

(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
2017 年 10 月 5 日(05.10.2017)



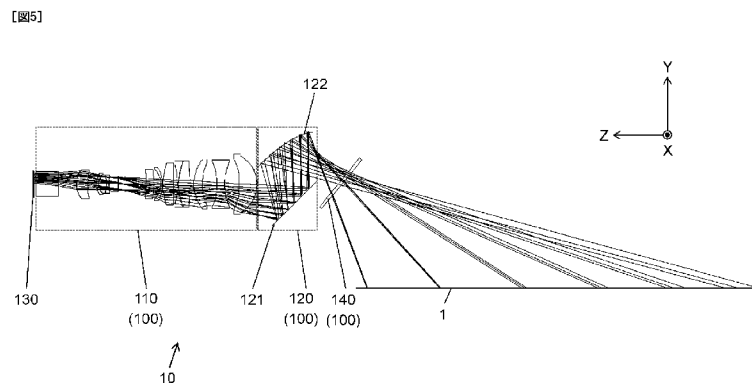
(10) 国際公開番号

WO 2017/169577 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 17/08 (2006.01) G02B 13/18 (2006.01)
G02B 13/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/009130
- (22) 国際出願日: 2017 年 3 月 8 日(08.03.2017)
- (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 2016-068511 2016 年 3 月 30 日(30.03.2016) JP
- (71) 出願人: パナソニック IP マネジメント株式会社 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見 2 丁目 1 番 6 1 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 内田 恒夫(UCHIDA Tsuneo). 山田 克(YAMADA Katsu).
- (74) 代理人: 鎌田 健司, 外(KAMATA Kenji et al.); 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見 2 丁目 1 番 6 1 号 パナソニック IP マネジメント株式会社 内 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, 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, KH, KN, KP, KR, KW, 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), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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), 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: PROJECTION OPTICAL SYSTEM AND IMAGE PROJECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 投写光学系および画像投写装置



(57) Abstract: Provided is a projection optical system (100) that projects a magnified image onto a projection plane (1) from a diagonal position, including a transmissive optical system (110) and a transmissive element (140). The transmissive optical system (110) includes a lens element and magnifies an image displayed by an image display element (130). The transmissive element (140) is arranged on an optical path between the transmissive optical system (110) and the projection plane (1), and transmits an image beam without obstructing the same. When a reference intersection point is defined as a point on the incidence surface and/or on the emission surface of the transmissive element (140) through which a principal beam exiting from the center of the image and passing through the center of the pupil of the transmissive optical system (110) passes, and a reference vertical nodal line is defined as a line passing through the reference intersection point and parallel to a direction corresponding to the positive direction of the Y-axis, a curvature along one surface of the transmissive element (140) relative to a direction perpendicular to the reference vertical nodal line is greater than a curvature relative to a direction parallel to the reference vertical nodal line, and a principal beam incident on the reference vertical nodal line includes a beam parallel to a normal line to one surface at the reference intersection point.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/169577 A1



画像を斜めの位置から、投写面（１）に拡大して投写する投写光学系（１００）であって、透過光学系（１１０）と、透過素子（１４０）とを備える。透過光学系（１１０）は、レンズ素子を含み、画像表示素子（１３０）が表示する画像を拡大する。透過素子（１４０）は、透過光学系（１１０）と投写面（１）との間の光路上に配置され、画像の光線を遮蔽することなく透過する。透過素子（１４０）の入射面及び出射面の少なくとも一方の面において、画像から出射して透過光学系（１１０）の瞳の中心を通る主光線のうち、画像の中心から出射する光線が通過する点を基準交点とし、基準交点を通り、Ｙ軸の正の方向に対応する方向と平行な線を基準縦交線とする。透過素子（１４０）の一方の面の、基準縦交線と垂直な方向に対する曲率は、基準縦交線と平行な方向に対する曲率よりも大きい。主光線のうち、基準縦交線に入射する光線は、基準交点における一方の面の法線と平行になる光線を有する。

明 細 書

発明の名称：投写光学系および画像投写装置

技術分野

[0001] 本開示は、投写光学系および投写光学系を備える画像投写装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1は、反射面を含む投写光学系を用いた投写装置を開示する。この投写装置は、ライトバルブに形成された画像を投影面に拡大投影するための投写光学系である。投写光学系は、複数のレンズからなり、投影面とライトバルブとの間に、画像の中間像を形成するための正のパワーを有するレンズ光学系と、中間像を結像した後の発散する光束を反射し、投影面上に結像させるための正のパワーを有する第1反射面と、レンズ光学系からの射出光を第1反射面に入射させるための第2反射面と、からなる。これにより、色収差および歪みが低減された大画面を投写することができる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-174886号公報

発明の概要

[0004] 本開示における投写光学系は、XYZ座標を用いて位置関係を表す場合に、画像表示素子に表示され、X軸の正の方向及びY軸の正の方向で定義され、X軸に平行な長辺とY軸に平行な短辺とを有する画像を、Y軸とZ軸とで定義される斜めの位置から、投写面に拡大して投写する。投写光学系は、透過光学系と透過素子とを備える。透過光学系は、レンズ素子を含み、画像表示素子が表示する画像を拡大する。透過素子は、透過光学系と投写面との間の光路上に配置され、画像の光線を遮蔽することなく透過する。透過素子の、光線が入射する入射面及び光線が出射する出射面の少なくとも一方の面において、画像から出射して透過光学系の瞳の中心を通る主光線のうち、画像の中心から出射する光線が通過する点を基準交点とし、基準交点を通り、Y

軸の正の方向に対応する方向と平行な線を基準縦交線とするとき、一方の面の、基準縦交線と垂直な方向に対する曲率は、基準縦交線と平行な方向に対する曲率よりも大きく、主光線のうち、基準縦交線に入射する光線は、基準交点における一方の面の法線と平行になる光線を有する。

[0005] 本開示の画像投写装置は、 X Y Z 座標を用いて位置関係を表す場合に、画像を Y 軸及び Z 軸で定義される斜めの位置から投写面に拡大して投写する。画像投写装置は、画像表示素子と、透過光学系と、透過素子と、を備える。画像表示素子は、 X 軸の正の方向及び Y 軸の正の方向で定義され、 X 軸に平行な長辺と Y 軸に平行な短辺とを有する、画像を表示する。透過光学系は、レンズ素子を含み、画像を拡大する。透過素子は、透過光学系と投写面との間の光路上に配置され、画像の光線を遮蔽することなく透過する。透過素子の、画像からの光線が入射する入射面及び光線が出射する出射面の少なくとも一方の面において、画像から出射して透過光学系の瞳の中心を通る主光線のうち、画像の中心から出射する光線が通過する点を基準交点とし、基準交点を通り、 Y 軸の正の方向に対応する方向と平行な線を基準縦交線とするとき、一方の面の、基準縦交線と垂直な方向に対する曲率は、基準縦交線と平行な方向に対する曲率よりも大きく、主光線のうち、基準縦交線に入射する光線は、基準交点における一方の面の法線と平行になる光線を有する。

[0006] 本開示における投写光学系によれば、投写面に投影される画像の輝度分布の均一性を向上できる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図1は、実施の形態1～実施の形態3における画像投写装置を説明するための構成図である。

[図2]図2は、実施の形態1（数値実施例1）における透過光学系の構成図である。

[図3]図3は、実施の形態2（数値実施例2）における透過光学系の構成図である。

[図4]図4は、実施の形態3（数値実施例3）における透過光学系の構成図で

ある。

[図5]図5は、実施の形態4における画像投写装置を説明するための構成図である。

[図6]図6は、実施の形態4における透過素子を説明する概略図である。

[図7]図7は、実施の形態4（数値実施例4）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図8]図8は、実施の形態4（数値実施例5）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図9]図9は、実施の形態4（数値実施例6）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図10]図10は、実施の形態4（数値実施例7）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図11]図11は、実施の形態4（数値実施例8）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図12]図12は、実施の形態4（数値実施例9）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図13]図13は、実施の形態4（数値実施例10）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図14]図14は、実施の形態4（数値実施例11）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図15]図15は、実施の形態4（数値実施例12）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図16]図16は、実施の形態4（数値実施例13）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図17]図17は、実施の形態4（数値実施例14）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図18]図18は、実施の形態4（数値実施例15）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図19]図 1 9 は、実施の形態 4（数値実施例 1 6）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図20]図 2 0 は、実施の形態 4（数値実施例 1 7）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図21]図 2 1 は、実施の形態 4（数値実施例 1 8）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図22]図 2 2 は、実施の形態 4（数値実施例 1 9）におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図23]図 2 3 は、比較例 1 におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図24]図 2 4 は、比較例 2 におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図25]図 2 5 は、比較例 3 におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

[図26]図 2 6 は、比較例 4 におけるスクリーン上の画像の位置と透過素子に入射する光の角度の関係を説明するグラフである。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、適宜図面を参照しながら、実施の形態を詳細に説明する。但し、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明や実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合がある。これは、以下の説明が不必要に冗長になるのを避け、当業者の理解を容易にするためである。

[0009] なお、添付図面および以下の説明は、当業者が本開示を十分に理解するために、提供されるのであって、これらにより請求の範囲に記載の主題を限定することは意図されていない。

[0010] （実施の形態 1）

以下、実施の形態 1 に係る画像投写装置 1 0 を図 1 及び図 2 を用いて説明する。

[0011] 実施の形態１の画像投写装置１０は、たとえば航空機の客室内で用いられる。画像投写装置１０は、たとえば手荷物用のロッカーの近傍など、限られたスペースに配置され、客室内の壁や天井に画像を投写する。

[0012] 実施の形態１の画像投写装置１０は、投写光学系１００の構成により低背化を実現でき、さらに大画面でも画像歪みを低減できる。すなわち実施の形態１の画像投写装置１０は、投写光学系１００の、開口絞りＡよりも画像表示素子１３０側に配置された正レンズ（第１レンズＬ１、第３レンズＬ３、及び第５レンズＬ５）により、画像歪みを低減できる。また実施の形態１の画像投写装置１０は、開口絞りＡよりも投写面（スクリーン１）側に配置された、メニスカス形状の第１正レンズ（第１１レンズＬ１１）、負レンズ（第１２レンズＬ１２）、メニスカス形状の第２正レンズ（第１３レンズＬ１３）により、画像投写装置１０の低背化を実現しつつ、大画面でも画像歪みを低減できる。

[0013] [１－１．構成]

図１に示すように、実施の形態１に係る画像投写装置１０は、投写光学系１００と画像表示素子１３０とから構成される。投写光学系１００は、全体として正のパワーの透過光学系１１０と、反射光学系１２０とを備える。投写光学系１００は、画像表示素子１３０で形成された画像を、正対しない位置（斜めの位置）にあるスクリーン１に投写する。ここで、正対しない位置とは、スクリーン１上に投写される画像の中心における、スクリーン１に対する法線方向と、投写光学系１００の最終面から出射する光線の内、画像の中心を通る光の方向とが一致しない場合を言う。

[0014] 画像表示素子１３０は、画像信号を基にスクリーン１に投写する画像の光束（以下、画像光束という）を形成する。画像表示素子としては、ＤＭＤ（Digital Mirror Device）や透過型や反射型の液晶パネル等の空間変調素子を用いることができる。本開示における画像表示素子１３０の表示面は、図１のＸ軸方向（紙面垂直方向）に平行な長辺と、Ｙ軸方向に平行な短辺とを有する。

- [0015] 図2に示すように、透過光学系110は、プリズムPBと、開口絞りAと、第1レンズL1～第13レンズL13と、を有する。プリズムPBと、開口絞りAと、第1レンズL1～第13レンズL13とは、画像表示素子130とスクリーン1との間に配置される。
- [0016] 第1レンズL1は、第1レンズL1～第13レンズL13のうち最も画像表示素子130側に配置される。第13レンズL13は、第1レンズL1～第13レンズL13のうち最もスクリーン1側に配置される。第1レンズL1～第13レンズL13は、この順に配置される。
- [0017] プリズムPBは第1レンズL1と画像表示素子130との間に配置される。開口絞りAは第5レンズL5と第6レンズL6との間に配置される。
- [0018] 以下、第1レンズL1～第13レンズL13について説明する。以下、画像表示素子130からの光が入射する面を入射面とし、出射する面を出射面とする。
- [0019] 第1レンズL1～第5レンズL5は、開口絞りAよりも画像表示素子130側に配置されている。
- [0020] 第1レンズL1は、メニスカス形状の正のパワーのレンズである。第1レンズL1の入射面は凸面である。透過光学系110の入射面が凸面であることは、その凸面は画像表示素子130側を向いていることを示す。
- [0021] 第2レンズL2は、メニスカス形状の負のパワーのレンズである。第2レンズの入射面は、凸面である。第2レンズL2は、第3レンズL3の入射面側に接合されている。
- [0022] 第3レンズL3は、正のパワーのレンズである。第3レンズL3の入射面及び出射面は、凸面である。
- [0023] 第4レンズL4は、負のパワーのレンズである。第4レンズL4の入射面及び出射面は、凹面である。第4レンズL4は、第3レンズL3の出射面側に接合されている。
- [0024] 第5レンズL5は、正のパワーを持つ正レンズである。第5レンズL5の入射面及び出射面は凸面である。

- [0025] 開口絞り A よりもスクリーン 1 側には、第 6 レンズ L 6 ~ 第 1 3 レンズ L 1 3 が配置されている。
- [0026] 第 6 レンズ L 6 は、メニスカス形状の正のパワーのレンズである。第 6 レンズ L 6 の出射面は凸面である。透過光学系 1 1 0 入射面が凸面であることは、その凸面は反射光学系 1 2 0 側を向いていることを示す。
- [0027] 第 7 レンズ L 7 は、メニスカス形状の負のパワーのレンズである。第 7 レンズ L 7 の出射面は凸面である。
- [0028] 第 8 レンズ L 8 は、メニスカス形状の正のパワーのレンズである。第 8 レンズ L 8 の入射面は凸面である。
- [0029] 第 9 レンズ L 9 は、負のパワーのレンズである。第 9 レンズ L 9 の入射面及び出射面は、いずれも凹面である。
- [0030] 第 1 0 レンズ L 1 0 は、正のパワーのレンズである。第 1 0 レンズ L 1 0 の入射面及び出射面は、いずれも凸面である。
- [0031] 第 9 レンズ L 9 の出射面と第 1 0 レンズ L 1 0 の入射面は接合され、第 9 レンズ L 9 と第 1 0 レンズ L 1 0 とで接合レンズを構成していることが望ましい。第 9 レンズ L 9 には低分散性を有するレンズを用いている。本実施の形態では、第 9 レンズ L 9 は、透過光学系 1 1 0 で最もアッペ数の大きいレンズ素子を用いている。
- [0032] 第 1 1 レンズ L 1 1 は、メニスカス形状の正のパワーのレンズである。第 1 1 レンズ L 1 1 の出射面は、凹面である。つまり第 1 1 レンズ L 1 1 の凹面は、反射光学系 1 2 0 側を向いている。
- [0033] 第 1 2 レンズ L 1 2 は、負のパワーのレンズである。第 1 2 レンズ L 1 2 の入射面及び出射面は、いずれも凹面である。この第 1 2 レンズ L 1 2 の入射面及び出射面の少なくとも一方の形状は、非球面形状であることが望ましい。具体的には、第 1 2 レンズ L 1 2 の非球面形状を有する面は、レンズの中心から径方向に離れるに従って、曲率が小さくなる形状を有することが望ましい。すなわち、レンズの中心側に比べてレンズの外側のパワーが小さくなっていることが望ましい。

- [0034] 第13レンズL13は、メニスカス形状の正のパワーのレンズである。第13レンズL13の入射面は凹面である。つまり第13レンズL13の凹面は画像表示素子130側を向いている。第13レンズL13の形状は、透過光学系110に含まれるメニスカス形状のレンズの中で、最も偏肉比が大きい形状である。
- [0035] 第11レンズL11と第13レンズL13とは、互いの凹面を向かい合わせるように配置される。第11レンズL11と第13レンズL13との間には、第12レンズL12が配置される。
- [0036] 第11レンズL11及び第13レンズL13のそれぞれの入射面及び出射面のうち、少なくとも1つの面は、非球面形状を有することが望ましい。
- [0037] 実施の形態1の透過光学系110は、2つのレンズ群でフォーカスしている。一つのレンズ群は、第2レンズL2と、第3レンズL3と、第4レンズL4と、第5レンズL5とを有する。これらの第2レンズL2～第5レンズL5は一体である。第4レンズL4と第5レンズとの間の間隔は変化しない。他のレンズ群は、第11レンズL11と、第12レンズL12と、第13レンズL13とを有する。これらの第11レンズL11～第13レンズL13は一体である。第11レンズL11と第12レンズL12との間隔と、第12レンズL12と第13レンズL13との間隔は変化しない。フォーカシングの際、これらのレンズ群がそれぞれ一体で移動する。
- [0038] 反射光学系120は、透過光学系110が出射する光束を反射し、スクリーン1に投写する。反射光学系120は、第1ミラー121と第2ミラー122の2枚のミラーで構成される。第2ミラー122の反射面の形状は、自由曲面形状である。なお、反射光学系は、1枚以上のミラーから構成されればよく、ミラーの数は2枚に限定されるものではない。
- [0039] 透過光学系110とスクリーン1との間に中間像が結像される。図1および図2を用いて説明すると、たとえば実施の形態1では、第13レンズL13の出射面と第2ミラー122の反射面との間において、光線が交差する点を結ぶと、中間像が形成される。中間像を形成することで、透過光学系11

0から射出された光線と最もスクリーン側の第2ミラー122との共役位置が離れるため、第2ミラー122に入射する光線角度が緩くなり、反射光学系の小型化に有利である。

[0040] [1-2. 効果]

実施の形態1の画像投写装置10では、開口絞りAよりも画像表示素子130側に正のレンズ（第1レンズL1、第3レンズL3、及び第5レンズL5）が配置されている。これらの正のレンズにより、画像表示素子130の表示面に対し垂直な方向に出射する光線を、開口絞りAで一点に集めることができる。したがって、スクリーン1に投写される画像の画像歪みを低減できる。

[0041] 実施の形態1の画像投写装置10では、第13レンズL13により、第1ミラー121に入射する光線の広がりを抑制できる。すなわち、第1ミラー121に入射する光線が広がると、第1ミラー121を図1の紙面上の下方で大きくする必要があり、画像投写装置10が大型化してしまう場合がある。実施の形態1では、第13レンズL13により光線の広がりを抑制できるため、第1ミラー121の位置をできるだけ第2ミラー122に近づけることができる。したがって、画像投写装置10の小型化かつ低背化を実現できる。

[0042] 実施の形態1の画像投写装置10では、第11レンズL11、第12レンズL12及び第13レンズL13を用いることにより、像面湾曲を良好にバランスよく補正でき、スクリーン1に投写される画像歪みを補正できる。

[0043] 実施の形態1では、第12レンズL12よりもスクリーン1側に配置される第13レンズL13の形状は、透過光学系110に含まれるメニスカス形状のレンズの中で、最も偏肉比が大きい形状である。これにより、第13レンズL13の中心と周辺での屈折力差が大きくなるため、像面湾曲の補正に有効である。

[0044] 実施の形態1では、第9レンズL9及び第10レンズL10に入射する光束は、負のメニスカス形状の第7レンズL7によって大きくなっている。そ

して実施の形態1では、第9レンズL9及び第10レンズL10で構成される接合レンズの内、負のパワーの第9レンズL9に低分散レンズを用いている。これにより倍率色収差を良好に補正できる。なお、第9レンズL9及び第10レンズL10で構成される接合レンズは、全体として正の屈折力を有することで正の像面湾曲を良好に補正できる。

[0045] 実施の形態1では、第2レンズL2～第5レンズL5からなるレンズ群と第11レンズL11～第13レンズL13からなるレンズ群が一体でそれぞれ移動し、フォーカシングの際に移動する。これにより、投写距離が変わっても良好な光学性能を満足できる。

[0046] 実施の形態1では、透過光学系110とスクリーン1との間には中間像が形成される。これにより第1ミラー121及び第2ミラー122で反射させた画像の歪みが少なくなり、大画面化できる。すなわち画像表示素子130からスクリーン1までの距離が短くても、大画面化を実現できる。

[0047] 実施の形態1では、透過光学系110を用いることで投写光学系100を小型化できる。さらに反射光学系120を併用することで、光線を急峻に偏向させることができる。したがって、画像表示素子130からスクリーン1までの距離が短くても、大画面化を実現できる。

[0048] (実施の形態2)

以下、実施の形態2に係る画像投写装置10を図1及び図3を用いて説明する。実施の形態2の画像投写装置10の基本的な構成は、実施の形態1と同様であるため、同様の構成については同じ符号を付し、説明を省略する。さらに第1レンズL1～第13レンズL13の基本的な構成については、実施の形態1と同様であるため、同じ符号を付し、説明を省略する。

[0049] [2-1. 構成]

実施の形態2に係る投写光学系100は、全体として正のパワーの透過光学系110と、反射光学系120とを備える。

[0050] 実施の形態2では、第6レンズL6、第7レンズL7、第8レンズL8、第9レンズL9、第10レンズL10、第11レンズL11、第12レンズ

L 1 2、及び第 1 3 レンズ L 1 3 の位置は固定であり、互いの間隔は変化しない。

[0051] 実施の形態 2 の透過光学系 1 1 0 は、少なくとも一つのレンズ群でフォーカスすることが好ましい。たとえば、第 2 レンズ L 2、第 3 レンズ L 3、第 4 レンズ L 4、及び第 5 レンズ L 5 が一体となり、レンズ群を構成する。第 2 レンズ L 2、第 3 レンズ L 3、及び第 4 レンズ L 4 は、実施の形態 1 と同様に接合レンズを構成し、第 4 レンズ L 4 と第 5 レンズ L 5 との間隔は変化しない。これらの第 2 レンズ L 2 ～第 5 レンズ L 5 で構成されたレンズ群が一体で移動し、フォーカシングを行うことが望ましい。これにより投写距離が変わっても良好な光学性能を実現できる。

[0052] [2-2. 効果]

実施の形態 2 では、実施の形態 1 と同様に、投写光学系 1 0 0 の構成により、画像投写装置 1 0 の低背化を実現でき、さらに大画面でも画像歪みを低減できる。

[0053] (実施の形態 3)

以下、実施の形態 3 に係る画像投写装置 1 0 を、図 4 を用いて説明する。実施の形態 3 の画像投写装置 1 0 の基本的な構成は、実施の形態 1 と同様であるため、同様の構成については同じ符号を付し、説明を省略する。さらに第 1 レンズ L 1 ～第 7 レンズ L 7、第 9 レンズ L 9、及び第 1 1 レンズ L 1 1 ～第 1 3 レンズ L 1 3 の基本的な構成については、実施の形態 1 と同様であるため、同じ符号を付し、説明を省略する。

[0054] [3-1. 構成]

実施の形態 3 に係る投写光学系 1 0 0 は、全体として正のパワーの透過光学系 1 1 0 と、反射光学系 1 2 0 と、を備える。

[0055] 実施の形態 3 では、実施の形態 1 と異なり、図 2 の第 8 レンズ L 8 に代えて図 4 の第 1 8 レンズ L 1 8 を用いている。すなわち第 1 8 レンズ L 1 8 は、第 7 レンズ L 7 と第 9 レンズ L 9 との間に配置されている。また実施の形態 3 では、実施の形態 1 と異なり、第 1 0 レンズ L 1 0 を用いない。すなわ

ち第9レンズL 9のスクリーン1側には、第11レンズL 11が配置されている。

[0056] つまり実施の形態3の透過光学系110は、画像表示素子130からスクリーン1までの間に、第1レンズL 1、第2レンズL 2、第3レンズL 3、第4レンズL 4、第5レンズL 5、第6レンズL 6、第7レンズL 7、第18レンズL 18、第9レンズL 9、第11レンズL 11、第12レンズL 12、第13レンズL 13を有し、これらのレンズは、上述の順に配置されている。

[0057] 第18レンズL 18は、正のパワーを持つ正レンズである。第18レンズL 18の入射面及び出射面は凸面である。第18レンズL 18と第9レンズL 9とは、接合レンズを構成することが望ましい。すなわち第18レンズL 18の出射面と第9レンズL 9の入射面とは、接合されている事が望ましい。なお、負のパワーの第9レンズには低分散性を有するレンズを用いている。本実施の形態では、第9レンズL 9は、透過光学系110で最もアッペ数の大きいレンズ素子である。第18レンズL 18及び第9レンズL 9の接合レンズは全体として正の屈折力を有する。

[0058] 透過光学系110は、2つのレンズ群でフォーカスしている。一つのレンズ群は、第2レンズL 2～第5レンズL 5を有する。これらの第2レンズL 2～第5レンズL 5は一体である。また他のレンズ群は、第11レンズL 11、第12レンズL 12、及び第13レンズL 13を有する。これらの第11レンズL 11～第13レンズL 13は一体である。フォーカシングの際に、これらのレンズ群がそれぞれ一体で移動する。これにより投写距離が変わっても良好な光学性能を満足できる。

[0059] [3-2. 効果]

実施の形態3では、実施の形態1と同様に、投写光学系100の構成により、低背化を実現でき、さらに大画面でも画像歪みを低減できる。

[0060] 実施の形態3では、第18レンズL 18及び第9レンズL 9に入射する光束は負のメニスカス形状の第7レンズL 7によって大きくなっている。ここ

で実施の形態3では、接合レンズのうち負のパワーの第9レンズL9に低分散レンズを用いているため、接合レンズで色収差を良好に補正できる。なお、第18レンズL18及び第9レンズL9の接合レンズは全体として正の屈折力を有することで正の像面湾曲を良好に補正できる。

[0061] 以下、例えば実施の形態1～実施の形態3に示す投写光学系100が満足することが好ましい条件を説明する。なお、実施の形態1～実施の形態3に係る投写光学系100に対して、複数の好ましい条件が規定されるが、これら複数の条件すべてを満足する構成が最も望ましい。しかしながら、個別の条件を満足することにより、それぞれ対応する効果を奏する投写光学系を得ることも可能である。

[0062] 実施の形態1～3に係る投写光学系において、互いに凹面を向かい合わせるように配置されるメニスカス形状の正のレンズ（第11レンズL11及び第13レンズL13）のうち、画像表示素子130側に配置されたレンズ（第11レンズL11）は、以下の条件（1-1）を満足することが望ましい。

$$[0063] \quad 1 < |(R2 + R1) / (R2 - R1)| < 10 \quad \dots (1-1)$$

ここで、

R1：画像表示素子側に配置されたレンズの一方の面の曲率半径

R2：画像表示素子側に配置されたレンズのR1の反対の面の曲率半径である。

[0064] これを満足することにより、投写面（スクリーン1）上にて像面湾曲を補正しながら、同時に、歪曲収差の発生を適切な量に抑制する効果を持つ。

[0065] さらに、以下の条件（1-2）を満足することで、上記した効果をより奏功することができる。

$$[0066] \quad 3 < |(R2 + R1) / (R2 - R1)| < 8 \quad \dots (1-2)$$

表1に、数値実施例1から数値実施例3に係る投写光学系について求めた各対応値を示す。対応値とは、 $(R2 + R1) / (R2 - R1)$ の値を示す。

[0067] (対応値)

[0068] [表1]

	数値実施例 1	数値実施例 2	数値実施例 3
対応値	5.12470	1.08733	7.02124

[0069] (実施の形態 4)

[4 - 1. 構成]

実施の形態 4 に係る画像投写装置 10 は、図 5 に示すように、全体として正のパワーの透過光学系 110 と、反射光学系 120 と、画像表示素子 130 と、透過素子 140 とを備える。透過光学系 110 と、反射光学系 120 と、透過素子 140 とで、実施の形態 4 の投写光学系 100 を構成する。透過光学系 110 と、反射光学系 120 と、画像表示素子 130 の構成は、実施の形態 1 の透過光学系 110、反射光学系 120、画像表示素子 130 と同様の構成であるため、説明を省略する。

[0070] 実施の形態 4 の画像投写装置 10 は、実施の形態 1 の画像投写装置 10 と同様に、画像表示素子 130 で形成された画像（図 6 の画像 131）を正対しない位置にあるスクリーン 1 に投写する。画像表示素子 130 で形成された画像 131 の形状は、図 5 に示す X 軸の正の方向と、Y 軸の正の方向で定義される長方形である。画像は、X 軸に平行な長辺（図 6 の長辺 131 a）と、Y 軸に平行な短辺（図 6 の短辺 131 b）とを有する。画像表示素子 130 は、スクリーン 1 の斜め上に配置され、斜め上から画像を投写する。斜め上とは、図 5 では Y 軸の正の方向と Z 軸の正の方向とで定義される位置である。

[0071] 透過素子 140 は、反射光学系 120 とスクリーン 1 との間に配置される。透過素子 140 は、反射光学系 120 が反射した光束をスクリーン 1 に透過させる光学素子である。透過素子 140 の材料は、樹脂である。ここで、

透過素子 140 の、画像表示素子 130 の画像からの光線が入射する面を、入射面とする。また透過素子 140 の、画像表示素子 130 の画像からの光線が出射する面を、出射面とする。透過素子 140 の入射面および出射面は、トロイダル形状である。透過素子 140 の入射面は、画像表示素子 130 の長辺方向（図 5 の紙面に垂直な X 軸方向）と、短辺方向に対応する方向（Y 軸方向に対応する方向）とで定義される面である。透過素子 140 の入射面および出射面は、画像表示素子 130 の長辺方向と、短辺方向に対応する方向とで異なる曲率を有する。つまり透過素子 140 は、トロイダルレンズであり、透過素子 140 の形状は、スクリーン 1 側に凸面を向けた形状である。透過素子 140 の入射面における画像表示素子 130 の長辺方向（X 軸方向）の曲率は、短辺方向（Y 軸方向）に対応する方向の曲率よりも大きい。同様に、透過素子 140 の出射面における画像表示素子 130 の長辺方向（X 軸方向）の曲率は、短辺方向（Y 軸方向）に対応する方向の曲率よりも大きい。

[0072] ここで、図 6 を用いて、透過素子 140 に入射する光線の角度の説明をする。画像表示素子 130 が表示する画像を、画像 131 とする。画像 131 から出射し、透過光学系 110 の瞳の中心を通る光線を、主光線 L とする。画像 131 の中心 O から出射した主光線 L が通過する透過素子 140 の入射面における位置を、基準交点 B O とする。その基準交点 B O を通過し画像 131 の短辺 131 b に平行な方向（Y 軸方向）に対応する方向と平行な交線を基準縦交線 B L とする。このとき、基準縦交線 B L に入射する主光線 L は、基準交点 B O における法線と平行になる光線を含む。このように、透過素子 140 の基準縦交線に入射する主光線 L が、基準交点 B O における法線と平行である光線を含む場合、画像 131 全体から出射される主光線 L の透過素子 140 に対する入射角を小さくすることができる（ただし、法線と平行な主光線 L の入射角を 0 度とする）。入射角が小さくなると、透過素子 140 での主光線 L の反射を抑制できる。これにより透過素子 140 を透過する光量の低下を抑制することができる。特に、本開示の画像投写装置 10 のよ

うに画像投写装置 10 とスクリーン 1 との距離が短く、スクリーン 1 に対して正対しない位置から投写する場合、上記の効果がよりいっそう奏功する。

[0073] 実施の形態 4 に係る投写光学系 100 において、透過素子 140 は、以下の条件式 (2) を満足する様に配置することが望ましい。

$$[0074] \quad 0 < Y_p < 0.9 \quad \cdots (2)$$

ここで、

Y_p : スクリーン 1 に投写される画像 (以下投影画像という) において、投影画像の中心を通り投影画像の短辺に平行な直線上の任意の点の位置を、画像 131 の Y 軸の正の方向に対応する方向に 0 から 1 で相対的に表した場合に、基準縦交線 BL を通り、基準交点 B0 における法線に平行な主光線 L が到達するスクリーン 1 上の相対位置である。

[0075] 相対位置 Y_p について、具体的に説明する。スクリーン 1 に投写される投影画像のうち、投写光学系 100 の最終出射面 (実施の形態 4 では、透過素子 140 の出射面) から一番近い位置に入射する光線の位置を 0 とする。投影画像のうち、投写光学系 100 の最終出射面から最も離れた位置に入射する光線の位置を 1 とする。言い換えると、画像表示素子 130 で表示される画像 131 のうち、図 5 の Y 軸の正の方向において、最も下の位置 (0 地点) から出射する主光線 L が到達するスクリーン 1 での位置が「0」である。画像 131 のうち、Y 軸の正の方向において最も上の位置から出射する主光線 L が到達するスクリーン 1 での位置が「1」となる。

[0076] 上記の条件 (2) を満足することにより、主光線 L 全体の透過素子 140 に対する入射角を小さく抑えることができる。つまり、画像 131 の端部分から出射する主光線 L の光量の減衰を抑制できる。したがって、スクリーン 1 に投写される投影画像の輝度分布の均一性を向上できる。

[0077] さらに、以下の条件 (2-1) を満足することで、上記の効果をより奏功することができる。

$$[0078] \quad 0 < Y_p < 0.6 \quad \cdots (2-1)$$

さらに、以下の条件 (2-2) を満足することで、上記の効果をより奏功

することができる。

[0079] $0 < Y_p < 0.5 \cdots (2-2)$

なお、透過素子 140 は、画像投写装置 10 の筐体に設けられた開口部に配置できる。開口部は、光束を通過させる。開口部には、開口部から画像投写装置 10 の筐体内部へ埃やゴミ等が入らないように、カバーガラスが配置されることがある。したがって、透過素子 140 をカバーガラスとして併用できる。

[0080] 表 2 に、数値実施例 4 から数値実施例 11 の投写光学系 100 における相対位置 Y_p を示す。

[0081] [表2]

	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10	実施例 11
相対位置 Y_p	0.7	0.4	0.25	0.12	0.8	0.46	0.27	0.15

[0082] 表 3 に、数値実施例 12 から数値実施例 19 の投写光学系 100 における相対位置 Y_p を示す。

[0083] [表3]

	実施例 12	実施例 13	実施例 14	実施例 15	実施例 16	実施例 17	実施例 18	実施例 19
相対位置 Y_p	0.08	0.2	0.46	0.92	0.04	0.16	0.32	0.62

[0084] [4-2. 効果]

実施の形態 4 では、透過素子 140 の入射面の、基準縦交線 B L と垂直な方向に対する曲率は、基準縦交線 B L と平行な方向に対する曲率よりも大きい。これにより画像 131 の長辺方向全体から出射する主光線 L の、透過素子 140 への入射角を小さくできる。したがって、画像 131 の長辺方向全体から出射する主光線 L の透過素子 140 での反射を抑制でき、投影画像の長辺方向全体の輝度分布を均一化できる。

[0085] 実施の形態4では、基準縦交線B Lに入射する主光線Lは、基準交点B Oにおける透過素子140の入射面の法線と平行になる光線を有する。これにより画像131の短辺方向全体から出射する主光線Lの、透過素子140への入射角を小さくできる。したがって、画像131の短辺方向全体から出射する主光線Lの、透過素子140への入射角を小さくできる。したがって、画像131の短辺方向全体から出射する主光線Lの透過素子140での反射を抑制でき、投影画像の短辺方向全体の輝度分布を均一化できる。

[0086] [4-3. 変形例]

なお、実施の形態4では、透過素子140の入射面および反射面の両方をトロイダル面としたが、入射面及び反射面の少なくとも一方が、直交する二つの方向で互いに異なる曲率を有する面であればよい。また、透過素子140の入射面及び反射面の少なくとも一方を自由曲面としてもよい。

[0087] 実施の形態4の反射光学系120は、第1ミラー121と第2ミラー122とを有するが、たとえば第1ミラー121を有していなくてもよい。すなわち、反射光学系120が、反射面が自由曲面の凹面である第2ミラー122のみで構成されてもよい。

[0088] 実施の形態4では、反射面が平面の第1ミラー121を反射面が凹面の第2ミラー122よりも画像表示素子130に近い位置に配置しているが、この配置位置以外でもよい。すなわち、第2ミラー122を第1ミラー121よりも画像表示素子130に近い位置に配置してもよい。

[0089] 実施の形態4の投写光学系100は、反射光学系120を有するが、反射光学系120を有していなくてもよい。

[0090] なお、実施の形態4の透過素子140の材料は、樹脂であるため、トロイダル面や自由曲面を加工しやすい。しかし、透過素子140の材料は、樹脂以外の材料でもよく、例えばガラスでもよい。

[0091] 以下、上記各実施の形態に係る投写光学系を具体的に実施した数値実施例を説明する。なお、各数値実施例において、表中の長さの単位はすべて「mm」であり、画角の単位はすべて「°」である。また、各数値実施例におい

て、「 r 」は曲率半径、「 d 」は面間隔、「 n_d 」は d 線に対する屈折率、「 v_d 」は d 線に対するアッペ数である。また、各数値実施例において、*印を付した面は非球面であり、非球面形状は次式で定義している。

[0092] [数1]

$$Z = \frac{h^2 / r}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)(h/r)^2}} + \sum A_n h^n$$

[0093] ここで、

Z : 光軸からの高さが h の非球面上の点から、非球面頂点の接平面までの距離、

h : 光軸からの高さ、

r : 頂点曲率半径、

κ : 円錐定数、

A_n : n 次の非球面係数

である。

[0094] なお、非球面係数は、円錐常数 K 以外は0でない係数のみ記す。また、レンズ群データにおいて、レンズ構成は、第1面から終面までの間隔、前側主点位置は、第1面からの距離、後側主点位置は、第1面からの距離である。

[0095] (数値実施例1)

以下のデータ1からデータ5に、数値実施例1の透過光学系の具体的なデータを示す。数値実施例1の透過光学系は、実施の形態1(図2)の透過光学系110に相当する。

[0096] データ1の面番号1の面は図2のプリズムPBの入射面、面番号2の面は

プリズムPBの出射面を示す。面番号3の面は第1レンズL1の入射面、面番号4の面は第1レンズL1の出射面を示す。面番号5の面は第2レンズL2の入射面、面番号6の面は第2レンズL2及び第3レンズL3の接合面、面番号7の面は第3レンズL3及び第4レンズL4の接合面、面番号8の面は第4レンズL4の出射面を示す。面番号9の面は第5レンズL5の入射面、面番号10の面は第5レンズL5の出射面を示す。面番号11の面は開口絞りAを示す。面番号12の面は第6レンズL6の入射面、面番号13の面は第6レンズL6の出射面を示す。面番号14の面は第7レンズL7の入射面、面番号15の面は第7レンズL7の出射面を示す。面番号16の面は第8レンズL8の入射面、面番号17の面は第8レンズL8の出射面を示す。面番号18の面は第9レンズL9の入射面、面番号19の面は第9レンズL9及び第10レンズL10の接合面、面番号20の面は第10レンズL10の出射面を示す。面番号21の面は第11レンズL11の入射面、面番号22の面は第11レンズL11の出射面を示す。面番号23の面は第12レンズL12の入射面、面番号24の面は第12レンズL12の出射面を示す。面番号25の面は第13レンズL13の入射面、面番号26の面は第13レンズL13の出射面を示す。

[0097] データ2の面番号とデータ1の面番号は同じである。

[0098] データ4のレンズ1はプリズムPB、レンズ2～レンズ14は、それぞれ第1レンズL1～第13レンズL13に相当する。

[0099] データ5のレンズ群1は第1レンズL1、レンズ群2は第2レンズL2～第5レンズL5、レンズ群3は第6レンズL6～第10レンズL10、レンズ群4は第11レンズL11～第13レンズL13に相当する。

[データ1]

面データ

面番号	r	d	nd	vd	有効径
-----	---	---	----	----	-----

画像表示素子		∞			
--------	--	----------	--	--	--

1	∞	14.99500	1.51680	64.2	
2	∞	12.72300			
3*	17.23400	8.00300	1.59349	67.0	
4*	315.80500	可変			15.904
5	14.22900	1.50000	2.00069	25.5	
6	8.67800	5.15000	1.49700	81.6	
7	-34.20000	1.49900	1.90366	31.3	
8	19.05500	0.49900			
9	16.72300	6.17600	1.84666	23.8	4.690
10	-156.51000	可変			
11(絞り)	∞	14.49000			4.365
12	-120.75700	5.57200	1.78472	25.7	
13	-56.17000	4.58500			
14	-13.97000	1.00400	1.91082	35.2	

15	-21.26300	0.29600			
16	40.92700	7.46700	1.72342	38.0	
17	-1962.27200	2.30200			
18	-60.74800	1.19800	1.49700	81.6	
19	39.71400	7.66800	1.63854	55.4	
20	-168.43100	可変			
21	25.80000	5.91200	1.78590	43.9	
22	38.31000	9.60800			
23*	-53.54700	5.23500	1.68893	31.1	21.794
24*	24.57000	10.18400			24.740
25*	-187.91700	11.83400	1.53775	74.7	21.205
26*	-25.79200				21.794

[データ 2]

非球面データ

第3面

 $K = -6.09400E-02, A4 = 1.98117E-05, A6 = 1.56997E-08, A8 = -4.62804E-10$ $A10 = -1.19399E-13, A12 = 8.76682E-15, A14 = -2.09485E-16, A16 = 2.51704$

E-18

第4面

 $K = -1.00000E+02, A4 = 4.71492E-05, A6 = 1.33281E-07, A8 = -5.51156E-10$ $A10 = -1.55150E-11, A12 = -2.25085E-14, A14 = 2.52558E-15, A16 = -7.77899$

E-18

第23面

 $K = 1.11067E+00, A4 = 6.33930E-06, A6 = -2.59108E-07, A8 = 9.71178E-10$ $A10 = -1.04904E-12, A12 = -2.26872E-16, A14 = -1.58698E-19, A16 = 1.77042$

E-21

第24面

 $K = -1.66300E-02, A4 = -4.34030E-05, A6 = 3.86699E-08, A8 = -1.80419E-11$ $A10 = -1.24012E-13, A12 = 1.25649E-16, A14 = 1.87457E-19, A16 = -5.10267$

E-22

第25面

 $K = -9.41608E+01, A4 = -4.67773E-05, A6 = -2.01376E-07, A8 = 1.51882E-09$ $A10 = -2.50674E-12, A12 = -1.46260E-16, A14 = 1.84046E-19, A16 = 4.28649$

E-21

第26面

 $K = -2.08200E-02, A4 = -1.69368E-05, A6 = -5.91673E-08, A8 = 1.07391E-10$ $A10 = 1.23694E-13, A12 = -2.06773E-16, A14 = -2.43725E-20, A16 = 8.16055$

E-22

[データ3]

各種データ

投写エリア	80"	100"	50"
-------	-----	------	-----

焦点距離	37.3470	37.3021	37.4561
d4	5.6380	5.4328	6.2488
d10	4.3540	4.5571	3.7411
d20	2.6040	2.8223	1.5986

[データ4]

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	∞
2	3	30.4108
3	5	-25.7030
4	6	14.5054
5	7	-13.3631
6	9	18.1415
7	12	128.9402
8	14	-47.8583
9	16	55.5055
10	18	-48.1287
11	19	51.0611
12	21	83.2253
13	23	-23.7961
14	25	54.2093

[データ5]

レンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	30.41079	35.72100	22.32193	30.46131
2	5	75.30926	14.82400	0.46045	5.86471

3	11	219.36841	44.58200	31.27514	40.72933
4	21	717.01958	42.77300	138.60457	153.67075

(数値実施例 2)

以下のデータ 6 からデータ 9 に、数値実施例 2 の透過光学系の具体的なデータを示す。数値実施例 2 の透過光学系は、実施の形態 2 (図 3) に示す透過光学系 110 に相当する。

[0100] データ 6 の面番号は、データ 1 の面番号と同じ面を示す。

[0101] データ 7 の面番号とデータ 6 の面番号は同じである。

[0102] データ 9 のレンズ番号は、データ 4 のレンズ番号と同じレンズを示す。

[データ 6]

面データ

面番号	r	d	nd	vd	有効径
-----	---	---	----	----	-----

画像表示素子	∞
--------	----------

1	∞	15.00000	1.51680	64.2
---	----------	----------	---------	------

2	∞	12.66300		
---	----------	----------	--	--

3*	17.19300	8.00000	1.59349	67.0
----	----------	---------	---------	------

4*	290.32200	5.10600		12.510
----	-----------	---------	--	--------

5	14.48000	1.50000	2.00069	25.5
---	----------	---------	---------	------

6	8.78200	5.08500	1.49700	81.6
---	---------	---------	---------	------

7	-32.37200	1.50000	1.90366	31.3	
8	19.67100	0.50000			
9	17.21600	3.54300	1.84666	23.8	4.696
10	-122.74800	6.15600			
11(絞り)	∞	14.49800			4.330
12	-93.48000	4.07700	1.78472	25.7	
13	-52.70900	4.39600			
14	-13.56800	1.00000	1.91082	35.2	
15	-19.77000	0.50000			
16	40.73100	10.43500	1.72342	38.0	
17	973.57600	1.96300			
18	-77.44100	1.20000	1.49700	81.6	
19	36.71000	11.51300	1.63854	55.4	
20	-342.73900	2.60000			

21	25.66400	6.04000	1.78590	43.9	
22	37.83000	9.89400			
23*	-55.70200	3.94100	1.68893	31.1	21.756
24*	24.47000	10.21300			24.476
25*	-210.37000	11.57500	1.53775	74.7	20.668
26*	-25.63500				21.756

[データ 7]

非球面データ

第3面

$K = -6.04699E-02$, $A4 = 1.98616E-05$, $A6 = 7.35058E-09$, $A8 = -5.05794E-10$

$A10 = 8.61968E-13$, $A12 = 1.71901E-14$, $A14 = -2.36028E-16$, $A16 = 2.18449$

E-18

第4面

$K = -1.00000E+02$, $A4 = 4.69902E-05$, $A6 = 1.18022E-07$, $A8 = -5.22552E-10$

$A10 = -1.47332E-11$, $A12 = 2.91990E-15$, $A14 = 2.91462E-15$, $A16 = -1.40152$

E-17

第23面

$K = 9.17327E-01$, $A4 = 6.73643E-06$, $A6 = -2.61030E-07$, $A8 = 9.70513E-10$

$A10 = -1.04173E-12$, $A12 = -2.23528E-16$, $A14 = -2.05136E-19$, $A16 = 1.76480$

E-21

第24面

$K=-8.76498E-03$, $A4=-4.37627E-05$, $A6=4.02825E-08$, $A8=-1.52276E-11$
 $A10=-1.22414E-13$, $A12=1.22226E-16$, $A14=1.72616E-19$, $A16=-5.04200$

E-22

第25面

$K=-1.00000E+02$, $A4=-4.72581E-05$, $A6=-2.01657E-07$, $A8=1.52205E-09$
 $A10=-2.49780E-12$, $A12=-1.19138E-16$, $A14=2.16018E-19$, $A16=4.21484$

E-21

第26面

$K=-1.08792E-02$, $A4=-1.70130E-05$, $A6=-6.04647E-08$, $A8=1.04246E-10$
 $A10=1.35513E-13$, $A12=-1.79293E-16$, $A14=-1.16542E-21$, $A16=8.03042$

E-22

[データ 8]

各種データ

焦点距離 38.1700

[データ 9]

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	∞
2	3	30.4604
3	5	-25.6835
4	6	14.4940
5	7	-13.3576
6	9	18.0422
7	12	147.5199
8	14	-51.4384
9	16	58.4874

10	18	-49.9354
11	19	52.5497
12	21	83.3357
13	23	-24.1927
14	25	53.1220

(数値実施例3)

以下のデータ10からデータ14に、数値実施例3の透過光学系の具体的なデータを示す。数値実施例3の透過光学系は、実施の形態3(図4)の透過光学系110に相当する。

[0103] データ10の面番号1～面番号15は、データ1の面番号1～面番号15と同じ面を示す。データ10の面番号16は第18レンズL18の入射面、面番号17は第18レンズL18及び第9レンズL9の接合面、面番号18は第9レンズL9の出射面を示す。面番号19は第11レンズL11の入射面、面番号20は第11レンズL11の出射面を示す。面番号21は第12レンズL12の入射面、面番号22は第12レンズL12の出射面を示す。面番号23は第13レンズL13の入射面、面番号24は第13レンズL13の出射面を示す。

[0104] データ11の面番号とデータ10の面番号は同じである。

[0105] データ13のレンズ1はプリズムPB、レンズ2～レンズ8は、第1レンズL1～第7レンズL7に相当する。レンズ9は第18レンズL18に相当する。レンズ10は第9レンズL9に相当する。レンズ11～レンズ13は第11レンズL11～第13レンズL13に相当する。

[0106] データ14のレンズ群1は第1レンズL1、レンズ群2は第2レンズL2～第5レンズL5、レンズ群3は第6レンズL6、第7レンズL7、第18レンズL18、及び第9レンズL9に相当する。レンズ群4は第11レンズL11～第13レンズL13に相当する。

[データ10]

面データ

面番号	r	d	nd	vd	有効径
-----	---	---	----	----	-----

画像表示素子		∞			
--------	--	----------	--	--	--

1	∞	15.00000	1.51680	64.2	
---	----------	----------	---------	------	--

2	∞	12.46900			
---	----------	----------	--	--	--

3*	16.60900	8.00000	1.59349	67.0	
----	----------	---------	---------	------	--

4*	238.82100	可変			15.490
----	-----------	----	--	--	--------

5	15.08000	1.50000	2.00069	25.5	
---	----------	---------	---------	------	--

6	8.82500	5.31000	1.49700	81.6	
---	---------	---------	---------	------	--

7	-29.89700	1.50000	1.90366	31.3	
---	-----------	---------	---------	------	--

8	18.82700	0.50000			
---	----------	---------	--	--	--

9	17.07700	7.44700	1.92119	24.0	4.680
---	----------	---------	---------	------	-------

10	-120.94700	可変			
----	------------	----	--	--	--

11(絞り)	∞	14.62800			4.382
--------	----------	----------	--	--	-------

12	-303.76700	8.37600	1.75211	25.0	
----	------------	---------	---------	------	--

13	-46.44600	2.92800			
14	-15.10700	1.00000	1.91082	35.2	
15	-27.46200	4.63100			
16	37.26600	11.91600	1.63854	55.4	
17	-37.26600	1.20000	1.49700	81.6	
18	90.86800	可変			
19	24.13000	6.09300	1.74400	44.8	
20	32.14500	9.13600			
21*	-65.96100	5.10000	1.68893	31.1	21.227
22*	24.63500	9.98500			20.654
23*	-271.41000	11.80000	1.52500	70.3	21.801
24*	-26.13800				21.801

[データ 1 1]

非球面データ

第3面

 $K = -2.64764E-02, A4 = 1.95203E-05, A6 = 2.77906E-08, A8 = -5.48222E-10$ $A10 = 1.45564E-12, A12 = 2.44601E-14, A14 = -2.53264E-16, A16 = 2.83945$

E-18

第4面

 $K = -1.00000E+02, A4 = 5.09253E-05, A6 = 1.64368E-07, A8 = -2.22116E-10$ $A10 = -1.70214E-11, A12 = -6.77176E-15, A14 = 3.59876E-15, A16 = -1.22797$

E-17

第21面

 $K = 4.24168E-01, A4 = 7.35890E-06, A6 = -2.63924E-07, A8 = 9.63867E-10$ $A10 = -1.04909E-12, A12 = -2.43452E-16, A14 = -2.45190E-19, A16 = 2.11315$

E-21

第22面

 $K = 9.83767E-03, A4 = -4.47000E-05, A6 = 4.34712E-08, A8 = -8.91954E-12$ $A10 = -1.22273E-13, A12 = 9.34976E-17, A14 = 8.60890E-20, A16 = -5.31655$

E-22

第23面

 $K = -1.11269E+02, A4 = -5.01495E-05, A6 = -2.02921E-07, A8 = 1.52178E-09$ $A10 = -2.49636E-12, A12 = -1.24985E-16, A14 = 1.70196E-19, A16 = 3.87907$

E-21

第24面

 $K = -1.91793E-03, A4 = -1.75117E-05, A6 = -6.08590E-08, A8 = 1.03604E-10$ $A10 = 1.48543E-13, A12 = -1.59856E-16, A14 = -3.66014E-20, A16 = 6.50430$

E-22

[データ 1 2]

各種データ

投写エリア	80"	100"	50"
-------	-----	------	-----

焦点距離	37.9403	37.8961	38.0889
d4	4.8310	4.6458	5.4573
d10	4.3410	4.5260	3.7171
d18	3.8260	4.0665	2.9391

[データ 13]

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	∞
2	3	29.6789
3	5	-24.1589
4	6	14.3637
5	7	-12.5997
6	9	16.6758
7	12	71.8962
8	14	-38.3461
9	16	31.1194
10	17	-53.0099
11	19	98.2208
12	21	-25.4504
13	23	54.1942

[データ 14]

レンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	29.67893	35.46900	21.98797	30.14473
2	5	75.48370	16.25700	3.10935	9.06057
3	11	213.83645	44.67900	33.85084	43.49828

4 19 834.01525 42.11400 161.64749 183.52380

以下の数値実施例 4 ～数値実施例 11 の透過光学系 110 は、実施の形態 4（図 5）の透過光学系 110 に相当する。数値実施例 12 ～数値実施例 19 の透過光学系 110 は、実施の形態 4 の変形例の透過光学系 110 に相当する。数値実施例 4 ～数値実施例 19 では、反射光学系 120 とスクリーン 1 との間に透過素子 140 を配置した。

[0107] 数値実施例 4、5、6 および 7 における透過光学系 110 のレンズデータは数値実施例 1 と同様であるため説明を省略する。下記のデータ 15 に、数値実施例 4、5、6 および 7 の透過素子 140 のレンズデータを示す。

[0108] データ 15 の面番号 1 は、透過素子 140 の入射面を示す。面番号 2 は、透過素子 140 の出射面を示す。

[データ 15]

面データ

面番号	X 曲率半径	Y 曲率半径	d	N d	V d
1	-198	∞		2.0 1.5168	64.2
2	-200	∞			

（数値実施例 4）

数値実施例 4 では、透過素子 140 を、画像表示素子 130 の表示面に直交する方向に対して 70 度の角度で傾けて配置した。

[0109] その結果を図 7 に示す。図 7 のグラフの縦軸は、透過素子 140 の基準縦交線 BL に入射する主光線 L の角度（入射角）を示す。図 7 のグラフの横軸は、基準縦交線 BL に入射する主光線 L のスクリーン 1 上における相対位置（Yp）を示す。相対位置が 0 の位置とは、スクリーン 1 に投写される投影画像の内、投写光学系 100 の最終出射面から一番近い位置に入射する主光線 L の位置を示す。相対位置が 1 である位置とは、スクリーン 1 に投写される投影画像の内、投写光学系 100 の最終出射面から最も離れた位置に入射

する光線の位置を示す。言い換えると、画像表示素子 130 から出射する光線の内、図 5 の Y 軸方向の最も下から出射する光線が到達するスクリーン 1 上の位置が 0、最も上から出射する光線が到達するスクリーン 1 上の位置が 1 となる。

[0110] 図 7 に示すように、数値実施例 4 では、スクリーン 1 上の相対位置 0.7 に到達する主光線 L は、透過素子 140 の基準縦交線 BL に入射する角度が 0 となっている。また、基準縦交線 BL に入射する主光線 L の入射角の内、最も大きい角度は 50 度であることが分かる。

[0111] (数値実施例 5)

数値実施例 5 では、透過素子 140 を、画像表示素子 130 の面に直交する方向に対して 60 度の角度で傾けて配置した。その結果、図 8 に示す様に、数値実施例 5 では、スクリーン 1 上の相対位置 0.4 に到達する主光線 L は、透過素子 140 の基準縦交線 BL に入射する角度が 0 となっている。また、基準縦交線 BL に入射する主光線 L の入射角の内、最も大きい角度は 40 度であることが分かる。

[0112] (数値実施例 6)

数値実施例 6 では、透過素子 140 を、画像表示素子 130 の面に直交する方向に対して 50 度の角度で傾けて配置した。その結果、図 9 に示す様に、数値実施例 6 では、スクリーン 1 上の相対位置 0.25 に到達する主光線 L は、透過素子 140 の基準縦交線 BL に入射する角度が 0 となっている。また、基準縦交線 BL に入射する主光線 L の入射角の内、最も大きい角度は、30 度であることが分かる。

[0113] (数値実施例 7)

数値実施例 7 では、透過素子 140 を、画像表示素子 130 の面に直交する方向に対して 40 度の角度で傾けて配置した。その結果、図 10 に示す様に、数値実施例 7 では、スクリーン 1 上の相対位置 0.12 に到達する主光線 L は、透過素子 140 の基準縦交線 BL 位置に入射する角度が 0 となっている。また、基準縦交線 BL に入射する主光線 L の入射角の内、最も大きい

角度は35度であることが分かる。

[0114] 数値実施例8、9、10および11における透過光学系110のレンズデータは数値実施例1と同様であるため説明を省略する。下記データ16に、数値実施例8、9、10および11の透過素子140のレンズデータを示す。

[0115] データ16の面番号1は、透過素子140の入射面を示す。面番号2は、透過素子140の出射面を示す。

[データ16]

面データ

面番号	X曲率半径	Y曲率半径	d	Nd	Vd
1	-248	-298	2.0	1.5168	64.2
2	-250	-300			

(数値実施例8)

数値実施例8では、透過素子140を、画像表示素子130の面に直交する方向に対して70度の角度で傾けて配置した。その結果、図11に示す様に、数値実施例8では、スクリーン1上の相対位置0.8に到達する主光線Lは、透過素子140の基準縦交線BLに入射する角度が0となっている。また、基準縦交線BLに入射する主光線Lの入射角の内、最も大きい角度は、47度であることが分かる。

[0116] (数値実施例9)

数値実施例9では、透過素子140を、画像表示素子130の面に直交する方向に対して60度の角度で傾けて配置した。その結果、図12に示す様に、数値実施例9では、スクリーン1上の相対位置0.46に到達する主光線Lは、透過素子140の基準縦交線BLに入射する角度が0となっている。また、基準縦交線BLに入射する主光線Lの入射角の内、最も大きい角度は、38度であることが分かる。

[0117] (数値実施例10)

数値実施例 10 では、透過素子 140 を、画像表示素子 130 の面に直交する方向に対して 50 度の角度で傾けて配置した。その結果、図 13 に示す様に、数値実施例 10 では、スクリーン 1 上の相対位置 0.27 に到達する主光線 L は、透過素子 140 の基準縦交線 BL に入射する角度が 0 となっている。また、基準縦交線 BL に入射する主光線 L の入射角の内、最も大きい角度は、27 度であることが分かる。

[0118] (数値実施例 11)

数値実施例 11 では、透過素子 140 を、画像表示素子 130 の面に直交する方向に対して 40 度の角度で傾けて配置した。その結果、図 14 に示す様に、数値実施例 11 では、スクリーン 1 上の相対位置 0.15 に到達する主光線 L は、透過素子 140 の基準縦交線 BL に入射する角度が 0 となっている。また、基準縦交線 BL に入射する主光線 L の入射角の内、最も大きい角度は、34 度であることが分かる。

[0119] 次に、数値実施例 12、13、14 および 15 について説明する。数値実施例 12～15 は、実施の形態 4 の変形例に相当する。数値実施例 12～15 における透過光学系 110 のレンズデータは数値実施例 1 と同様であるため説明を省略する。下記データ 17 に、数値実施例 12～15 の透過素子 140 のレンズデータを示す。

[0120] データ 17 の面番号 1 は、透過素子 140 の入射面を示す。面番号 2 は、透過素子 140 の出射面を示す。

[データ 17]

面データ

面番号	X 曲率半径	Y 曲率半径	d	N d	V d
1	-113	∞	2.0	1.5168	64.2
2	-115	∞			

以下の数値実施例 12～15 では、第 1 ミラー 121 と第 2 ミラー 122 の配置位置を逆にした。つまり、反射面が自由曲面である第 2 ミラー 122

を、反射面が平面である第 1 ミラー 1 2 1 よりも画像表示素子 1 3 0 に近い位置に配置した。

[0121] (数値実施例 1 2)

数値実施例 1 2 では、透過素子 1 4 0 を、画像表示素子 1 3 0 の面に直交する方向に対して 7 0 度の角度で傾けて配置した。その結果、図 1 5 に示す様に、数値実施例 1 2 では、スクリーン 1 上の相対位置 0. 0 8 に到達する主光線 L は、透過素子 1 4 0 の基準縦交線 B L に入射する角度が 0 となっている。また、基準縦交線 B L に入射する主光線 L の入射角の内、最も大きい角度は、3 2 度であることが分かる。

[0122] (数値実施例 1 3)

数値実施例 1 3 では、透過素子 1 4 0 を、画像表示素子 1 3 0 の面に直交する方向に対して 6 0 度の角度で傾けて配置した。その結果、図 1 6 に示す様に、数値実施例 1 3 では、スクリーン 1 上の相対位置 0. 2 に到達する主光線 L は、透過素子 1 4 0 の基準縦交線 B L に入射する角度が 0 となっている。また、基準縦交線 B L に入射する主光線 L の入射角の内、最も大きい角度は、2 1 度であることが分かる。

[0123] (数値実施例 1 4)

数値実施例 1 4 では、透過素子 1 4 0 を、画像表示素子 1 3 0 の面に直交する方向に対して 5 0 度の角度で傾けて配置した。その結果、図 1 7 に示す様に、数値実施例 1 4 では、スクリーン 1 上の相対位置 0. 4 6 に到達する主光線 L は、透過素子 1 4 0 の基準縦交線 B L に入射する角度が 0 となっている。また、基準縦交線 B L に入射する主光線 L の入射角の内、最も大きい角度は、3 1 度であることが分かる。

[0124] (数値実施例 1 5)

数値実施例 1 5 では、透過素子 1 4 0 を、画像表示素子 1 3 0 の面に直交する方向に対して 4 0 度の角度で傾けて配置した。その結果、図 1 8 に示す様に、数値実施例 1 5 では、スクリーン 1 上の相対位置 0. 9 2 に到達する主光線 L は、透過素子 1 4 0 の基準縦交線 B L に入射する角度が 0 となって

いる。また、基準縦交線B Lに入射する主光線Lの入射角の内、最も大きい角度は、41度であることが分かる。

[0125] 次に、数値実施例16、17、18および19について説明する。数値実施例16～19は、実施の形態4の変形例に相当する。数値実施例16～19における透過光学系110のレンズデータは数値実施例1と同様であるため説明を省略する。下記データ18に、数値実施例16～19の透過素子140のレンズデータを示す。

[0126] データ18の面番号1は、透過素子140の入射面を示す。面番号2は、透過素子140の出射面を示す。

[データ18]

面データ

面番号	X曲率半径	Y曲率半径	d	Nd	Vd
1	-113	∞	2.0	1.5168	64.2
2	-115	∞			

以下の数値実施例16、17、18および19では、平面ミラーである第1ミラー121を用いず、第2ミラー122のみを用いた。

[0127] (数値実施例16)

数値実施例16では、透過素子140を、画像表示素子130の面に直交する方向に対して70度の角度で傾けて配置した。その結果、図19に示す様に、数値実施例16では、スクリーン1上の相対位置0.04に到達する主光線Lは、透過素子140の基準縦交線B Lに入射する角度が0となっている。また、基準縦交線B Lに入射する主光線Lの入射角の内、最も大きい角度は、36度であることが分かる。

[0128] (数値実施例17)

数値実施例17では、透過素子140を、画像表示素子130の面に直交する方向に対して60度の角度で傾けて配置した。その結果、図20に示す様に、数値実施例17では、スクリーン1上の相対位置0.16に到達する

主光線Lは、透過素子140の基準縦交線BLに入射する角度が0となっている。また、基準縦交線BLに入射する主光線Lの入射角の内、最も大きい角度は、26度であることが分かる。

[0129] (数値実施例18)

数値実施例18では、透過素子140を、画像表示素子130の面に直交する方向に対して50度の角度で傾けて配置した。その結果、図21に示す様に、数値実施例18では、スクリーン1上の相対位置0.32に到達する主光線Lは、透過素子140の基準縦交線BLに入射する角度が0となっている。また、基準縦交線BLに入射する主光線Lの入射角の内、最も大きい角度は、26度であることが分かる。

[0130] (数値実施例19)

数値実施例19では、透過素子140を、画像表示素子130の面に直交する方向に対して40度の角度で傾けて配置した。その結果、図22に示す様に、数値実施例19では、スクリーン1上の相対位置0.62に到達する主光線Lは、透過素子140の基準縦交線BLに入射する角度が0となっている。また、基準縦交線BLに入射する主光線Lの入射角の内、最も大きい角度は、36度であることが分かる。

[0131] (比較例1)

数値実施例4、5、6及び7と比較するために、比較例1では、透過素子140を、画像表示素子130の面に直交する方向に対して90度の角度で傾けて配置した。比較例1の投写光学系100のその他の構成は、数値実施例4、5、6及び7と同様の構成である。その結果、図23に示す様に、比較例1では、スクリーン1上に到達する主光線Lは、透過素子140の基準縦交線BLに入射する角度が0とならない。そのため、基準縦交線BLに入射する主光線Lの内、最も大きい角度は70度となり、上記数値実施例4、5、6及び7に対して大きくなっていることが分かる。

[0132] (比較例2)

数値実施例8、9、10及び11と比較するために、比較例2では、透過

素子 140 を、画像表示素子 130 の面に直交する方向に対して 90 度の角度で傾けて配置した。比較例 2 の投写光学系 100 のその他の構成は、数値実施例 8、9、10 及び 11 と同様の構成である。その結果、図 24 に示す様に、比較例 2 では、スクリーン 1 上に到達する主光線 L は、透過素子 140 の基準縦光線 BL に入射する角度が 0 とならない。そのため、基準縦交線 BL に入射する主光線 L の内、最も大きい角度は 66 度となり、上記数値実施例 8、9、10 及び 11 に対して大きくなっていることが分かる。

[0133] (比較例 3)

数値実施例 12、13、14 及び 15 と比較するために、比較例 3 では、透過素子 140 を、画像表示素子 130 の面に直交する方向に対して 90 度の角度で傾けて配置した。比較例 3 の投写光学系 100 のその他の構成は、数値実施例 12、13、14 及び 15 と同様の構成である。その結果、図 25 に示す様に、比較例 3 では、スクリーン 1 上に到達する主光線 L は、透過素子 140 の基準縦交線 BL に入射する角度が 0 とならない。比較例 3 では、基準縦交線 BL に入射する主光線 L の内、最も大きい角度（最大入射角）は 42 度となり、上記数値実施例 12、13、14 及び 15 における最大入射角よりも大きくなっていることが分かる。また比較例 3 における最大入射角は、特に条件式 (2) を満たす数値実施例 12、13、及び 14 における最大入射角よりも顕著に大きくなっていることが分かる。

[0134] (比較例 4)

数値実施例 16、17、18 及び 19 と比較するために、比較例 4 では、透過素子 140 を、画像表示素子 130 の面に直交する方向に対して 90 度の角度で傾けて配置した。比較例 4 の投写光学系 100 のその他の構成は、数値実施例 16、17、18 及び 19 と同様の構成である。その結果、図 26 に示す様に、比較例 4 では、スクリーン 1 上に到達する主光線 L は、透過素子 140 の基準縦交線 BL に入射する角度が 0 とならない。そのため、基準縦交線 BL に入射する主光線 L の内、最も大きい角度は 46 度となり、上記数値実施例 16、17、18 及び 19 に対して大きくなっていることが分

かる。

[0135] (他の実施の形態)

以上のように、本出願において開示する技術の例示として、実施の形態 1～実施の形態 4 を説明した。しかしながら、本開示における技術は、これに限定されず、変更、置き換え、付加、省略などを行った実施の形態にも適用できる。また、上記実施の形態 1～実施の形態 4 で説明した各構成要素を組み合わせて、新たな実施の形態とすることも可能である。

[0136] なお、上述の実施の形態は、本開示における技術を例示するためのものであるから、請求の範囲またはその均等の範囲において種々の変更、置き換え、付加、省略などを行うことができる。

産業上の利用可能性

[0137] 本開示は、画像表示素子に表示された画像を投写する投写に適用可能である。具体的には、プロジェクターやヘッドアップディスプレイなどに、本開示は適用可能である。

符号の説明

- [0138] 1 スクリーン
10 画像投写装置
100 投写光学系
110 透過光学系
120 反射光学系
121 第1ミラー
122 第2ミラー
130 画像表示素子
131 画像
131a 長辺
131b 短辺
BO 基準交点
BL 基準縦交線

1 4 0 透過素子

A 開口絞り

P B プリズム

L 1 第1レンズ (正レンズ)

L 2 第2レンズ

L 3 第3レンズ (正レンズ)

L 4 第4レンズ

L 5 第5レンズ (正レンズ)

L 6 第6レンズ

L 7 第7レンズ

L 8 第8レンズ

L 9 第9レンズ

L 1 0 第10レンズ

L 1 1 第11レンズ (第1正レンズ)

L 1 2 第12レンズ (負レンズ)

L 1 3 第13レンズ (第2正レンズ)

L 1 8 第18レンズ

請求の範囲

[請求項1]

X Y Z 座標を用いて位置関係を表した場合に、画像表示素子に表示され、X 軸の正の方向及び Y 軸の正の方向で定義され、前記 X 軸に平行な長辺と前記 Y 軸に平行な短辺とを有する画像を、前記 Y 軸と Z 軸とで定義される斜めの位置から、投写面に拡大して投写する投写光学系であって、

レンズ素子を含み、前記画像表示素子が表示する前記画像を拡大する透過光学系と、

前記透過光学系と前記投写面との間の光路上に配置され、前記画像の光線を遮蔽することなく透過する透過素子と、を備え、

前記透過素子の、前記光線が入射する入射面及び前記光線が出射する出射面の少なくとも一方の面において、

前記画像から出射して前記透過光学系の瞳の中心を通る主光線のうち、前記画像の中心から出射する光線が通過する点を基準交点とし、

前記基準交点を通り、前記 Y 軸の前記正の方向に対応する方向と平行な線を基準縦交線とするとき、

前記一方の面の、前記基準縦交線と垂直な方向に対する曲率は、前記基準縦交線と平行な方向に対する曲率よりも大きく、

前記主光線のうち、前記基準縦交線に入射する光線は、前記基準交点における前記一方の面の法線と平行になる光線を有する、投写光学系。

[請求項2]

以下の条件を満足する、請求項 1 に記載の投写光学系：

$$0 < Y_p < 0.9$$

ここで、

Y_p ：前記投写面に投写される投影画像において、前記投影画像の中心を通り前記投影画像の短辺に平行な直線上の任意の点の位置を、前記 Y 軸の前記正の方向に対応する方向に 0 から 1 で相対的に表した場合に、前記基準縦交線を通り前記法線に平行な前記主光線が到達

する前記投影画像上の相対位置である。

[請求項3]

さらに、

前記透過光学系と前記透過素子との間に配置された反射光学系を備えた、請求項1に記載の投写光学系。

[請求項4]

前記透過素子の前記一方の面は、直交する二つの方向で互いに異なる曲率を有する、トロイダル面及び自由曲面のいずれかである、請求項1に記載の投写光学系。

[請求項5]

X Y Z 座標を用いて位置関係を表した場合に、画像を Y 軸及び Z 軸で定義される斜めの位置から投写面に拡大して投写する画像投写装置において、

X 軸の正の方向及び Y 軸の正の方向で定義され、前記 X 軸に平行な長辺と前記 Y 軸に平行な短辺とを有する、前記画像を表示する画像表示素子と、

レンズ素子を含み、前記画像を拡大する透過光学系と、

前記透過光学系と前記投写面との間の光路上に配置され、前記画像の光線を遮蔽することなく透過する透過素子と、を備え、

前記透過素子の、前記光線が入射する入射面及び前記光線が出射する出射面の少なくとも一方の面において、

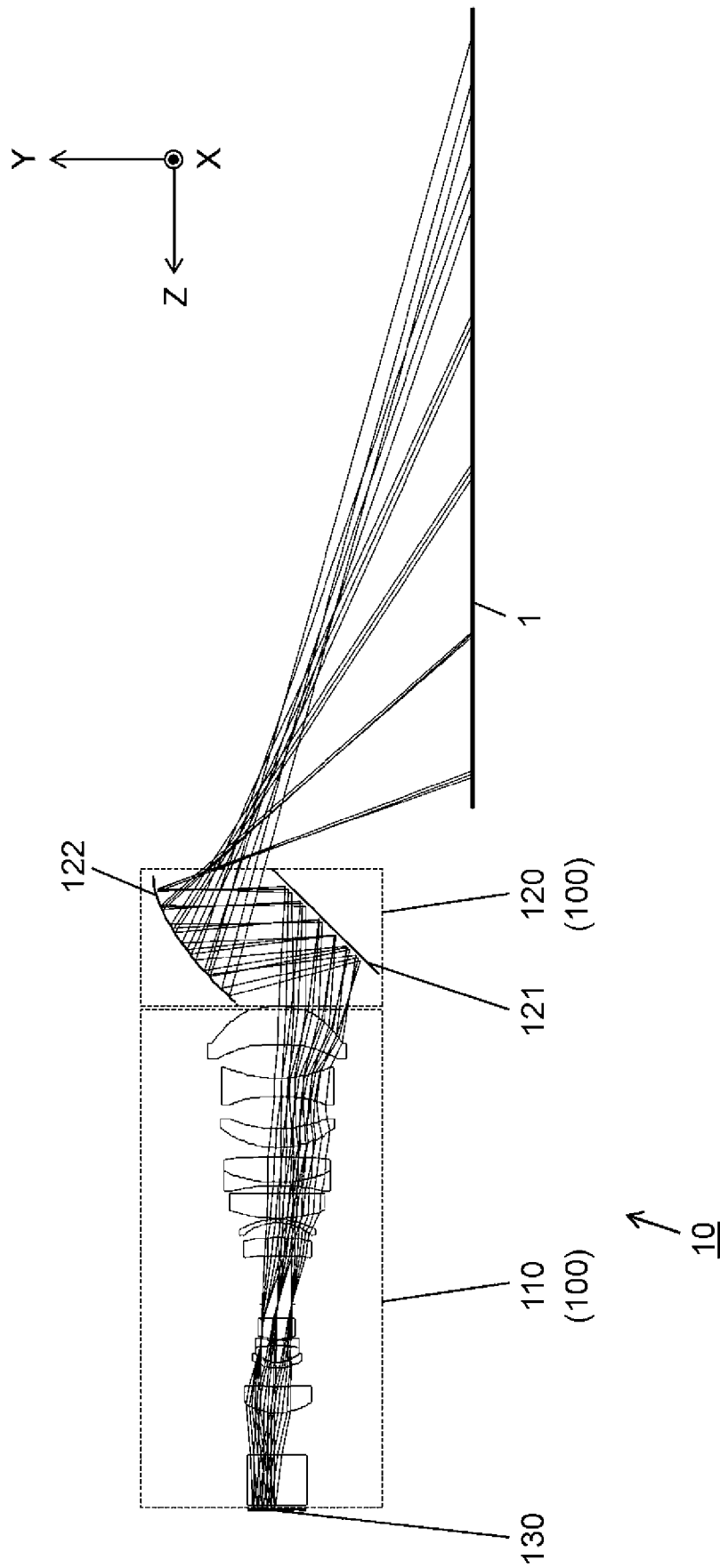
前記画像から出射して前記透過光学系の瞳の中心を通る主光線のうち、前記画像の中心から出射する光線が通過する点を基準交点とし、

前記基準交点を通り、前記 Y 軸の前記正の方向に対応する方向と平行な線を基準縦交線とするとき、

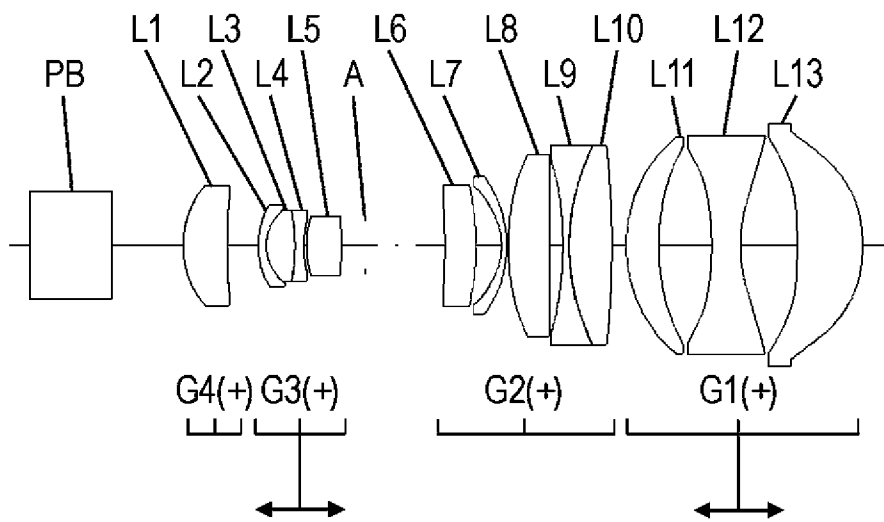
前記一方の面の、前記基準縦交線と垂直な方向に対する曲率は、前記基準縦交線と平行な方向に対する曲率よりも大きく、

前記主光線のうち、前記基準縦交線に入射する光線は、前記基準交点における前記一方の面の法線と平行になる光線を有する、画像投写装置。

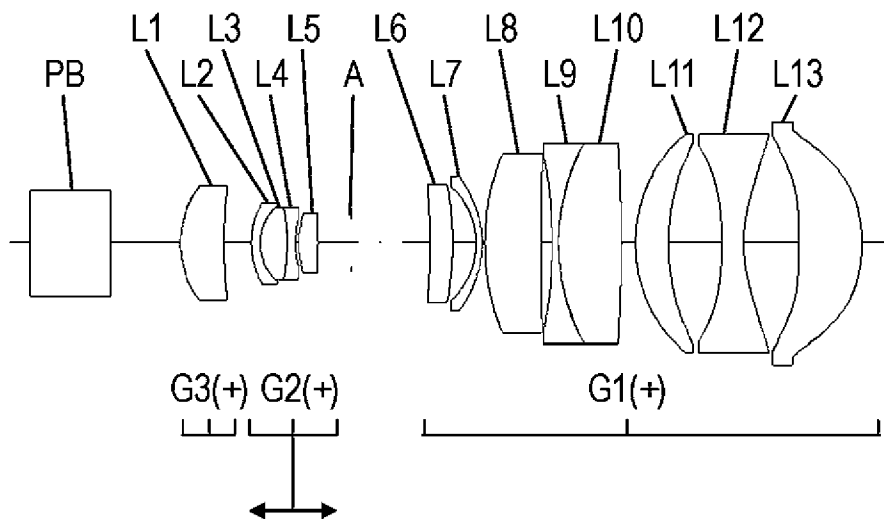
[図1]



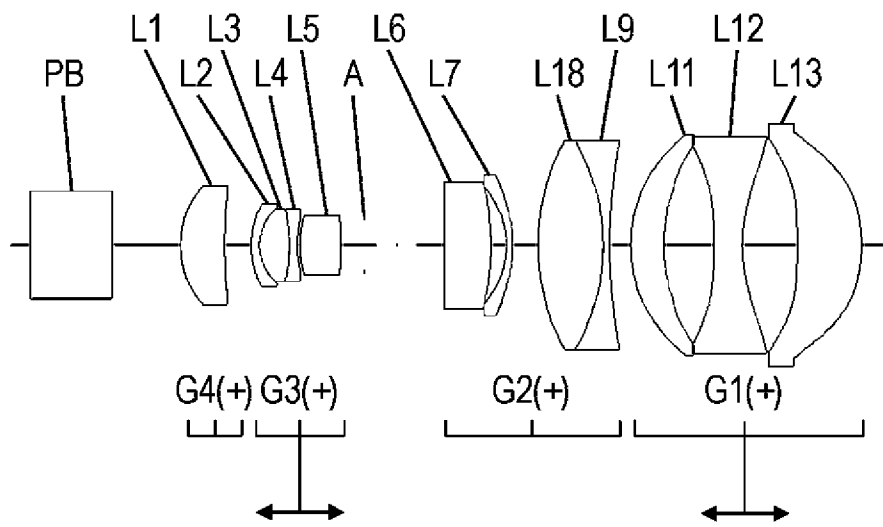
[図2]



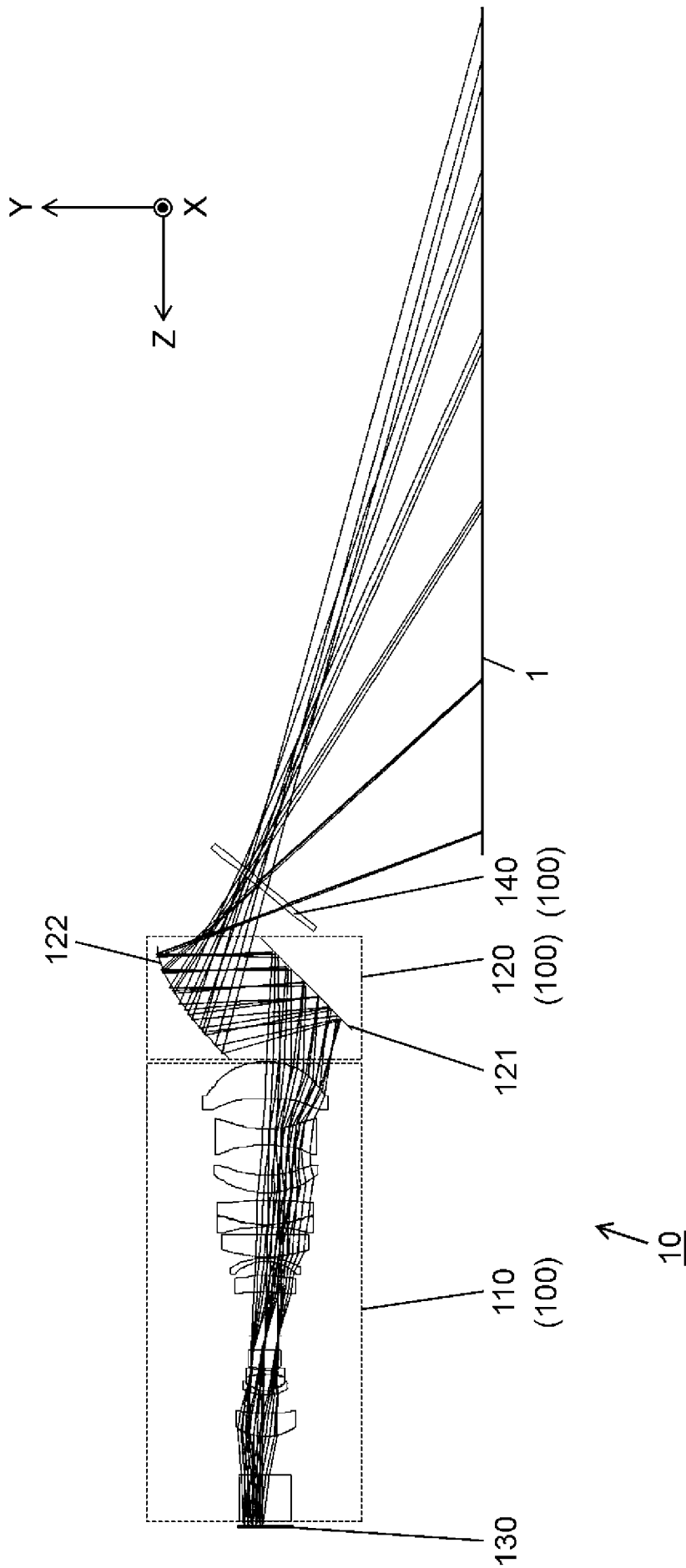
[図3]



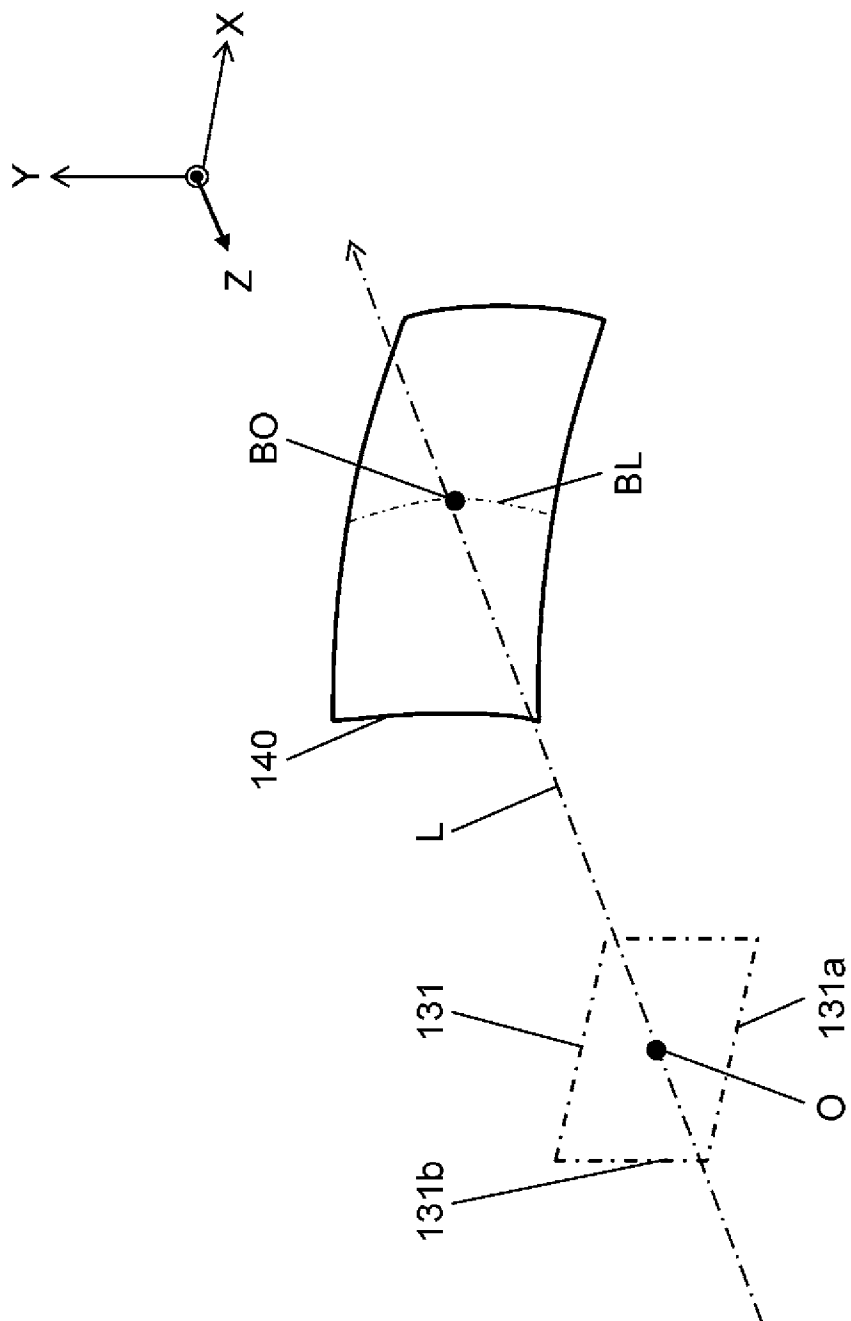
[図4]



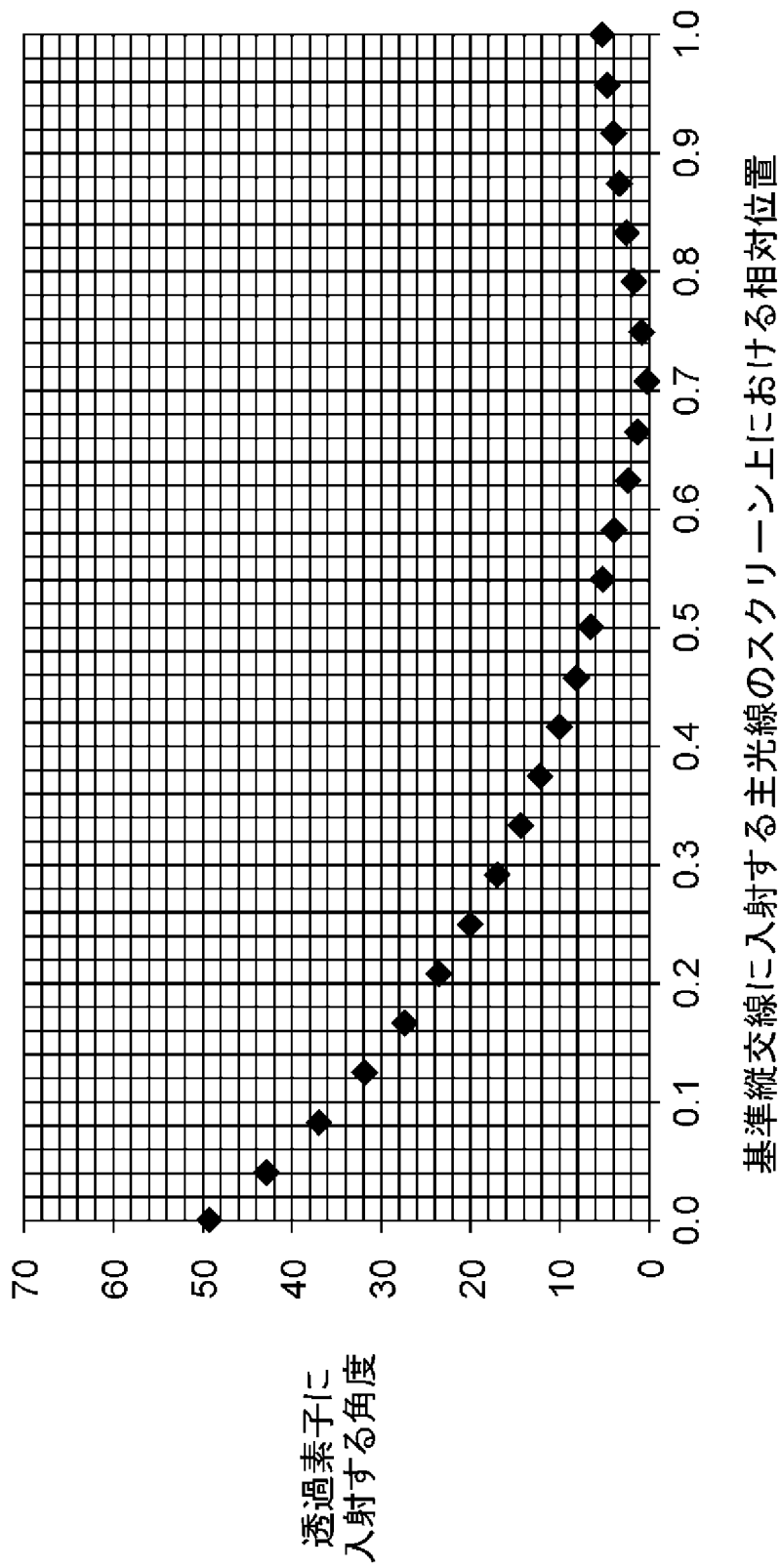
[図5]



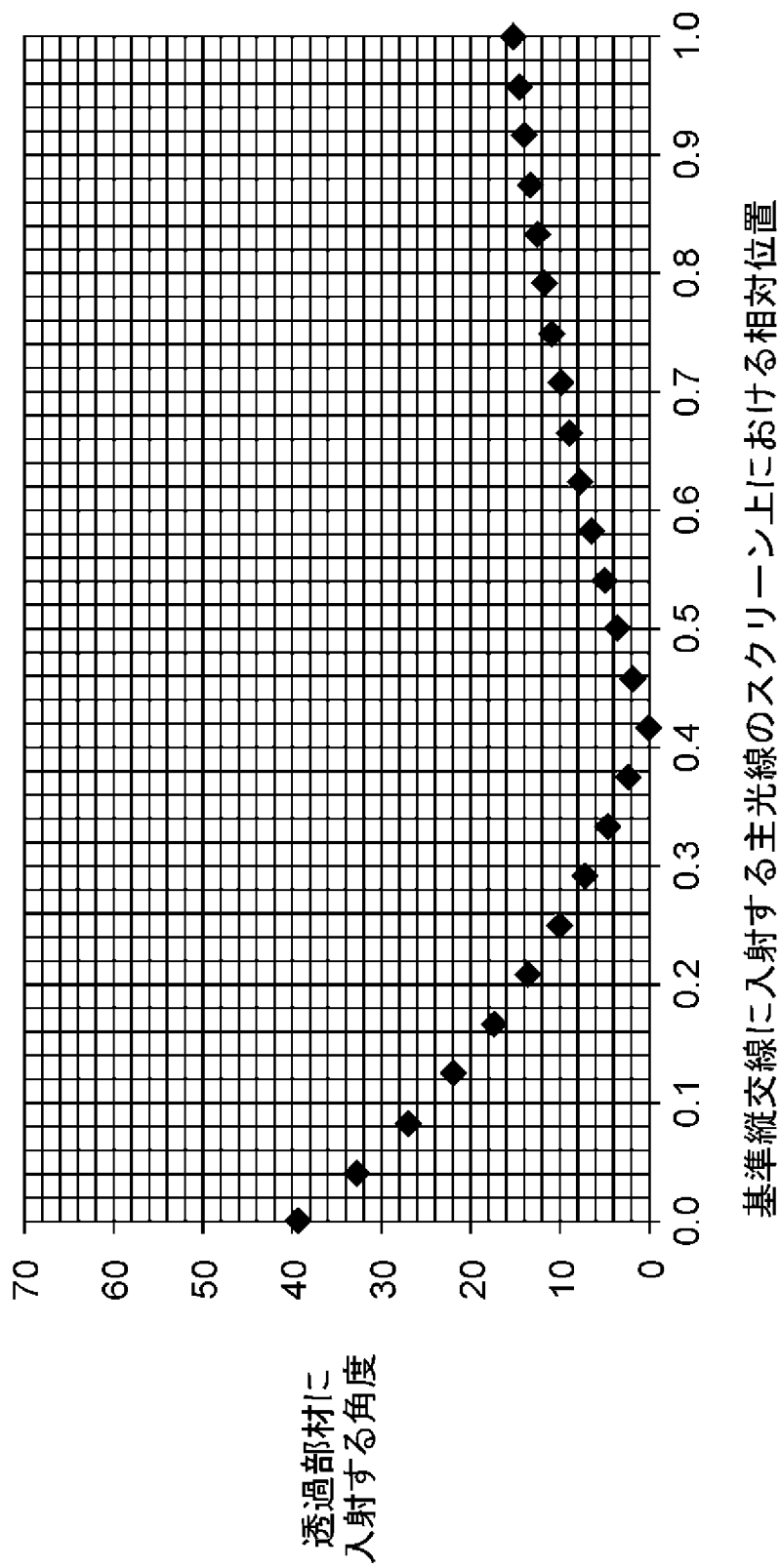
[図6]



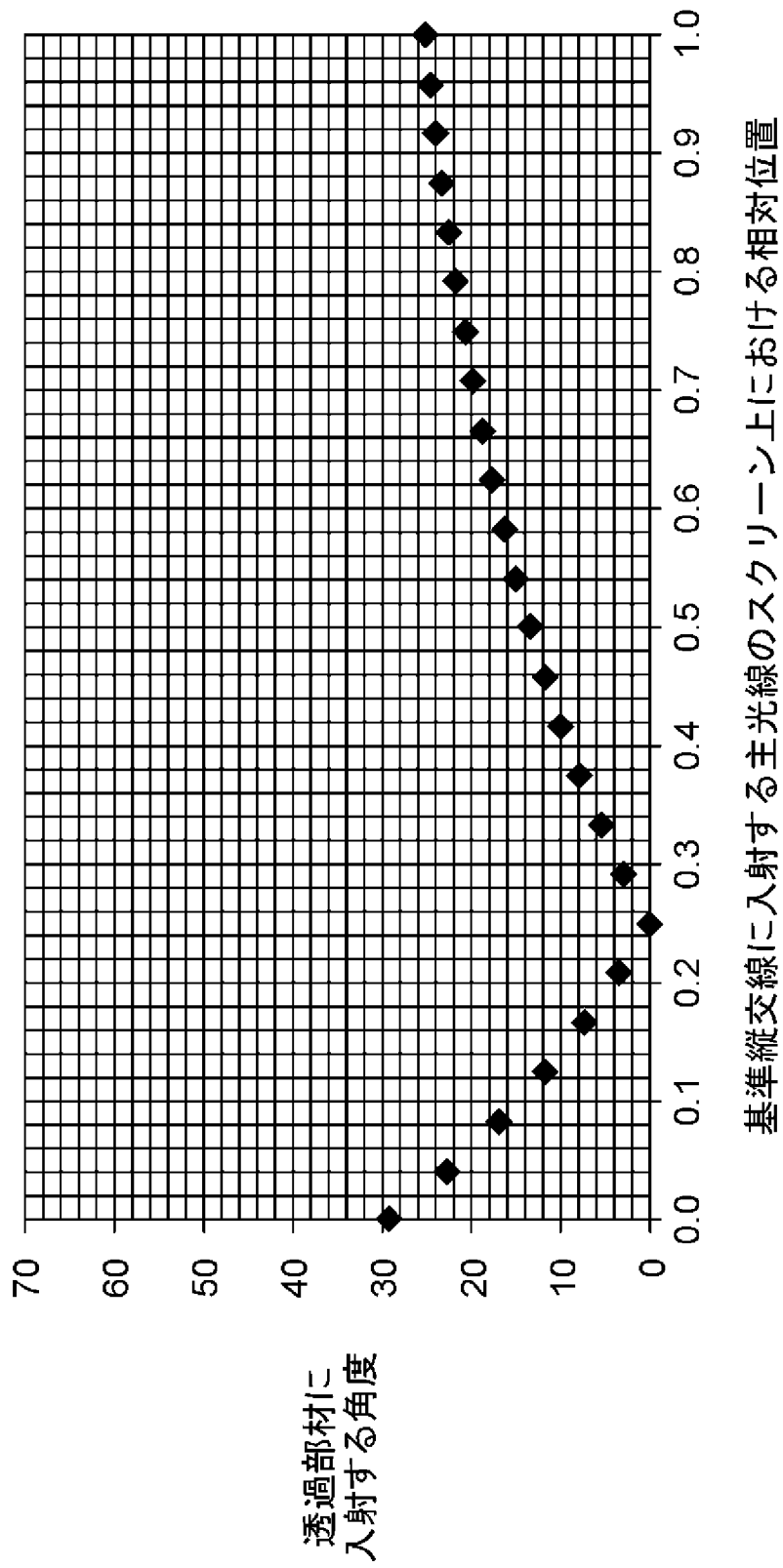
[図7]



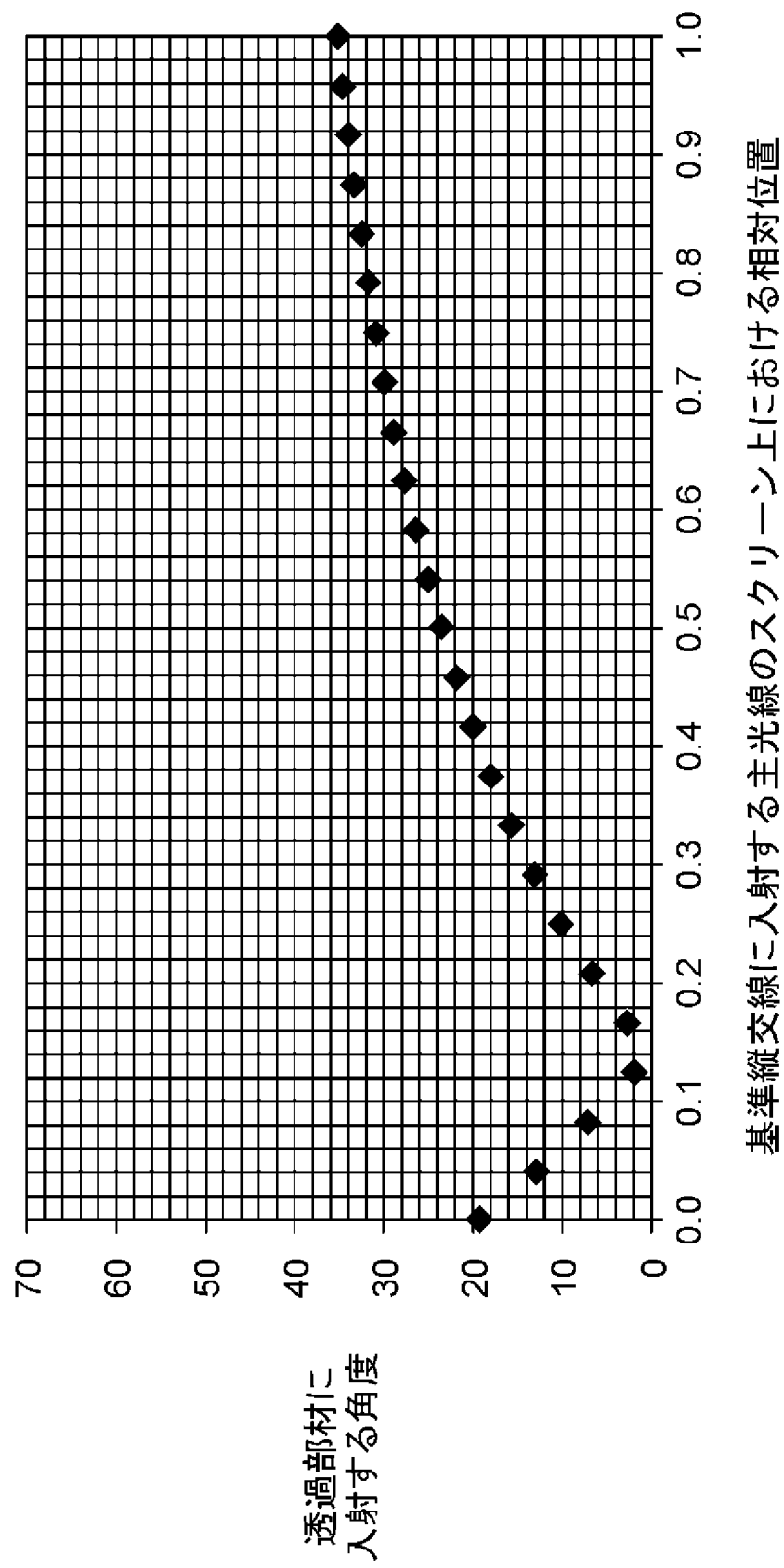
[図8]



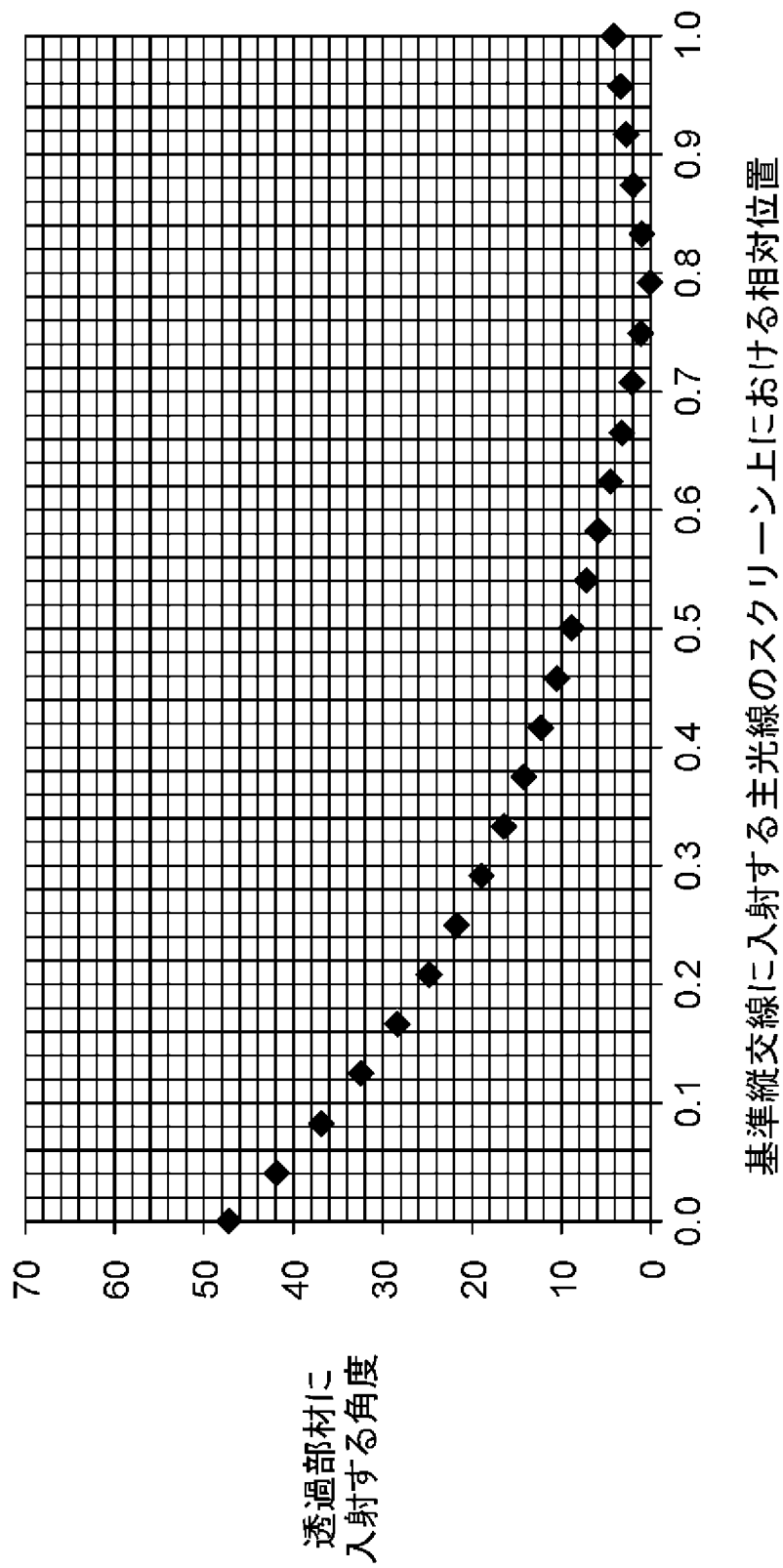
[図9]



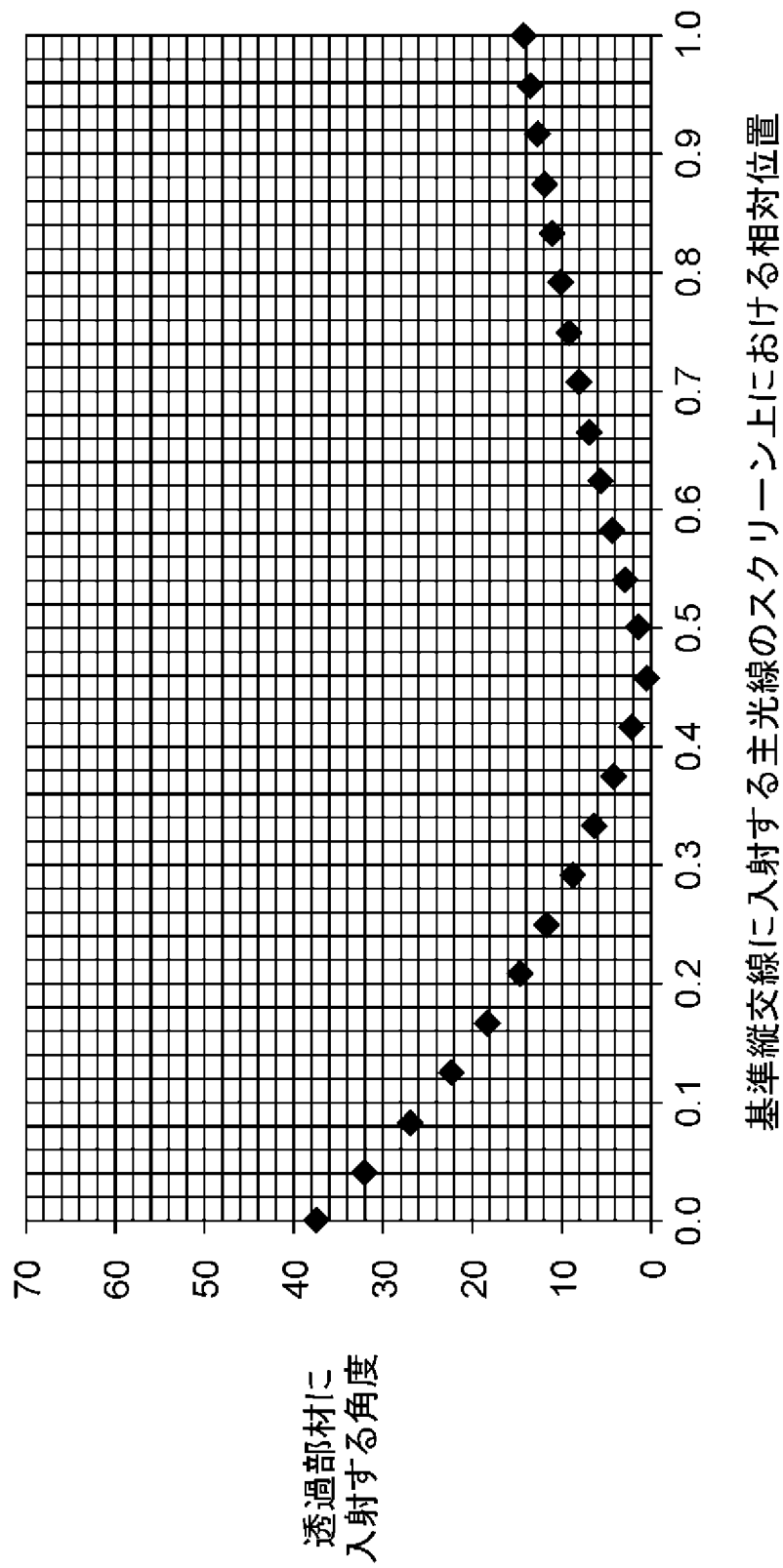
[図10]



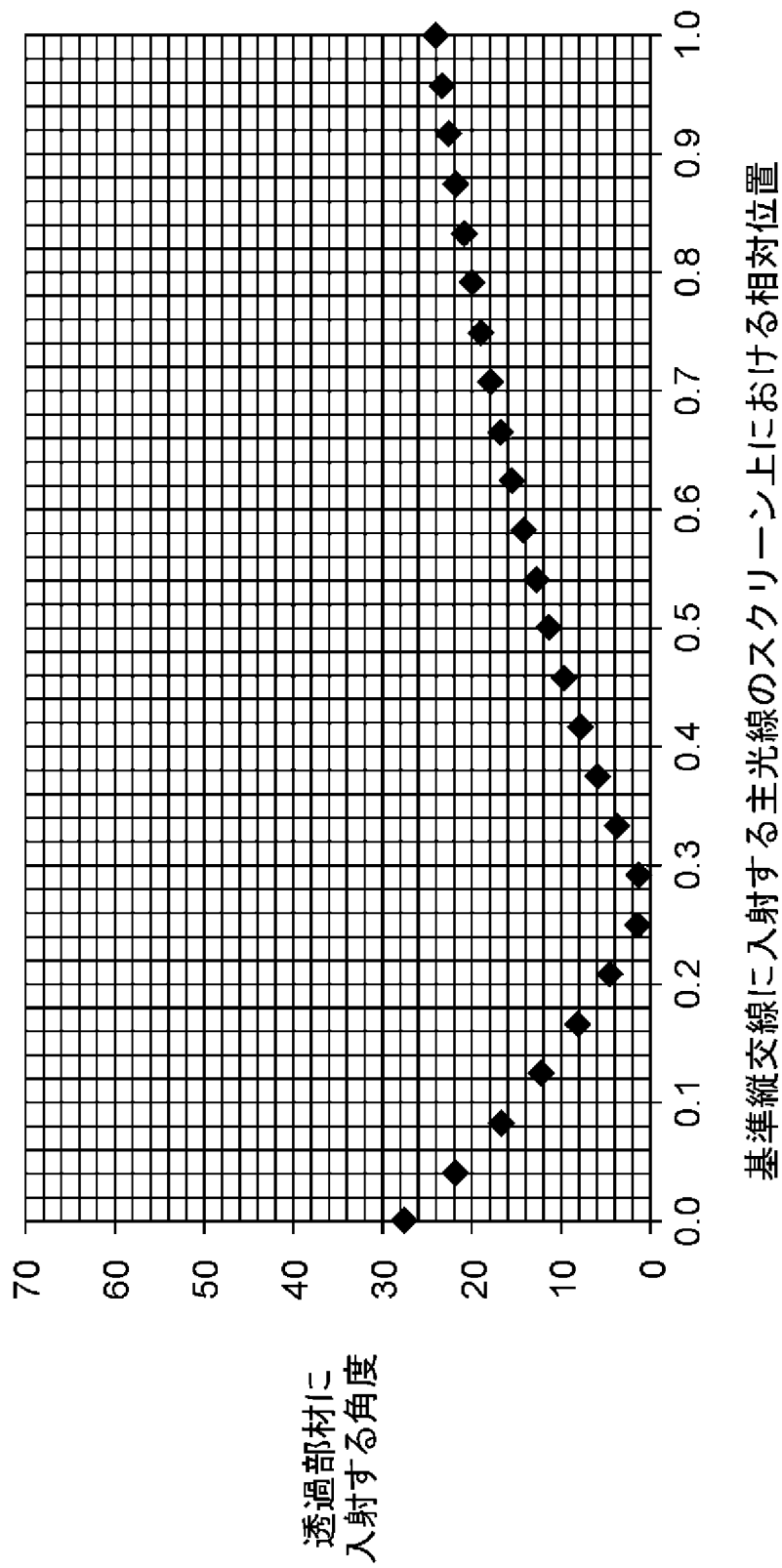
[図11]



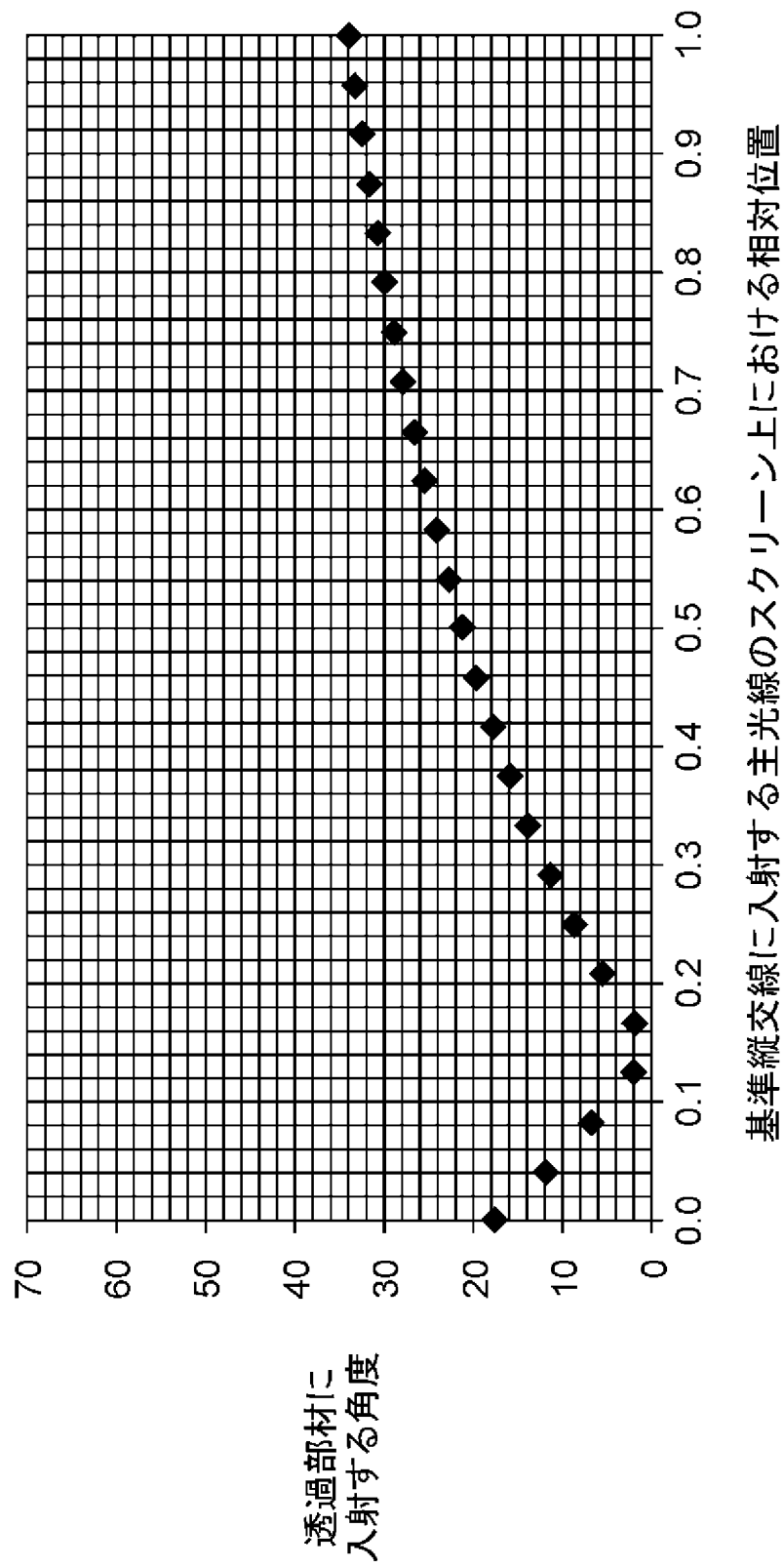
[図12]



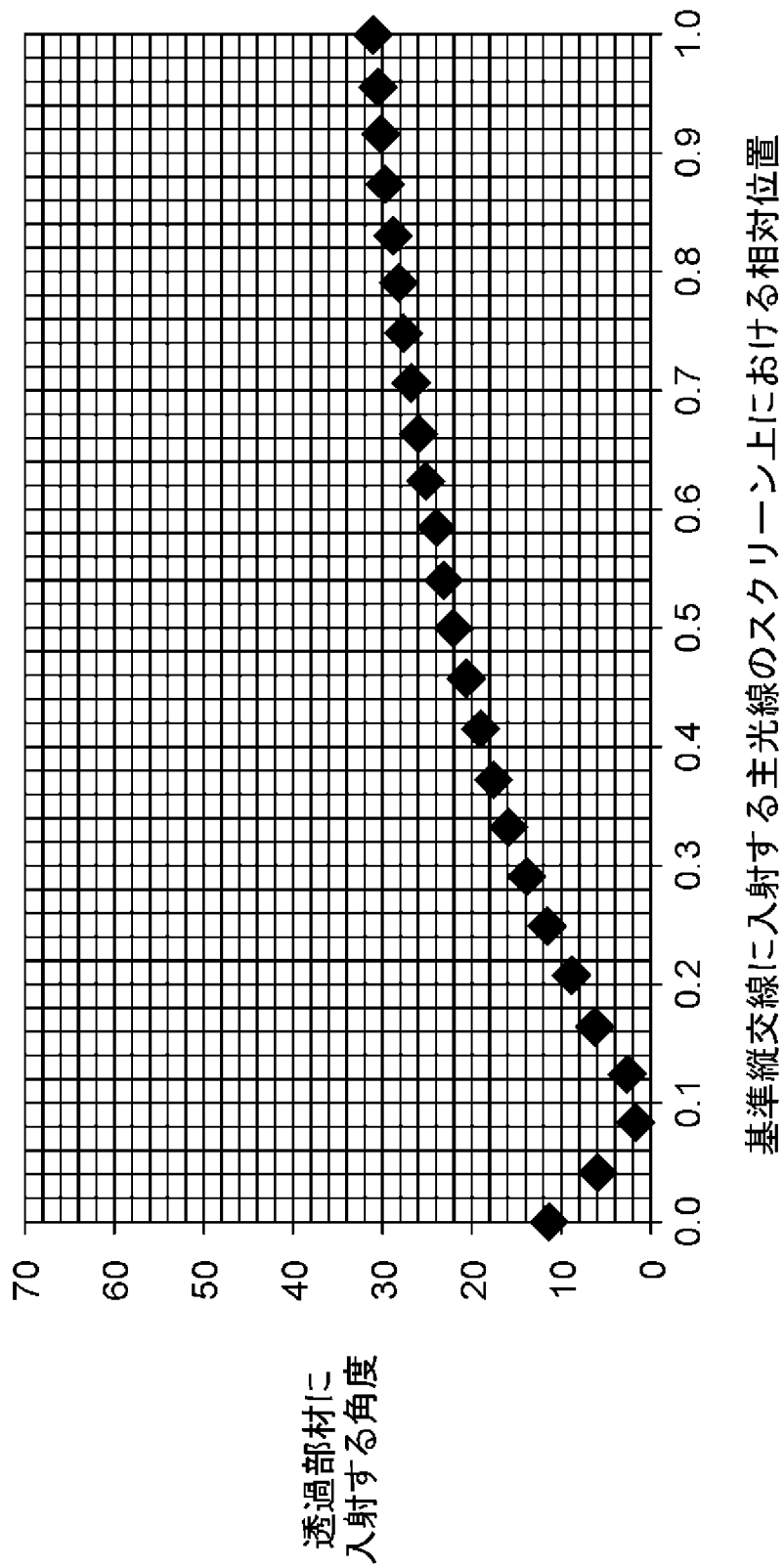
[図13]



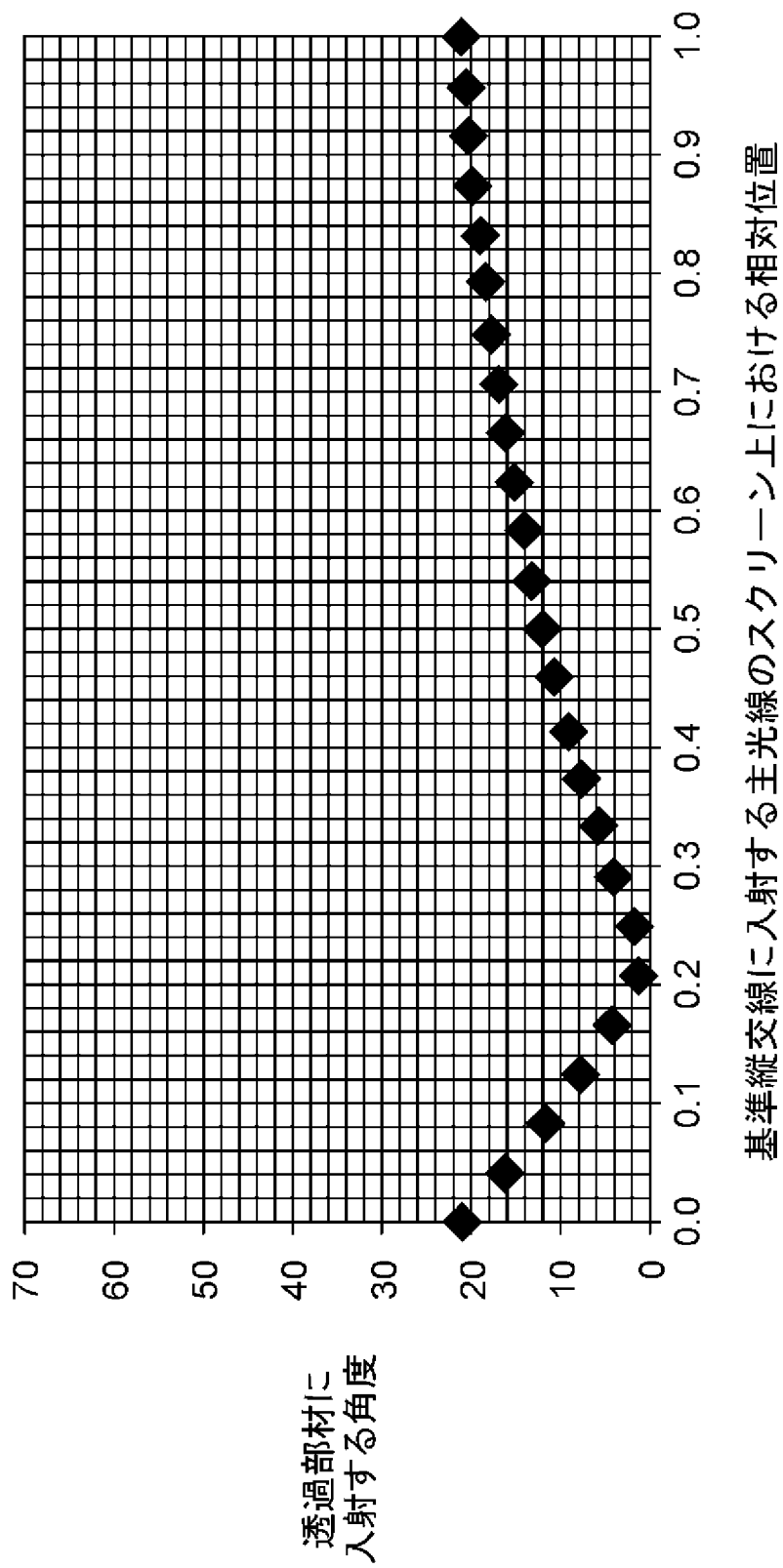
[図14]



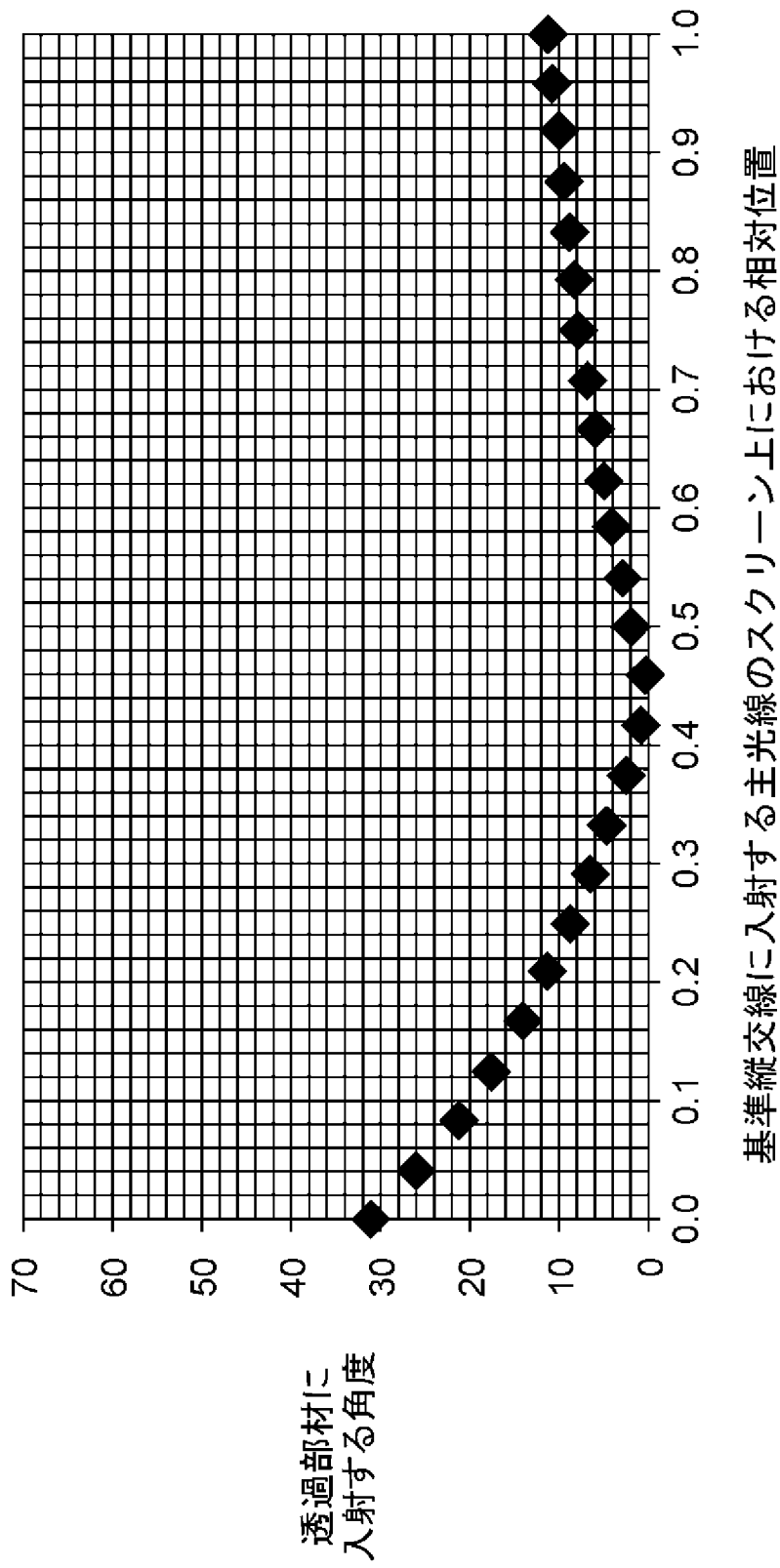
[図15]



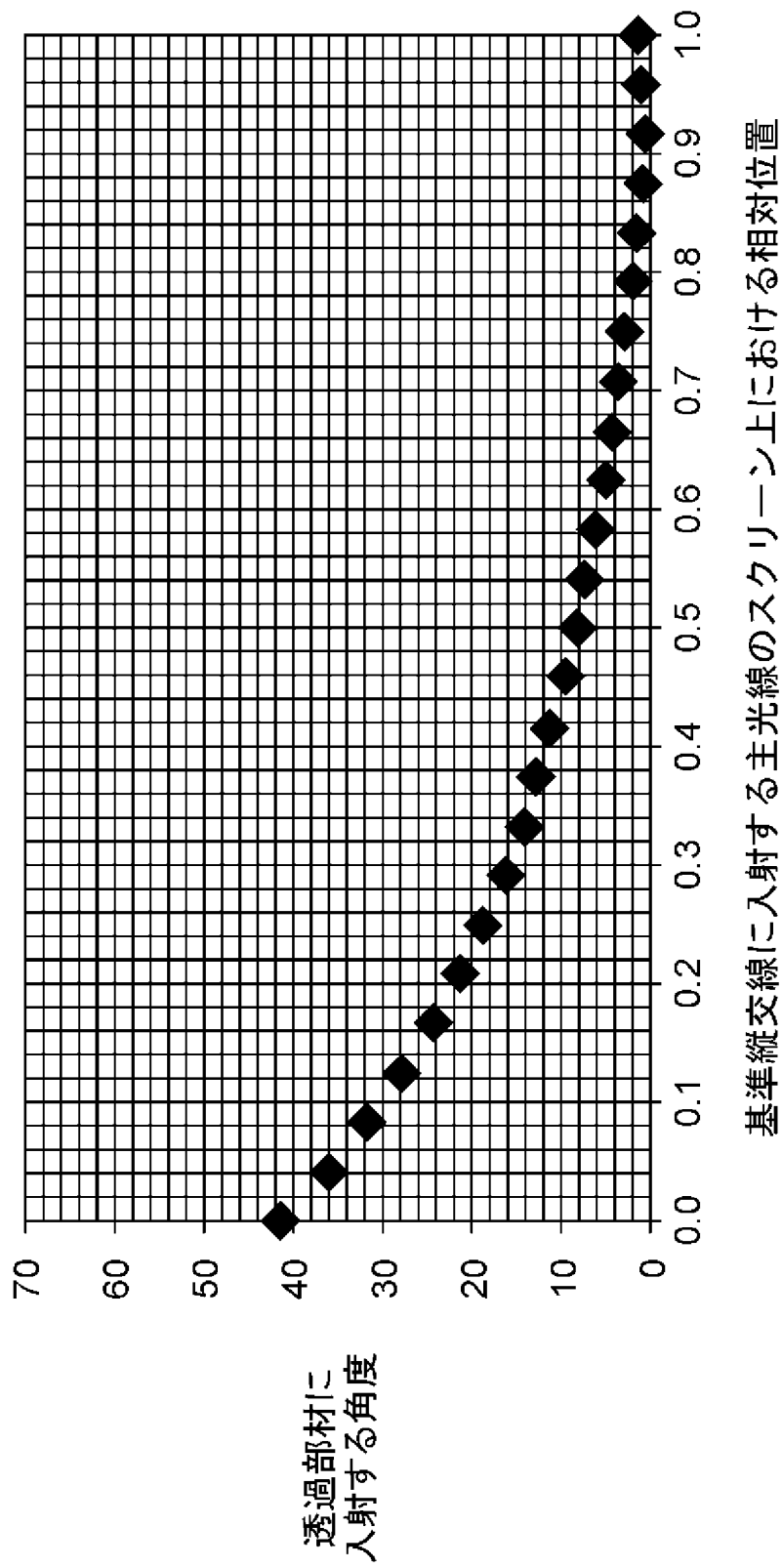
[図16]



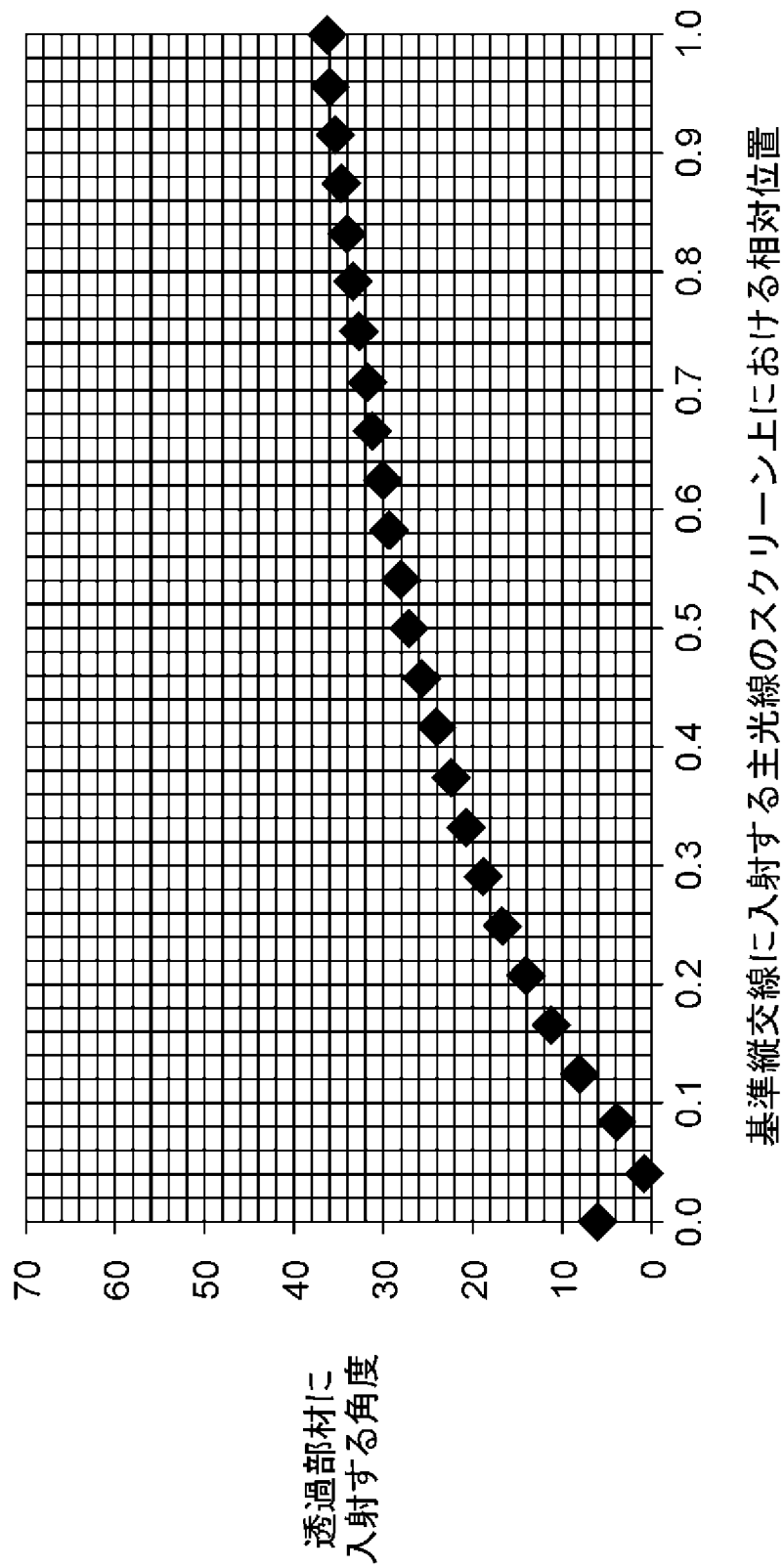
[図17]



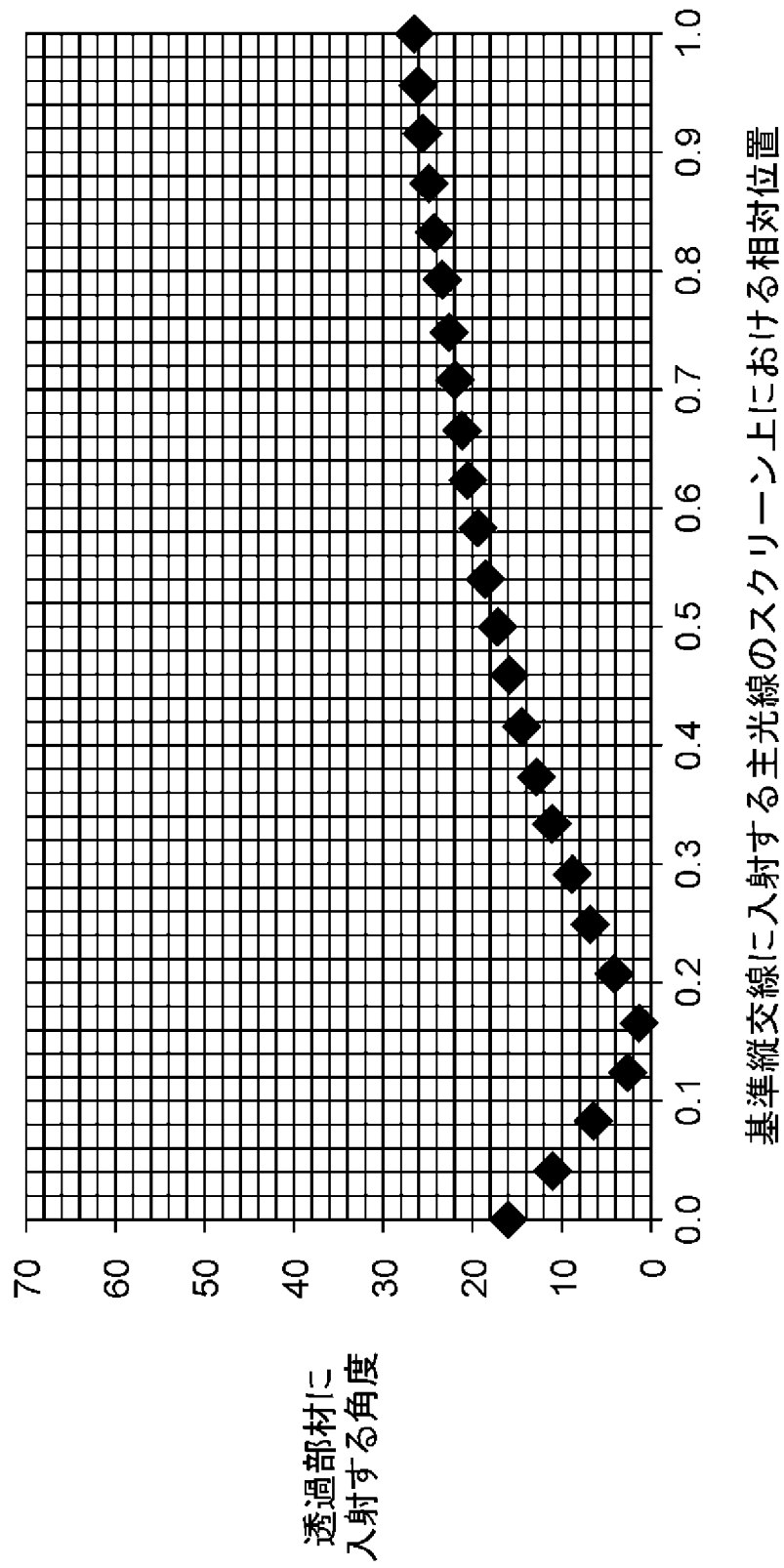
[図18]



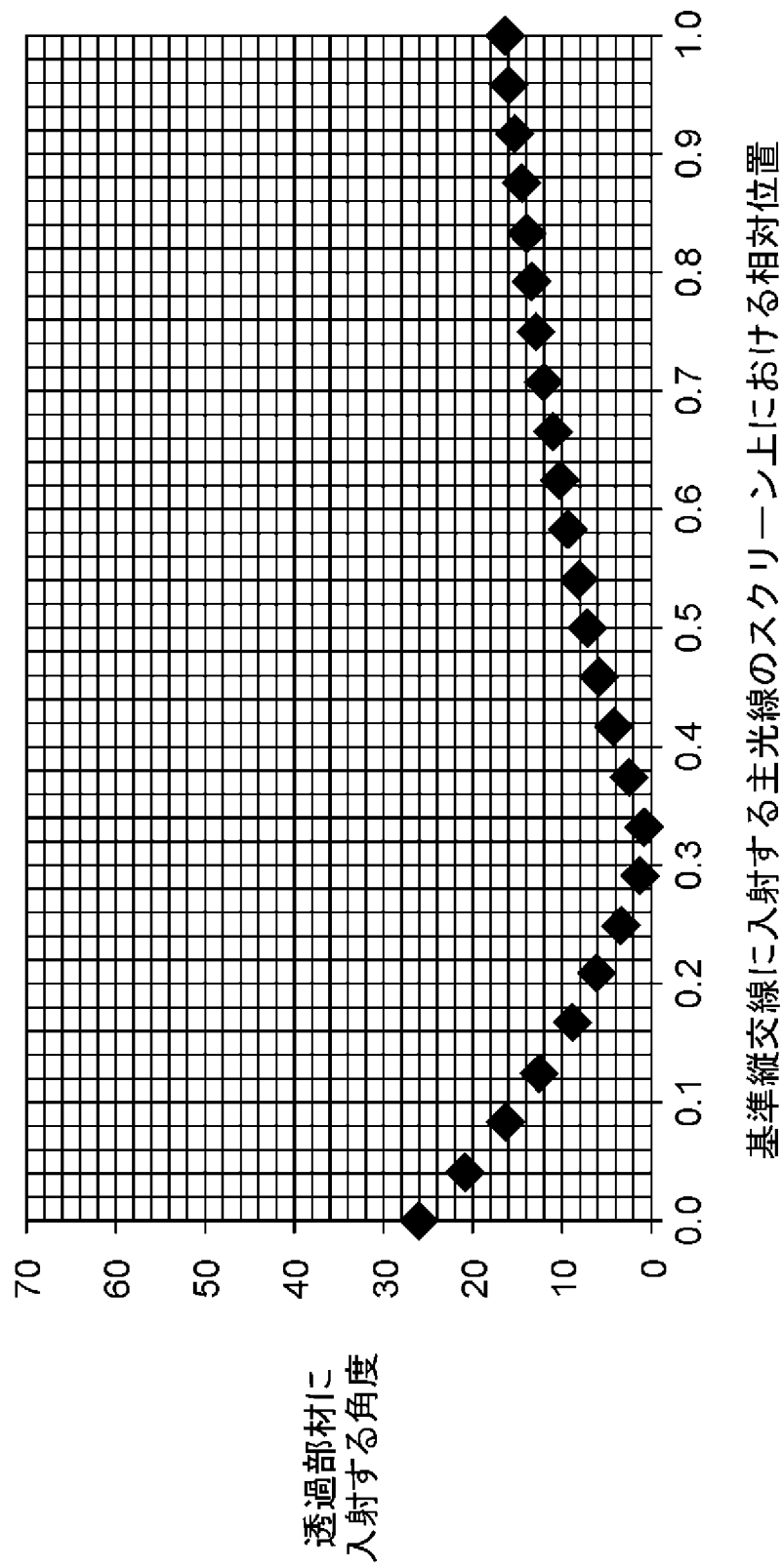
[図19]



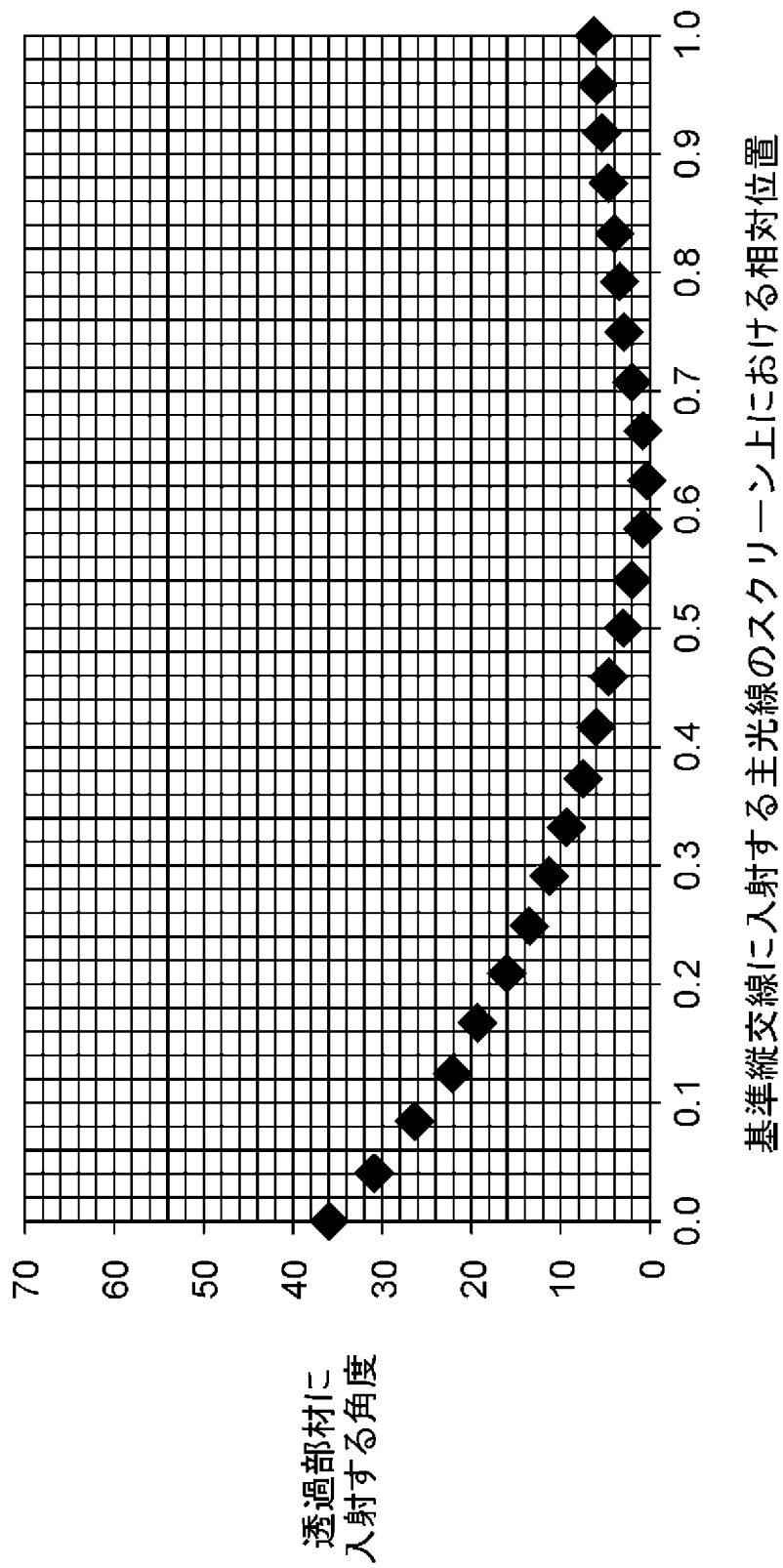
[図20]



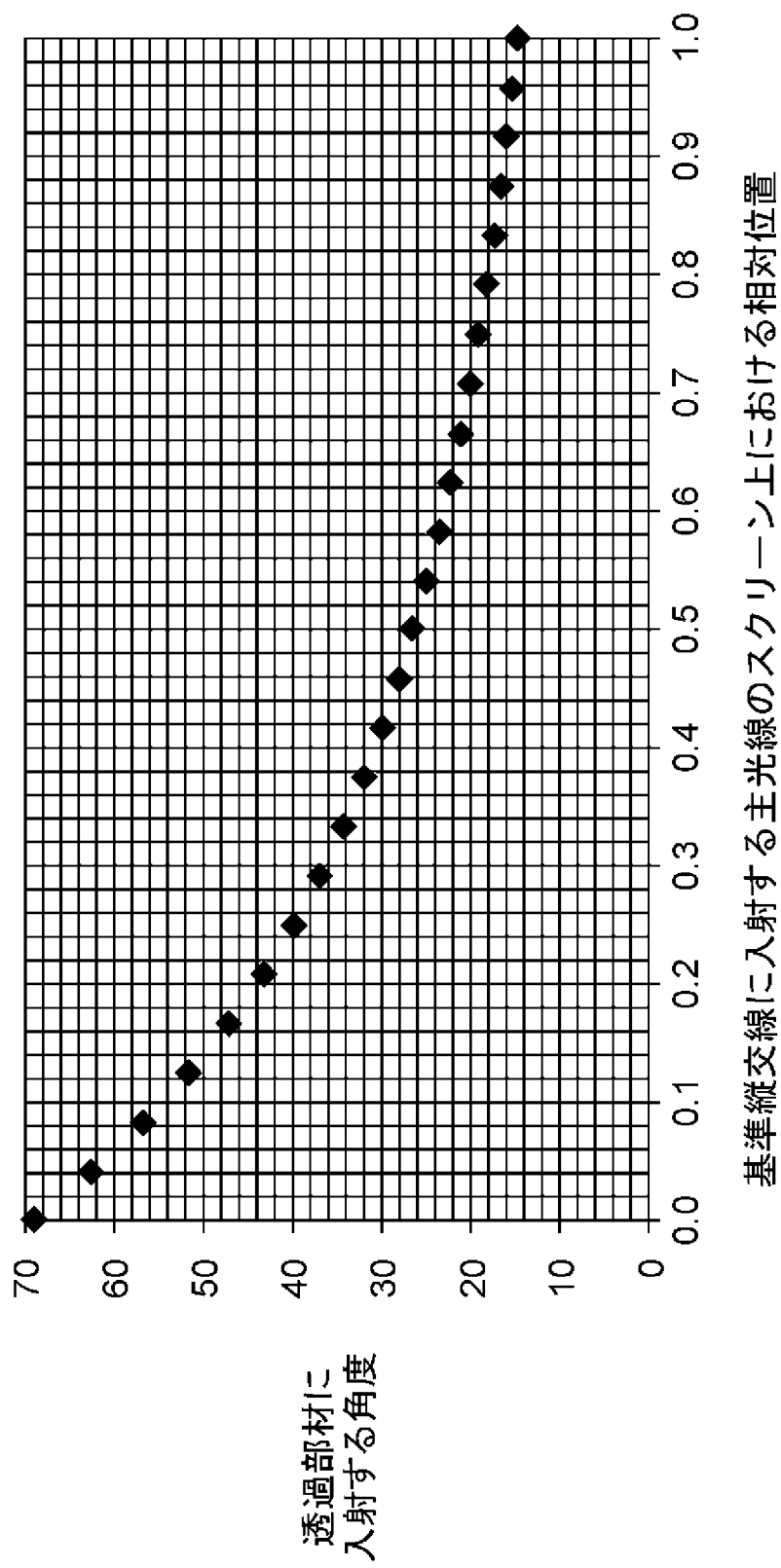
[図21]



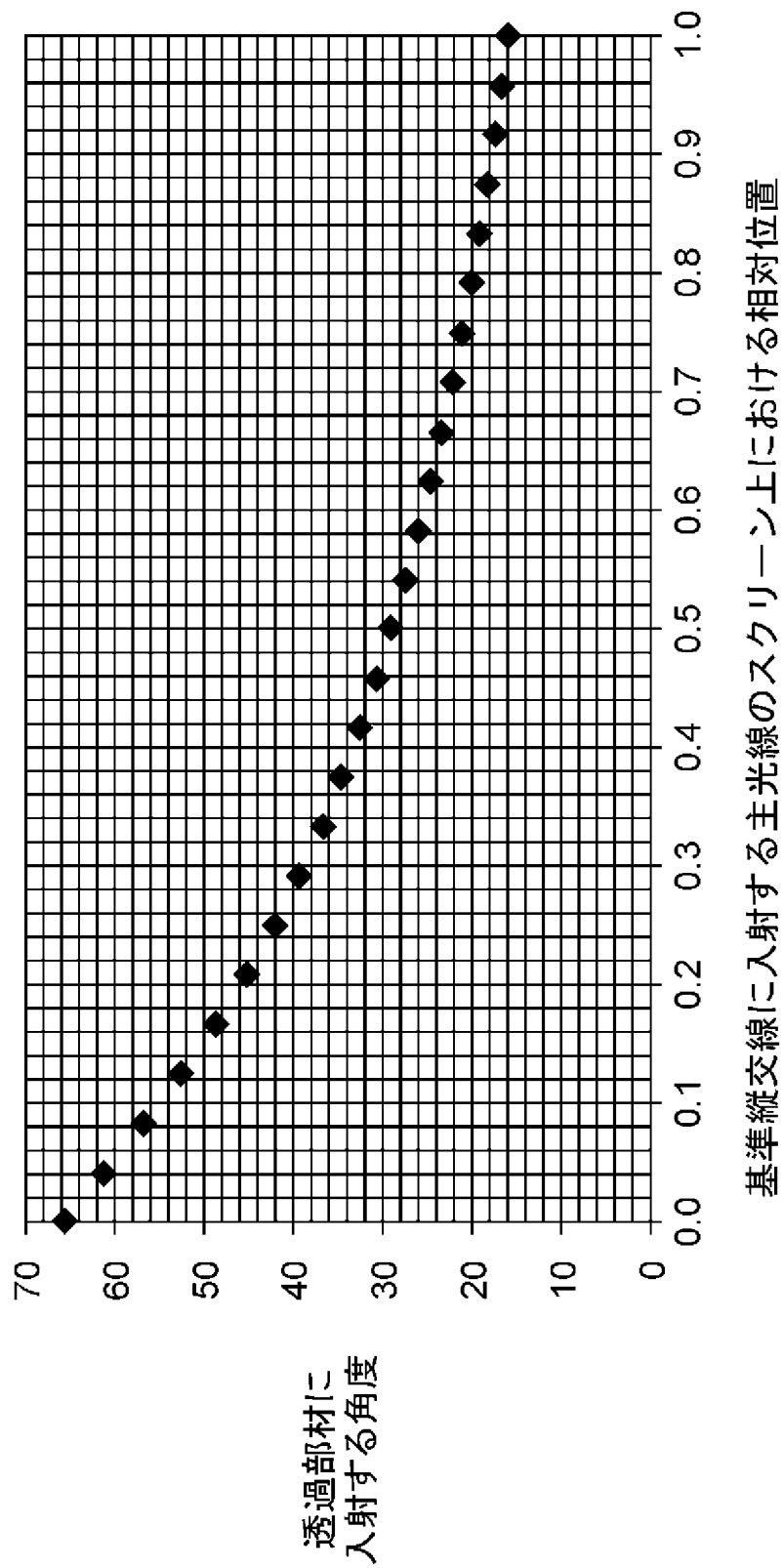
[図22]



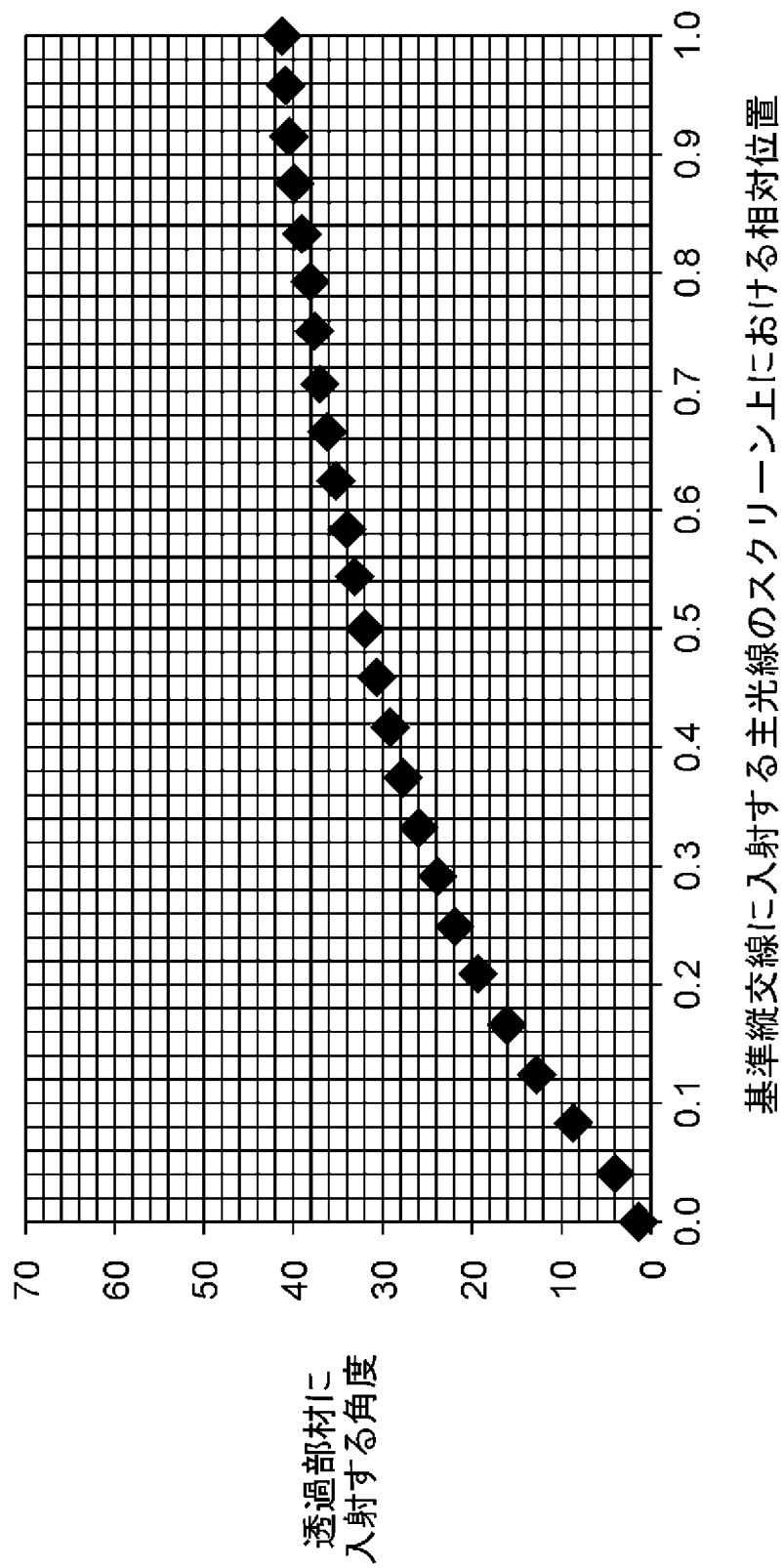
[図23]



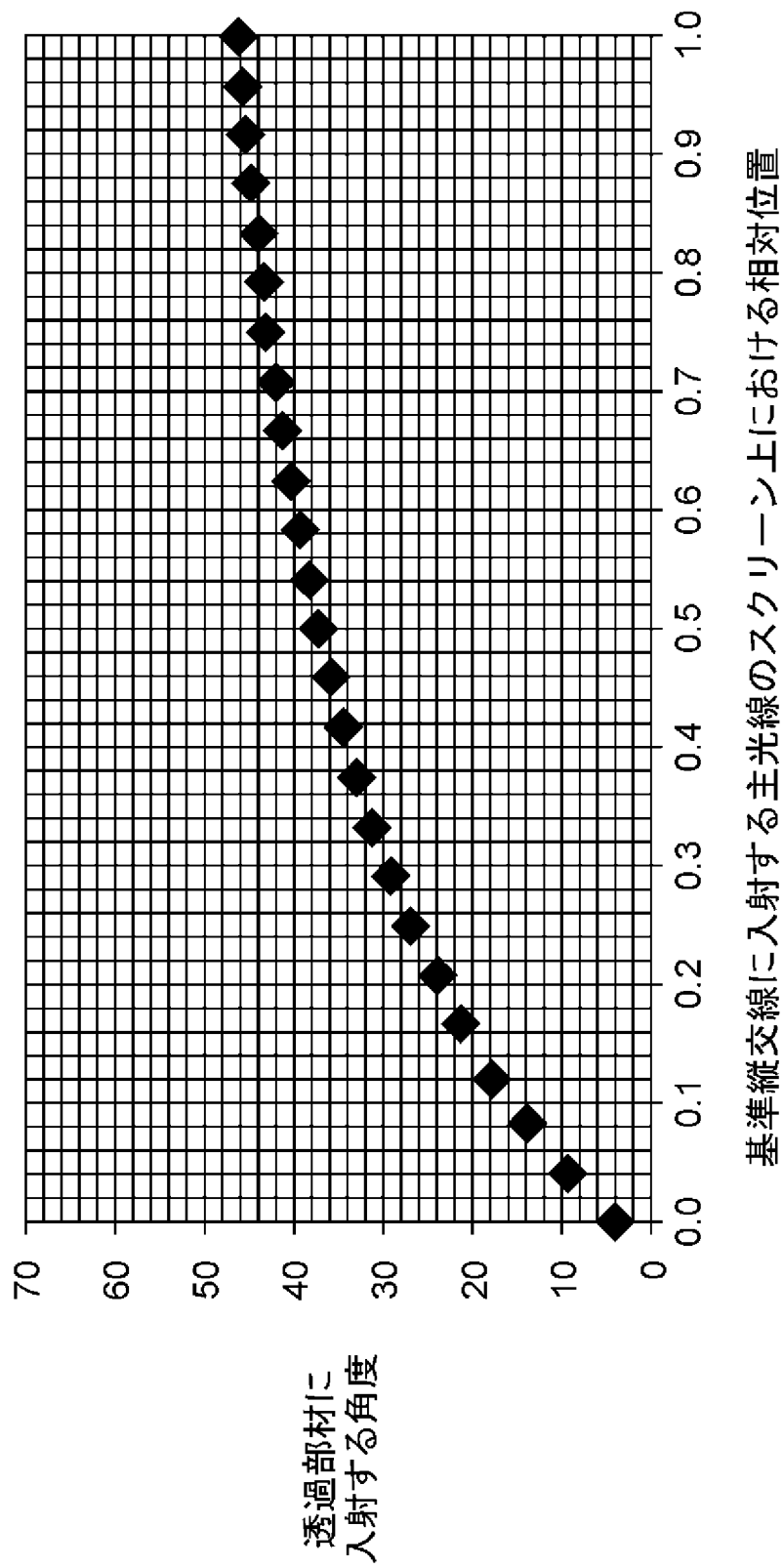
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/009130

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B17/08(2006.01)i, G02B13/16(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)

G02B17/08, G02B13/16, 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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	JP 2013-88727 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 13 May 2013 (13.05.2013), paragraphs [0023] to [0075]; fig. 1 to 10 & US 2013/0100418 A1 paragraphs [0023] to [0078]; fig. 1 to 10 & CN 103064240 A	1-5
A	JP 2010-152264 A (Seiko Epson Corp.), 08 July 2010 (08.07.2010), paragraphs [0019] to [0059]; fig. 1 to 5 & US 2010/0165308 A1 paragraphs [0065] to [0145]; fig. 15 to 19 & US 2013/0215400 A1 & CN 101770146 A	1-5

☐ 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
29 May 2017 (29.05.17)

Date of mailing of the international search report
06 June 2017 (06.06.17)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B17/08(2006.01)i, G02B13/16(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. G02B17/08, G02B13/16, 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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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	JP 2013-88727 A (三洋電機株式会社) 2013.05.13, [0023]-[0075]、 図 1-10 & US 2013/0100418 A1, [0023]-[0078], FIGS. 1-10 & CN 103064240 A	1-5
A	JP 2010-152264 A (セイコーエプソン株式会社) 2010.07.08, [0019]-[0059]、図 1-5 & US 2010/0165308 A1, [0065]-[0145], FIGS. 15-19 & US 2013/0215400 A1 & CN 101770146 A	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

29.05.2017

国際調査報告の発送日

06.06.2017

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)

瀬戸 息吹

2 V

5362

電話番号 03-3581-1101 内線 3271