

(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
2016 年 8 月 4 日(04.08.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/121550 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 13/04 (2006.01) G02B 13/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/051280
- (22) 国際出願日: 2016 年 1 月 18 日(18.01.2016)
- (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 2015-012245 2015 年 1 月 26 日(26.01.2015) JP
- (71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.)
[JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5
2 0 番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 別井 圭一(BETSUI Keiichi); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 村田 誠治(MURATA Seiji); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: ポレール特許業務法人(POLAIRE I.P.C.);
〒1030025 東京都中央区日本橋茅場町二丁目 1
3 番 1 1 号 Tokyo (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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

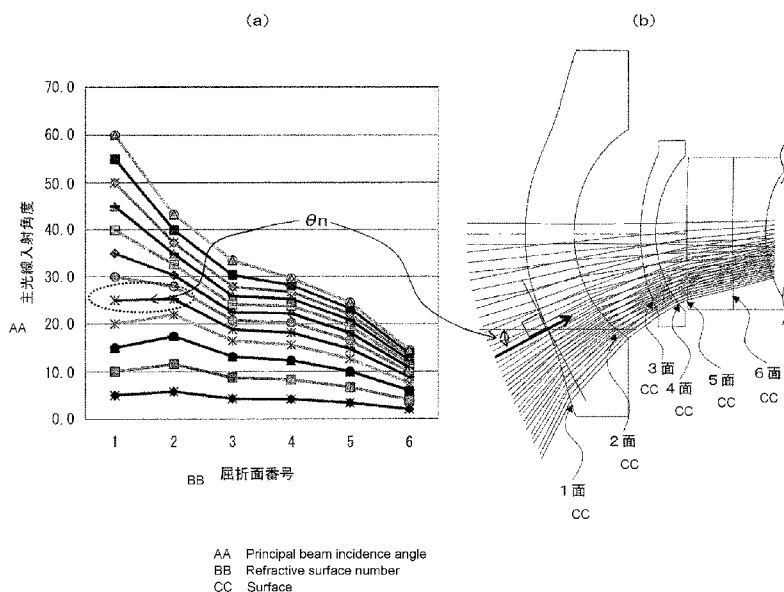
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: IMAGING LENS, IMAGING DEVICE USING SAME, AND DISTANCE MEASURING SYSTEM

(54) 発明の名称: 撮像レンズ及びそれを用いた撮像装置並びに距離測定システム

図 1 1



(57) Abstract: In order to provide an imaging lens capable of widening a photographic view angle while securing the angular resolution capability required for the entire shooting range, an imaging lens includes at least: a first lens having a first surface on which a principal beam is incident, and a second surface from which the principal beam is emitted; and a second lens having a third surface on which the principal beam emitted from the first lens is incident, and a fourth surface from which the principal beam is emitted. The imaging lens is such that when the principal beam is incident on the first lens, an incidence angle θ_n at which the principal beam is vertically incident on the first surface exists at points other than the center of the first surface.

(57) 要約: 撮影画角の広角化と撮影範囲全体にわたり必要な角度分解能の確保とを両立できる撮像レンズを提供するために、主光線が入射する第 1 面及び主光線が出射する第 2 面を有する第 1 レンズと、第 1 レンズから出射した主光線が入射する第 3

面及び主光線が出射する第 4 面を有する第 2 レンズとを少なくとも備え、第 1 レンズに主光線が入射する際、主光線が第 1 面に垂直に入射する入射角度 θ_n が、第 1 面の中心以外にも存在する撮像レンズとする。

WO 2016/121550 A1

明 細 書

発明の名称：

撮像レンズ及びそれを用いた撮像装置並びに距離測定システム

技術分野

[0001] 本発明は、撮像レンズ及びそれを用いた撮像装置並びに距離測定システムに関する。

背景技術

[0002] 一般的な撮像装置では、入射角 θ と像高 y の関係を示す射影方式は、撮像光学系の近軸焦点距離 f を用いた下記式（１）で示される透視射影を有する撮像光学系が用いられている。

$$y(\theta) = f \cdot \tan \theta \quad \dots (1)$$

式（１）で示される透視射影方式では、撮像光学系の光軸から離れた広角側において、単位画角当たりの像高の変化は著しく大きくなる性質を持つ。したがって、撮影範囲を広く取ろうとすれば、像高 y を捕らえるために大きな撮像素子が必要になる。例えば、撮影できる最大画角を 90° とすると、像高 y は発散してしまうため、無限に大きな撮像素子が必要となり撮像光学系を実現することができない。そこで、有限な大きさの撮像素子で広角を撮影する射影方式として、下記式（２）で示される正射影が知られている。

$$y(\theta) = f \cdot \sin \theta \quad \dots (2)$$

式（２）で示される正射影方式であれば、入射角 θ が 90° であっても像高 y は有限であるため、撮像素子上に結像することができる。正射影方式であれば、半画角（最大入射角）が 90° まで撮像素子上に結像させることができるが、正射影よりも広い画角を撮影する射影方式として、下記式（３）で表される射影特性を持つ光学系がある（特許文献１参照）。

$$y = a \cdot f \cdot \sin(b \cdot \theta) \quad \dots (3)$$

ここで、 $0 < a < \sin \theta_{\max}$ 、 $b = \pi / (2 \cdot \theta_{\max})$ 、 f ：全系の近軸焦点距離、 θ ：入射角（ radian 単位の対角入射角）、 $\theta_{\max}$ ：

最大入射角（ radian 単位の対角最大入射角）、 y ：撮像素子の受光面上での実像高、である。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2004-354572号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 例えば、正射影のように比較的広い画角を撮像できる射影方式では、中央部よりも周辺部が撮像素子上に圧縮されて結像されることになり、周辺部ほど情報量が失われる特徴を持つ。正射影の単位入射角あたりの像高の変化率に注目すると、その変化率は式（4）で表わされるため、中央部に対して周辺部の方が小さいことがわかる。

$$dy(\theta) / d\theta = f \cdot \cos \theta \quad \dots (4)$$

言い換えると、中央部に対して周辺部の方が、単位像高あたりの角度の変化量が大きい。これは、周辺部で像が圧縮されていることを示しており、撮像素子上で単位画素当たりの情報が失われていることを意味している。

[0005] このような光学系を用いると、広い画角で映像を捉えることができるが、周辺部が圧縮された画像では都合が悪い場合がある。その場合には、撮影した画像データのうち、入射角が大きい領域である周辺部に対応する、光学的に圧縮され撮影された撮像データを後処理によって引き伸ばす手法もある。ただし、情報が失われているため補間が必要となり、引き伸ばしても画像が劣化してしまう課題がある。極端な例として、半画角 $\theta = 90^\circ$ においては、単位入射角あたりの像高の変化量は0であり、撮像素子上の画素が表現できる入射角 θ の分解能がなく、 $\theta = 90^\circ$ 近傍における撮像情報量が少なくなっていることがわかる。

[0006] さらに広い画角を持つ上記特許文献1に記載の構成について、入射角あたりの像高変化量 $dy(\theta) / d\theta$ について考える。その変化量は、式（5）

で表わされる。

$$dy(\theta)/d\theta = a \cdot f \cdot b \cdot \cos(b \cdot \theta) \quad \dots (5)$$

式(5)を用いて最大入射角である半画角 $\theta = \theta_{max}$ のときについて計算すると、 $dy(\theta_{max})/d\theta = a \cdot f \cdot \{\pi / (2 \cdot \theta_{max})\} \cdot \cos[\{\pi / (2 \cdot \theta_{max})\} \cdot \theta_{max}] = a \cdot f \cdot \{\pi / (2 \cdot \theta_{max})\} \cdot \cos(\pi / 2) = 0$ となる。

すなわち、最大入射角において単位入射角当たりの像高の変化が0であるため、最大入射角(半画角)近傍では入射角の角度分解能が失われてしまうという課題がある。

本発明は、上記従来技術の課題に鑑みて為されたものであり、撮影画角の広角化と撮影範囲全体にわたり必要な角度分解能の確保とを両立できる撮像レンズ及びそれを用いた撮像装置並びに距離測定システムを提供するものである。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は特許請求の範囲に記載された構成を特徴とするものである。

[0008] より具体的には、本発明に係る撮像レンズは、

主光線が入射する第1面及び前記主光線が出射する第2面を有する第1レンズと、

第1レンズから出射した前記主光線が入射する第3面及び前記主光線が出射する第4面を有する第2レンズとを少なくとも備え、

前記第1レンズに前記主光線が入射する際、前記主光線が前記第1面に垂直に入射する入射角度 θ_n が、前記第1面の中心以外にも存在することを特徴とする撮像レンズである。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、撮影画角の広角化と撮影範囲全体にわたり必要な角度分解能の確保とを両立できる撮像レンズ及びそれを用いた撮像装置並びに距離測定システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]射影方式による入射角 θ と像高 y との関係の一例を示すグラフである。
- [図2]入射角に対する像高当たりの入射角の変化率の一例を示すグラフである。
- 。
- [図3]距離測定システムの構成の一例を示すブロック図である。
- [図4]撮像手段と距離を測定する対象物との配置関係の一例を示す上面図である。
- [図5]図4に示す配置関係において、対象物が撮像素子に結像される位置の一例を示す上面図（一部平面図）である。
- [図6]撮像手段と距離を測定する対象物との配置関係の一例を示す側面図（一部平面図）である。
- [図7]角度分解能と測定可能範囲との関係の説明図であり、(a)は角度分解能が高い撮像素子の場合、(b)は角度分解能が低い撮像素子の場合を示す。
- [図8]機能別の要求される画角と角度分解能の一例を示すグラフである。
- [図9]本発明の実施の形態に係る撮像レンズにおける入射角に対する像高当たりの入射角の変化率及び像高との関係の一例を示すグラフである。
- [図10]本発明の実施の形態に係る他の撮像レンズにおける入射角に対する像高当たりの入射角の変化率（角度分解能）の一例を示すグラフである。
- [図11]本発明の実施の形態に係る撮像レンズに入射する主光線入射角度を説明するための図であり、(a)は各屈折面（レンズ表面）における主光線入射角度を示すグラフ、(b)は撮像レンズの各屈折面の位置を説明するための図である。
- [図12]本発明の第一の実施例に係る撮像レンズの構成の一例を示す図である。
- 。
- [図13]本発明の第二の実施例に係る撮像レンズの構成の一例を示す図である。
- 。
- [図14]本発明の第三の実施例に係る撮像レンズの構成の一例を示す図である。
- 。
- [図15]本発明の第三の実施例に係る撮像レンズにおけるMTFの改善効果を

示す図であり、（a）は光入射側の2枚のレンズが片側非球面レンズの場合、（b）は光入射側の2枚のレンズが両面非球面レンズの場合を示す。

[図16]本発明の第三の実施例に係る撮像レンズにおける像面湾曲の改善効果を示す図であり、（a）は光入射側の2枚のレンズが片側非球面レンズの場合、（b）は光入射側の2枚のレンズが両面非球面レンズの場合を示す。

[図17]本発明の第四の実施例に係る撮像レンズの構成の一例を示す図である。

[図18]本発明の第五の実施例に係る撮像装置の一例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の実施の形態について、従来の構成やその課題を含め添付の図面を参照して説明する。

[0012] まず、本発明に係る撮像レンズの主な用途である距離測定システムの構成や、距離測定システムへ適用するために求められる撮像レンズの要件等について説明する。但し、本撮像レンズの用途を距離測定システムに限定するものではない。

[0013] 図3は距離測定システムの構成の一例を示すブロック図である。

距離測定システムは、撮像光学系310と、撮像素子320から構成される撮像手段300を少なくとも2つ備え、映像処理部400と距離計算部500と、筐体600とから構成されている。図3の例ではステレオカメラを想定しているため撮像手段300は2つ備えられており、撮像手段300Aと撮像手段300Bや撮像光学系310A、撮像素子320Aと添え字をつけて説明するが、特に両者を区別する必要がなければ添え字を付けずに説明する。

[0014] 撮像光学系310は、レンズなどの光学部品で構成される。像を記録する手段として、撮像系の略結像位置に感光フィルムや撮像素子などを用いることができる。撮像素子320としては、CCD（Charge Coupled Device）イメージセンサや、CMOS（Complementary Metal Oxide）イメージセンサな

どがある。

[0015] 映像処理部400では、撮影した映像を、距離計算をするために必要な情報を抽出しやすいように、明るさの調整、色の調整、像の歪に対して補正をかけるといった、映像を補正する機能を有する。得られる像の品質や、要求される精度によっては、省略することもできる。

[0016] 距離計算部500は、複数の撮像手段300A、300Bから得た映像から距離を計算する処理を行う。

[0017] これらの要素は、筐体600にて固定される。特に、複数の撮像手段300A、300Bの配置関係が距離測定に重要なパラメータとなるため、高精度で配置されている必要がある。したがって、筐体600は剛性が高い材質、構造となっていることが望ましい。

[0018] 距離測定システムでは、複数配置された撮像手段300A、300Bから得た撮像データから、対象物が距離測定システムからどれだけの距離離れて存在しているかを算出するシステムであり、撮影対象が存在する方向の情報から対象物が存在する位置を三次元的に算出することができる。

[0019] 距離を測定する手段の構成の一例を図4乃至図6に示す。

図4は撮像手段300と距離を測定する対象物800との配置関係の一例を示す上面図であり、図5は図4に示す配置関係において、対象物が撮像素子に結像される位置の一例を示す上面図（一部平面図）であり、図6は図5を側面から見た図である。図6においては撮像手段300A、300Bともに同様であるため、これらをまとめて図示する。また、撮像手段300において、図5および図6中の撮像素子は図面が描写される平面に対して垂直な平面に配置されるものであるが、説明を簡単にするために図面が描写される平面と平行に描写している。また、撮像光学系310による光線の屈折は、説明を簡単にするために図中では考慮していない。

対象物800から発された光は撮像光学系310A、310Bを介して撮像素子320A、320Bの位置810A、810Bに結像される。撮像手段300A、300Bから得られた映像は、映像処理部400で明るさ、色

、歪みなどを調整され、距離計算部500によりパターンマッチングが行われる。パターンマッチングの手法としては例えば、それぞれの映像に対して、特徴点を抽出し、それらが同一の物体であるかどうかを幾何的、位相的な整合性の有無を確認するアルゴリズムを利用することでチェックする。

[0020] パターンマッチングの結果、同一の物体であると判断された対象物800が結像した撮像素子320A、320B上の位置810A、810Bと、撮像光学系310A、310Bと撮像素子320A、320Bとの距離および撮像光学系310A、310Bの光学特性から、撮像光学系310A、310Bの光軸と対象物800とがなす水平角 ϕ A、 ϕ Bおよび仰角 ϕ が求められる。筐体600に固定されることにより撮像光学系310A、310Bの光軸の距離Lは一定であるので、距離Lと水平角 ϕ A、 ϕ B、仰角 ϕ および撮像光学系310A、310Bの光学特性を考慮することにより三角測量等の方法で対象物800までの距離が求められる。

このように、撮像手段300で撮影した撮像データから、対象物800などのある特徴点の撮像手段300の光軸に対する方向と距離を求めることができ、対象物800の三次元的な位置を特定することができる。

[0021] ここで、図7を用いて角度分解能と距離の測定可能な範囲について説明する。

図7に示すように、1つの画素が表現する入射角は幅を持っており、直線で示す入射角内であれば、撮像手段300は対象物800が同じ方向に存在すると認識する。例えば図7(a)のように角度分解能が高ければ撮像素子320の1画素321が捕らえる入射角が狭いため、複数の対象物800A、800Bそれぞれを識別可能となり、距離の測定精度が上がる。しかしながら、図7(b)のように角度分解能が低いと撮像素子320の1画素が捉えられる入射角が広いため、複数の対象物800A、800Bを識別することができず、対象物800A、800Bの距離を正確に測定することができない。このため、正確に対象物800との距離を測定する必要がある入射角に関しては角度分解能を高くする必要がある。

[0022] 距離測定システムの使用例として、車両の前方に搭載した用途について説明する。

車両には、運転手の運転をサポート、あるいは運転手の直接の指示なく運転をするための自動運転機能を搭載したものが研究、実施されている。運転のサポートの例を挙げると、前方横方向から飛び出してくる車や人との衝突を回避したり、前方の車との衝突を防ぐように、距離が近づくと警告を発したりブレーキをかけるようなシステムがある。他には、前方の車に追従して走行する機能などもある。

[0023] これらの機能を実現するためには、車の周辺に存在する物の配置関係、移動する方向、速度などの情報を利用して、判断制御を行う方法がある。これらの情報を得るためには、距離測定システムを利用することができる。距離測定システムを用いて運転のサポート、自動運転をすることができるが、各用途、機能によって測定しなければならない距離、方向、精度が異なる。

[0024] 図8に機能別の要求される入射角と角度分解能の一例を示す。

前方の車両に自動的に追従する機能（追従運転901）では、高速道路などの比較的車間距離がとられていることも想定され、高速で走行中には距離測定の誤差によって車間距離に大きく影響を与えるので、正面付近の遠方でも精度の高い距離測定が必要である。このため、入射角の小さい領域において角度分解能が高い必要がある。また、追従運転901の広角側は狭角側と比較して、有効な追従対象は近距離に存在するため、追従運転901のグラフは右肩上がりの形となる。一方で、正面以外の領域に対しては追従する車両がないと考えられるので距離測定をする必要がない。

[0025] 衝突防止する機能（衝突防止902）では、カーブなどを走行中でも前方の車両との距離を測定して適切な車間距離を取る必要があるため、追従運転901と比較して広い画角である正面周辺領域について距離を測定する必要がある。しかし、衝突する可能性のある車両は比較的近距離にあるので、追従運転901ほど正確な距離測定は必要ではない。また、衝突防止902の広角側は狭角側と比較して衝突の危険性がある対象物の存在範囲が近距離に

限定されるため、衝突防止 902 のグラフは右肩上がりの形となる。そして、正面周辺領域よりもさらに広角領域についてはカーブにより衝突する可能性が考えにくいことから距離を測定する必要はない。

[0026] 交差点などにおける走行方向が略直交する場合の衝突防止機能（衝突防止 903）では、横方向から飛び出してくる人や車両を検知するためがあるため、できるだけ広い入射角を撮像することが必要である。しかし、衝突防止 902 と同様に衝突する可能性のある人や車両は比較的近距离にあるので、追従運転 901 ほど正確な距離測定は必要ない。ただし、衝突防止 902 とは違い、衝突防止 903 では広角側に存在する対象物であっても自車両の進路に向かうため、比較的遠方の対象物も測定する必要がある。また、交差点までの距離が一定のとき、衝突防止 903 の広角側は狭角側と比較して対象物までの距離が遠くなるため、衝突防止 903 のグラフは右肩下がりの形となる。

[0027] このように、実現しようとする用途によって、検知しなければならない範囲が異なる。上記の目的で車両に距離測定システムを搭載する場合、一般的に正面に対しては遠距離を、周辺方向については広い入射角での撮影が要求される傾向にある。

[0028] しかし、前述したように遠方まで距離測定するためには、角度分解能が必要となる。

[0029] 次に、正面に対しては遠距離を、周辺方向については広い入射角での撮影が要求される距離測定システムに搭載するための撮像レンズとの観点で、従来の撮像レンズ（透視射影、正射影）の課題について説明する。

[0030] 図 1 は、射影方式による入射角 θ と像高 y との関係を示したグラフであり、横軸が入射角 θ 、縦軸が像高 y を示している。

符号 110 で示す実線は透視射影の特性曲線、符号 120 で示す破線は正射影の特性曲線であり、各射影方式について、撮像範囲の中央である入射角 $\theta = 0$ における傾き、すなわち入射角当たりの像高の変化率 $dy(0)/d\theta$ が等しくなる条件でグラフをプロットしている。

[0031] 透視射影 110 も、正射影 120 も入射角が増加すると、像高が増加する性質を持ち、撮影半画角（最大入射角）が決められたとき、その像高は射影方式によって異なる。例えば、一般的に用いられている撮像レンズの射影方式である透視射影 110 を例に挙げると、像高 y は前記式（1）で示される。即ち、像高 y は $\tan \theta$ にしたがって増大していく。したがって、画角を広く取ると、像高が高くなってしまい、これを撮像するための感光フィルムや撮像素子のサイズを大きくしなければならない。特に、透視射影 110 は、半画角 θ が 90° の時に像高 y が発散してしまうため、半画角 θ が 90° 以上になる用途では用いることができない。したがって、広画角な光学系では別の射影方式を用いる必要がある。

[0032] 広い画角を持つレンズの射影方式の例として、公知の正射影 120 がある。正射影 120 では、像高 y は前記式（2）の関係が成立するため、入射角 θ が 90° であっても、透視射影 110 と異なり像高 y が発散することはない。

[0033] ところで、像を記録する手段として、撮像系の略結像位置に感光フィルムや撮像素子などを用いることができる。例として、像の光強度分布を電気信号に変換する撮像素子を利用したとして以下説明する。撮像素子に CCD イメージセンサや CMOS イメージセンサなどの撮像素子を採用した場合には、入射角当たりの像高の変化率 $dy(\theta)/d\theta$ は、単位入射角あたりどれだけの画素が含まれるかを示す指標となる。つまり、傾きが立ち上がっていると、単位入射角あたりに含まれる画素が多くなり、1 画素あたりで細かい入射角を撮影できる、角度分解能が高い状態を示している。

[0034] 上記を考慮して、射影方式の違いによる角度分解能の違いを比較する。図 1 に示すように、2 つの射影方式は、中央部（入射角 $\theta = 0$ 度）では同じ傾きを有していても、比較的広画角側である入射角 40 度付近では、正射影 120 は透視射影 110 よりも傾き $dy(40)/d\theta$ が小さい。つまり、中央部（入射角 $\theta = 0$ 度）で同じ角度分解能を持っていたとしても、広角側（入射角 $\theta = 40$ 度）では正射影の角度分解能がより劣化している。

[0035] 別の指標として、入射角 θ における 1 画素あたりの入射角の変化率 $D(\theta)$ で評価することもできる。下記式 (6) は、入射角 θ における 1 画素あたりの入射角の変化率を示している。

$$D(\theta) = 1 / (dy(\theta) / d\theta) \quad \dots (6)$$

つまり、 $D(\theta)$ が小さければ 1 画素が表現する入射角が小さいことを意味していて、分解能が高い状態を示す。図 2 に像高当たりの入射角の変化率 D を示す。

[0036] 透視射影 210 と正射影 220 とを比較すると、 $D(0)$ は同じであるが、入射角 40 度の場合の $D(40)$ では透視射影 210 よりも正射影 220 の方が大きく、1 画素あたりの入射角の変化率が大きい状態であるため、広角側で角度分解能がより劣化する性質を持つことがわかる。

[0037] 一方、像高について着目すると、一般レンズの透視射影 110 では、広角側になるほど著しく像高が高くなる (図 1) ため、広角領域を撮影するためには、大きなサイズの撮像素子が必要となり、撮像素子のコストが高くなる課題と、それに合わせて光学系と撮像素子とを固定する筐体を大きくしなくてはならず、光学系が大きくなる課題がある。

[0038] 撮像系の性能として、広い画角で撮影ができ、角度分解能が高いことが望ましいが、上記の射影方式の比較で記載したとおり、撮影画角を広くするほど、角度分解能を高くするほど撮像素子を大きくしなくてはならない。もしくは、撮像素子のサイズを制限すると角度分解能を低下させるか、撮影範囲を狭くして角度分解能と両立させることを迫られる。

[0039] 特に車両等の対象物 800 が比較的遠方にある場合 (追従運転 901) は 1 画素が捕らえる範囲が距離に比例して拡大するため、図 7 の (b) のように複数の対象物 800A、800B が 1 画素内に入射する可能性が高くなり、高い角度分解能が求められるため、従来の撮像レンズでの対応は困難であると思われた。

[0040] そこで発明者等は、角度分解能を高くする方法について検討した。角度分解能を高くするには、撮像素子 320 の高解像度化 (撮像素子のサイズの拡

大、撮像素子の画素の高密度化)を図る手法と、撮像光学系310の入射角と像高の関係において、単位像高さ当たりの入射角の変化率を小さくするという手法がある。しかしながら、撮像素子320の高解像度化は技術的・物理的な困難性、コストが増大するなどの制限がある。そこで発明者等は、角度分解能に影響をおよぼす要素である撮像光学系310を変化させることで正確な距離測定が必要な入射角における角度分解能を高くすることとした。

本実施の形態に係る撮像レンズの特性について図9を用いて説明する。図9は、本実施の形態に係る撮像レンズにおける入射角 θ に対する像高当りの入射角の変化率D及び像高 y との関係の一例を示すグラフである。符号270が入射角の変化率を示すグラフ、符号160が像高を示すグラフ、符号261が入射角の変化率における変曲点であり、これに対応する入射角が切り替え入射角 θ_s である。

[0041] 本撮像レンズは、像高当たりの入射角の変化率 $D(\theta)$ の切り替え入射角 θ_s に対して像高 $y(\theta)$ が、下記の不等式(7)を満たすことを特徴とする。

$$1.5 < (y(\theta_s) / \theta_s) / \{ (y(\theta_{max}) - y(\theta_s)) / (\theta_{max} - \theta_s) \} < 3.0 \quad \dots (7)$$

本実施の形態に係る撮像レンズを車両に搭載する用途の機器(距離測定システム等)に用いる場合、運転手の運転サポートや、自動運転で必要となる用途別の入射角ごとに要求される検知距離は中央で長く、周辺方向で短くなっている。例えば、3Mピクセルの解像度を有する撮像素子を用いた場合、

$(y(\theta_s) / \theta_s) / \{ (y(\theta_{max}) - y(\theta_s)) / (\theta_{max} - \theta_s) \} < 1.5$ であれば、有限な十分な画角を全画角で90度を得ることができず、

$3.0 < (y(\theta_s) / \theta_s) / \{ (y(\theta_{max}) - y(\theta_s)) / (\theta_{max} - \theta_s) \}$ であれば、十分な角度分解能を得ることができず測定距離が不足してしまう。

[0042] したがって、上記不等式（７）を満たす撮像レンズであれば、入射角が小さい中央領域で測定距離が長く、入射角が大きな周辺部分では測定距離は短い、広い範囲を撮影できる距離測定システムを提供することができる。

[0043] 図１０は、本実施の形態に係る他の撮像レンズにおける入射角 θ に対する像高当りの入射角の変化率 D との関係の一例を示すグラフである。符号２８０が入射角の変化率を示すグラフ、符号２６１が入射角の変化率における変曲点であり、これに対応する入射角が図９と同様に切り替え入射角 θ_s である。なお、 θ_p は $0 < \theta_p < \theta_{max}$ を満たす任意の入射角を表わす。また、符号２３０は、 $\{(D(\theta_{max}) - D(0)) / \theta_{max} \theta\} \theta_p + D(0)$ で示される入射角の変化率を示すグラフである。

本例に係る撮像レンズは、像高当たりの画角の変化率の切り替え入射角 θ_s が $10^\circ < \theta_s < 30^\circ$ であることを特徴とする。

車両に搭載する用途の機器に用いる場合、像高当たりの入射角の変化率の切り替え入射角 θ_s は 10° から 30° の範囲に存在している事が望ましい。運転手の運転サポートや、自動運転で必要となる用途別の入射角ごとに要求される検知距離は、 10° から 30° の領域で短めになっている。つまり、角度分解能の要求精度は比較的低い。そのため、 10° から 30° の入射角では角度分解能の精度が小さくても許容される傾向である。その領域に、角度分解能がばらつきやすい角度分解能の遷移領域を設けることで、角度分解能のばらつきを原因とする距離の算出誤差があっても、車載用距離測定システムとしての処理が破綻しにくい堅牢性がある中央で比較的長い距離を測定しつつ、広い画角を撮影できる距離測定システムを提供できる。

[0044] 上記の構成によれば、広い画角を撮影する場合でも、撮像光学系の最大入射角近傍の単位入射角当たりの像高の変化量を確保しながら、単位入射角当たりの像高の変化量を像の周辺部よりも中央を大きくとることができる。すなわち、撮影画角の広角化と撮影範囲全体にわたり必要な角度分解能の確保を両立することが可能である。

図１１を用いて、上記特性を持ち、十分な分解能を持つレンズ設計として

考慮すべき撮像レンズの構成の特徴について説明する。図 1 1 は、実施の形態に係る撮像レンズに入射する主光線入射角度を説明するための図であり、

(a) は各屈折面（レンズ表面）における主光線入射角度を示すグラフ、(b) は撮像レンズの各屈折面の位置を説明するための図である。

[0045] 本撮像レンズの特徴は、第 1 面（絞りから最も遠く、対象物に最も近い第 1 レンズの表面）に入射する光線が面に垂直入射となる入射角 θ_n を θ_s 近傍になるように光学系を設計することにある。有限の角度 θ_s において、角度分解能曲線（入射角に対する像高当りの入射角の変化率の曲線）の変曲点を持つような入射角像高特性を得るためには、この機能を持つ面を絞りからもっとも離れた位置にある第 1 面に持たせるのが良い。絞りから離れることで、レンズ面を通過する特定の入射角の光線束は十分細くなり、収差の影響が小さい状態で光線を所望の向きに向けることができるからである。一般的に、各種収差が小さいレンズを設計するためには、ここの屈折面の屈折角度は小さいほうが良い。本撮像レンズのような、角度分解能の変曲点 θ_s より内側では高倍率、外側では低倍率の光学系の場合には、第 1 面で高倍率側、低倍率側にバランスよく光線の屈折角度を配分することで、第 1 面における屈折角度の絶対値を小さくすることができる。

[0046] 図 1 1 (a) は撮像レンズの第 1 面から第 6 面（対象物に近い順に第 1 レンズの表面と裏面、第 2 レンズの表面と裏面、第 3 レンズの表面と裏面）までの主光線の入射角の変化を示したものである。ここに示した撮像レンズの場合、入射角度 $\theta_n = 25^\circ$ で第 1 面（第 1 レンズの表面）に入射した光線は角度変化せず第 2 面（第 1 レンズの裏面）に入射していることがわかる。このように面を通過した際に、主光線の角度が変わらないと言うことは、面に主光線が垂直に入射していることを意味する。

[0047] 通常のレンズは面に垂直に主光線が入射する点は軸上（中心）のみである。軸上以外に垂直入射するレンズであることがこのレンズの光学的な特徴である。屈折角の振り分けという観点では垂直入射点の主光線入射角 θ_n は角度分解能曲線の変曲点の角度 θ_s と略等しく設定するのが好ましい。

[0048] 以下、本発明について実施例により説明する。

実施例 1

[0049] 本発明の第1の実施例に係る、上記のような光学特性を具備する撮像レンズのレンズ構成について図12を用いて説明する。このレンズは2枚の非球面レンズ720、730及び球面レンズ群740で構成されている。なお、実施の形態に記載され本実施例に未記載の事項は特段の事情が無い限り本実施例にも適用することができる。

[0050] この撮像レンズの構成の詳細を表1に示す。なお、第1面および、第3面が非球面表面となっており、非球面レンズのパラメータは表1の次に示す式のとおりである。また屈折率、アッベ数欄の数字は小数点以上が屈折率の小数点6桁分、小数点以下がアッベ数を1/100した数字である。一例を示せば、589100.61は屈折率1.589100、アッベ数61.000である材料である。

[0051]

[表1]

表 1

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率、アッペ数					
1	11.50509	3.491056	589100.61					
	非球面定数							
	K	-1						
	A	-1.08E-04	B	2.71E-05	C	-1.25E-06	D	2.50E-08
	E	-2.83E-10	F	1.98E-12	G	-8.58E-15	H	2.12E-17
	J	-2.30E-20						
2	7.49445	4.723772						
3	10.17677	1.068988	589100.61					
	非球面定数							
	K	0						
	A	-1.16E-03	B	1.16E-04	C	-3.81E-06	D	3.78E-08
	E	-1.64E-10	F	7.89E-14	G	4.99E-21	H	-9.78E-23
	J	1.05E-24						
4	6.71844	2.229137						
5	95.08359	3.286046	784700.256					
6	182.41513	2.35292	589100.61					
7	7.2422	2.131632						
8	-13.14613	4.822955	670000.573					
9	-4.47182	2.204571	666800.33					
10	-7.48741	0.492697						
11	6.87423	1	786500.501					
12	2.9249	1.298491	603200.423					
13	18.73328	0.944902						
STO	INFINITY	0.882459						
14	8.54713	1.001547	517300.693					
15	16.75176	0.1						
16	9.99628	1.133279	922900.209					
17	4.24358	3.526661	517300.693					
18	-5.33434	4.998861						
IMG	INFINITY	0.001158						

非球面レンズのパラメータ

$$z = \frac{ch^2}{1 + \text{SQRT}[1 - (1+k)c^2h^2]} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12} + Fh^{14} + Gh^{16} + Hh^{18} + Jh^{20}$$

z z軸に平行な面のザグ量
c 面頂点での曲率(C U Y)
K コーニック係数(K)

k = 0
-1 < k < 0
k = -1
k < -1
k = -e²、eは離心率
k > 0 の場合

- 球面
- 長軸が光軸にある楕円面（長球面）
- 放物面
- 放物面
- 偏球面（コーニック断面ではない）は楕円を短軸に関して回転させることにより作成します。

k = e² / (1 - e²)
eは生成する楕円の離心率です。

A, B, C, D, E, 4次、6次、8次、10次、12次、14次、16次、18次、20次の変形係数
F, G, H, J 純粋なコーニック面の場合、A = B = C = D = E = F = G = H = I = J = 0

$$h^2 = x^2 + y^2$$

[0052] レンズ入射第1面710に入射した光線は、光線入射側の2枚の非球面レンズ720、730により所望の像高と入射角の関係が得られるように光線が導かれ、後群の球面レンズ群740によりセンサー750の上に像を結像する。十分収差補正された像を得るためには、前群の非球面レンズ720、730により滑らかに変化する物体の虚像が得られている必要があるが、本実施例の入射角と像高との関係と、滑らかな物体虚像を得るためには2枚の非球面レンズが必要になる。

[0053] これらのレンズ、光学部品は鏡筒、スペーサなどを用いて位置決めされた上で固定される。振動や外的な衝撃で光学部品の位置がずれないように、金属や適度な剛性を有する材質でできていることが望ましい。

[0054] 図12及び表1に示す構成とすることにより、正面に対しては遠距離撮影が、周辺方向については広い入射角での撮影ができる撮像レンズを提供することができる。

[0055] また、本実施例に係る撮像レンズを撮像装置に搭載することにより、正面に対しては遠距離撮影が、周辺方向については広い入射角での撮影ができる。また、本実施例に係る撮像レンズを搭載したステレオカメラ、或いは2つ以上の撮像装置を図3に示す距離測定システムに適用することにより、正面に対しては角度分解能が高い遠距離計測が、周辺方向については広い入射角において近距離計測が可能となる。この距離測定システムを車に取り付けることにより、前方の車両に自動的に追従する機能、カーブや交差点における衝突防止する機能を実現することが可能となる。

[0056] 以上、本実施例によれば、撮影画角の広角化と撮影範囲全体にわたり必要な角度分解能の確保とを両立できる撮像レンズ及びそれを用いた撮像装置並びに距離測定システムを提供することができる。

実施例 2

[0057] 図13を用いて、本発明の第2の実施例に係る撮像レンズのレンズ構成について説明する。第1の実施例に赤外線を吸収するためのIRフィルター760をレンズ射出面に追加した構成例である。なお、実施の形態に記載され

本実施例に未記載の事項は特段の事情が無い限り本実施例にも適用することができる。

この撮像レンズ構成の詳細を表 2 に示す。なお、第 1 面および、第 3 面が非球面表面となっている。

[0058] [表 2]

表 2

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率、アッベ数					
1	9.83812	2.821811	583126.5937					
	非球面定数							
	K	-1						
	A	-1.54E-05	B	2.21E-05	C	-1.14E-06	D	2.42E-08
	E	-2.87E-10	F	2.06E-12	G	-8.87E-15	H	2.12E-17
	J	-2.16E-20						
2	7.87327	4.395488						
3	14.44702	1.016295	583126.5937					
	非球面定数							
	K	0						
	A	-6.85E-04	B	9.21E-05	C	-3.73E-06	D	8.83E-08
	E	-1.17E-09	F	4.07E-12	G	3.05E-14	H	9.90E-16
	J	-1.61E-17						
4	6.85889	3.546173						
5	1019.6314	4.525556	739998.283					
6	-17.79269	4.745216	487490.7024					
7	3.89526	1.701511						
8	-5.48851	1	740769.2779					
9	-11.03758	1	743997.4479					
10	-7.30426	0.1						
11	8.09088	3.893378	739998.283					
0.5	10.03272	1	487490.7024					
12	-8.7045	0.1						
STO	INFINITY	0.882459						
13	20.21962	1	720467.3471					
14	54.39247	0.1						
15	9.04135	1.534717	603112.6064					
16	-3.41186	3.767283	755199.2751					
17	-9.14347	0.1						
18	INFINITY	1	514000.52					
19	INFINITY	4.23947						
IMG	INFINITY	0.007603						

[0059] この表で、面番号 18—19 が追加した I R フィルターに相当する。

[0060] 図 13 及び表 2 に示す構成とすることにより、赤外線をカットした光を用いて、正面に対しては角度分解能が高い遠距離撮影が、周辺方向については広い入射角での撮影ができる撮像レンズを提供することができる。

[0061] また、本実施例に係る撮像レンズを撮像装置に搭載することにより、赤外線をカットした光を用いて、正面に対しては角度分解能が高い遠距離撮影が

、周辺方向については広い入射角での撮影ができる。また、本撮像レンズを搭載したステレオカメラ、或いは2つ以上の撮像装置を図3に示す距離測定システムに適用することにより、赤外線をカットした光を用いて、正面に対しては角度分解能が高い遠距離計測が、周辺方向については広い入射角において近距離計測が可能となる。この距離測定システムを車に取り付けることにより、前方の車両に自動的に追従する機能、カーブや交差点における衝突防止する機能を実現することが可能となる。

[0062] 以上、本実施例によれば、実施例1と同様の効果を得ることができる。また、赤外線をカットした光を用いた撮影をすることができる。

実施例 3

[0063] 図14を用いて、本発明の第3の実施例に係る撮像レンズのレンズ構成を説明する。本発明に係る撮像レンズでは入射角像高の関係を得るために符号720、符号730で示す2枚の非球面レンズを用いているが、さらに距離の測定精度を上げるためには、収差を小さくする必要がある。そのため、符号720、符号730で示すレンズを両面非球面にした場合の実施例である。なお、実施の形態に記載され本実施例に未記載の事項は特段の事情が無い限り本実施例にも適用することができる。

この撮像レンズ構成の詳細を表3に示す。

[0064]

[表3]

表 3

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率、アッペ数					
1	10.66009	3.022866	583130.5946					
	非球面定数							
	K	-1						
	A	-8.31E-05	B	2.27E-05	C	-1.15E-06	D	2.43E-08
	E	-2.87E-10	F	2.06E-12	G	-8.87E-15	H	2.12E-17
	J	-2.16E-20						
2	9.90852	3.009004						
	非球面定数							
	K	-11.905382						
	A	1.12E-03	B	-5.00E-06	C	1.84E-08	D	2.08E-11
	E	-4.99E-12	F	-1.03E-22	G	-8.80E-26	H	-4.13E-29
	J	8.57E-32						
3	14.67946	0.938792	583130.5946					
	非球面定数							
	K	0						
	A	-4.65E-05	B	8.00E-05	C	-3.91E-06	D	8.76E-08
	E	-1.16E-09	F	4.41E-12	G	3.26E-14	H	9.86E-16
	J	-1.47E-17						
4	5.24361	3.060758						
	非球面定数							
	K	-0.253816						
	A	9.89E-04	B	-6.15E-05	C	7.97E-07	D	-2.47E-08
	E	-8.61E-22	F	7.04E-24	G	2.83E-27	H	8.77E-31
	J	1.25E-34						
5	38.70809	2.949656	740770.2776					
6	-12.28718	3.711275	487489.7044					
7	4.72557	1.366465						
8	-7.81479	1.036425	740770.2776					
9	9.54991	2.080282	744002.4472					
10	-15.05472	0.116904						
11	13.14818	7.805392	740770.2776					
12	20.67398	0.764858	487489.7044					
13	-14.3352	0.206229						
STO	INFINITY	0.1						
14	10.81714	1.687366	723417.3799					
15	-55.73642	0.131824						
16	12.06491	2.224974	603111.6069					
17	-4.18447	3.157945	805181.2546					
18	-10.48254	4.978568						
19	INFINITY	0.000489						
20	INFINITY	-0.00254						
21	INFINITY	0						
IMG	INFINITY	0						

[0065] 第1面、第2面、第3面、第4面が非球面表面である。図15は第1の実施例と第3の実施例のレンズのコ空間周波数伝達関数(MTF)を示す。横軸が空間周波数であり、縦軸はコントラスト(MTFの振幅)である。グラフでは0度から60度迄の角度範囲において、10度おきのサジタル方向、メリディオナル方向のMTFをそれぞれ示している。図15(a)が第1の

実施例（片面非球面レンズ）、図15（b）が両面非球面レンズの結果である。片面非球面（図15（a））の場合は変曲点 θ_s （ここでは 20° ）近くの角度でMTFの振幅が小さくなっている。一方、両面非球面（図15（b））では、 θ_s （ 20° ）近傍でも良好なMTF振幅を維持している。

[0066] 図16には第1の実施例のレンズと第3の実施例のレンズの像面湾曲を示す。片面非球面レンズ（図16（a））の場合には θ_s （ 20° ）近傍の $10 \sim 20^\circ$ の領域で像面が大きくうねっていることがわかるが、両面非球面レンズ（図16（b））の場合にはこのうねりの振幅は $1/3$ 以下となっていることがわかる。

[0067] 図14及び表3に示す構成とすることにより、正面に対しては角度分解能が高い遠距離撮影が、周辺方向については広い入射角での撮影ができる撮像レンズを提供することができる。また、2枚の非球面レンズの両面を非球面とすることにより収差を小さくすることができる。

[0068] また、本実施例に係る撮像レンズを撮像装置に搭載することにより、正面に対しては角度分解能が高い遠距離撮影が、周辺方向については広い入射角での撮影ができる。また、本撮像レンズを搭載したステレオカメラ、或いは2つ以上の撮像装置を図3に示す距離測定システムに適用することにより、正面に対しては角度分解能が高い遠距離計測が、周辺方向については広い入射角において近距離計測が可能となる。また、2枚の非球面レンズの両面を非球面とすることにより収差を小さくすることができ、距離の測定精度を上げることができる。この距離測定システムを車に取り付けることにより、前方の車両に自動的に追従する機能、カーブや交差点における衝突防止する機能を実現することが可能となる。

[0069] 以上、本実施例によれば、実施例1と同様の効果を得ることができる。また、2枚の非球面レンズの両面を非球面とすることにより収差を小さくすることができ、距離測定システムにおいて、距離の測定精度を上げることができる。

実施例 4

[0070] 図 17 を用いて、本発明の第 4 の実施例に係る撮像レンズのレンズ構成を説明する。本発明の実施例に係る撮像レンズは入射面の 2 枚の非球面レンズで大部分が特性付けられる。したがって、それ以降の後群のレンズ構成については、既存の撮像レンズ 770 の構成を用いることができる。画角としては、第 1 非球面レンズ 720 の画角の $1/3$ 程度の画角を持つ既存の撮像レンズを流用して設計できる。この後群レンズの画角としては、 $30 \sim 40$ 程度になるためカメラ用の標準レンズのレンズ構成が適当である。図 17 は標準レンズの構成として多用されるガウス型レンズを後群として用いた場合の構成例である。この撮像レンズの構成例を表 4 に示す。

[0071] [表 4]

表 4

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率、アッベ数					
1	10.59484	2.672369	583130.5946					
	非球面定数							
	K	-1						
	A	-8.31E-05	B	2.27E-05	C	-1.15E-06	D	2.43E-08
	E	-2.87E-10	F	2.06E-12	G	-8.87E-15	H	2.12E-17
2	J	-2.16E-20						
	10.1792	3.428569						
	ASP							
	K	-9.117742						
3	A	8.74E-04	B	1.65E-06	C	-1.49E-08	D	-5.74E-10
	15.16681	1.19998	583130.5946	100	100	0		
	非球面定数							
	K	0						
	A	-4.65E-05	B	8.00E-05	C	-3.91E-06	D	8.76E-08
4	E	-1.16E-09	F	4.41E-12	G	3.26E-14	H	9.86E-16
	J	-14.7E-17						
	5.25759	12.48894						
	非球面定数							
	K	-0.24697						
5	A	9.36E-04	B	-6.47E-05	C	7.75E-07	D	-2.25E-08
	4.70246	0.638	745600.446					
6	22.45815	0.0825						
7	2.21926	0.935	620000.6					
8	8.58302	0.1925	621000.362					
9	1.37776	0.715						
STO	INFINITY	0.495						
10	-2.02399	0.1925	689000.309					
11	3.02497	1.265	745600.466					
12	-2.83257	0.055						
13	6.79264	0.935	745600.446					
14	-11.2728	4.15705						
IMG	INFINITY	0.005298						

[0072] この構成例では、5 面以降がガウス型となっている。

[0073] 図17及び表4に示す構成とすることにより、正面に対しては角度分解能が高い遠距離撮影が、周辺方向については広い入射角での撮影ができる撮像レンズを提供することができる。また、2枚の非球面レンズの両面を非球面とすることにより収差を小さくすることができる。更に、2枚の非球面レンズと既存の後群レンズとを組み合わせることで撮像レンズを作製することができる。

[0074] また、本実施例に係る撮像レンズを撮像装置に搭載することにより、正面に対しては角度分解能が高い遠距離撮影が、周辺方向については広い入射角での撮影ができる。また、本撮像レンズを搭載したステレオカメラ、或いは2つ以上の撮像装置を距離測定システムに適用することにより、正面に対しては角度分解能が高い遠距離計測が、周辺方向については広い入射角において近距離計測が可能となる。また、2枚の非球面レンズの両面を非球面とすることにより収差を小さくすることができ、距離の測定精度を上げることができる。この距離測定システムを車に取り付けることにより、前方の車両に自動的に追従する機能、カーブや交差点における衝突防止する機能を実現することが可能となる。

[0075] 以上、本実施例によれば、実施例1と同様の効果を得ることができる。また、2枚の非球面レンズと既存の後群レンズとを組み合わせることで撮像レンズを作製することができる。また、2枚の非球面レンズの両面を非球面とすることにより収差を小さくすることができ、距離測定システムにおいて、距離の測定精度を上げることができる。

実施例 5

[0076] 図18は、本発明の第5の実施例に係る撮像装置の一例である。なお、実施の形態や第1から第4の実施例のいずれかに記載され本実施例に未記載の事項は特段の事情が無い限り本実施例にも適用することができる。

[0077] 本実施例は、前記第1から第4の実施例のいずれかに記載の撮像光学系310と、撮像素子320と、鏡筒900とから構成される撮像手段300を備えた撮像装置である。本構成の撮像装置であれば、有限の大きさを持つ撮

像素子を用いて、広い画角と解像度の両立を図った撮像装置を提供できる。

必要に応じて、映像のゆがみ補正や、明るさ、色を補正などの機能を有する映像処理部を搭載していても良い。

[0078] 広い画角を持っていながら高い解像度を実現できるので、ゆがみが発生する広角領域の映像に対して、撮像素子 32 から得られる映像データを元に引き伸ばしてゆがみを補正する処理を加えても、画像の劣化を抑えることができる撮像装置を提供できる。

[0079] また、図 18 に示す撮像装置を 2 つ用いて図 3 に示す距離測定システムに適用することにより、正面に対しては角度分解能が高い遠距離計測が、周辺方向については広い入射角において近距離計測が可能となる。また、この距離測定システムを車に取り付けることにより、前方の車両に自動的に追従する機能、カーブや交差点における衝突防止する機能を実現することが可能となる。

[0080] 以上、本実施例によれば、撮影画角の広角化と撮影範囲全体にわたり必要な角度分解能の確保とを両立できる撮像レンズを用いた撮像装置及び距離測定システムを提供することができる。

[0081] なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることも可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

符号の説明

[0082] 110…透視射影（通常レンズ）、120…正射影、160…像高、210…透視射影の入射角の変化率、220…正射影の入射角の変化率、230… $\{(D(\theta_{max}) - D(0)) / \theta_{max} \theta\} \theta_p + D(0)$ で示される入射角の変化率、261…変曲点、270…入射角の変化率、280…入射

角の変化率、300…撮影手段、310…撮像光学系、320…撮像素子、
321…画素、400…映像処理部、500…距離計算部、600…筐体、
710…レンズ入射第1面、720…第1非球面レンズ、730…第2非球
面レンズ、740…球面レンズ群、750…センサー表面、760…IRフ
ィルター、770…ガウス型レンズ、800…対象物、810A…撮像素子
320Aに結像した対象物の位置、810B…撮像素子320Bに結像した
対象物の位置、900…鏡筒、901…追従運転のために要求される入射角
と角度分解の関係、902…衝突防止（カーブ）のために要求される入射角
と角度分解の関係、903…衝突防止（交差点）のために要求される入射角
と角度分解の関係。

請求の範囲

- [請求項1] 主光線が入射する第1面及び前記主光線が出射する第2面を有する第1レンズと、
- 第1レンズから出射した前記主光線が入射する第3面及び前記主光線が出射する第4面を有する第2レンズとを少なくとも備え、
- 前記第1レンズに前記主光線が入射する際、前記主光線が前記第1面に垂直に入射する入射角度 θ_n が、前記第1面の中心以外にも存在することを特徴とする撮像レンズ。
- [請求項2] 請求項1に記載の撮像において、
- 前記入射角度 θ_n は、 $10^\circ \sim 30^\circ$ の範囲に存在することを特徴とする撮像レンズ。
- [請求項3] 請求項2項記載の撮像レンズにおいて、
- 前記主光線の入射面側に配置された前記第1レンズの前記第1面及び前記第2レンズの前記第3面は、それぞれ非球面であることを特徴とする撮像レンズ。
- [請求項4] 請求項2項に記載の撮像レンズにおいて、
- 前記主光線の入射面側に配置された前記第1レンズ及び前記第2レンズは、両面非球面レンズであることを特徴とする撮像レンズ。
- [請求項5] 請求項3項に記載の撮像レンズにおいて、
- 前記第1レンズ及び前記第2レンズの後段には後群レンズが配置され、
- 前記後群レンズは、ガウス型の構成を有することを特徴とする撮像レンズ。
- [請求項6] 請求項2項に記載の撮像レンズにおいて、
- 前記第1レンズに対する最大入射角 θ_{max} における入射角当たりの像高の変化率 $dy/d\theta$ が、0よりも大きく、像高当たりの画角の変化率 $D(\theta) = 1 / (dy(\theta) / d\theta)$ の切り替え入射角 θ_s に対して、

像高 $y(\theta)$ が、

$$1.5 < (y(\theta_s) / \theta_s) / \{ (y(\theta_{\max}) - y(\theta_s)) / (\theta_{\max} - \theta_s) \} < 3.0$$

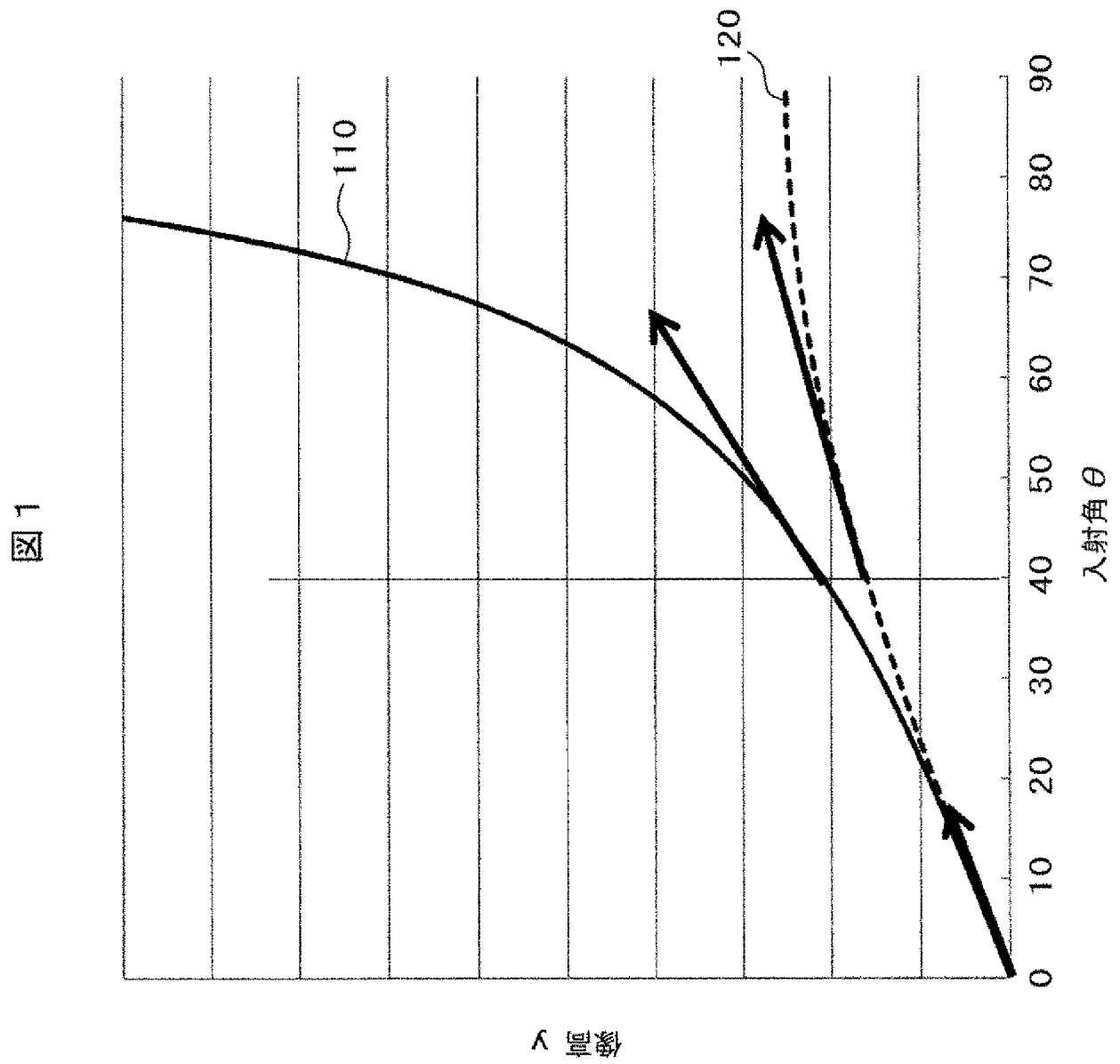
を満たすことを特徴とする撮像レンズ。

[請求項7] 請求項2に記載の撮像レンズを用いた撮像装置であって、車両に搭載されることを特徴とする撮像装置。

[請求項8] 請求項2に記載の撮像レンズを用いた撮像装置を少なくとも2つ備え、電源部と、映像処理部と、距離計算部と、筐体と、を有することを特徴とする距離測定システム。

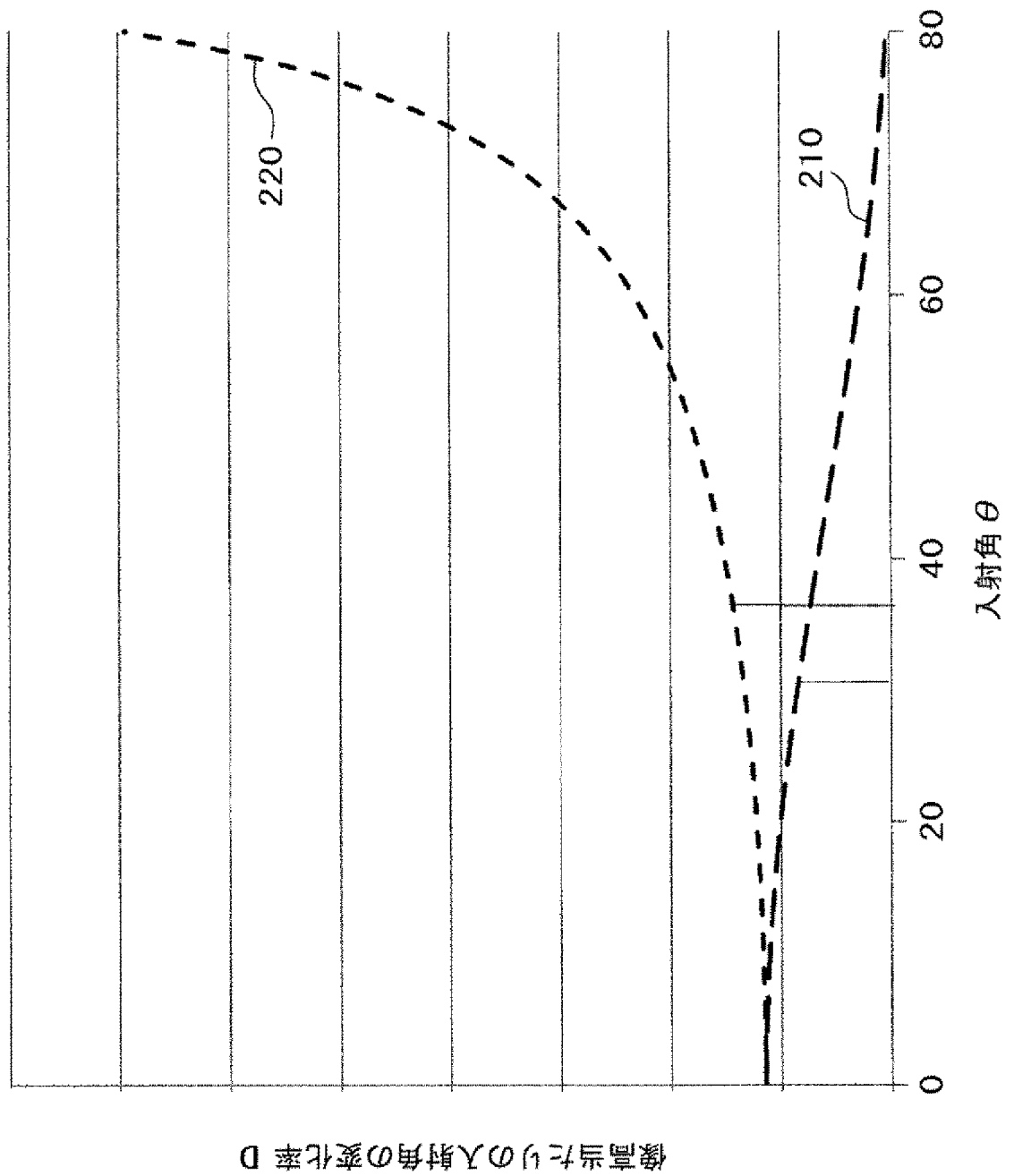
[請求項9] 請求項8に記載の距離測定システムであって、車両に搭載されることを特徴とする距離測定システム。

[図1]



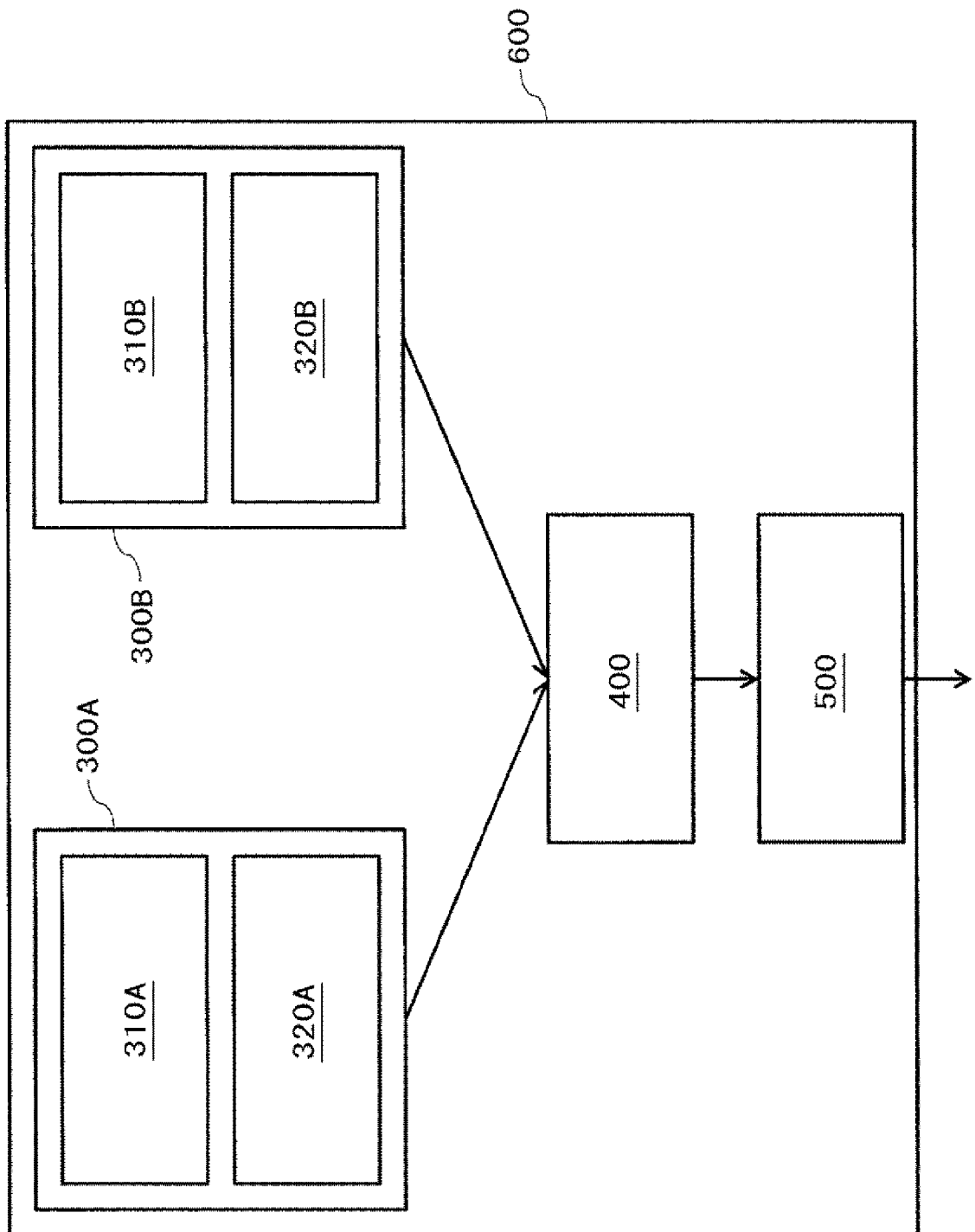
[図2]

図 2

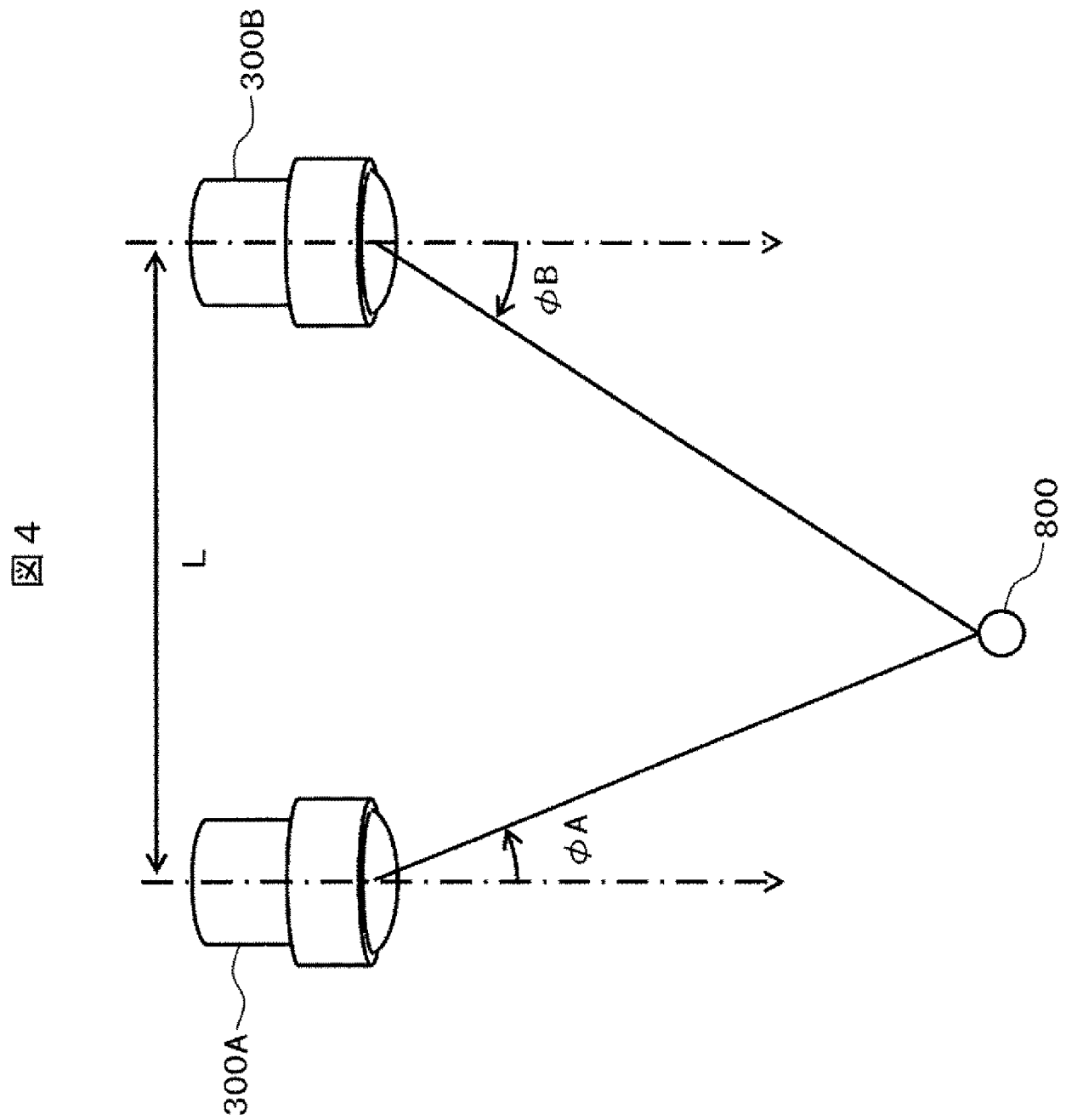


[図3]

図 3

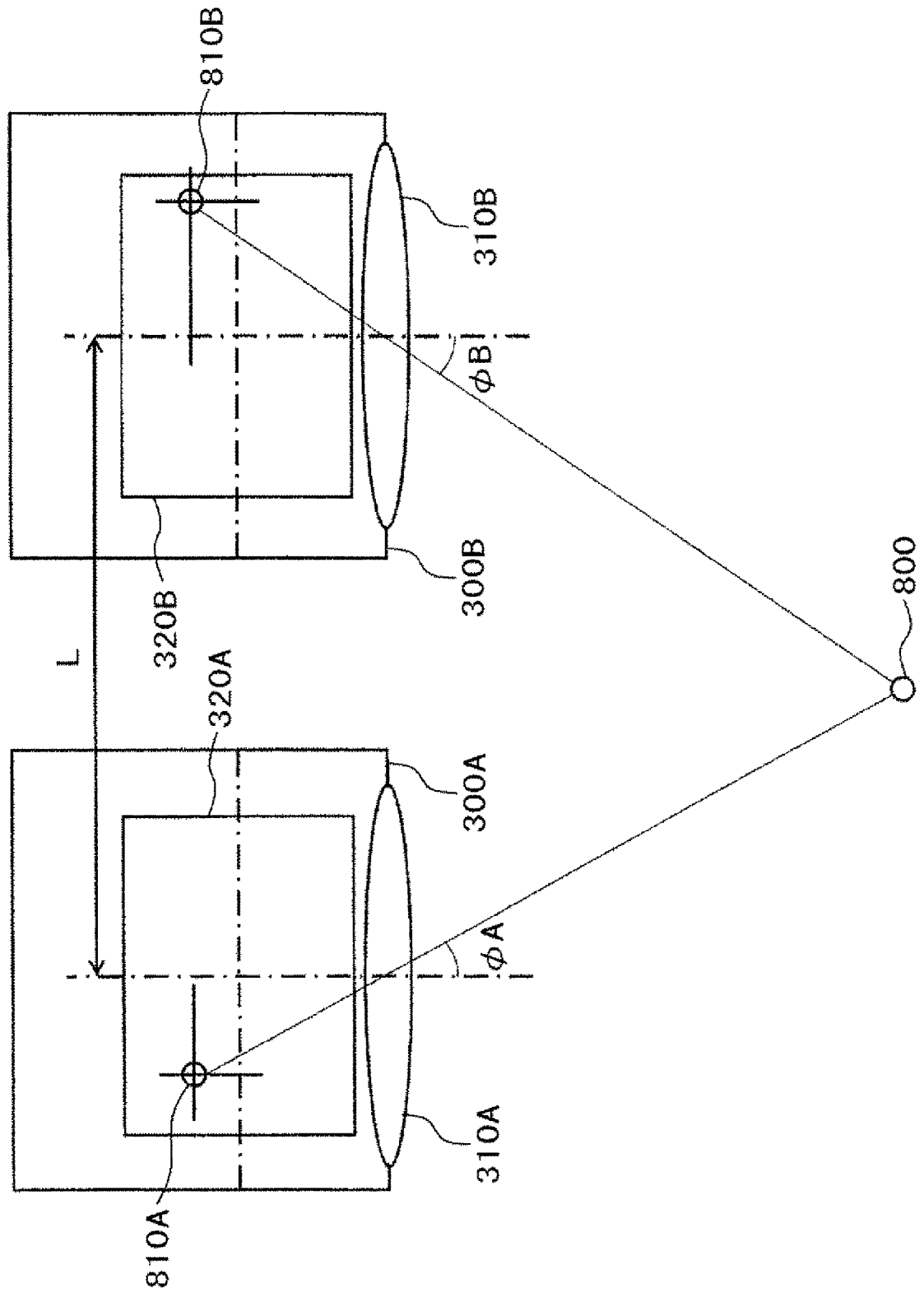


[図4]



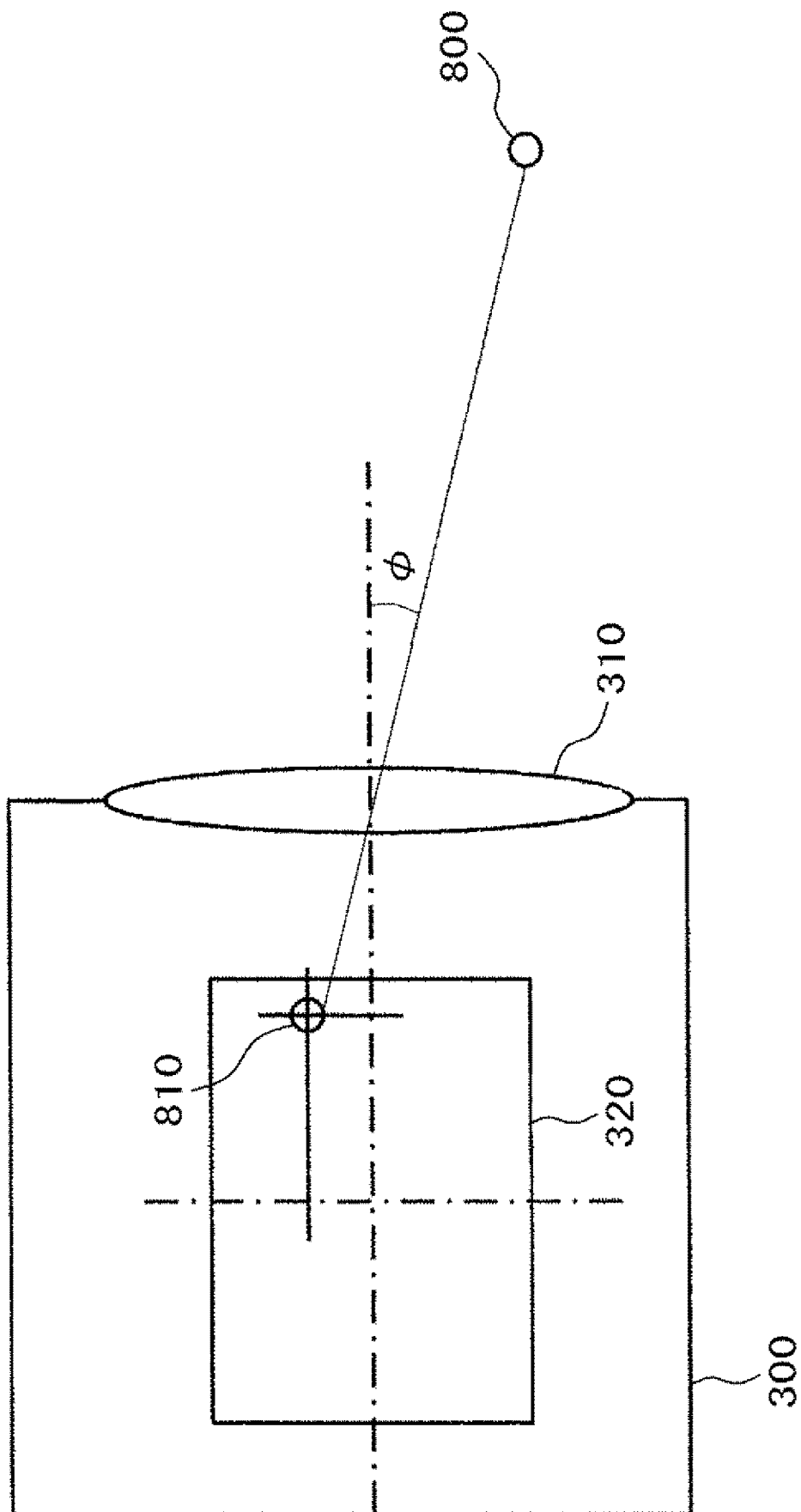
[図5]

図 5



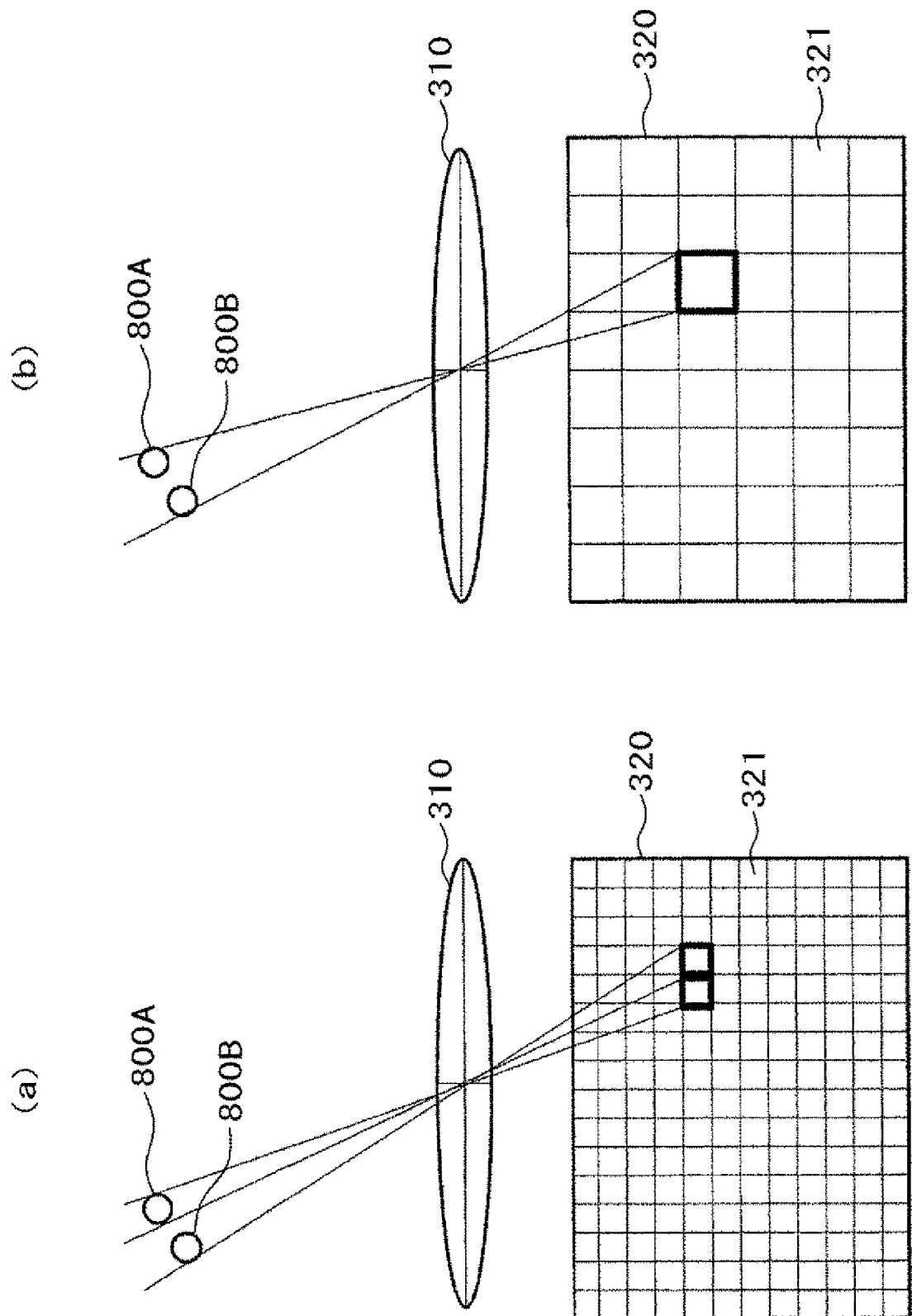
[図6]

図6



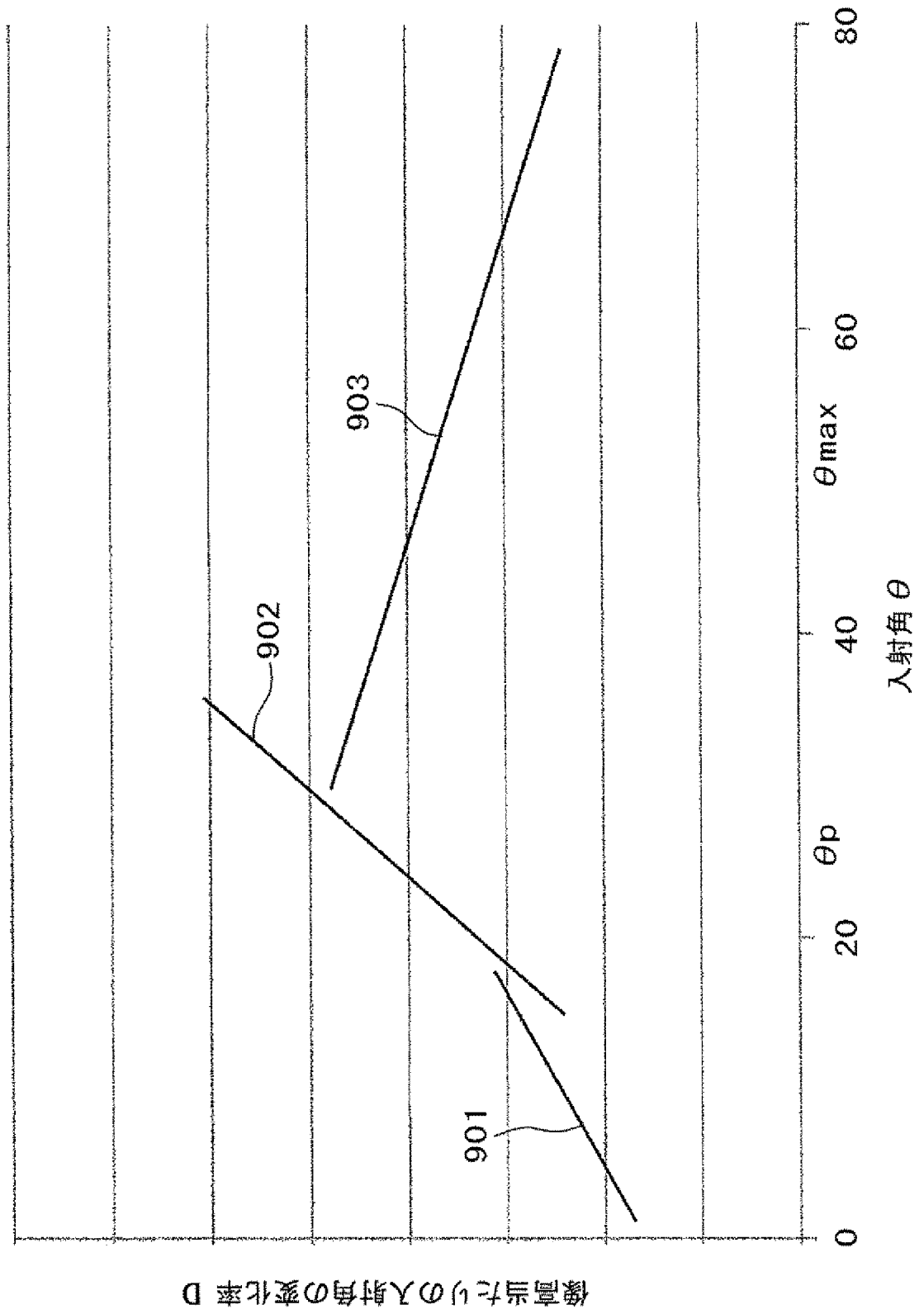
[図7]

図 7

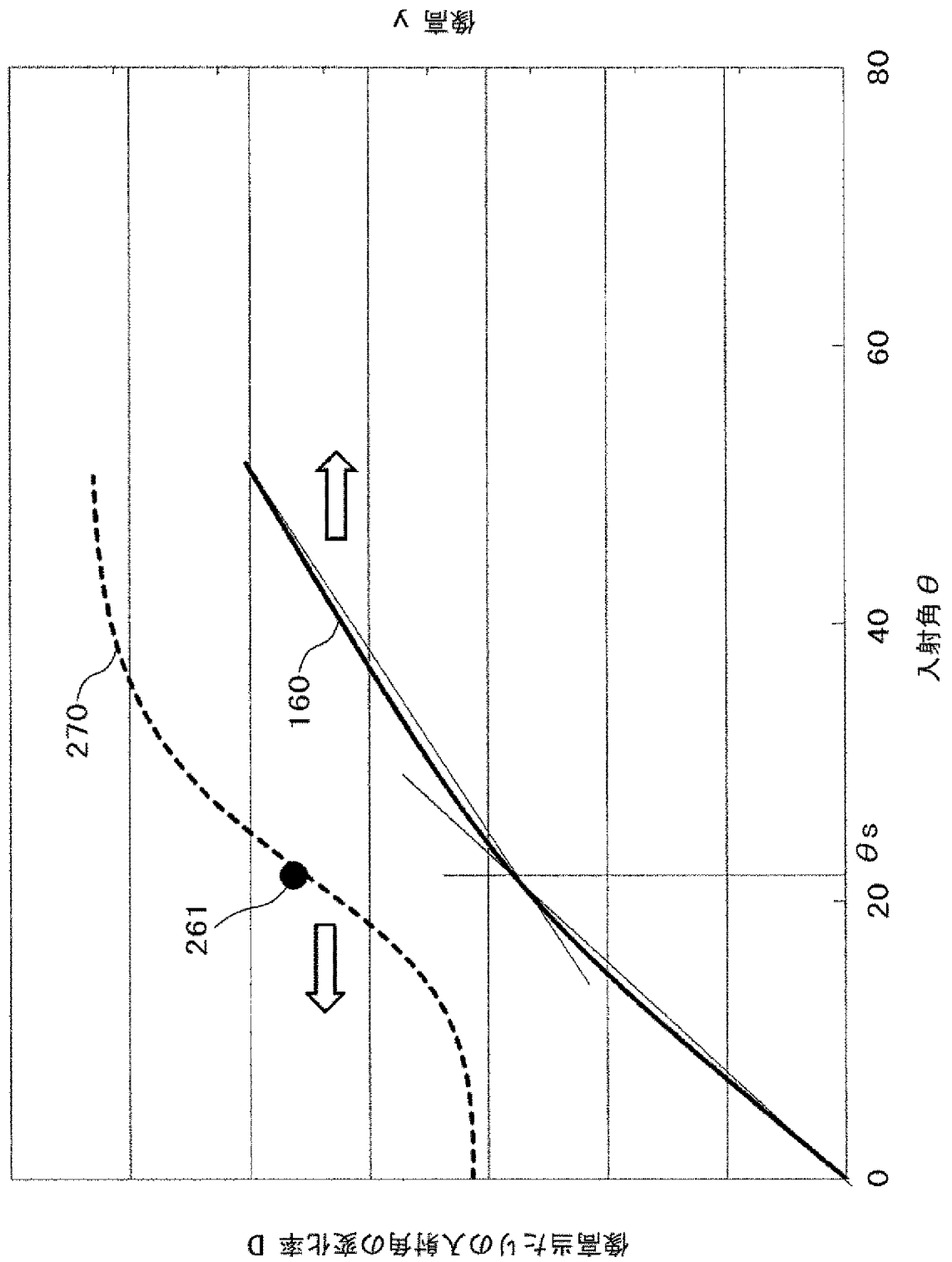


[図8]

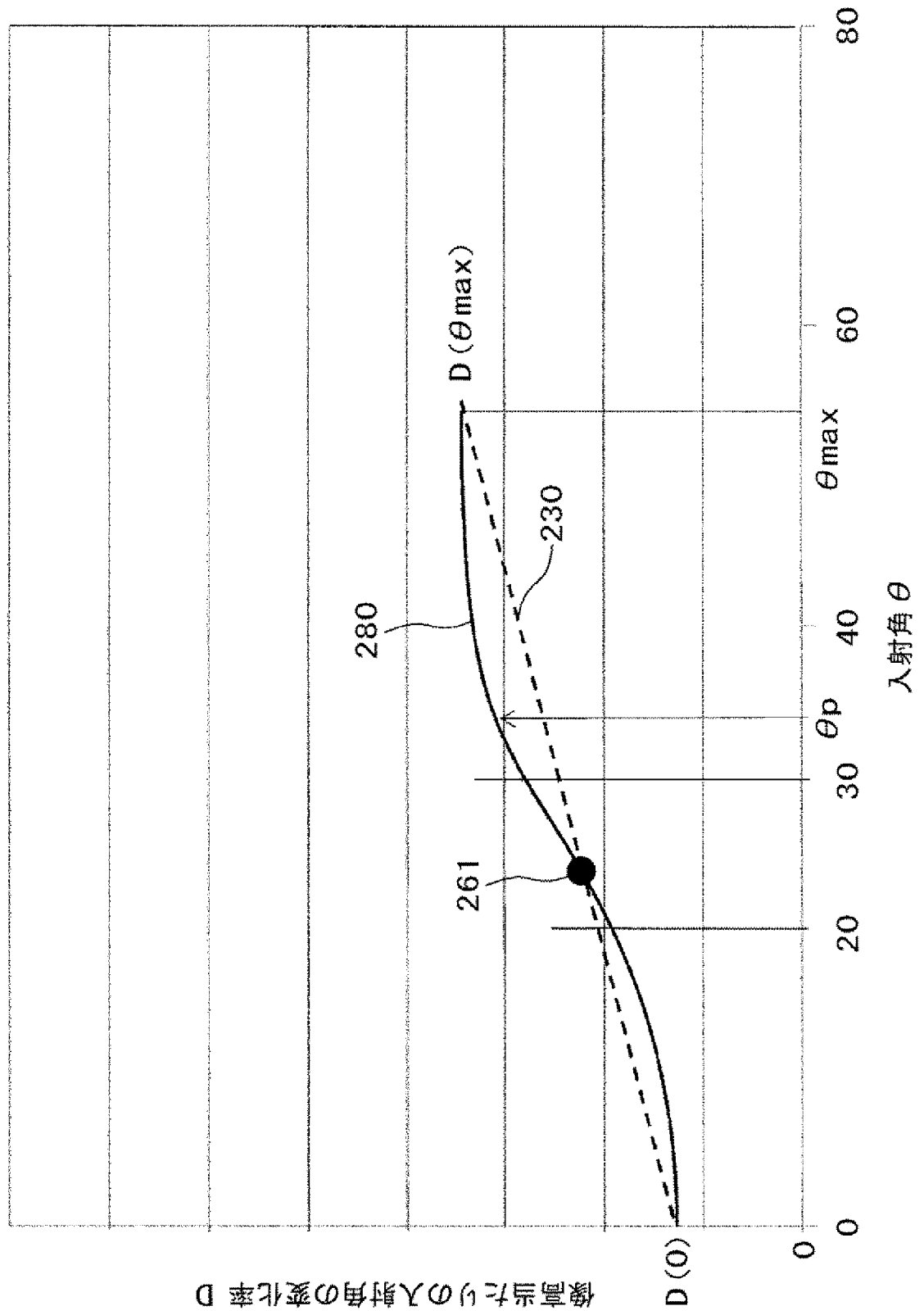
図 8



[図9]

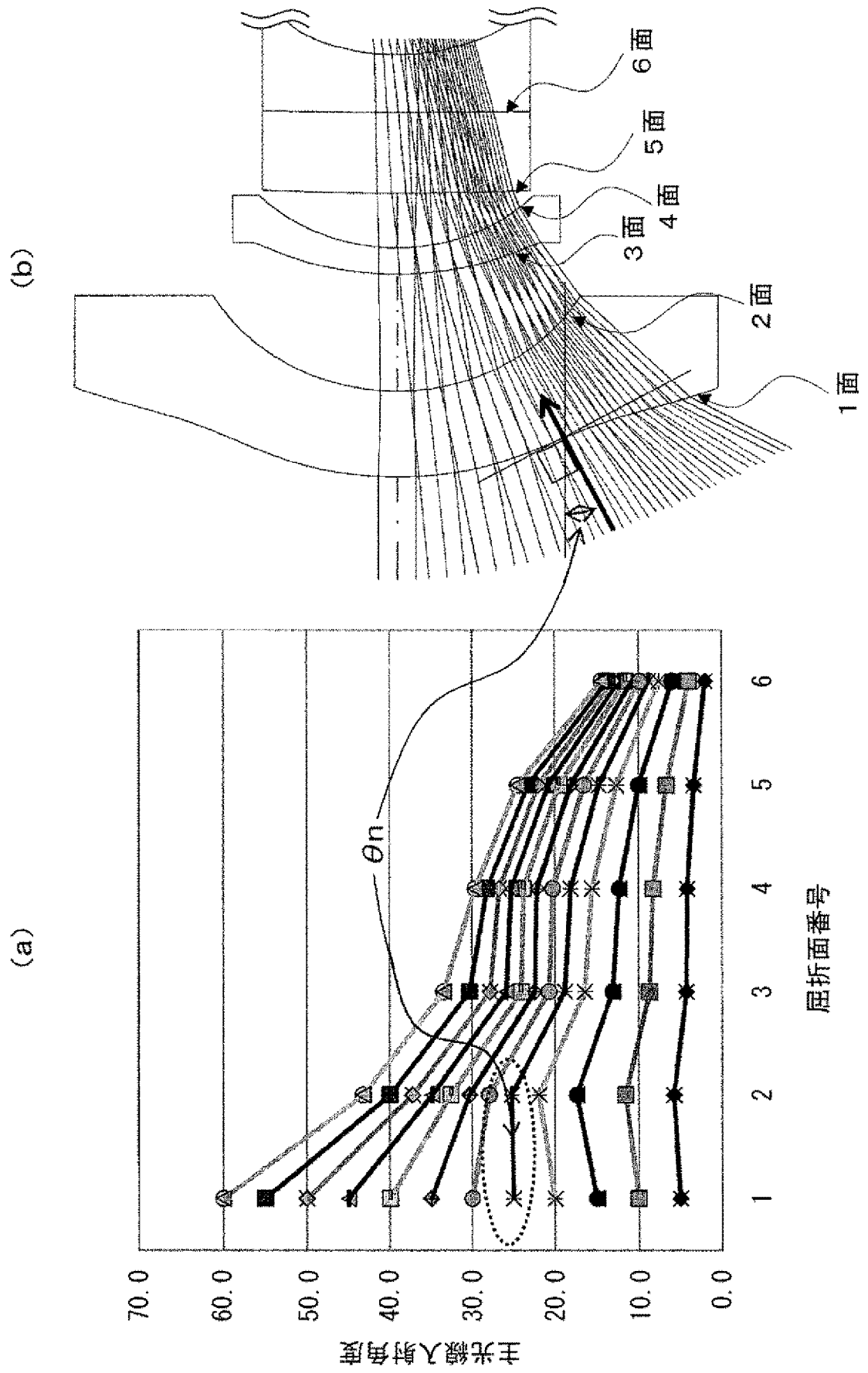


[図10]



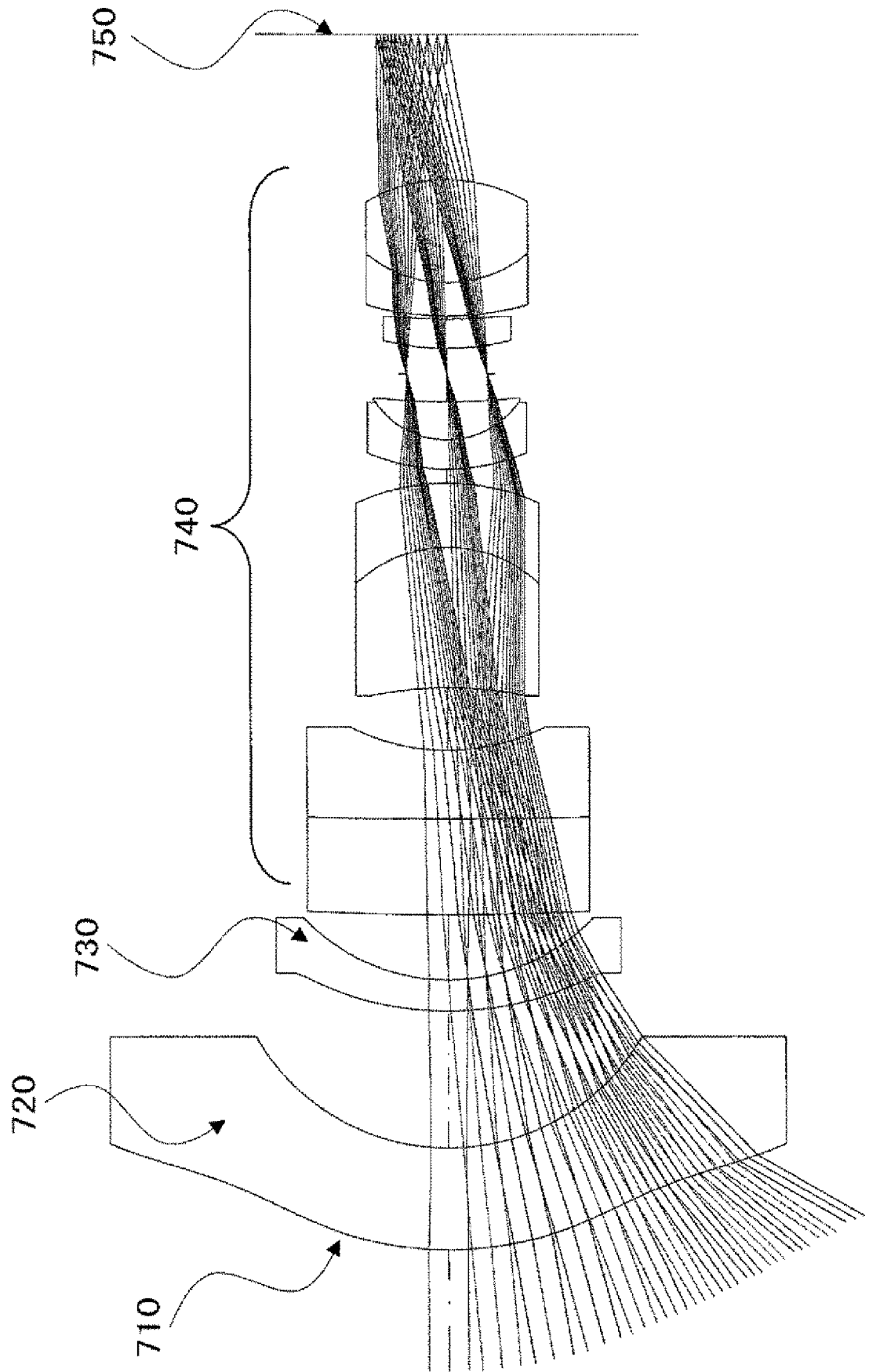
[図11]

図 11



[図12]

図 12



[図13]

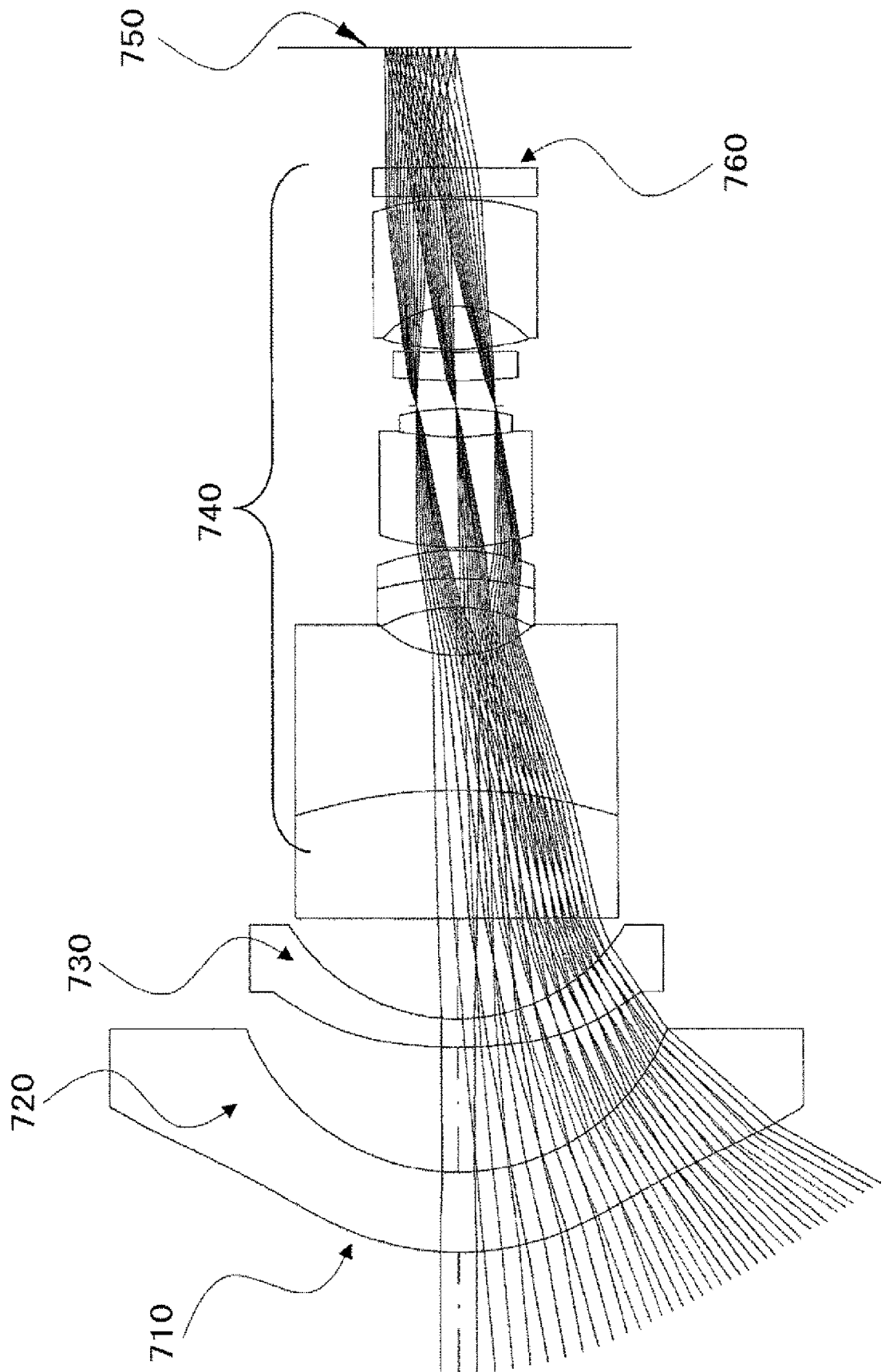
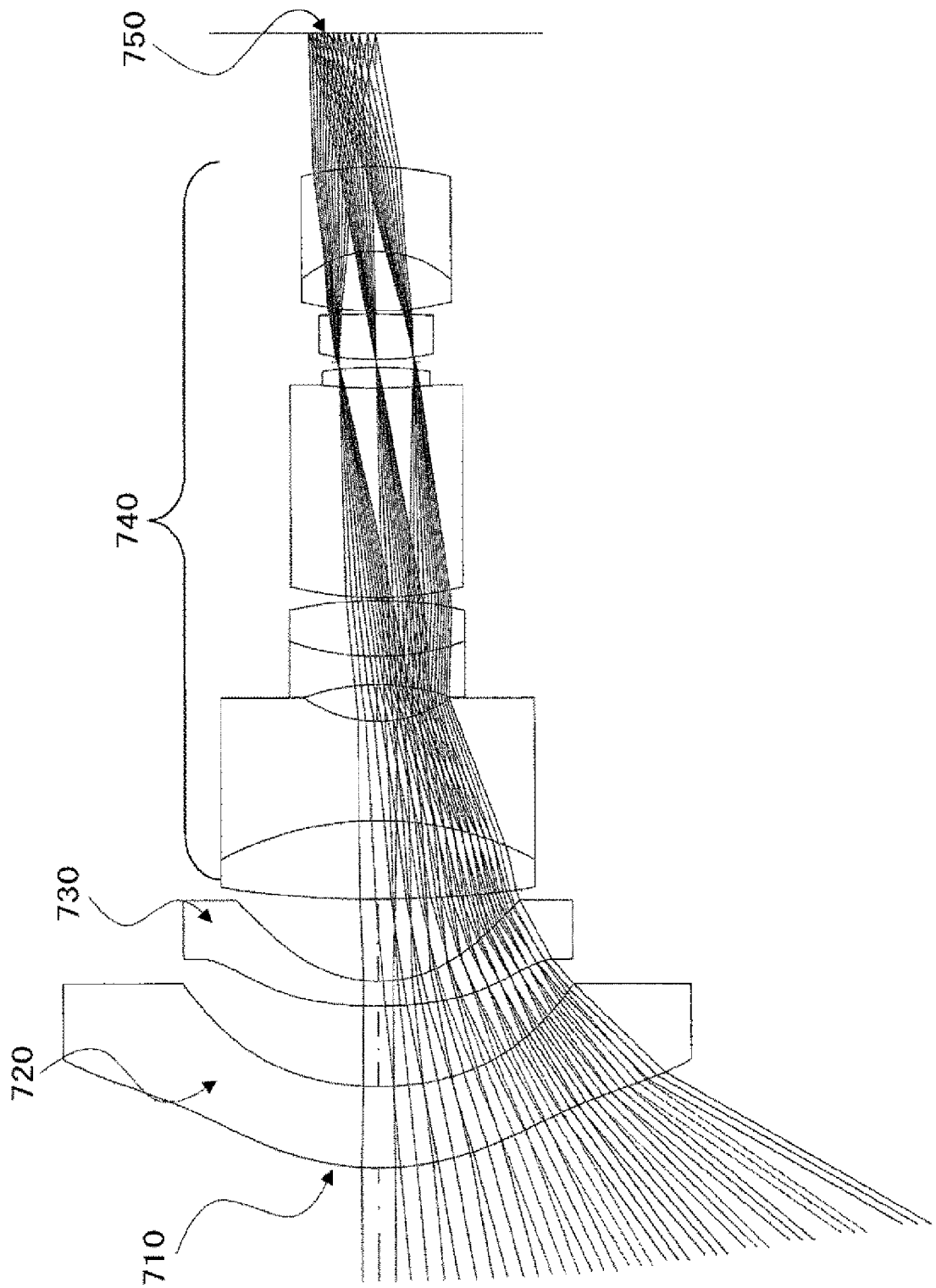


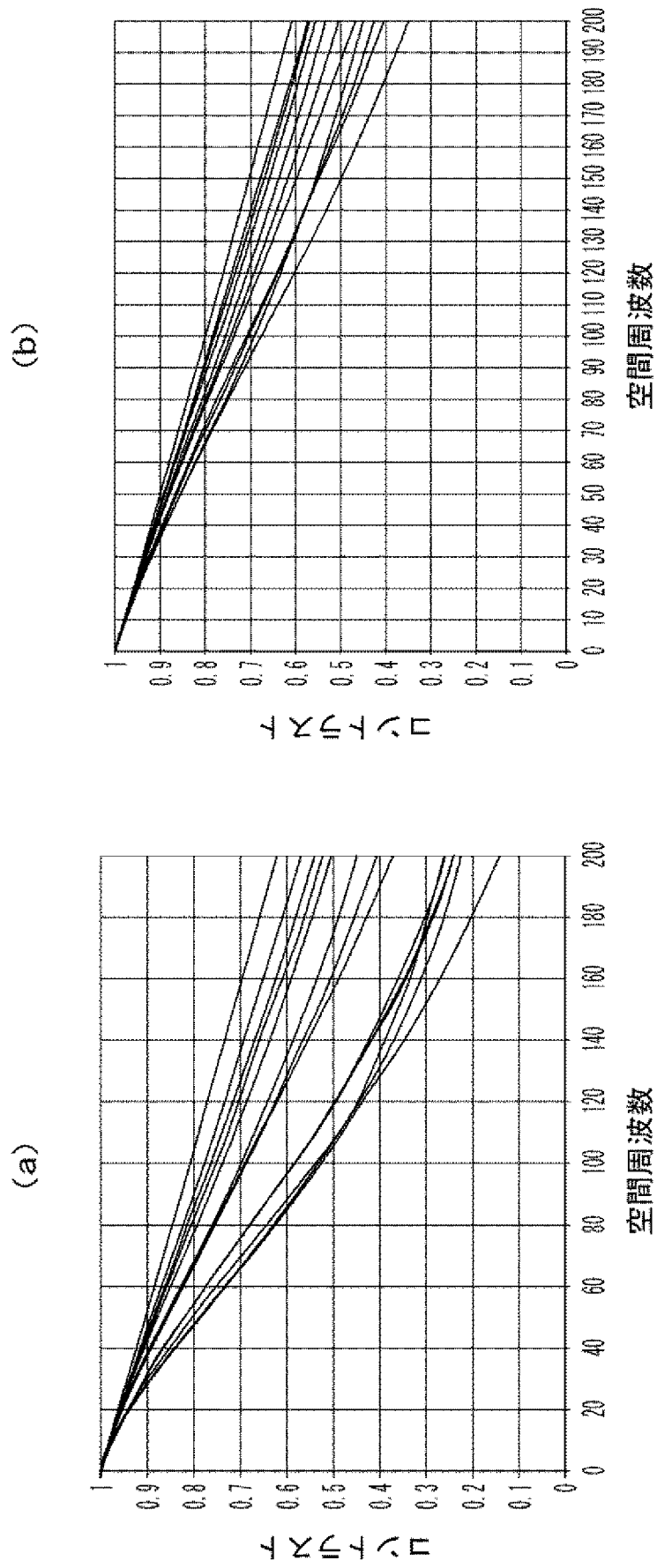
図 13

[図14]



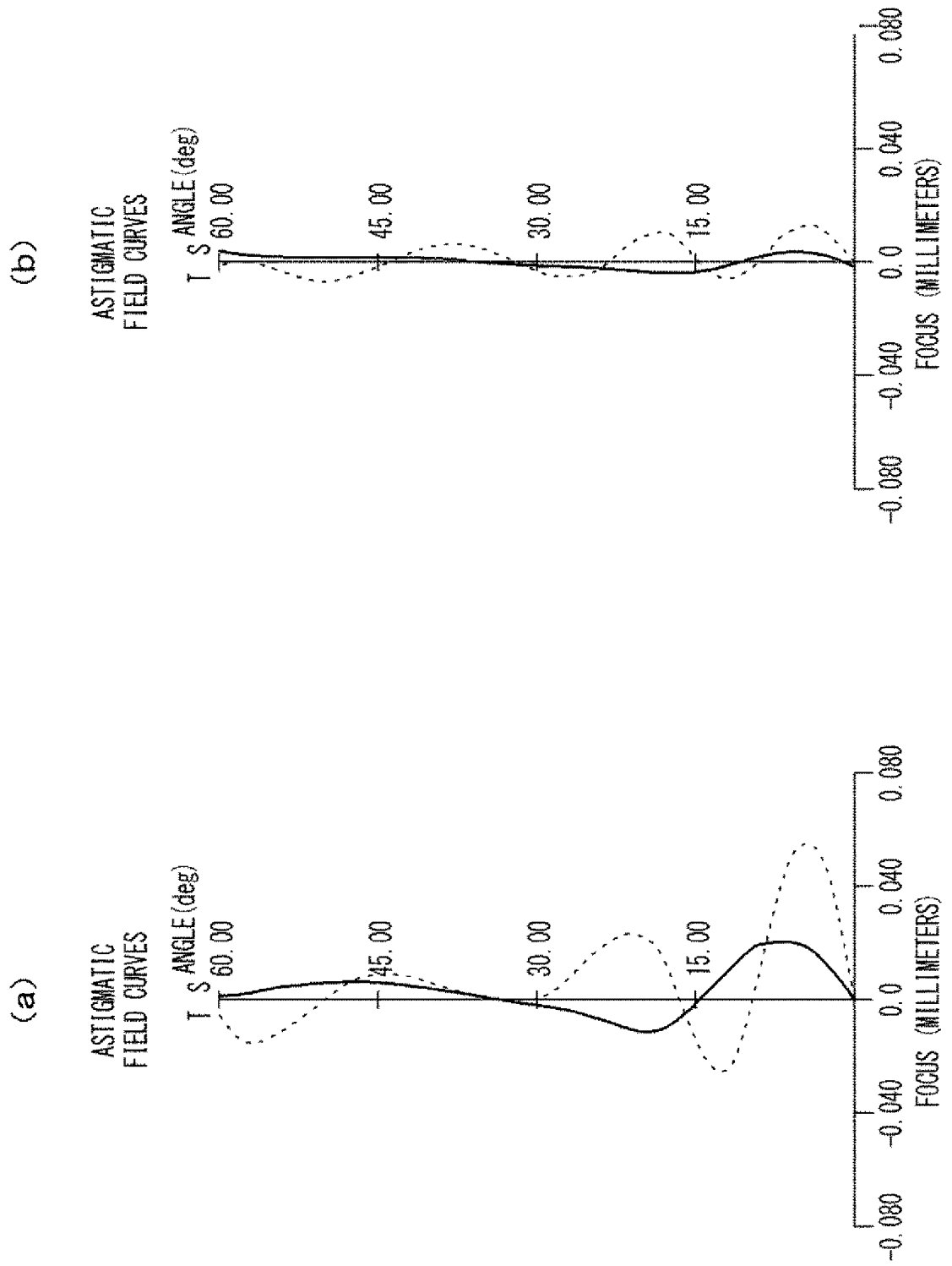
[図15]

図 15



[図16]

図 16



[図17]

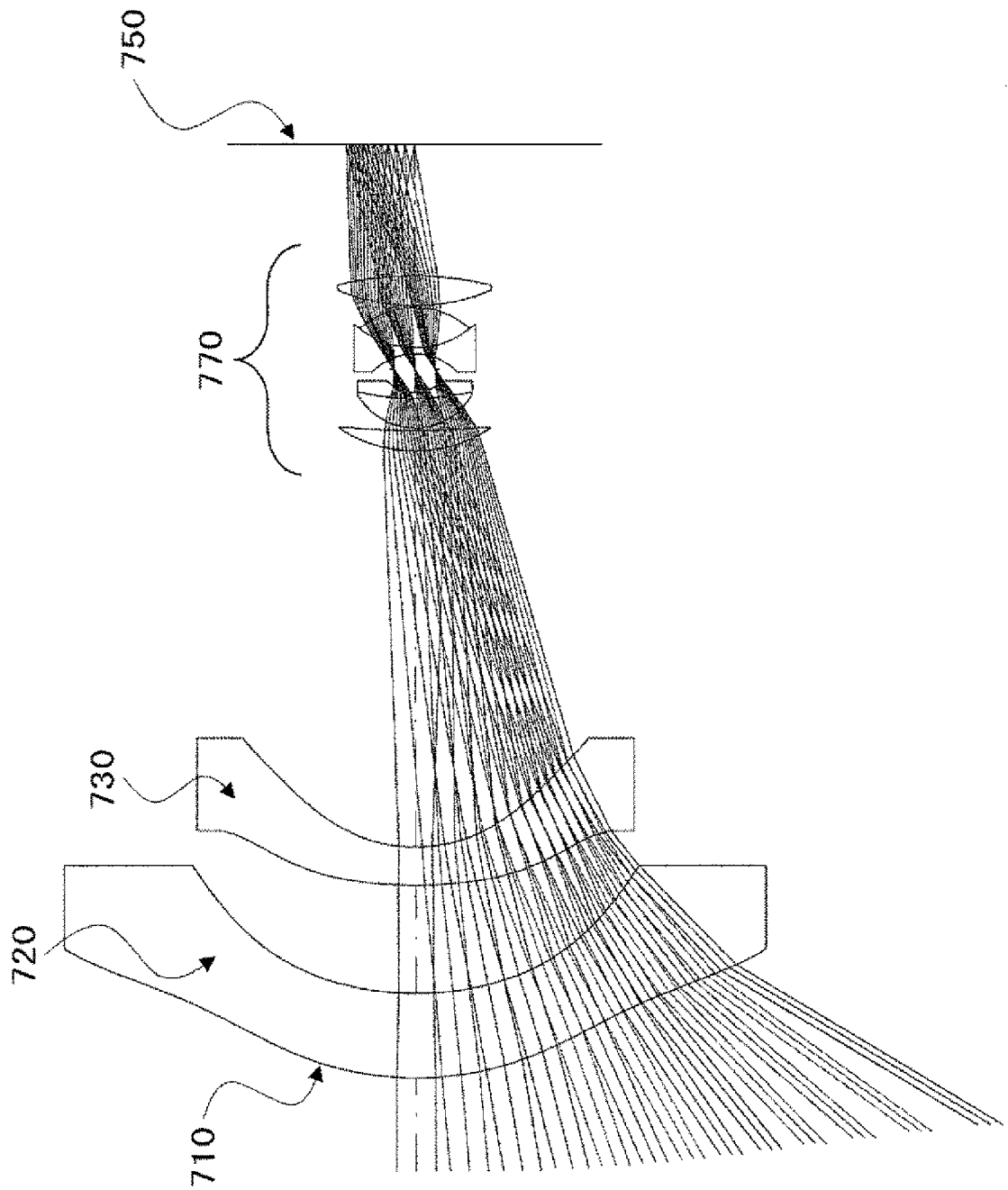
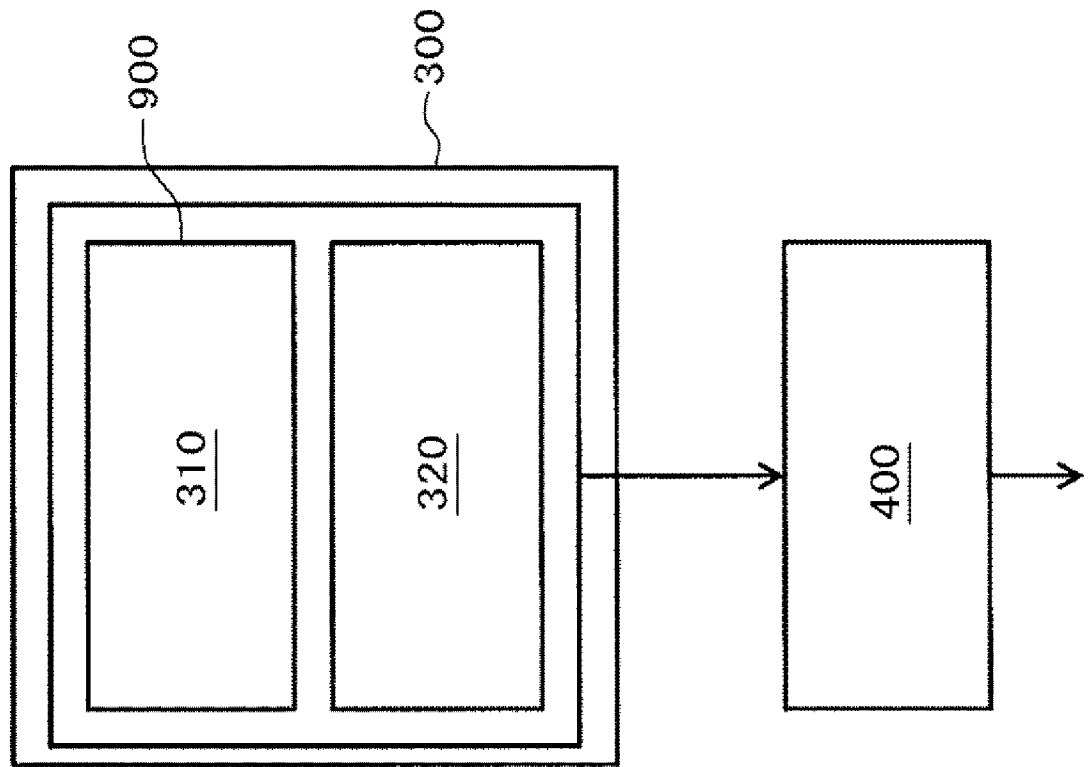


図 17

[図18]

図 18



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/051280

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B13/04(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)

G02B13/04, 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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
X Y A	JP 51-102630 A (Nippon Kogaku Kogyo Kabushiki Kaisha), 10 September 1976 (10.09.1976), examples 1 to 2; specification, page 2, upper right column, line 16 to lower right column, line 15 (Family: none)	1-4, 6 7-9 5
X Y A	JP 48-90523 A (Nippon Kogaku Kogyo Kabushiki Kaisha), 26 November 1973 (26.11.1973), examples 1 to 12; specification, page 2, upper right column, line 11 to lower right column, line 10 (Family: none)	1-4, 6 7-9 5

☒ 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
11 March 2016 (11.03.16)

Date of mailing of the international search report
22 March 2016 (22.03.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/051280

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 47-27021 A (Nippon Kogaku Kogyo Kabushiki Kaisha), 26 October 1972 (26.10.1972), example 1; specification, page 2, lower right column, line 19 to page 3, upper right column, line 16 (Family: none)	1-4, 6 7-9 5
X Y A	JP 2013-134303 A (Nikon Corp.), 08 July 2013 (08.07.2013), examples 1 to 2; fig. 1, 2, 7, 8 (Family: none)	1-4, 6 7-9 5
X Y A	JP 2012-163746 A (Canon Inc.), 30 August 2012 (30.08.2012), examples 1 to 5; fig. 1, 3, 5, 7, 9 & US 2012/0200940 A1	1-4, 6 7-9 5
X Y	JP 2004-252101 A (Nikon Corp.), 09 September 2004 (09.09.2004), examples 1 to 2; fig. 1, 3 (Family: none)	1-6 7-9
Y	JP 2011-175198 A (Ricoh Co., Ltd.), 08 September 2011 (08.09.2011), paragraphs [0002] to [0004], [0036] to [0038] (Family: none)	7-9
Y	JP 2010-271429 A (Ricoh Co., Ltd.), 02 December 2010 (02.12.2010), claims; paragraphs [0020], [0025] to [0031] (Family: none)	7-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B13/04(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（IPC））

Int.Cl. G02B13/04, 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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
X Y A	JP 51-102630 A（日本光学工業株式会社）1976.09.10, 実施例 1-2, 明細書第2頁右上欄第16行-右下欄第15行（ファミリーなし）	1-4, 6 7-9 5
X Y A	JP 48-90523 A（日本光学工業株式会社）1973.11.26, 実施例 1-12, 明細書第2頁右上欄第11行-右下欄第10行（ファミリーなし）	1-4, 6 7-9 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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

11.03.2016

国際調査報告の発送日

22.03.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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）

堀井 康司

2 V

3 7 1 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . 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
X Y A	JP 47-27021 A (日本光学工業株式会社) 1972. 10. 26, 実施例 1, 明細書第 2 頁右下欄第 19 行-第 3 頁右上欄第 16 行 (ファミリーなし)	1-4, 6 7-9 5
X Y A	JP 2013-134303 A (株式会社ニコン) 2013. 07. 08, 第 1-2 実施例, 図 1, 2, 7, 8 (ファミリーなし)	1-4, 6 7-9 5
X Y A	JP 2012-163746 A (キヤノン株式会社) 2012. 08. 30, 実施例 1-5, 図 1, 3, 5, 7, 9 & US 2012/0200940 A1	1-4, 6 7-9 5
X Y	JP 2004-252101 A (株式会社ニコン) 2004. 09. 09, 第 1-2 実施例, 図 1, 3 (ファミリーなし)	1-6 7-9
Y	JP 2011-175198 A (株式会社リコー) 2011. 09. 08, [0002]-[0004], [0036]-[0038] (ファミリーなし)	7-9
Y	JP 2010-271429 A (株式会社リコー) 2010. 12. 02, 特許請求の範囲, [0020], [0025]-[0031] (ファミリーなし)	7-9