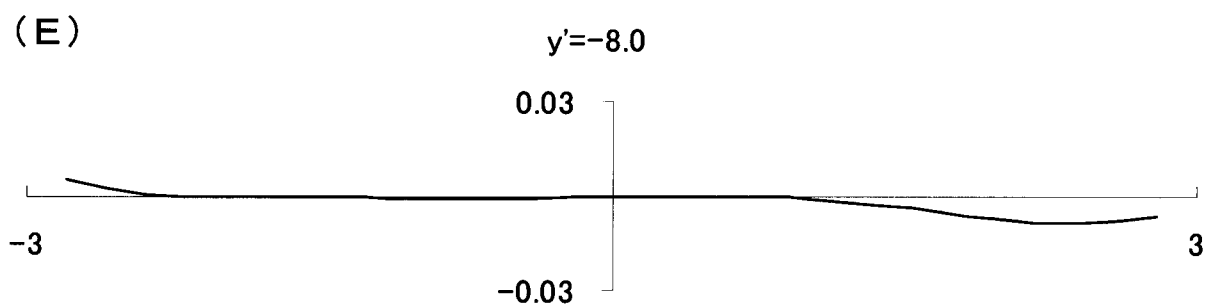
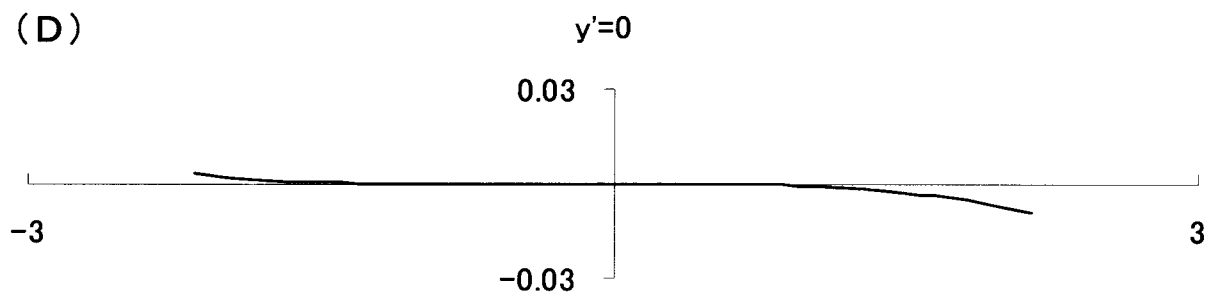
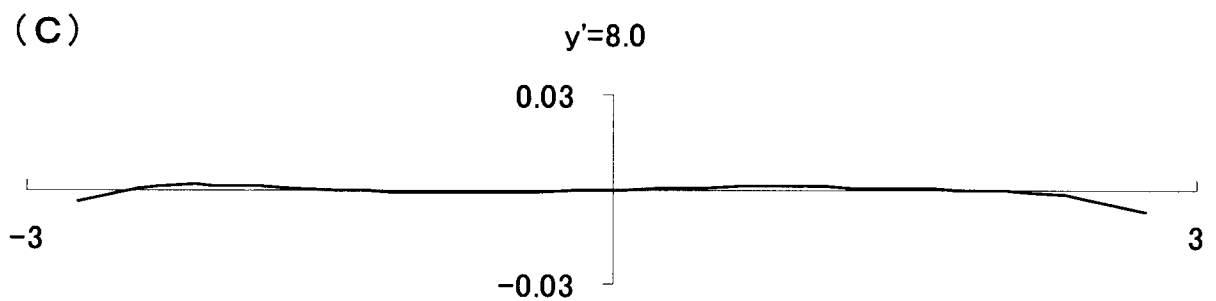


[図17]

実施例3 (広角端、通常時)

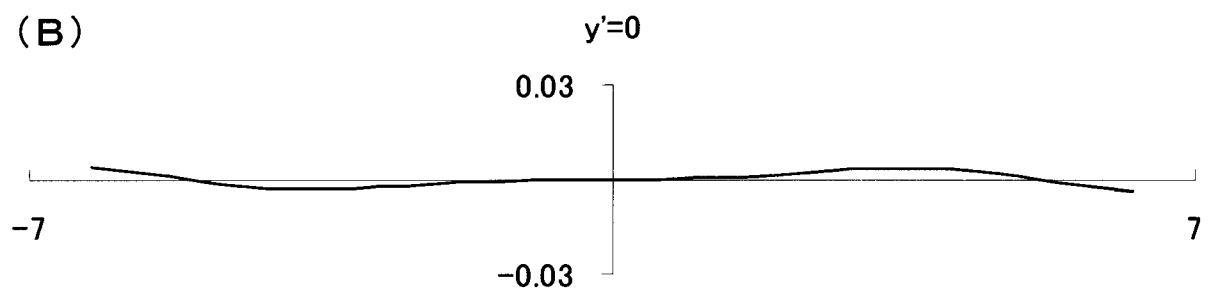
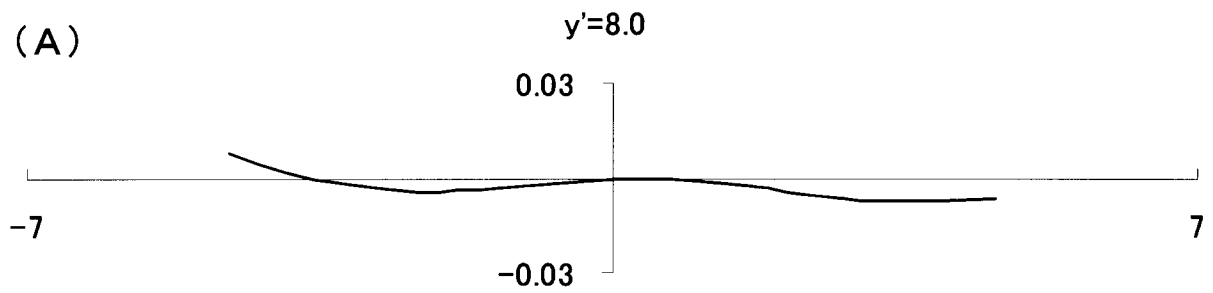


実施例3 (広角端、0.3度補正時)

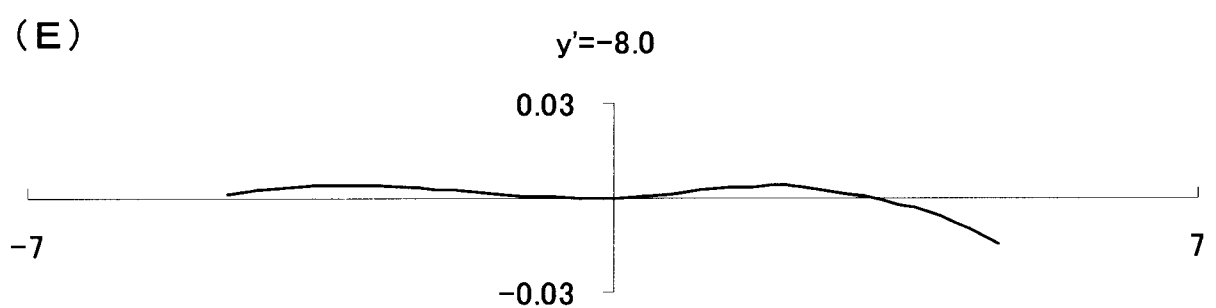
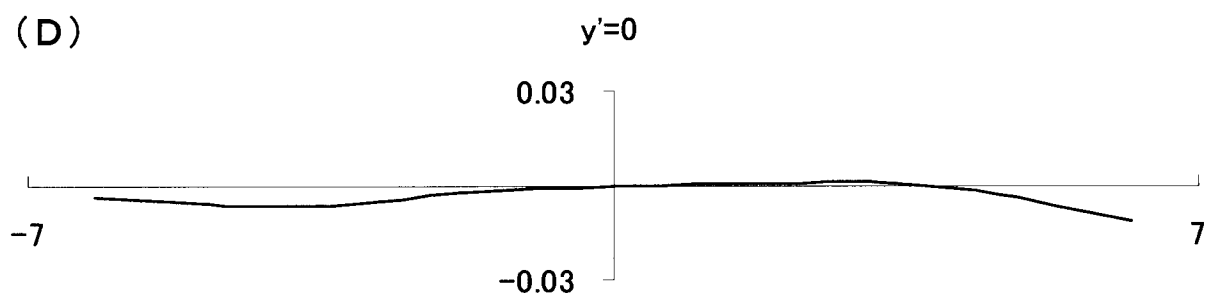
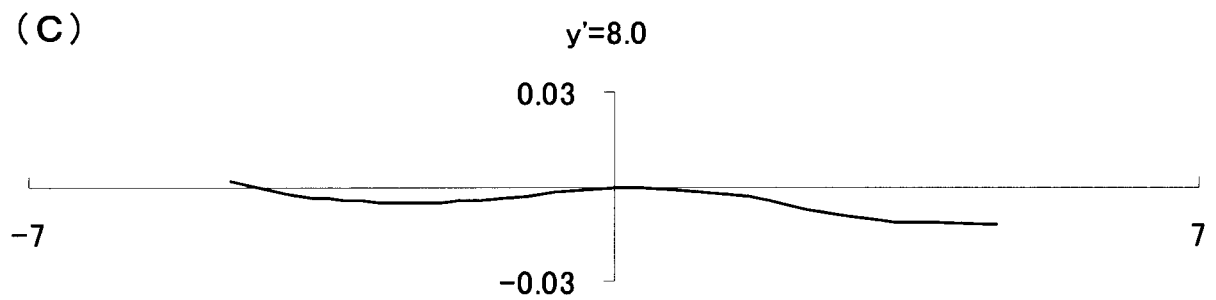


[図18]

実施例3 (望遠端、通常時)

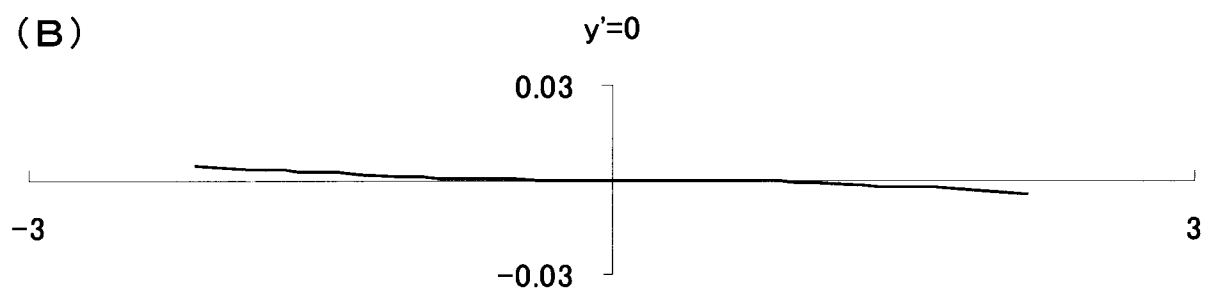
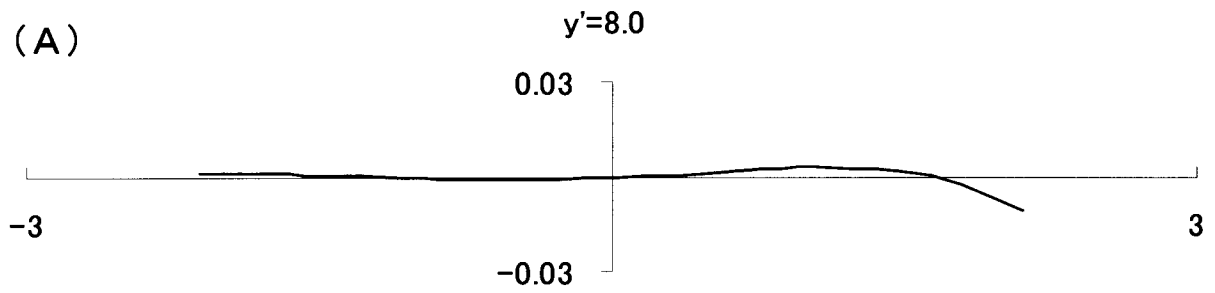


実施例3 (望遠端、0.3度補正時)

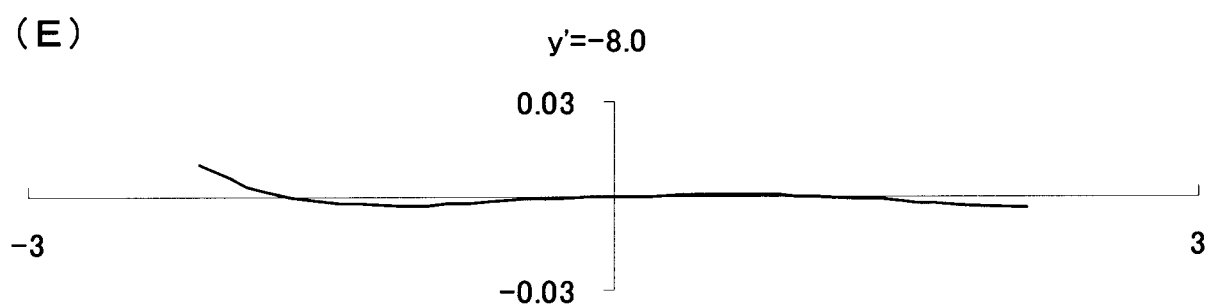
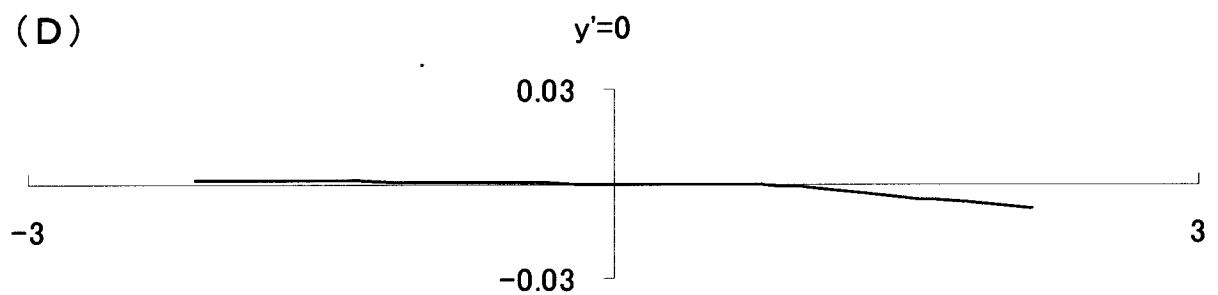
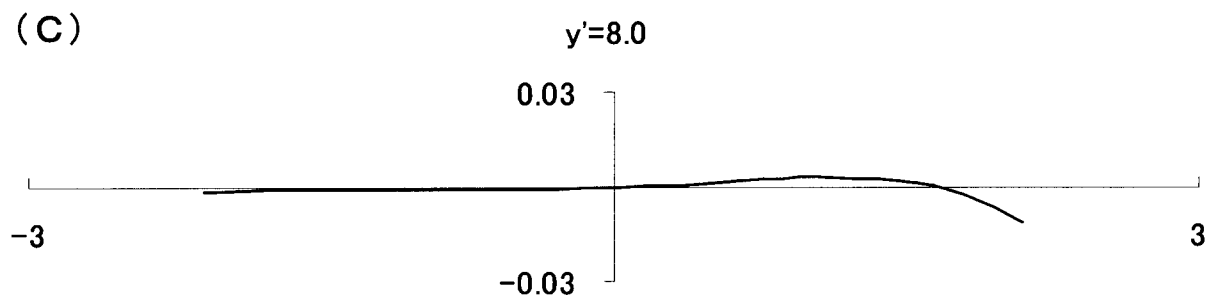


[図19]

実施例4 (広角端、通常時)

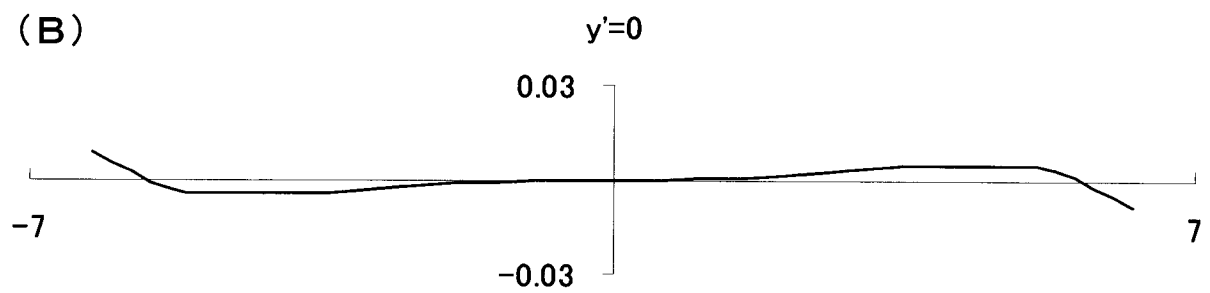
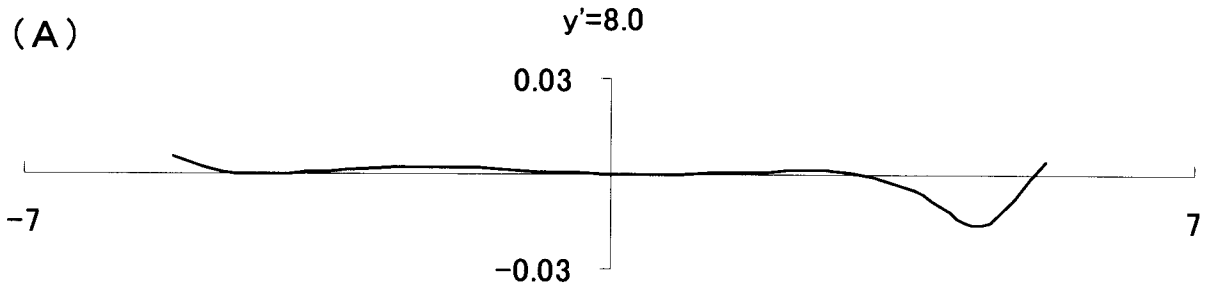


実施例4 (広角端、0.3度補正時)

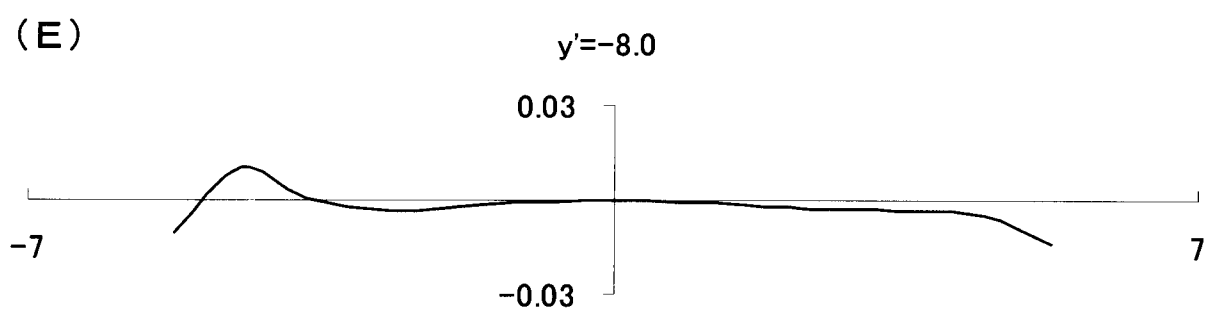
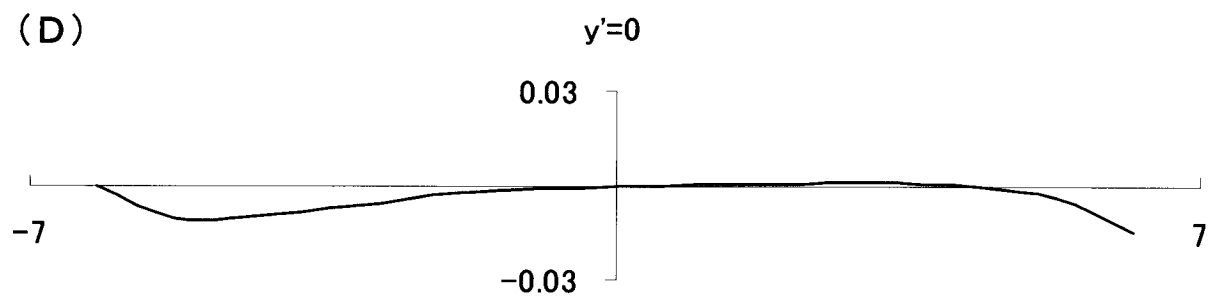
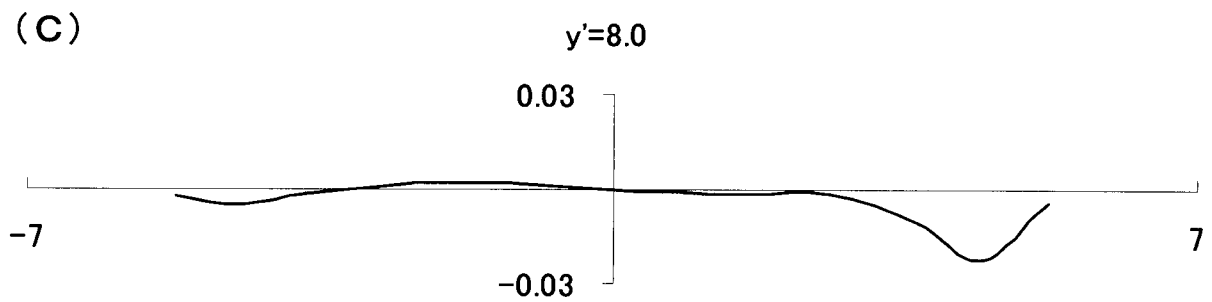


[図20]

実施例4 (望遠端、通常時)

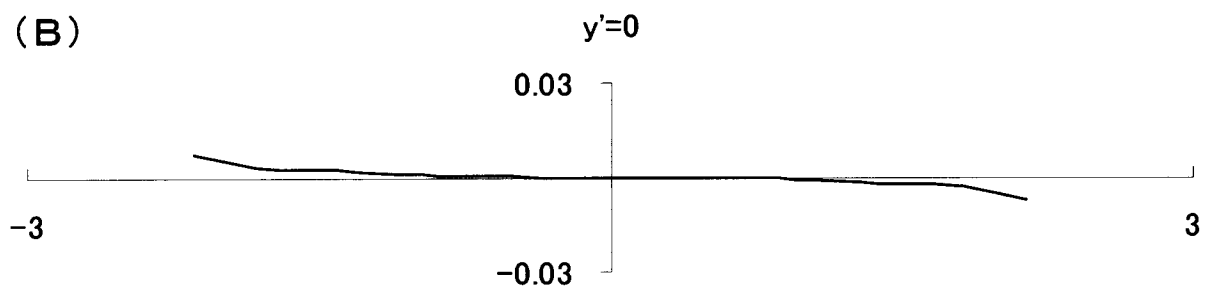
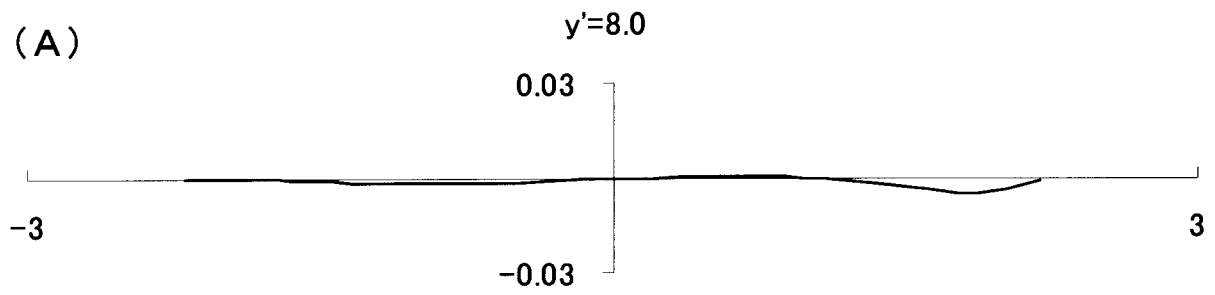


実施例4 (望遠端、0.3度補正時)

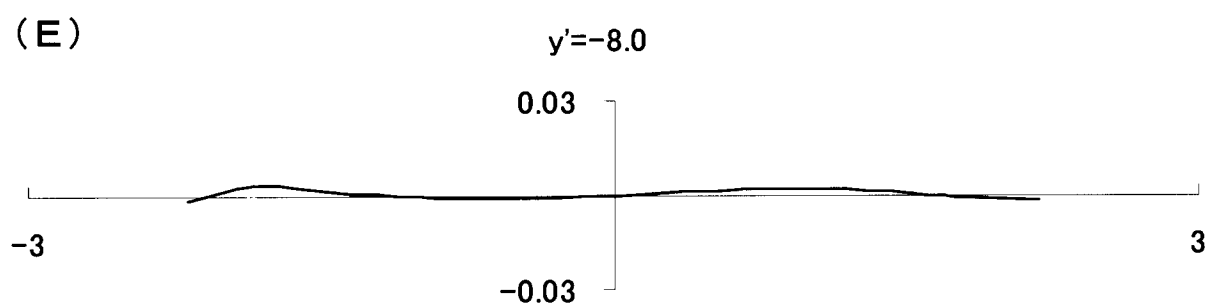
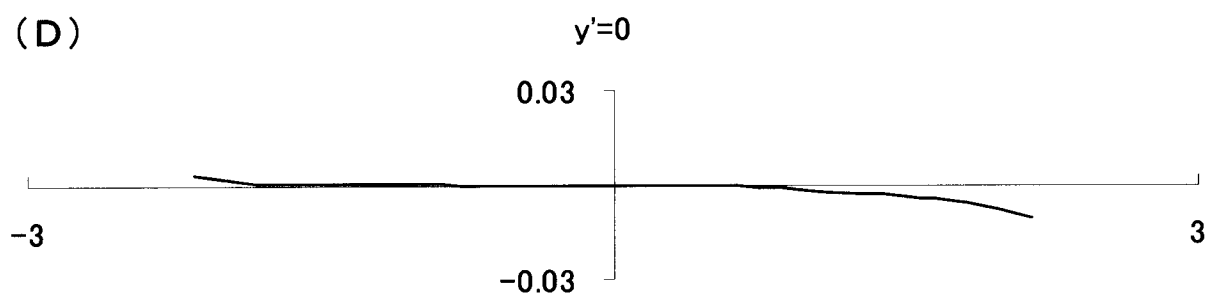
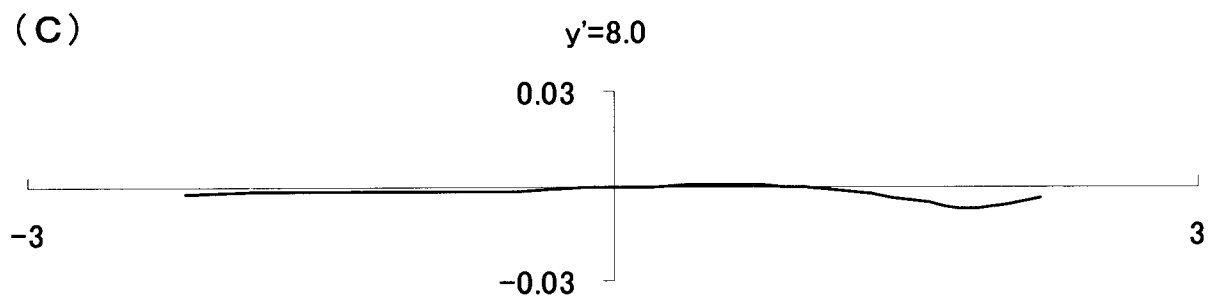


[図21]

実施例5 (広角端、通常時)

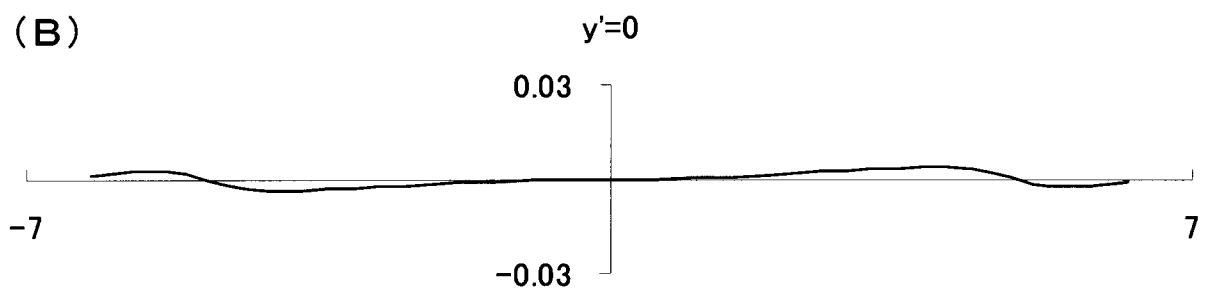
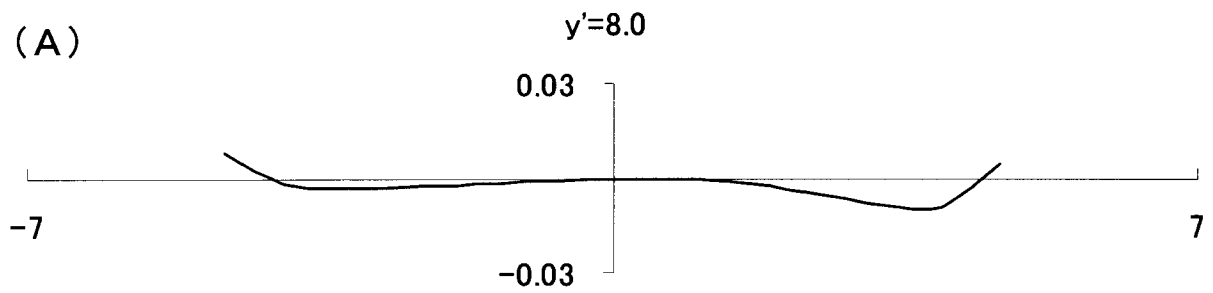


実施例5 (広角端、0.3度補正時)

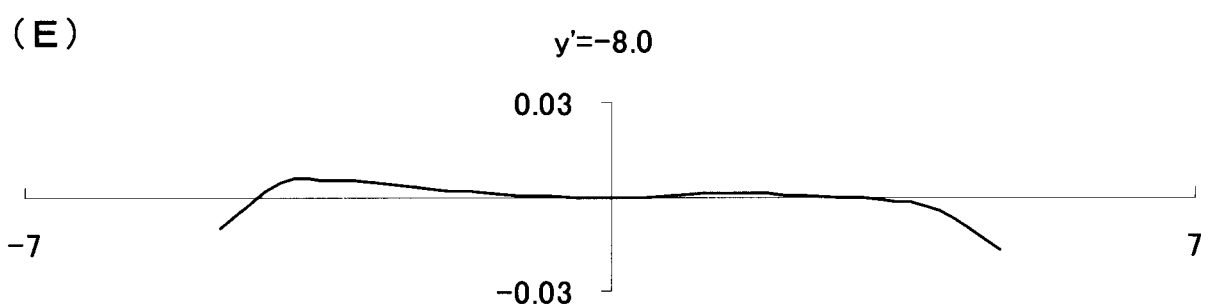
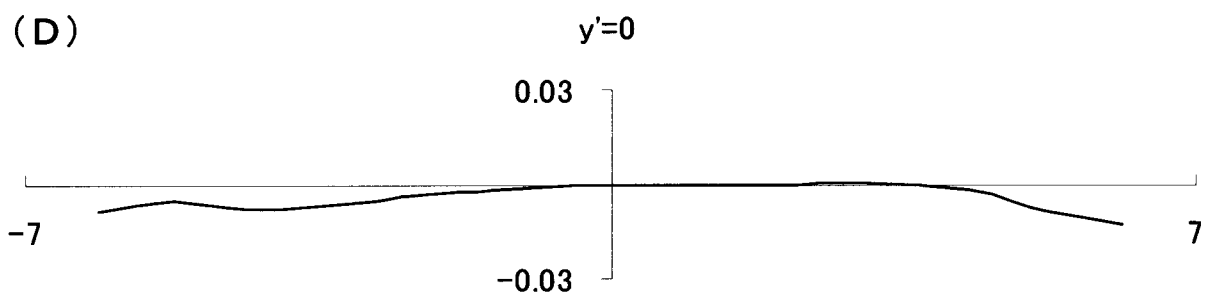
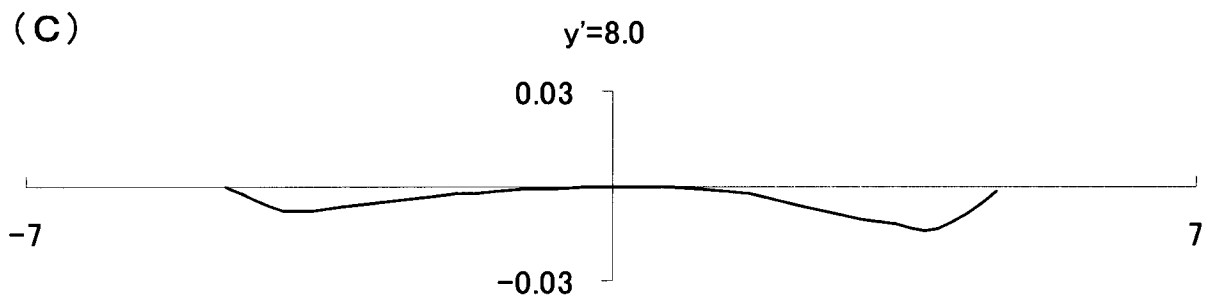


[図22]

実施例5 (望遠端、通常時)

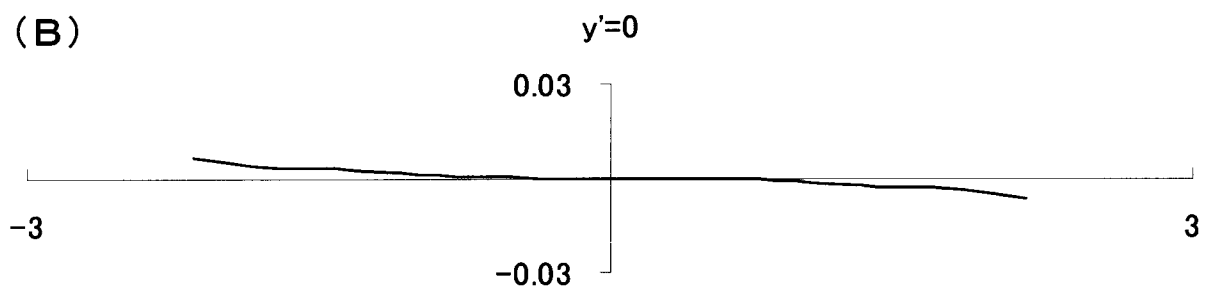
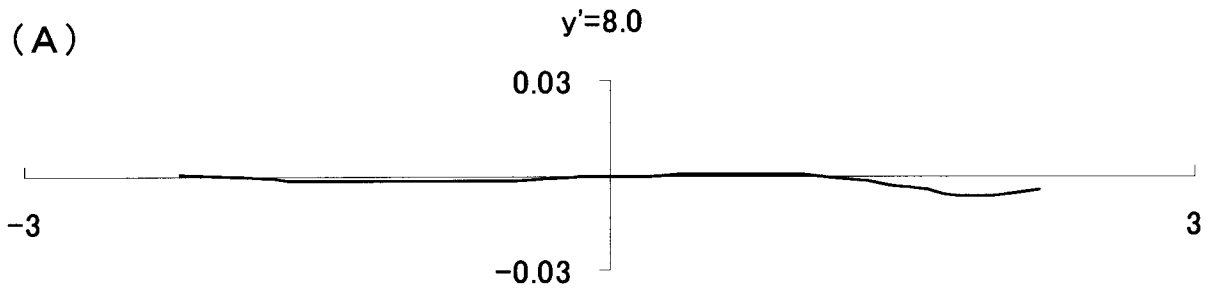


実施例5 (望遠端、0.3度補正時)

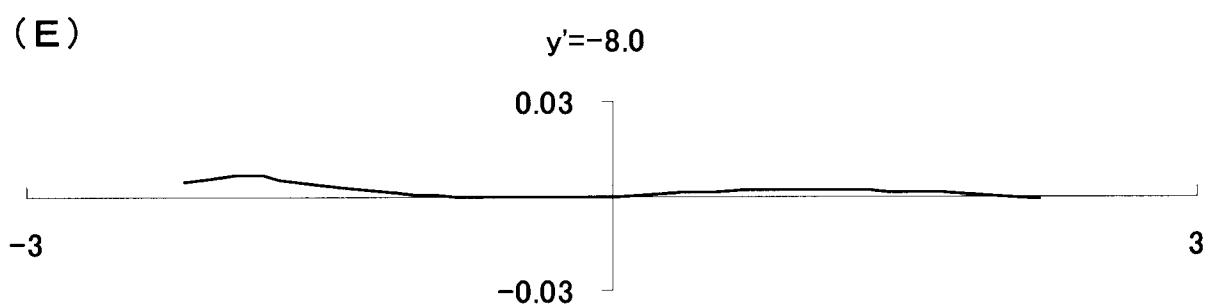
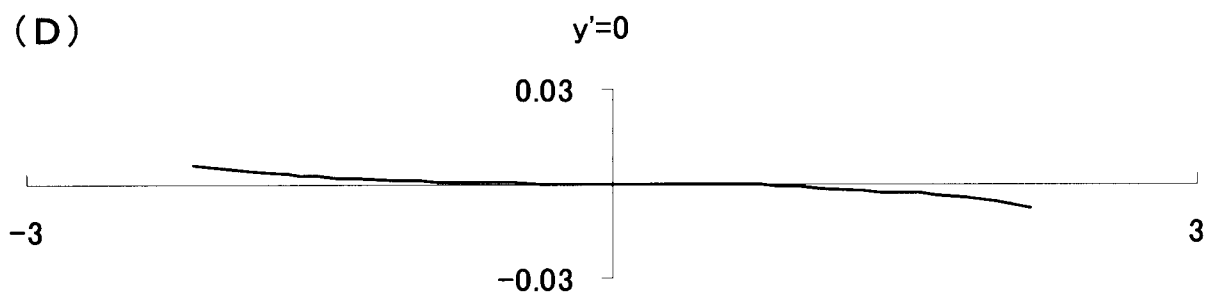
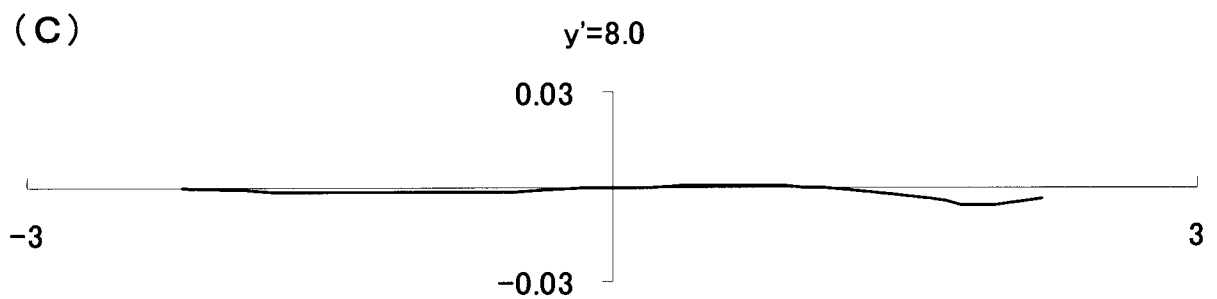


[図23]

実施例6 (広角端、通常時)

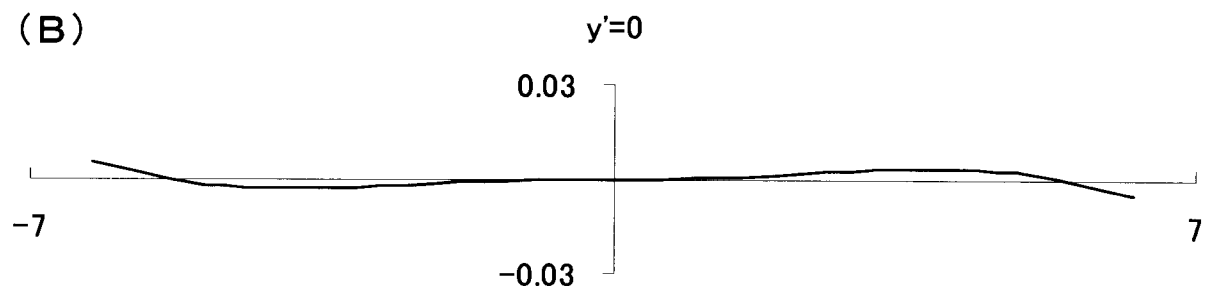
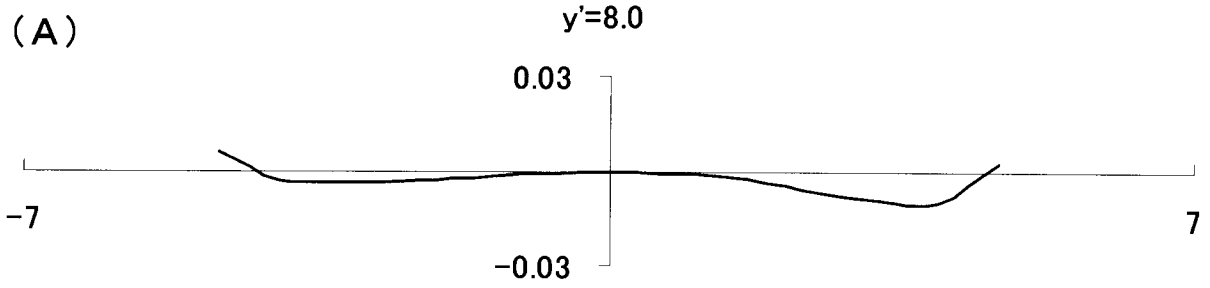


実施例6 (広角端、0.3度補正時)

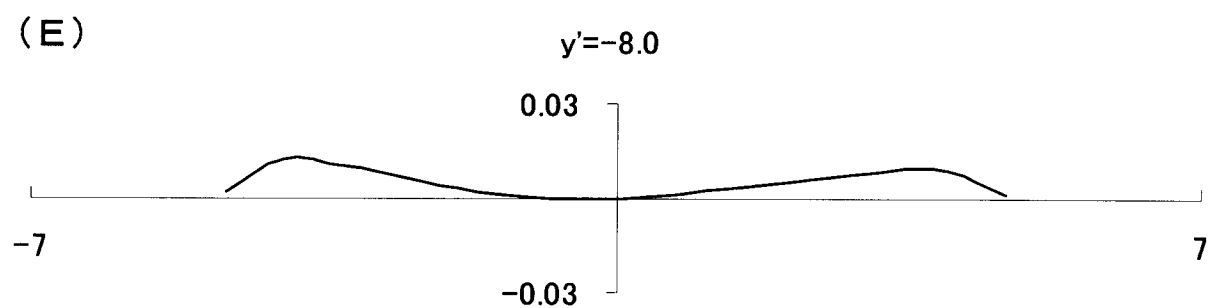
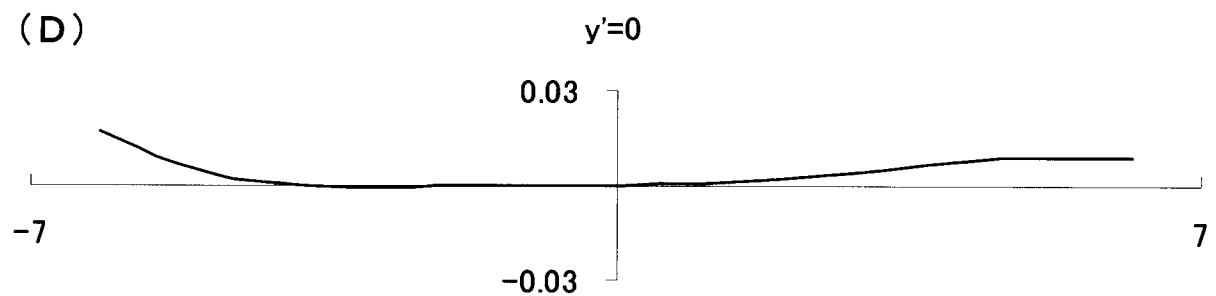
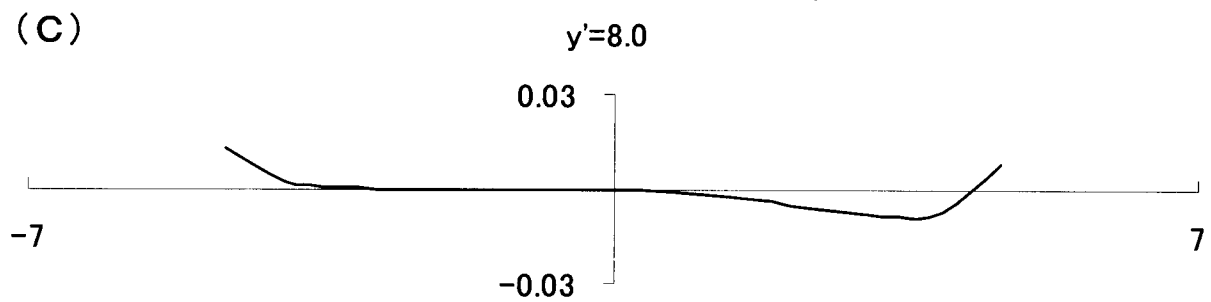


[図24]

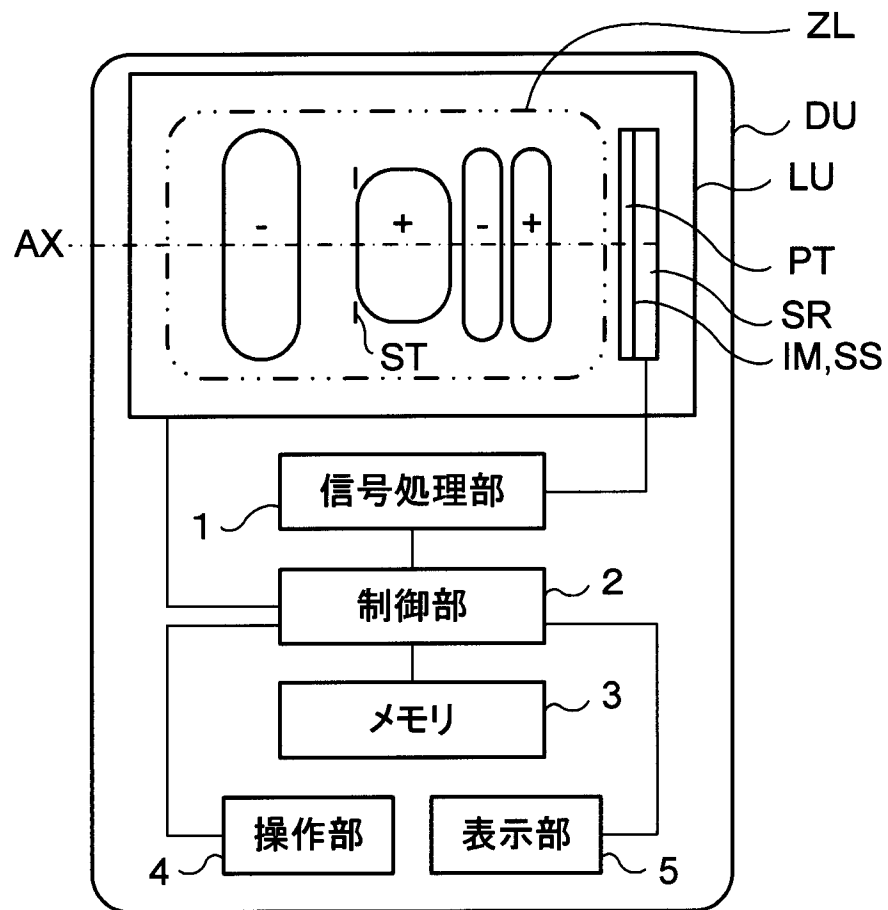
実施例6 (望遠端、通常時)



実施例6 (望遠端、0.3度補正時)



[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/053595

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B15/20 (2006.01) i, G02B13/18 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B15/20, G02B13/18

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-191306 A (Olympus Imaging Corp.), 21 August 2008 (21.08.2008), example 4 (Family: none)	1-15
A	JP 49-23912 B1 (Nippon Kogaku Kogyo Kabushiki Kaisha), 19 June 1974 (19.06.1974), 1st to 3rd examples & US 3771853 A & GB 1378005 A & DE 2161996 A & FR 2118088 A1	1-15
A	JP 3-92808 A (Canon Inc.), 18 April 1991 (18.04.1991), numerical examples 1 to 3 & US 5078481 A	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
30 March, 2012 (30.03.12)

Date of mailing of the international search report
10 April, 2012 (10.04.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. G02B15/20(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B15/20, G02B13/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008 - 191306 A（オリンパスイメージング株式会社）2008.08.21, 実施例4（ファミリーなし）	1 - 1 5
A	JP 49 - 23912 B1（日本光学工業株式会社）1974.06.19, 第1実施例 - 第3実施例 & US 3771853 A & GB 1378005 A & DE 2161996 A & FR 2118088 A1	1 - 1 5
A	JP 3 - 92808 A（キヤノン株式会社）1991.04.18, 数値実施例1-3 & US 5078481 A	1 - 1 5

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

3 0 . 0 3 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 4 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

井上 信

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

2 V

3 3 0 9