

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6709906号
(P6709906)

(45) 発行日 令和2年6月17日 (2020.6.17)

(24) 登録日 令和2年5月28日 (2020.5.28)

(51) Int.Cl. F I
G O 2 B 27/01 (2006.01)
B 6 O K 35/00 (2006.01)

請求項の数 5 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2017-43903 (P2017-43903)
 (22) 出願日 平成29年3月8日 (2017.3.8)
 (65) 公開番号 特開2018-146882 (P2018-146882A)
 (43) 公開日 平成30年9月20日 (2018.9.20)
 審査請求日 令和1年10月29日 (2019.10.29)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 314012076
 パナソニック I P マネジメント株式会社
 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
 (74) 代理人 100106116
 弁理士 鎌田 健司
 (74) 代理人 100115554
 弁理士 野村 幸一
 (72) 発明者 葛原 聡
 大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
 ソニック株式会社内
 (72) 発明者 岡山 裕昭
 大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
 ソニック株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像投写装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透過性を有する反射部材に画像を投写して観察者に虚像を視認させる画像投写装置であって、

画像を表示する表示デバイスと、少なくとも1枚のレンズ素子を含むレンズ群を有し、前記表示デバイスに表示された前記画像を前記反射部材に投写する投写光学系と、を備え、

前記レンズ群は、前記表示デバイスとの距離を変化させるように光路の方向に移動する駆動レンズを有し、

前記駆動レンズは、前記表示デバイスとの距離を縮める方向に移動することにより、視距離を増大させ、

以下の条件 (1) を満足する：

$$1 < D / L \leq 5.84 \cdots (1)$$

ここで、

$$D : 1 / Z_1 - 1 / Z_2$$

Z₁ : 駆動レンズの移動前の虚像の視距離Z₂ : 駆動レンズの移動後の虚像の視距離

L : 駆動レンズの移動量

である。

【請求項 2】

10

20

前記レンズ群は、前記駆動レンズと前記表示デバイスとの間に移動しない固定レンズ群を備え、以下の条件(2)を満足する、請求項1に記載の画像投写装置：

$$\frac{0.39}{(1 - (1/F)^2) \times (1/R)^2} \geq 0.9 \quad \dots (2)$$

ここで、

F：駆動レンズの横倍率

R：駆動レンズから表示デバイスまでの間に配置される固定レンズ群の横倍率である。

【請求項3】

前記投写光学系は、前記レンズ群の出射光を前記反射部材に反射するミラーを有する、請求項1または2に記載の画像投写装置。

10

【請求項4】

前記駆動レンズを、前記駆動レンズと前記表示デバイスとの間隔を縮める方向に移動させる場合、以下の条件(3)を満足する請求項1から3のいずれか1項に記載の画像投写装置：

$$\frac{7.79}{L/M} \geq 8.27 \quad \dots (3)$$

ここで、

M：駆動レンズの移動前後における表示デバイスの表示領域における表示画像の移動量

である。

【請求項5】

20

前記駆動レンズを、前記駆動レンズと前記表示デバイスとの間隔を縮める方向に移動させる場合、以下の条件(4)を満足する請求項1から4のいずれか1項に記載の画像投写装置：

$$\frac{1.47}{N} \geq 1.59 \quad \dots (4)$$

ここで、

$$N : X1 / X2$$

X1：駆動レンズの移動前における表示デバイスの表示領域に表示する画像の横サイズ

X2：駆動レンズの移動後における表示デバイスの表示領域に表示する画像の横サイズ

30

である。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、透過性を有する反射部材に光を投射して虚像を提示する画像投写装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1は、コンバイナーが組み込まれた防風ガラスに表示像を投影する車両用表示装置を開示する。この車両用表示装置は、防風ガラスの下方に設置され、光源部とコリメーターであるレンズと透過型の表示体とを有する発光表示手段を備える。コンバイナーに向けて照射する光の方向に、車速に応じて発光表示手段を前後に動かして、表示する虚像の結像位置を変化させる。

40

【0003】

特許文献2は、部分透過ミラーに表示像を投影する表示装置を開示する。この表示装置は、像を形成する表示パネルと、中間像を形成するリレー光学系と、中間像を再度結像させる結像光学系と、を備える。リレー光学系により、中間像の位置を変化させて結像光学系により結像する像の表示位置を変化させる。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】実開平 6 - 8 7 0 4 3 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 8 - 1 8 0 7 5 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

本開示における画像投写装置は、透過性を有する反射部材に画像を投写して観察者に虚像を視認させる画像投写装置である。画像投写装置は、表示デバイスと、投写光学系と、を備える。表示デバイスは、画像を表示する。投写光学系は、少なくとも 1 枚のレンズ素子を含むレンズ群を有し、表示デバイスに表示された画像を反射部材に投写する。レンズ群は、表示デバイスとの距離を変化させるように光路の方向に移動する駆動レンズを有する。駆動レンズは、表示デバイスとの距離を縮める方向に移動することにより、視距離を増大させる。ここで、画像投写装置は、駆動レンズの移動前の虚像の視距離を Z_1 、駆動レンズの移動後の虚像の視距離を Z_2 、駆動レンズの移動量を L 、 $1/Z_1 - 1/Z_2$ を D としたとき、 $1 < D/L$ の関係を満足する。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本開示における画像投写装置は、透過性を有する反射部材に画像を投写して観察者に虚像を視認させる画像投写装置である。画像投写装置は、表示デバイスと、投写光学系と、を備える。表示デバイスは、画像を表示する。投写光学系は、少なくとも 1 枚のレンズ素子を含むレンズ群を有し、表示デバイスに表示された画像を反射部材に投写する。レンズ群は、表示デバイスとの距離を変化させるように光路の方向に移動する駆動レンズを有する。ここで、画像投写装置は、駆動レンズの移動前の虚像の視距離を Z_1 、駆動レンズの移動後の虚像の視距離を Z_2 、駆動レンズの移動量を L 、 $1/Z_1 - 1/Z_2$ を D としたとき、 $1 < D/L$ の関係を満足する。

20

【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

本開示における画像投写装置は、虚像の位置を調整することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

30

【図 1】図 1 は、実施の形態 1 におけるヘッドアップディスプレイを搭載した車両を説明するための模式図である。

【図 2】図 2 は、実施の形態 1 におけるヘッドアップディスプレイの構成を示す模式図である。

【図 3】図 3 は、実施の形態 1 におけるヘッドアップディスプレイの構成を示すブロック図である。

【図 4】図 4 は、実施の形態 1 におけるヘッドアップディスプレイの構成を示す模式図である。

【図 5】図 5 は、実施の形態 1 における投射光学系の構成を示す模式図である。

【図 6】図 6 は、実施の形態 1 における投射光学系の構成を示す図である。

40

【図 7】図 7 は、実施の形態 1 のヘッドアップディスプレイに入射する外光の光路を示す模式図である。

【図 8 A】図 8 A は、本開示のヘッドアップディスプレイにおける駆動レンズの移動前の表示画像の光路を示す図である。

【図 8 B】図 8 B は、本開示のヘッドアップディスプレイにおける駆動レンズの移動後の表示画像の光路の様子を示す図である。

【図 9 A】図 9 A は、本開示のヘッドアップディスプレイにおいて表示画像の電子的補正をしない場合における、駆動レンズの移動前後の虚像の様子を示す図である。

【図 9 B】図 9 B は、本開示のヘッドアップディスプレイにおいて、駆動レンズの移動前後に対応する表示画像の電子的補正の様子を示す図である。

50

【図１０Ａ】図１０Ａは、本開示のヘッドアップディスプレイにおいて、駆動レンズの移動前の表示画像の光路を示す図である。

【図１０Ｂ】図１０Ｂは、本開示のヘッドアップディスプレイにおいて、駆動レンズの移動後の表示画像の光路を示す図である。

【図１１Ａ】図１１Ａは、本開示のヘッドアップディスプレイにおいて表示画像の電子的補正をしない場合における、駆動レンズの移動前後の虚像の様子を示す図である。

【図１１Ｂ】図１１Ｂは、本開示のヘッドアップディスプレイにおいて、駆動レンズの移動前後に対応する表示画像の電子的補正の様子を示す図である。

【図１２】図１２は、実施の形態２におけるヘッドアップディスプレイの構成を示す模式図である。

10

【図１３】実施例１（実施の形態１に対応）の光学系の虚像Ⅰが最短の視距離における各面の偏心データを示す図

【図１４】実施例１（実施の形態１に対応）の光学系の虚像Ⅰが最長の視距離における各面の偏心データを示す図

【図１５】実施例１（実施の形態１に対応）の光学系における各面の曲率半径を示す図

【図１６】実施例１（実施の形態１に対応）の光学系における自由曲面の形状のデータを示す図

【図１７】実施例１（実施の形態１に対応）の光学系における自由曲面の形状のデータを示す図

【図１８】実施例１（実施の形態１に対応）の光学系における自由曲面の形状のデータを示す図

20

【図１９】実施例２（実施の形態２に対応）の光学系の虚像Ⅰが最短の視距離における各面の偏心データを示す図

【図２０】実施例２（実施の形態２に対応）の光学系の虚像Ⅰが最長の視距離における各面の偏心データを示す図

【図２１】実施例２（実施の形態２に対応）の光学系における各面の曲率半径を示す図

【図２２】実施例２（実施の形態２に対応）の光学系における自由曲面の形状のデータを示す図

【図２３】実施例２（実施の形態２に対応）の光学系における自由曲面の形状のデータを示す図

30

【図２４】実施例２（実施の形態２に対応）の光学系における自由曲面の形状のデータを示す図

【発明を実施するための形態】

【０００９】

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。

【００１０】

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。

40

【００１１】

（実施の形態１）

以下、図１～７を用いて、実施の形態１を説明する。

【００１２】

[１－１．構成]

[１－１－１．ヘッドアップディスプレイの全体構成]

本開示のヘッドアップディスプレイ１００（画像投写装置の一例）の具体的な実施の形態及び実施例を、図面を参照して、以下、説明する。

50

【 0 0 1 3 】

図 1 は、本開示に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 を搭載した車両 2 0 0 の断面を概略的に示す図である。図 1 に示すように、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、車両 2 0 0 のウインドシールド 2 2 0 下部のダッシュボード 2 1 0 内部に配置される。観察者 D は、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 から投射され、ウインドシールド 2 2 0 で反射される画像を虚像 I として認識する。また、車両 2 0 0 は観察者 D の視点を検出するためのカメラ 1 7 0 を備えている。

【 0 0 1 4 】

図 2 は、本実施の形態に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 の構成を示す模式図である。

10

【 0 0 1 5 】

図 2 に示すように、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、表示デバイス 1 1 0 と、投射光学系 1 2 0 と、レンズ駆動部 1 3 0 と、ミラー駆動部 1 4 0 と、制御部 1 5 0 とを備える。ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、表示デバイス 1 1 0 が表示する画像をダッシュボード 2 1 0 の開口部 2 1 1 を通過してウインドシールド 2 2 0 に投射する。投射された光は、ウインドシールド 2 2 0 において反射され、観察者 D の視点領域 3 0 0 に導かれる。これにより、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、観察者 D に虚像 I を視認させる。

【 0 0 1 6 】

ここで、本開示において、前方とは、観察者 D から見て車両 2 0 0 のウインドシールドのある方向である。後方とは、前方の反対の方向である。また、下方とは車両 2 0 0 が走行する地面の方向である。上方とは、下方の反対の方向である。外側とは、車両 2 0 0 が左ハンドルである場合、観察者 D から見て左側である。このとき、内側とは観察者から見て右側である。また、視点領域 3 0 0 は、観察者 D が虚像 I を欠けることなく視認できる領域である。

20

【 0 0 1 7 】

また、図 2 に示すように、表示デバイス 1 1 0 における画像の中心から観察者 D の視点までの光路を基準光線 L_c とする。すなわち、観察者 D から見た場合、基準光線 L_c は、虚像 I の中心から観察者 D の視点までの光路に相当する。また、虚像 I の車両外側端に相当する、表示デバイス 1 1 0 上の表示位置を基準外側画像端とする。虚像 I の車両内側端に相当する、表示デバイス 1 1 0 上の表示位置を基準内側画像端とする。そして、表示デバイス 1 1 0 の基準外側画像端から観察者 D の視点までの光路を基準外側光線 L_o とする。すなわち、虚像 I の車両外側端に相当する光の光路が基準外側光線 L_o である。同様に、表示デバイス 1 1 0 の基準内側画像端から観察者 D の視点までの光路を基準内側光線 L_i とする。ただし、観察者 D の視点は、視点領域 3 0 0 の中心にあるものとする。

30

【 0 0 1 8 】

表示デバイス 1 1 0 は、後述する CPU 等の制御部 1 5 0 による制御に基づき、画像を表示する。表示デバイス 1 1 0 には、例えば、バックライト付きの液晶表示装置 (Liquid Crystal Display) や有機発光ダイオード (エレクトロルミネセンス)、プラズマディスプレイなどを用いることができる。また、表示デバイス 1 1 0 として、DMD (Digital Micromirror Device) や、光を拡散または反射するスクリーンと走査型レーザを用いて画像を生成してもよい。表示デバイス 1 1 0 は、制御部 1 5 0 の制御に基づき、道路進行案内表示や、前方車両までの距離、車のバッテリー残量、現在の車速など、各種の情報を表示することができる。また、表示デバイス 1 1 0 は、投射光学系 1 2 0 やウインドシールド 2 2 0 で発生する歪みや、カメラ 1 7 0 で取得する観察者 D の位置に応じて、あらかじめ画像を電子的に歪ませたり、表示デバイス 1 1 0 の表示可能領域における画像の表示位置を動かしたりして、観察者 D に良好な虚像 I を視認させることができる。また、表示デバイス 1 1 0 は、投射光学系 1 2 0 等で発生する色収差に応じて、あらかじめ複数波長の表示画素を表示位置毎にずらして表示することで、観察者 D に良好な虚像 I を視認させることができる。

40

【 0 0 1 9 】

50

投射光学系 120 は、1 枚以上のレンズ素子で構成されるレンズ群 121 と、凹面形状の反射面を有するミラー 122 とを備える。また、ミラー 122 は、正のパワーを有する。投射光学系 120 は、表示デバイス 110 が表示した画像をウインドシールド 220 に投射する。具体的には、表示デバイス 110 が表示した画像光は、レンズ群 121 を通じてミラー 122 に入射する。ミラー 122 は、画像光を反射し、ウインドシールド 220 に投射する。

【0020】

レンズ駆動部 130 は、モータなどのアクチュエータとレンズ素子を保持する支持枠を含み構成される。レンズ駆動部 130 は、レンズ群 121 を構成するレンズ素子の一部、または全部を表示デバイス 110 との間隔が変化するように光路の方向に駆動し、観察者 D が視認する虚像 I の距離を移動することができる。

【0021】

ミラー駆動部 140 は、モータなどのアクチュエータとミラー支持部材とを含み構成される。ミラー駆動部 140 は、観察者 D の目の位置に応じて、ミラー 122 を 2 軸の方向に回転し、視点領域 300 を移動する。

【0022】

制御部 150 は、ヘッドアップディスプレイ 100 を制御する電子制御ユニットである。

【0023】

図 3 は、本実施の形態に係るヘッドアップディスプレイ 100 の電氣的な接続関係を示すブロック図である。図 3 に示すように、制御部 150 は、表示デバイス 110、レンズ駆動部 130、ミラー駆動部 140、カメラ 170、CAN (Controller Area Network) バス 180 に接続されている。

【0024】

制御部 150 は、カメラ 170 が検出した観察者 D の目の位置から、視点領域 300 を決定することができる。

【0025】

CAN バス 180 は、車両 200 の速度や加速度、ステアリングの操舵角度、車両 200 の故障状況などの情報の転送に用いられる、データ転送用のバスである。制御部 150 は、CAN バス 180 を通じて、車両 200 の各種情報を取得する。

【0026】

また、詳細は後述するが、制御部 150 は、レンズ駆動部 130 の駆動に応じて、表示デバイス 110 の表示する画像のサイズや、表示デバイス 110 の表示領域内における画像の表示位置を変えたり、ミラー駆動部 140 を駆動してミラー 122 の角度を変えたりしても良い。

【0027】

[1 - 1 - 2 . 投射光学系の構成]

以下、図 4 ~ 7 を用いて、投射光学系 120 の構成について説明する。

【0028】

図 4 は、本実施の形態に係るヘッドアップディスプレイ 100 の投射光学系 120 の構成を説明するための模式図である。

【0029】

レンズ群 121 は、図 4 に示すように、表示デバイス 110 よりも車両 200 の前方方向に位置する。レンズ群 121 は、表示デバイス 110 からミラー 122 までの光路の順に、集光作用を有する固定レンズ 121 B と、発散作用を有する駆動レンズ 121 A と、を有する。駆動レンズ 121 A は、その屈折面の X 軸方向と Y 軸方向とで曲率の異なる自由曲面レンズである。また、固定レンズ 121 B は、その屈折面の X 軸方向と Y 軸方向とで曲率の異なる自由曲面レンズである。

【0030】

図 5 は、本実施の形態に係る投射光学系 120 の Y 軸方向の構成を説明するための模式

10

20

30

40

50

図である。図 6 は、本実施の形態に係る投射光学系 1 2 0 の X 軸方向の構成を説明するための模式図である。

【 0 0 3 1 】

ここで、図 5 に示すように、基準光線 L c と駆動レンズ 1 2 1 A の入射面との交点を原点 O とする。原点 O における駆動レンズ 1 2 1 A の入射面の接平面を接平面 P とする。基準外側光線 L o と接平面 P との交点と、原点 O とを含む直線を X 軸とする。接平面 P 上において、X 軸と垂直な直線を Y 軸とする。また、図 5 に示すように、基準光線 L c と固定レンズ 1 2 1 B の入射面との交点を原点 Q とする。原点 Q における固定レンズ 1 2 1 B の入射面の接平面を接平面 R とする。基準外側光線 L o と接平面 R との交点と、原点 Q とを含む直線を X 軸とする。接平面 R 上において、X 軸と垂直な直線を Y 軸とする。なお、図 5 では車両内外方向と X 軸方向が一致しているが、それに限定されるものではない。駆動レンズ 1 2 1 A および固定レンズ 1 2 1 B は、図 5 に示すように基準光線 L c に対して下方に傾けて配置されている。

10

【 0 0 3 2 】

まず、実施の形態 1 の駆動レンズ 1 2 1 A について説明する。図 5 に示すように、駆動レンズ 1 2 1 A の表示デバイス 1 1 0 側の面（入射面）は、その Y 軸方向が屈折力を有さない形状で構成される。ただし、駆動レンズ 1 2 1 A の入射面は、X 軸方向の曲率よりも小さい形状であれば、凹面形状、凸面形状、または、平面形状のいずれでもよい。駆動レンズ 1 2 1 A のミラー 1 2 2 側の面（出射面）は、その Y 軸方向が凹面形状で構成される。すなわち、駆動レンズ 1 2 1 A は、その Y 軸方向に発散作用を有していればよい。

20

【 0 0 3 3 】

また、図 6 に示すように、駆動レンズ 1 2 1 A の表示デバイス 1 1 0 側の面（入射面）は、その X 軸方向が表示デバイス 1 1 0 側に凹な凹面形状で構成される。他方、駆動レンズ 1 2 1 A の出射面は、その X 軸方向がミラー 1 2 2 側に凸な凸面形状で構成される。ただし、駆動レンズ 1 2 1 A は、その X 軸方向に発散作用を有していればよく、出射面の X 軸方向がミラー 1 2 2 側に凹な凹面形状を有しても良い。

【 0 0 3 4 】

なお、レンズ群 1 2 1 において、X 軸方向の曲率とは、X 軸を含み Y 軸方向に垂直な平面における断面形状の曲率のことである。Y 軸方向の曲率とは、Y 軸を含み X 軸方向に垂直な平面における断面形状の曲率のことである。

30

【 0 0 3 5 】

次に、固定レンズ 1 2 1 B について説明する。図 5 に示すように、固定レンズ 1 2 1 B の表示デバイス 1 1 0 側の面（入射面）は、その Y 軸方向が表示デバイス 1 1 0 側に凸な凸面形状で構成される。他方、固定レンズ 1 2 1 B のミラー 1 2 2 側の面（出射面）は、Y 軸方向の曲率が X 軸方向よりも小さい曲率で構成される。

【 0 0 3 6 】

また、図 6 に示すように、固定レンズ 1 2 1 B の入射面は、X 軸方向が表示デバイス 1 1 0 側に凹な凹面形状で構成される。他方、固定レンズ 1 2 1 B の出射面は、X 軸方向がミラー 1 2 2 側に凸な凸面形状で構成される。

【 0 0 3 7 】

40

図 7 は太陽光などの外光が投射光学系 1 2 0 に入射したときの模式図を示している。太陽光などの外光が、ミラー 1 2 2 からレンズ群 1 2 1 へ入射したとき、外光はレンズ群 1 2 1 の駆動レンズ 1 2 1 A、固定レンズ 1 2 1 B の出射面や入射面によって反射される。駆動レンズ 1 2 1 A、固定レンズ 1 2 1 B において反射された反射光がミラー 1 2 2 へ入射すると、外光がウインドシールド 2 2 0 へ投射され、観察者 D に視認される恐れがある。これは、車両 2 0 0 を運転する観察者 D の視界を妨げるため、望ましくない。

【 0 0 3 8 】

本開示においては、図 5 で示すように、レンズ群 1 2 1 を構成する各レンズ素子の入射面及び出射面は、基準光線 L c に対して下方に傾いている。すなわち、レンズ群 1 2 1 を構成する各レンズ素子は、基準光線 L c に対して傾いている。これにより、太陽光などの

50

外光はミラー１２２より下方へ反射され、視点領域３００に入射しないようにできる。ここで、レンズ群１２１を構成する各レンズ素子の基準光線Ｌｃに対する傾きは、基準光線Ｌｃに沿って入射した外光が入射面または出射面において反射したとき、その反射光がミラー１２２に入射しない角度とすることが望ましい。さらに望ましくは、ミラー１２２からレンズ群１２１へ入射した外光がレンズ群１２１を構成する各レンズ素子の入射面または出射面において反射したとき、その反射光がミラー１２２に入射しない角度とすることが望ましい。なお、レンズ群１２１を構成する各レンズ素子が基準光線Ｌｃに対して傾いているとは、レンズ群１２１を構成する各レンズ素子の光学的な屈折面が基準光線Ｌｃに対して垂直な平面に対して水平でないということである。

【００３９】

さらに、駆動レンズ１２１Ａの出射面は、入射面よりも下方に向けて設けられている。すなわち、駆動レンズ１２１ＡのＹ軸方向の形状は、くさび形状となっている。駆動レンズ１２１ＡのＹ軸方向に沿った断面形状をくさび形状とすることにより、駆動レンズ１２１Ａの上方を通る光の光路長が、駆動レンズ１２１Ａの下方を通る光の光路長よりも長くなる。すなわち、表示デバイス１１０から出射された映像光がミラー１２２に到達するまでの光路長を、Ｙ軸方向の位置に応じて変えることができる。これにより、ミラー１２２において生じる偏心像面湾曲を良好に補正することができる。

【００４０】

ここで、駆動レンズ１２１Ａの入射面と出射面および固定レンズ１２１Ｂの入射面と出射面はそれぞれ、薄膜の多層構造による反射防止コートを施している。これにより、駆動レンズ１２１Ａおよび固定レンズ１２１Ｂの各面における反射率を低減することができる。なお、反射防止コートは、例えばＳＷＳ（Sub Wavelength Structure、サブ波長構造体）のような微細周期構造を用いてもよい。レンズ群１２１の各レンズ素子の入射面及び出射面に反射防止コートを施していることにより、表示デバイス１１０で表示した画像の透過率を下げることなく、良好な虚像Ｉを観察者Ｄに視認させることができる。また、太陽光などの外光がレンズ群１２１の入射面と出射面との間で多重反射して視点領域３００に到達した場合でも、輝度を十分に下げることができる。

【００４１】

ここで、駆動レンズ１２１Ａは、ミラー１２２の反射面の下端よりも上方に配置される。こうすることで、ヘッドアップディスプレイ１００を車両２００の上下方向に薄く構成することができる。また、固定レンズ１２１Ｂは、ミラー１２２の反射面の下端よりも上方に配置される。こうすることで、ヘッドアップディスプレイ１００を車両２００の上下方向に薄く構成することができる。

【００４２】

次に、ミラー１２２について説明する。ミラー１２２は、レンズ群１２１よりも車両２００の前方方向に位置する。ミラー１２２は、レンズ群１２１から出射された光線をウインドシールド２２０に向けて反射する。ミラー１２２の反射面は、偏心して配置されている。ここで、ミラー１２２の反射面は凹面形状である。すなわち、ミラー１２２は、レンズ群１２１から入射した光を拡大してウインドシールド２２０に投射する。これにより、表示デバイス１１０で表示する画像１１１を拡大して、観察者Ｄに虚像Ｉとして視認させることができる。また、ミラー１２２は自由曲面形状である。これは反射で生じた虚像のひずみを補正するためである。これにより、観察者Ｄが視点領域３００の全域で良好な虚像Ｉが見えるようにできる。

【００４３】

[１ - ２ . 動作]

次に、図４および図８Ａ～図１１Ｂを用いて、本開示に係るヘッドアップディスプレイ１００の動作について説明する。レンズ群１２１の内、駆動レンズ１２１Ａは、表示デバイス１１０との間隔を変化させるように移動する。より詳しくは、観察者Ｄの視点領域３００の中心に到達し、虚像Ｉの中心に相当する光線を基準光線Ｌｃとしたとき、駆動レンズ１２１Ａを基準光線Ｌｃの方向に移動させる。これにより、観察者Ｄから虚像Ｉまでの

10

20

30

40

50

距離（視距離）を変化させることができる。図４に示すように、駆動レンズ１２１Ａと表示デバイス１１０との間隔を縮める方向に移動させる場合、視距離は大きくなる。これは、駆動レンズ１２１Ａと表示デバイス１１０との間隔を縮める方向に移動させると、投射光学系１２０の倍率が大きくなるためである。このとき、図８Ｂ、図９Ａに示すように、観察者Ｄから虚像Ｉを見た時の視野角も大きくなる。すなわち、駆動レンズ１２１Ａの移動の前と後とで表示デバイス１１０に表示する画像１１１のサイズを一定にした場合、観察者Ｄから視認される虚像Ｉの大きさが変化してしまう（図９Ａ参照）。

【００４４】

そこで、視距離を増大させるための駆動レンズ１２１Ａの移動の前と後とで視野角を一定にするために、本開示にかかるヘッドアップディスプレイ１００は、駆動レンズ１２１Ａの移動に合わせて表示デバイス１１０で表示する画像１１１のサイズを小さくしている（図９Ｂ参照）。この場合、制御部１５０は、レンズ駆動部１３０の駆動量を取得して表示デバイス１１０に表示する画像１１１のサイズを決定する。このとき、レンズ駆動部１３０の駆動量と表示する画像１１１のサイズの変化量は比例する。

【００４５】

なお、表示デバイス１１０に表示する画像のサイズとは、表示デバイス１１０の表示面を構成する画素の内、コンテンツを表示するために使用する画素を用いて表示された画像のサイズである。

【００４６】

また、図１０Ａ、１０Ｂに示すように、基準光線Ｌｃに対して傾けて配置された駆動レンズ１２１Ａが移動することで、ミラー１２２に入射する基準光線Ｌｃの光路が変化する。これにより、観察者Ｄが虚像Ｉを視認するときの俯角（観察者Ｄの水平視線から虚像Ｉの表示位置までの角度）が変化する（図１１Ａ参照）。

【００４７】

この俯角の変化を防ぐために、図１１Ｂに示すように、表示デバイス１１０の表示エリアにおける表示する画像１１１の位置をＹ軸方向に移動させる。この場合、表示デバイス１１０を制御する制御部１５０は、レンズ駆動部１３０の駆動量を取得して表示デバイスに表示する表示画像１１１の表示位置を決定する。このとき、レンズ駆動部１３０の駆動量と表示画像１１１の移動量は比例する。また、俯角の変化を防ぐために、ミラー駆動部１４０を移動させてミラー１２２の角度を変化させて、ミラー１２２に入射する基準光線Ｌｃの入射角を変化させてもよい。また、俯角の変化の防止に対しては、ミラー１２２の角度の変化に代えて、固定レンズ１２１Ｂを基準光線Ｌｃに対してＹ軸方向にシフトしてもよい。これにより、駆動レンズ１２１Ａに入射する位置を変化させ、ミラー１２２に入射する基準光線Ｌｃの位置を一定にできる。俯角の変化を防ぐために、上記した画像１１１の表示位置の変化とミラー１２２の角度の変化、および固定レンズ１２１Ｂの移動のそれぞれまたは全部を組み合わせることで実現してもよい。

【００４８】

これにより、観察者Ｄから虚像Ｉまでの距離（視距離）を変化させる場合であっても、視野角と俯角を一定に保つことができる。

【００４９】

[１ - ３ . 効果等]

本開示に係るヘッドアップディスプレイ１００は、表示デバイス１１０（表示デバイスの一例）と、投射光学系１２０と、を備える。表示デバイス１１０は、画像を表示する。投射光学系１２０は、表示デバイス１１０から光路の順に、レンズ群１２１と、ミラー１２２を有し、表示デバイス１１０に表示された画像を観察者Ｄに投射する。レンズ群１２１は、駆動レンズ１２１Ａと、固定レンズ１２１Ｂと、を有する。駆動レンズ１２１Ａは基準光線Ｌｃに対して傾けて配置される。駆動レンズ１２１Ａの表示デバイス１１０側にある入射面は、Ｘ軸方向において表示デバイス１１０側に対し凹面を形成している。また、駆動レンズ１２１Ａの入射面のＹ軸方向における曲率は、入射面のＸ軸方向における曲率よりも小さい。

10

20

30

40

50

ヘッドアップディスプレイ 100 の結像光学系は、表示デバイス 110 が表示する画像である実像（第 1 の像面）を、ミラー 122 とレンズ群 121、ウインドシールド 220 を介して観察者 D から視認される虚像 I（第 2 の像面）として結像させる。すなわち、ヘッドアップディスプレイ 100 の結像光学系は、レンズ群 121 とミラー 122 を用いて、ウインドシールド 220 を介することで、第 1 の像面と第 2 の像面を共役関係にしている。ヘッドアップディスプレイ 100 の基準光線 L_c 、すなわち、第 2 の像面の中心に対応する光線は、駆動レンズ 121 A と固定レンズ 121 B の入射面と出射面とを通る。

【0050】

実施の形態 1 に係るヘッドアップディスプレイ 100 は、表示デバイス 110 に表示された画像を、ウインドシールド 220 に投影し、虚像 I を観察者 D に視認させている。これにより、観察者 D の前方視界を遮ることなく、表示デバイス 110 に表示された画像を観察者 D に視認させることができる。

10

【0051】

また、本開示のヘッドアップディスプレイ 100 によれば、小型でありながら、視点領域 300 の全域で画面歪みが良好に補正できるヘッドアップディスプレイが実現できる。

【0052】

また、本開示のヘッドアップディスプレイ 100 によれば、駆動レンズ 121 A を備えているため、虚像 I の視距離を変化させることが可能である。

【0053】

また、駆動レンズ 121 A の X 軸方向は負の屈折力を有する。これにより、表示デバイス 110 から出射してレンズ群 121 に入射する光線の X 軸方向の広がりを抑制することができる。これにより、ヘッドアップディスプレイ 100 は、コントラスト特性の良好な虚像 I を提示することができる。

20

【0054】

また、固定レンズ 121 B の X 軸方向は表示デバイス 110 に凹面を向けた負のメニスカス形状である。これにより、表示デバイス 110 から出射する光線が、レンズ群 121 のレンズ面に入射する角度を、入射面に対して垂直に近づけることができる。これにより、偏心歪みの影響を低減することができる。

【0055】

また、レンズ群 121 の各レンズ素子の出射面は、自由曲面形状である。具体的には、レンズ群 121 の各レンズ素子は、X 軸方向において対称でない。これにより、レンズ群 121 は、ウインドシールド 220 で発生する非対称な歪みを良好に補正することができる。

30

【0056】

実施の形態 1 に係る駆動レンズ 121 A は、全体として凹面レンズである。すなわち、駆動レンズ 121 A は、X 軸方向と Y 軸方向の両方において、負のパワーのレンズとして機能する光学素子である。

【0057】

実施の形態 1 に係る固定レンズ 121 B は、全体として凸面レンズである。すなわち、固定レンズ 121 B は、X 軸方向と Y 軸方向の両方において、正のパワーのレンズとして機能する光学素子である。

40

【0058】

実施の形態 1 に係る駆動レンズ 121 A の入射面は、X 軸方向において凹面である。さらに、駆動レンズ 121 A の入射面の Y 軸方向の曲率は、その X 軸方向の曲率よりも小さい。このように X 軸方向の曲率を大きくすることにより、駆動レンズ 121 A の X 軸方向において、入射面の中心から遠い部分においても、画像 111 の光の入射角が大きくなる。これにより、駆動レンズ 121 A の X 軸方向において、中心から遠い部分における光学的特性の劣化を抑えられる。特に、駆動レンズ 121 A の X 軸方向の長さが Y 軸方向の長さより長いとき、駆動レンズ 121 A の中心から遠い部分における光学的特性の劣化は、一般的に X 軸方向のほうが Y 軸方向よりも大きい。駆動レンズ 121 A の X 軸方向の長さ

50

がY軸方向の長さより長いとき、入射面のY軸方向の曲率は、そのX軸方向の曲率よりも小さいことにより、光学的特性の劣化をより効果的に抑制できる。なお、虚像IのX軸方向に対応するレンズ素子の長さがY軸方向に対応する長さより長いときにおいても同様で、レンズ素子の外形における長さに限られない。

【0059】

実施の形態1に係る駆動レンズ121Aの出射面は、X軸方向において凸面である。これにより、入射面のX軸方向の形状を曲率の大きい凹面とすることができる。さらに、出射面のX軸方向の曲率は、入射面のX軸方向の曲率よりも小さい。さらに、出射面のY軸方向の曲率は、そのX軸方向の曲率よりも小さい。これにより、駆動レンズ121Aの光学的特性は、X軸方向およびY軸方向の全体として凹面レンズとすることができる。

10

【0060】

(実施の形態2)

実施の形態2のヘッドアップディスプレイ100は、レンズ群121が集光作用を有する駆動レンズ121Aと、発散作用を有する固定レンズ121Bで構成される点において実施の形態1と異なる。以下、図9を用いて実施の形態1と異なる点を中心に説明し、同様の構成についてはその説明を省略する。

【0061】

[2-1. 構成]

図12は、実施の形態2に係るヘッドアップディスプレイ100の投射光学系120の構成を説明するための模式図である。

20

【0062】

図12に示すように、投射光学系120は、レンズ群121と、ミラー122と、を有する。

【0063】

実施の形態2では、駆動レンズ121Aは、X軸方向とY軸方向で曲率の異なる自由曲面レンズである。駆動レンズ121Aの表示デバイス110側の面(入射面)は、X軸方向は表示デバイス110側に凸な凸面形状である。ただし、駆動レンズ121Aの入射面は凸面に限定されず、液晶側に凹な凹面形状を有しても良い。駆動レンズ121Aのミラー122側の面(出射面)は、X軸方向はミラー122側に凸な凸面形状である。駆動レンズ121Aの入射面のY軸方向の曲率は、出射面のX軸方向の曲率よりも小さい。また、実施の形態2では、駆動レンズ121Aの入射面は、Y軸方向は屈折力を持たない形状としている。また、実施の形態2では、駆動レンズ121Aの出射面は、Y軸方向はミラー122側に凸な凸面形状である。さらに、駆動レンズ121Aの出射面は、入射面よりも下方に向けて設けられている。すなわち、駆動レンズ121AのY軸方向の形状は、くさび形状となっている。

30

【0064】

固定レンズ121Bは、X軸方向とY軸方向で曲率の異なる自由曲面レンズである。固定レンズ121Bの表示デバイス110側の面(入射面)は、X軸方向は表示デバイス110側に凹な凹面形状である。固定レンズ121Bの入射面のY軸方向は表示デバイス110側に凹な凹面形状である。また、固定レンズ121Bのミラー122側の面(出射面)は、X軸方向はミラー122側に凹な凹面形状である。固定レンズ121Bの出射面は、Y軸方向はX軸方向よりも小さい曲率である。実施の形態2では、一例として、固定レンズ121Bの出射面のY軸方向は屈折力を持たない形状としている。なお、固定レンズ121Bの出射面のY軸方向は、ミラー122側にX軸方向よりも小さい曲率の凸面、または凹面を向けても良い。また、固定レンズ121Bの入射面は、表示デバイス110側に凸面を向けても良い。あるいは、固定レンズ121Bの入射面は、表示デバイス110側に局所的に凹面、凸面、または、平面を向けた形状であっても良い。

40

【0065】

ミラー122は、レンズ群121から入射した光を拡大してウインドシールド220に投射する。ミラー122の反射面は凹面形状である。これにより、表示デバイス110で

50

表示する画像 1 1 1 を拡大して、観察者 D に虚像 I として視認させることができる。また、ミラー 1 2 2 の反射面は自由曲面形状である。これは反射で生じた虚像のひずみを補正するためである。これにより、観察者 D が視点領域 3 0 0 の全域で良好な虚像 I が見えるようにできる。

[2 - 2 . 動作]

実施の形態 3 に係る駆動レンズ 1 2 1 A は、表示画像 1 1 1 との距離を変化させるように移動する。これにより、観察者 D から虚像 I までの距離（視距離）を変化させることができる。図 1 2 に示すように、駆動レンズ 1 2 1 A と表示デバイス 1 1 0 との距離を拡げる方向に移動させる場合、視距離は大きくなる。これは、駆動レンズ 1 2 1 A と表示デバイス 1 1 0 との距離を拡げる方向に移動させると、投射光学系 1 2 0 の倍率が大きくなるためである。

10

[2 - 3 . 効果等]

本開示のヘッドアップディスプレイ 1 0 0 によれば、駆動レンズ 1 2 1 A を備えているため、虚像 I の視距離を変化させることが可能である。

【 0 0 6 6 】

実施の形態 2 に係る駆動レンズ 1 2 1 A は、全体として凸面レンズである。すなわち、駆動レンズ 1 2 1 A は、X 軸方向と Y 軸方向の両方において、正のパワーのレンズとして機能する光学素子である。また、固定レンズ 1 2 1 B は、全体として凹面レンズである。すなわち、固定レンズ 1 2 1 B は、X 軸方向と Y 軸方向の両方において、負のパワーのレンズとして機能する光学素子である。これにより、ミラー 1 2 2 で必要な正のパワーを駆動レンズ 1 2 1 A に分担することが可能である。

20

【 0 0 6 7 】

（望ましい条件）

以下、本開示のヘッドアップディスプレイ 1 0 0 が満足することが望ましい条件を説明する。なお、各実施の形態に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 に対して、複数の望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光学系を得ることも可能である。

【 0 0 6 8 】

本開示のヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、画像を表示する表示デバイス 1 1 0 と、表示デバイス 1 1 0 に表示された画像を投射する投射光学系 1 2 0 とを備え、当該投射光学系 1 2 0 は、表示デバイス 1 1 0 からの光路の順に、レンズ群 1 2 1 と、ミラー 1 2 2 と、を有する。

30

【 0 0 6 9 】

レンズ群 1 2 1 は駆動レンズ 1 2 1 A を有し、駆動レンズ 1 2 1 A は表示デバイス 1 1 0 との間隔を変えるように移動する。こうすることで、観察者 D が視認する虚像 I の視距離を移動することが出来る。

【 0 0 7 0 】

レンズ群 1 2 1 は固定レンズ 1 2 1 B を有することが望ましい。こうすることで、ミラー 1 2 2、駆動レンズ 1 2 1 A で発生する偏心像面湾曲を良好に補正することが出来る。

40

【 0 0 7 1 】

レンズ群 1 2 1 において、表示デバイス 1 1 0 との間隔が変化するレンズ素子は、表示デバイス 1 1 0 からミラー 1 2 2 までの光路の順に、ミラー 1 2 2 側に配置されることが望ましい。こうすることで、固定レンズ 1 2 1 B を小型に配置することが可能となる。

【 0 0 7 2 】

駆動レンズ 1 2 1 A と固定レンズ 1 2 1 B はそれぞれ異なるパワーを有することが望ましい。こうすることで、駆動レンズ 1 2 1 A のパワーを増加させ、虚像 I の視距離を移動させるために必要な、駆動レンズ 1 2 1 A の移動量を減らすことが出来る。

【 0 0 7 3 】

駆動レンズ 1 2 1 A は基準光線 L c に対して傾けて配置されることが望ましい。こうす

50

ることで、太陽光などの外光がヘッドアップディスプレイ 100 に入射した場合でも、駆動レンズ 121A で反射して観察者 D に視認される迷光を抑制することが出来る。

【0074】

固定レンズ 121B は基準光線 Lc に対して傾けて配置されることが望ましい。こうすることで、太陽光などの外光がヘッドアップディスプレイ 100 に入射した場合でも、固定レンズ 121B で反射して観察者 D に視認される迷光を抑制することが出来る。

【0075】

本開示のヘッドアップディスプレイ 100 に係るレンズ群 121 の各レンズ素子の入射面及び出射面は、基準光線 Lc に垂直な平面に対して傾いていることが好ましい。これにより、基準光線 Lc に沿って入射した光に対する反射光は、基準光線 Lc と異なる方向に向けて出射される。さらに、駆動レンズ 121A の X 軸方向に垂直な平面における断面形状はくさび形である。すなわち、駆動レンズ 121A の Y 軸方向における曲線形状の中心（光学中心）は、駆動レンズ 121A の中心から離れた位置、例えば、駆動レンズ 121A の外にある。一般的に凹レンズは、光学中心から離れた部分は、光学中心に近い部分と比較して、光路長が長くなり、レンズ素子の面内で光学的特性が不均一となる。他方、実施の形態 1 に係る駆動レンズ 121A は、Y 軸方向において、光路長を変化させる。これにより他の光学素子の特性を相殺し、レンズ群 121 を用いた結像光学系の全体としての光学的特性を補正することができる。

【0076】

本開示のヘッドアップディスプレイ 100 は、駆動レンズ 121A の位置に応じて表示デバイス 110 の表示エリアにおける画像 111 の位置を Y 軸方向に移動させることが望ましい。こうすることで、駆動レンズ 121A が移動した場合でも、観察者 D が視認する虚像 I の俯角を一定にすることが出来る。

【0077】

本開示のヘッドアップディスプレイ 100 は、駆動レンズ 121A の位置に応じて表示デバイス 110 の表示する画像 111 のサイズを変化させることが望ましい。こうすることで、駆動レンズ 121A が移動した場合でも、観察者 D が視認する虚像 I のサイズを一定にすることが出来る。

【0078】

本開示のヘッドアップディスプレイ 100 は、以下の条件 (1) を満足することが望ましい。

【0079】

$$1 < D / L \cdots (1)$$

ここで、

$$D : 1 / Z1 - 1 / Z2 \text{ (dioptr)}$$

Z1 : 駆動レンズの移動前の虚像 I の視距離 (m)

Z2 : 駆動レンズの移動後の虚像 I の視距離 (m)

L : 駆動レンズの移動量 (m)

である。

【0080】

条件 (1) は虚像 I の視距離を変化させるために駆動させるレンズの移動量と虚像 I の移動量の関係を規定する条件である。この条件を満足することで、虚像 I の距離を変化させるために必要な駆動レンズ 121A の移動量を適切に設定することができ、投射光学系 120 を小型化することが出来る。条件 (1) の下限を下回ると、虚像 I の表示位置を変化させるために必要な駆動レンズ 121A の移動量が大きくなり、投射光学系 120 が大型化する。

【0081】

また、以下の条件 (1)' を満足することにより前記効果をさらに奏功させることが出来る。

【0082】

$$1 < D / L < 50 \cdots (1)'$$

条件(1)'の上限を上回ると、駆動レンズ121Aのパワーが強くなり、駆動レンズ121Aが移動したときの偏心像面湾曲の変動を抑制することが困難となる。

【0083】

また、以下の条件(1)'を満足することにより前記効果をさらに奏功させることが出来る。

【0084】

$$2 < D / L < 30 \cdots (1)''$$

また、以下の条件(1)''を満足することにより前記効果をさらに奏功させることが出来る。

10

【0085】

$$3 < D / L < 20 \cdots (1)'''$$

また、以下の条件(1)'''を満足することにより前記効果をさらに奏功させることが出来る。

【0086】

$$4 < D / L < 10 \cdots (1)''''$$

本開示のヘッドアップディスプレイ100は、以下の条件(2)を満足するところが望ましい。

【0087】

$$0.1 < |(1 - (1/F)^2) \times (1/R)^2| < 3 \cdots (2)$$

20

ここで、

F：最短の視距離における駆動レンズの横倍率

R：最短の視距離における駆動レンズと表示デバイスとの間に配置されるレンズ群の横倍率

である。

【0088】

条件(2)は虚像の視距離を変化させるために駆動するレンズの横倍率と該駆動するレンズと表示デバイスとの間に配置される駆動しないレンズの横倍率の関係を規定した条件である。この条件(2)を満足することで、虚像Iの移動量に対する駆動レンズ121Aの移動量を適切に設定することができる。条件(2)の下限を下回ると、駆動レンズ121Aの移動量に対して、虚像Iの移動量が小さくなるため、駆動レンズ121Aの移動スペースが大きく必要となり、投射光学系120が大型化する。反対に、条件(2)の上限を上回ると、駆動レンズ121Aの移動量に対して、虚像Iの移動量が大きくなり過ぎ、位置誤差が発生したときの影響が大きくなる。

30

【0089】

また、以下の条件(2)'を満足することにより前記効果をさらに奏功させることが出来る。

【0090】

$$0.2 < |(1 - (1/F)^2) \times (1/R)^2| < 2 \cdots (2)'$$

また、以下の条件(2)'を満足することにより前記効果をさらに奏功させることが出来る。

40

【0091】

$$0.3 < |(1 - (1/F)^2) \times (1/R)^2| < 1.5 \cdots (2)''$$

本開示のヘッドアップディスプレイ100は、以下の条件(3)を満足するところが望ましい。

【0092】

$$L / M < 30 \cdots (3)$$

ここで、

M：表示デバイスの表示領域における表示画像の移動量[m]

50

である。

【 0 0 9 3 】

条件 (3) は虚像 I の視距離を変化させるために駆動するレンズの移動量と、虚像 I の俯角を一定にするために必要な表示デバイスの表示領域における表示画像の移動量の関係を規定する条件である。条件 (3) の上限を上回ると、駆動レンズ 1 2 1 A の移動量が大きくなり、小型なヘッドアップディスプレイ 1 0 0 を提供することが困難となる。

【 0 0 9 4 】

また、以下の条件 (3) ' を満足することにより前記効果をさらに奏功させることが出来る。

【 0 0 9 5 】

$$3 < L / M < 30 \cdots (3)'$$

条件 (3) ' の下限を下回ると、駆動レンズ 1 2 1 A の移動量を小さくするために駆動レンズ 1 2 1 A のパワーを大きくする必要があり、駆動レンズ 1 2 1 A が駆動したときの偏心像面湾曲の変動を抑制することが困難となる。

【 0 0 9 6 】

また、以下の条件 (3) ' ' を満足することにより前記効果をさらに奏功させることが出来る。

【 0 0 9 7 】

$$4 < L / M < 20 \cdots (3)''$$

また、以下の条件 (3) ' ' ' を満足することにより前記効果をさらに奏功させることが出来る。

【 0 0 9 8 】

$$5 < L / M < 15 \cdots (3)'''$$

本開示のヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、以下の条件 (4) を満足するところが望ましい。

【 0 0 9 9 】

$$N < 2 \cdots (4)$$

ここで、

$$N : X1 / X2$$

X 1 : 駆動レンズの移動前における表示デバイスの表示領域に表示する画像の横サイズ

X 2 : 駆動レンズの移動後における表示デバイスの表示領域に表示する画像の横サイズ

条件 (4) は虚像を移動したときに、移動後の虚像の視野角を一定とするために必要な表示デバイスに表示する画像のサイズ調整を規定する条件である。条件 (4) の上限を上回ると、表示デバイス 1 1 0 に表示する画像 1 1 1 の解像度が低くなり、観察者 D に良好な虚像 I を視認させることが困難となる。

【 0 1 0 0 】

また、以下の条件 (4) ' を満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

【 0 1 0 1 】

$$N < 1.8 \cdots (4)'$$

また、以下の条件 (4) ' ' を満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

【 0 1 0 2 】

$$N < 1.7 \cdots (4)''$$

本開示のヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、駆動レンズ 1 2 1 A を移動させて虚像 I の視距離を変化させるとき、駆動レンズ 1 2 1 A の移動に応じて表示デバイス 1 1 0 に表示する画像 1 1 1 の形状を歪ませることが望ましい。こうすることで、駆動レンズ 1 2 1 A が移動したときに発生する偏心歪曲を電子的に補正することが出来る。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 3 】

(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 ~ 2 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 ~ 2 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。

【 0 1 0 4 】

実施の形態 1 ~ 2 では、表示デバイス 1 1 0 とミラー 1 2 2 の間に設けられるレンズ群 1 2 1 の一例として 1 枚の駆動レンズ 1 2 1 A と 1 枚の固定レンズ 1 2 1 B を示した。しかし、レンズ群 1 2 1 は、これらの組み合わせに限られない。例えば、レンズ群 1 2 1 は、複数のレンズ素子で構成される駆動レンズ 1 2 1 A や、複数のレンズ素子で構成される固定レンズ 1 2 1 B を、表示デバイス 1 1 0 とミラー 1 2 2 との間に配置したものであっても良いし、固定レンズ 1 2 1 B を駆動レンズ 1 2 1 A とミラー 1 2 2 の間に配置したものであっても良い。

10

【 0 1 0 5 】

実施の形態 1 ~ 2 では、1つの駆動レンズを移動して虚像 I の視距離を移動させていたが、2つ以上の駆動レンズを別々に移動させても良い。

【 0 1 0 6 】

実施の形態 1 ~ 2 では、レンズ群 1 2 1 を駆動レンズ 1 2 1 A と固定レンズ 1 2 1 B の2つのレンズ素子で構成した例を用いて説明した。しかしながら、レンズ群 1 2 1 を駆動レンズ 1 2 1 A のみで構成してもよい。この場合、駆動レンズ 1 2 1 A は、実施の形態 1 と同じ形状であればよい。すなわち、駆動レンズ 1 2 1 A は、全体として負のパワーのレンズ素子である。

20

【 0 1 0 7 】

実施の形態 1 ~ 2 では、駆動レンズ 1 2 1 A を平行移動して虚像 I の視距離を移動させていたが、駆動レンズを傾けて移動させても良い。

【 0 1 0 8 】

実施の形態 1 ~ 2 では、駆動レンズ 1 2 1 A を移動させたとき、表示デバイス 1 1 0 に表示する画像 1 1 1 を移動させて、虚像 I の俯角を一定としたが、固定レンズを同時に動かしたり、ミラー 1 2 2 を回転させても良い。

30

【 0 1 0 9 】

実施の形態 1 ~ 2 では、一例として、駆動レンズ 1 2 1 A の入射面の Y 軸方向は屈折力を持たない形状としている。なお、駆動レンズ 1 2 1 A の入射面は、表示デバイス 1 1 0 側に X 軸方向よりも小さい曲率の凹面を向けても良い。また、駆動レンズ 1 2 1 A の入射面は、表示デバイス 1 1 0 側に凸面を向けても良い。あるいは、駆動レンズ 1 2 1 A の入射面は、表示デバイス 1 1 0 側に局所的に凹面、凸面、または、平面を向けた形状であっても良い。また、実施の形態 1 では駆動レンズ 1 2 1 A の出射面の Y 軸方向はミラー 1 2 2 側に凹面を向けているが、凸面を向けても良い。

【 0 1 1 0 】

実施の形態 1 ~ 2 では、一例として、固定レンズ 1 2 1 B の出射面の Y 軸方向は屈折力を持たない形状としている。なお、固定レンズ 1 2 1 B の出射面の Y 軸方向は、ミラー 1 2 2 側に X 軸方向よりも小さい曲率の凸面、または凹面を向けても良い。また、固定レンズ 1 2 1 B の入射面は、表示デバイス 1 1 0 側に凸面を向けても良い。あるいは、固定レンズ 1 2 1 B の入射面は、表示デバイス 1 1 0 側に局所的に凹面、凸面、または、平面を向けた形状であっても良い。

40

【 0 1 1 1 】

実施の形態 1 ~ 2 では、投射光学系 1 2 0 として 1 つのミラーを配置しているが、2 枚以上のミラーを配置しても良い。また、追加するミラーの配置は、ミラー 1 2 2 よりも車両前方に配置しても良いし、車両内外方向 (図 3 において紙面垂直方向) に配置しても良い。

50

【 0 1 1 2 】

実施の形態 1 ~ 2 では、投射光学系 1 2 0 のレンズ素子は、表示デバイス 1 1 0 とミラー 1 2 2 との間に配置されていたレンズ群 1 2 1 だけであったが、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 の構成はこれに限定されない。例えば、ミラー 1 2 2 とウインドシールド 2 2 0 の間にレンズを追加して配置しても良い。

【 0 1 1 3 】

実施の形態 1 ~ 2 のヘッドアップディスプレイ 1 0 0 におけるミラー 1 2 2 は回転非対称な形状のミラーを用いて説明したが、これに限られない。例えば、ミラー 1 2 2 は、X 軸方向と Y 軸方向とで曲率の符号が異なる、いわゆる鞍型の面形状を有しても良い。

【 0 1 1 4 】

実施の形態 1 ~ 2 のレンズ群 1 2 1 の各レンズ素子の面形状は、自由曲面形状に限定されるものではない。例えば、トロイダル形状、アナモルフィック形状、シリンドリカル形状であっても良いし、これらの形状のレンズを基準光線 L c に対して偏心させて配置しても良い。

【 0 1 1 5 】

実施の形態 1 ~ 2 におけるミラー 1 2 2 の反射面の形状は自由曲面形状に限定されるものではない。ミラー 1 2 2 の反射面は、球面形状、非球面形状、トロイダル形状、アナモルフィック形状であっても良いし、これらの形状のミラーを基準光線 L c に対して偏心させて配置しても良い。

【 0 1 1 6 】

実施の形態 1 ~ 2 におけるレンズ群 1 2 1 は、それぞれ異なるパワーを有する駆動レンズ 1 2 1 A と固定レンズ 1 2 1 B の組み合わせだったが、同じパワーを有する駆動レンズ 1 2 1 A と固定レンズ 1 2 1 B の組み合わせでも良い。

【 0 1 1 7 】

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。

【 0 1 1 8 】

(数値実施例)

以下、実施の形態 1、2 に係るヘッドアップディスプレイを具体的に実施した数値実施例 1、2 を説明する。なお各数値実施例において、各データの長さの単位はすべて「mm」であり、角度の単位はすべて「°」である。また、各数値実施例において、自由曲面は次式で定義している。

【 0 1 1 9 】

【 数 1 】

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{m,n} C_j x^m y^n$$

【 0 1 2 0 】

【 数 2 】

$$j = \frac{(m+n)^2 + m + 3n}{2} + 1$$

ここで、z は面を定義する軸から (x , y) の位置におけるサグ量である。r は面を定

10

20

30

40

50

義する軸の原点における曲率半径である。c は面を定義する軸の原点における曲率である。 k はコーニック定数であり、多項式係数の C_1 に相当する。 C_j ($j > 1$) は単項式 $x^m y^n$ の係数である。ただし、 m および n は 0 以上の整数である。

【0121】

各数値実施例において、基準となる座標原点は、表示デバイス 110 に表示された画像 111 の中心であり、表示デバイスの長辺方向を X 軸、短辺方向を Y 軸、表示デバイス 110 の表示面に垂直な方向を Z 軸と定義している。

【0122】

さらに、各数値実施例の偏心データにおいて、ADE とは、ミラーを X 軸を中心に Z 軸方向から Y 軸方向に回転した量を意味する。BDE とは、Y 軸を中心に X 軸方向から Z 軸方向に回転した量を意味する。CDE とは、Z 軸を中心に X 軸方向から Y 軸方向に回転した量を意味する。

【0123】

(数値実施例 1)

数値実施例 1 は、実施の形態 1 のヘッドアップディスプレイで構成される。虚像 I の移動前における投射光学系 120 の偏心データを図 13 に、移動後における偏心データを図 14 に示す。投射光学系 120 の各面の曲率半径を図 15 に示す。投射光学系 120 の各面の多項式自由曲面の係数を図 16 ~ 図 18 に示す。

【0124】

数値実施例 1 の移動前における、虚像 I のサイズは、X 方向が 306 . 1 mm、Y 方向が 92 . 0 mm であり、観察者 D から虚像 I までの距離 (視距離) は、2200 . 0 mm である。移動後における、虚像 I のサイズは、X 方向が 556 . 5 mm、Y 方向が 167 . 3 mm であり、観察者 D から虚像 I までの距離 (視距離) は、4000 . 0 mm である。

【0125】

(数値実施例 2)

数値実施例 2 は、実施の形態 2 のヘッドアップディスプレイで構成される。虚像 I の移動前における投射光学系 120 の偏心データを図 19 に、移動後における偏心データを図 20 に示す。投射光学系 120 の各面の曲率半径を図 21 に示す。投射光学系 120 の各面の多項式自由曲面の係数を図 22 ~ 図 24 に示す。

【0126】

数値実施例 2 の移動前における、虚像 I のサイズは、X 方向が 306 . 1 mm、Y 方向が 92 . 0 mm であり、観察者 D から虚像 I までの距離 (視距離) は、2200 . 0 mm である。移動後における、虚像 I のサイズは、X 方向が 556 . 5 mm、Y 方向が 167 . 3 mm であり、観察者 D から虚像 I までの距離 (視距離) は、4000 . 0 mm である。

【0127】

以下、各数値実施例の値を具体的に条件式 (1) ~ (4) に当てはめた値を表 1 に示す。

【0128】

【表 1】

	実施例 1	実施例 2
条件式 (1)	5.84	5.84
条件式 (2)	0.39	0.90
条件式 (3)	8.27	7.79
条件式 (4)	1.59	1.47

【 0 1 2 9 】

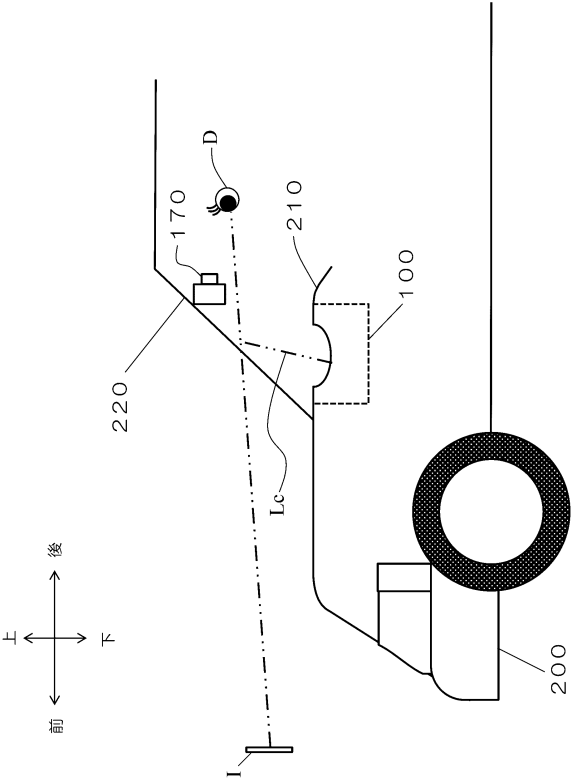
本開示は、レンズなどの屈折光学系を用いたヘッドアップディスプレイに適用可能である。具体的には、車両用などのヘッドアップディスプレイに、本開示は適用可能である。

【 符号の説明 】

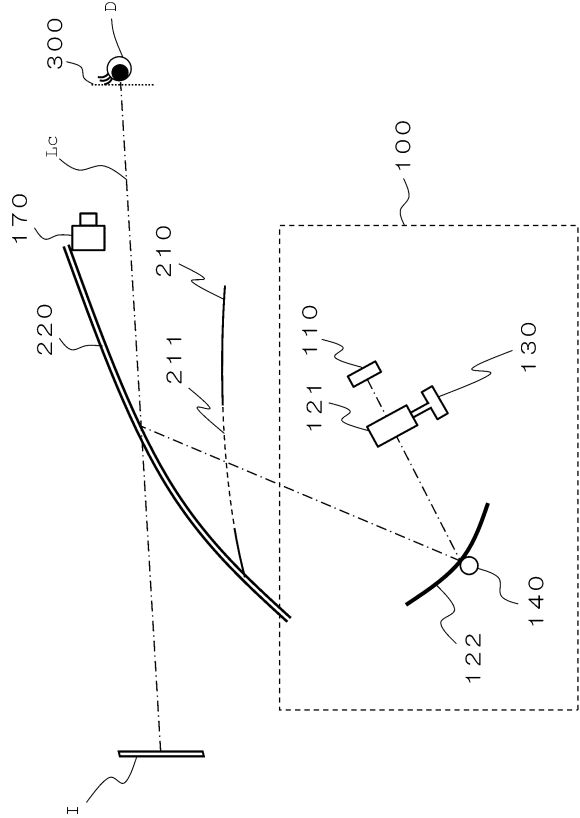
【 0 1 3 0 】

1 0 0	ヘッドアップディスプレイ	
1 1 0	表示デバイス	
1 1 1	画像	
1 2 0	投射光学系	
1 2 1	レンズ群	10
1 2 1 A	駆動レンズ	
1 2 1 B	固定レンズ	
1 2 2	ミラー	
1 3 0	レンズ駆動部	
1 4 0	ミラー駆動部	
1 7 0	カメラ	
2 0 0	車両	
2 1 0	ダッシュボード	
2 1 1	開口部	
2 2 0	ウインドシールド（反射部材）	20
3 0 0	視点領域	
D	観察者	
I	虚像	
L c	基準光線	
L o	基準外側光線	
L i	基準内側光線	

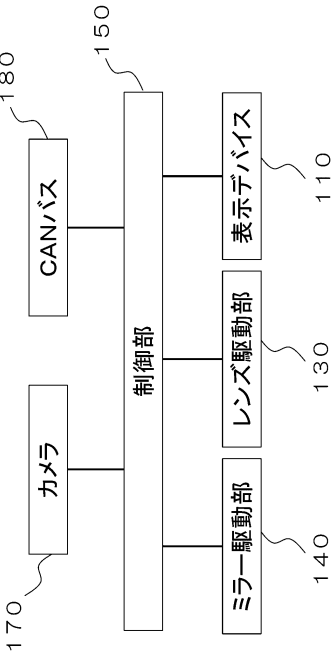
【図 1】



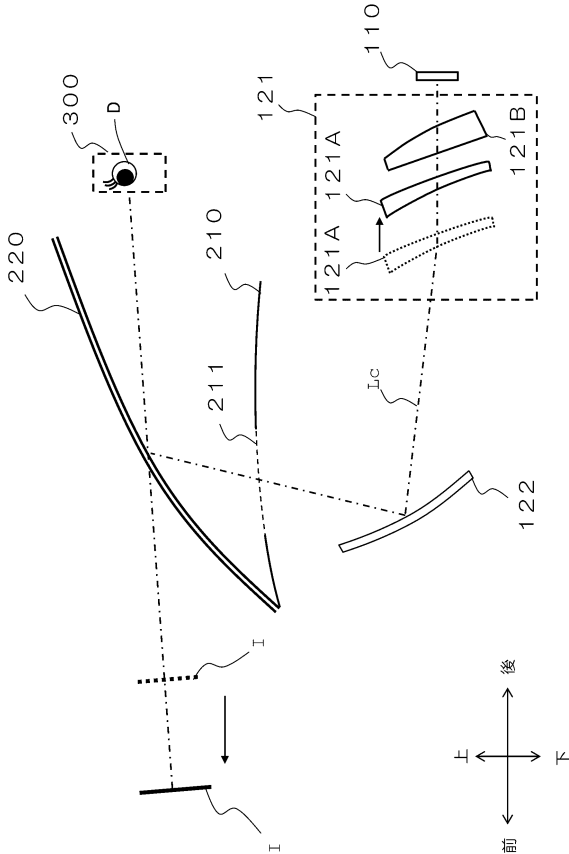
【図 2】



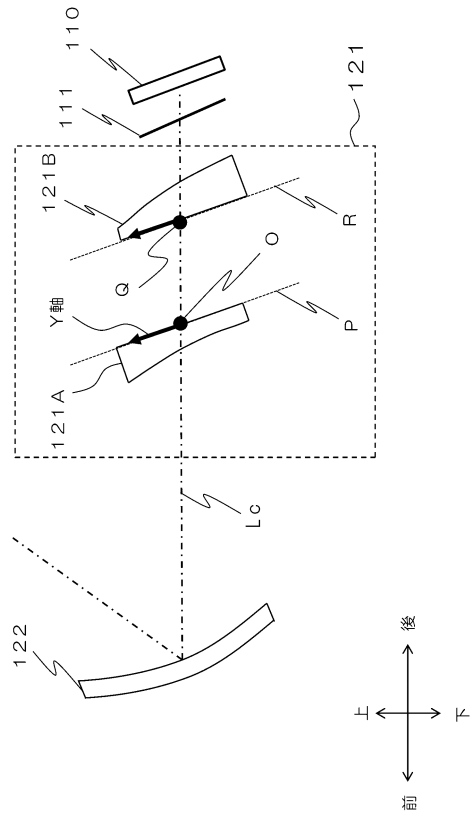
【図 3】



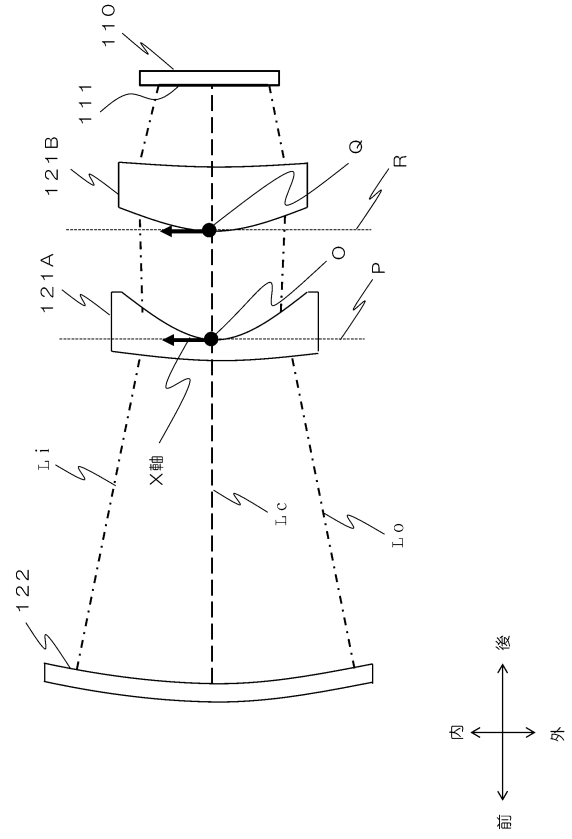
【図 4】



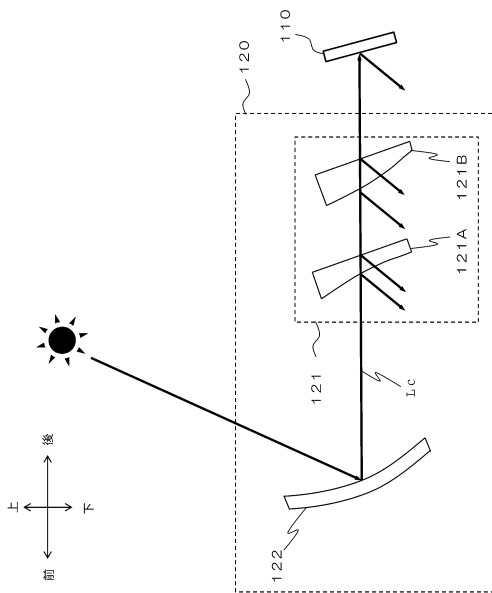
【図 5】



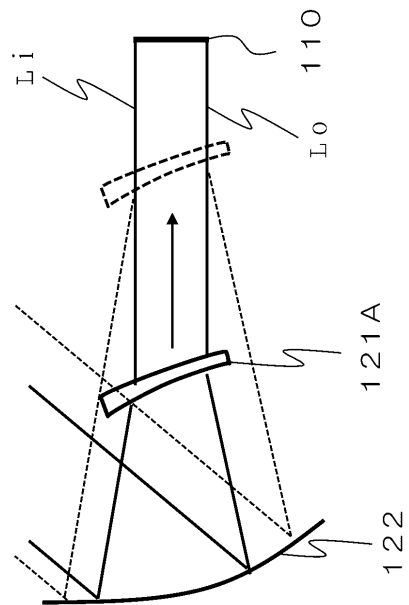
【図 6】



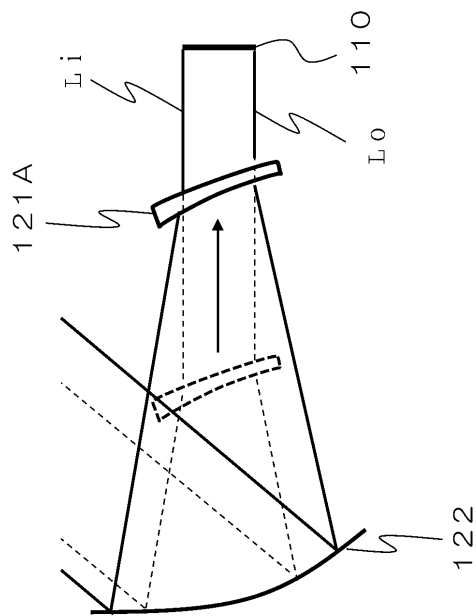
【図 7】



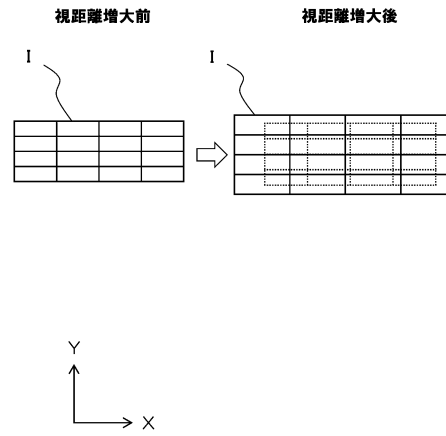
【図 8 A】



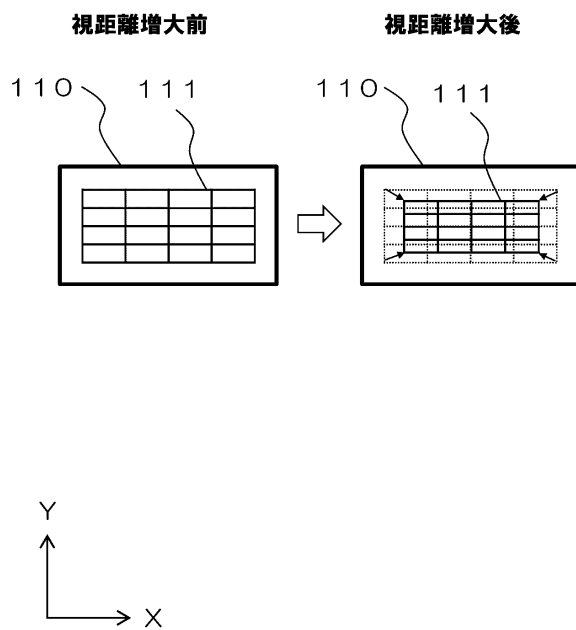
【図 8 B】



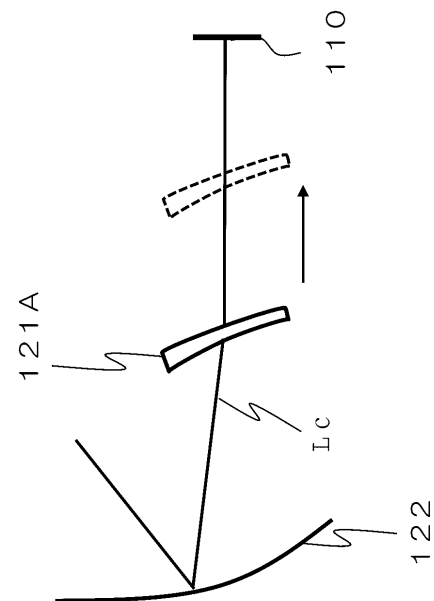
【図 9 A】



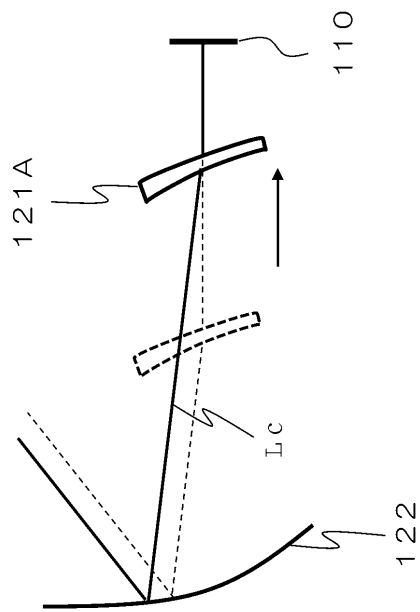
【図 9 B】



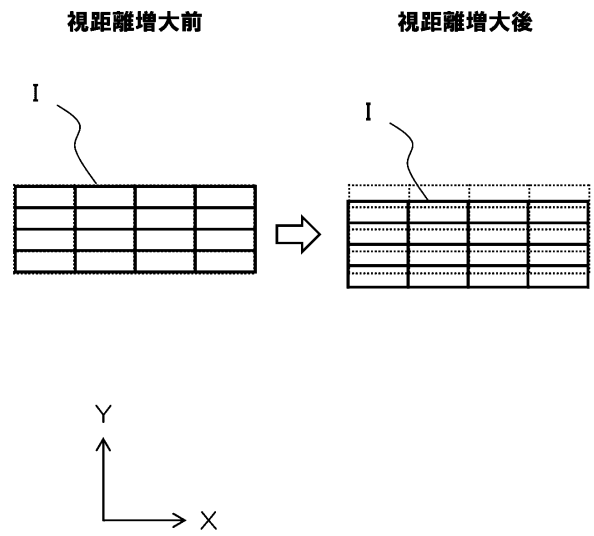
【図 10 A】



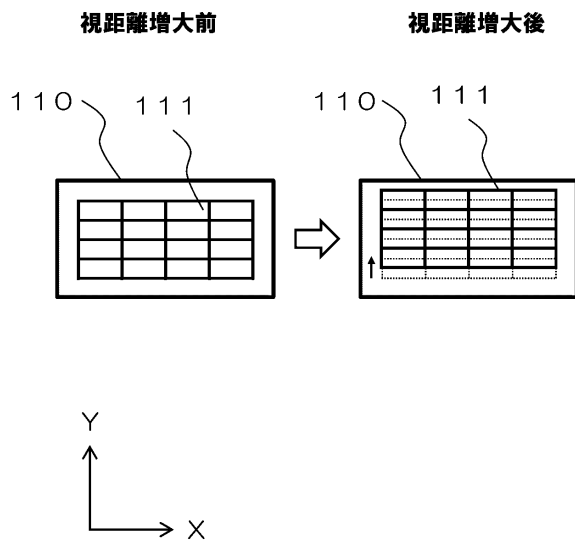
【図10B】



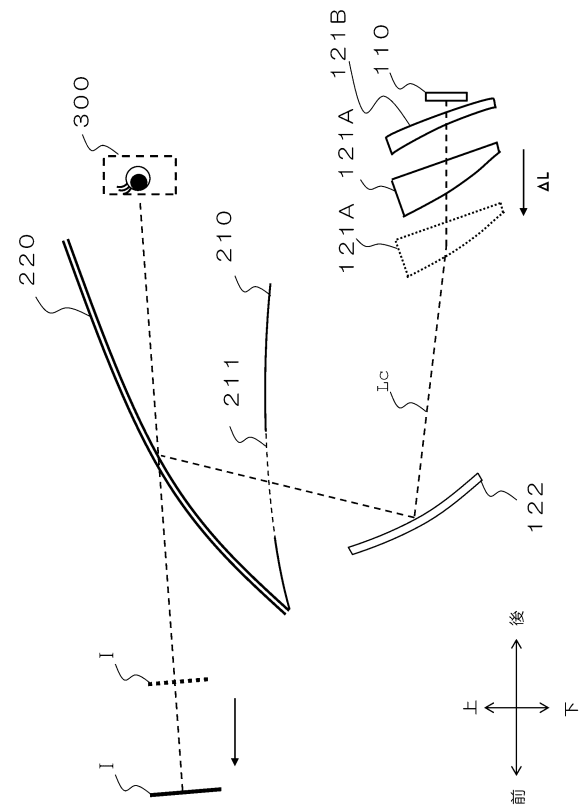
【図11A】



【図11B】



【図12】



【 図 1 3 】

面番号	形状	屈折率	アッベ数	偏心データ					
				X	Y	Z	ADE	BDE	CDE
1	表示面			0	0	0	0	0	0
2	自由曲面			1.03743	4.55519	-6.99626	1.8717	-0.0312	-0.9561
3	固定レンズ	1.492	57.4	1.03034	4.1306	-19.9893	1.8717	-0.0312	-0.9561
4	自由曲面			4.549	16.619	-65.458	1.978	3.534	-2.467
5	駆動レンズ	1.492	57.4	4.795	16.481	-69.448	1.978	3.534	-2.467
6	自由曲面			12.293	52.877	-164.438	1.930	0.096	0.550
7	自由曲面			41.379	152.941	-42.499	141.640	-7.753	16.345
8	ウィンドシールド			-42.793	-282.021	738.275	141.640	-7.753	16.345
9	観察窓								

【 図 1 4 】

面番号	形状	屈折率	アッベ数	偏光データ					
				X	Y	Z	ADE	BDE	CDE
1	表示面			0	0	0	0	0	0
2	自由曲面			1.03743	4.55519	-6.99626	1.8717	-0.0312	-0.9561
3	固定レンズ	1.492	57.4	1.03034	4.1306	-19.9893	1.8717	-0.0312	-0.9561
4	自由曲面			1.988	4.861	-32.9583	1.978	3.534	-2.467
5	駆動レンズ	1.492	57.4	2.235	4.273	-36.573	1.978	3.534	-2.467
6	自由曲面			12.293	52.877	-164.438	1.930	0.096	0.550
7	ミラー			41.379	152.941	42.499	141.640	-7.753	16.345
8	ウインドシールド			-42.793	-289.021	738.275	141.640	-7.753	16.345
9	細装束								

【 図 1 5 】

面番号	曲率半径
2	∞
3	∞
4	∞
5	-75.8
6	191.0
7	-1472.5

【 図 1 6 】

面番号	多項式係数									
2	C1	0.000E+00	C19	0.000E+00	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00		
	C2	0.000E+00	C20	0.000E+00	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00		
	C3	-2.122E-01	C21	0.000E+00	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00		
	C4	0.000E+00	C22	0.000E+00	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00		
	C5	0.000E+00	C23	0.000E+00	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00		
	C6	-2.725E-03	C24	0.000E+00	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00		
	C7	0.000E+00	C25	0.000E+00	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00		
	C8	0.000E+00	C26	0.000E+00	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00		
	C9	0.000E+00	C27	0.000E+00	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00		
	C10	0.000E+00	C28	0.000E+00	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00		
	C11	0.000E+00	C29	0.000E+00	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00		
	C12	0.000E+00	C30	0.000E+00	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00		
	C13	0.000E+00	C31	0.000E+00	C49	0.000E+00				
	C14	0.000E+00	C32	0.000E+00	C50	0.000E+00				
	C15	0.000E+00	C33	0.000E+00	C51	0.000E+00				
	C16	0.000E+00	C34	0.000E+00	C52	0.000E+00				
	C17	0.000E+00	C35	0.000E+00	C53	0.000E+00				
	C18	0.000E+00	C36	0.000E+00	C54	0.000E+00				
3	C1	0.000E+00	C19	0.000E+00	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00		
	C2	0.000E+00	C20	0.000E+00	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00		
	C3	-2.122E-01	C21	0.000E+00	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00		
	C4	0.000E+00	C22	0.000E+00	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00		
	C5	0.000E+00	C23	0.000E+00	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00		
	C6	-2.725E-03	C24	0.000E+00	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00		
	C7	0.000E+00	C25	0.000E+00	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00		
	C8	0.000E+00	C26	0.000E+00	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00		
	C9	0.000E+00	C27	0.000E+00	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00		
	C10	0.000E+00	C28	0.000E+00	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00		
	C11	0.000E+00	C29	0.000E+00	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00		
	C12	0.000E+00	C30	0.000E+00	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00		
	C13	0.000E+00	C31	0.000E+00	C49	0.000E+00				
	C14	0.000E+00	C32	0.000E+00	C50	0.000E+00				
	C15	0.000E+00	C33	0.000E+00	C51	0.000E+00				
	C16	0.000E+00	C34	0.000E+00	C52	0.000E+00				
	C17	0.000E+00	C35	0.000E+00	C53	0.000E+00				
	C18	0.000E+00	C36	0.000E+00	C54	0.000E+00				

【 図 1 8 】

面番号	多項式係数						
C1	0.000E+00	C19	-1.761E-11	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00
C2	0.000E+00	C20	-3.020E-12	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00
C3	0.000E+00	C21	-6.723E-11	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00
C4	-1.236E-03	C22	3.965E-13	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00
C5	-7.919E-11	C23	1.044E-11	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00
C6	-1.387E-03	C24	-1.065E-12	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00
C7	-1.677E-07	C25	2.500E-14	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00
C8	-1.048E-06	C26	-8.703E-13	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00
C9	-1.293E-07	C27	4.837E-14	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00
C10	-7.890E-07	C28	-5.637E-13	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00
C11	-1.402E-08	C29	-1.270E-16	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00
C12	6.539E-11	C30	0.000E+00	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00
C13	-2.935E-08	C31	-1.188E-16	C49	0.000E+00		
C14	-4.412E-10	C32	-1.332E-16	C50	0.000E+00		
C15	-1.445E-08	C33	-7.653E-16	C51	0.000E+00		
C16	2.914E-13	C34	3.618E-15	C52	0.000E+00		
C17	-4.002E-12	C35	6.237E-16	C53	0.000E+00		
C18	-1.769E-12	C36	1.218E-14	C54	0.000E+00		
C19	0.000E+00	C37	-1.430E-13	C55	0.000E+00		
C20	2.042E-01	C38	7.920E-13	C56	0.000E+00		
C21	3.139E+00	C39	1.670E-14	C57	0.000E+00		
C22	-6.100E-05	C40	7.130E-17	C58	0.000E+00		
C23	-1.880E-06	C41	1.320E-16	C59	0.000E+00		
C24	7.680E-05	C42	-1.470E-16	C60	0.000E+00		
C25	2.960E-07	C43	2.340E-16	C61	0.000E+00		
C26	2.900E-07	C44	3.000E-16	C62	0.000E+00		
C27	1.610E-07	C45	6.610E-11	C63	0.000E+00		
C28	1.160E-07	C46	1.000E-17	C64	0.000E+00		
C29	-1.940E-10	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00		
C30	-1.620E-10	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00		
C31	-5.070E-11	C49	0.000E+00				
C32	-5.930E-11	C50	0.000E+00				
C33	-3.830E-12	C51	0.000E+00				
C34	4.330E-14	C52	0.000E+00				
C35	2.810E-13	C53	0.000E+00				
C36	-1.320E-13	C54	0.000E+00				

【 図 2 0 】

面番号	形状	屈折率	アッベ数	偏心データ						
				X	Y	Z	ADE	BDE	CDE	
1	表示面			0			0	0	0	
2	自由曲面			0.3119	-30.9043	4.4972	-0.2291	-1.4288		
3	固定レンズ	1.492	57.4	0.28791	11.55944	-36.8858	4.4972	-0.2291	-1.4288	
4	自由曲面			0.469	21.712	-73.504	4.497	-0.229	-1.429	
5	自由曲面	1.492	57.4	0.389	20.144	-93.442	4.497	-0.229	-1.429	
6	自由曲面			0.866	46.862	-189.804	7.870	-0.313	-0.535	
7	ミラー			0.885	46.862	-189.804	7.870	-0.313	-0.535	
8	ウインドシールド			17.174	169.932	5.826	147.709	-9.939	13.843	
9	観察窓			-101.974	-185.724	740.469	147.709	-9.939	13.843	

【図 2 1】

面番号	曲率半径
2	123.9
3	∞
4	∞
5	111.2
6	197.2
7	-1472.5

【図 2 2】

面番号	多項式係数							
2	C1	0.000E+00	C19	0.000E+00	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00
	C2	0.000E+00	C20	0.000E+00	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00
	C3	-2.339E-01	C21	0.000E+00	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00
	C4	1.727E-03	C22	0.000E+00	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00
	C5	1.082E-03	C23	0.000E+00	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00
	C6	-2.868E-03	C24	0.000E+00	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00
	C7	8.270E-06	C25	0.000E+00	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00
	C8	-1.380E-04	C26	0.000E+00	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00
	C9	-3.166E-05	C27	0.000E+00	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00
	C10	-2.932E-05	C28	0.000E+00	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00
	C11	-3.754E-07	C29	0.000E+00	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00
	C12	-4.856E-07	C30	0.000E+00	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00
	C13	1.174E-06	C31	0.000E+00	C49	0.000E+00		
	C14	5.879E-07	C32	0.000E+00	C50	0.000E+00		
	C15	-2.729E-07	C33	0.000E+00	C51	0.000E+00		
	C16	0.000E+00	C34	0.000E+00	C52	0.000E+00		
	C17	0.000E+00	C35	0.000E+00	C53	0.000E+00		
	C18	0.000E+00	C36	0.000E+00	C54	0.000E+00		
3	C1	0.000E+00	C19	0.000E+00	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00
	C2	0.000E+00	C20	0.000E+00	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00
	C3	-2.339E-01	C21	0.000E+00	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00
	C4	1.727E-03	C22	0.000E+00	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00
	C5	1.082E-03	C23	0.000E+00	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00
	C6	-2.868E-03	C24	0.000E+00	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00
	C7	8.270E-06	C25	0.000E+00	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00
	C8	-1.380E-04	C26	0.000E+00	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00
	C9	-3.166E-05	C27	0.000E+00	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00
	C10	-2.932E-05	C28	0.000E+00	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00
	C11	-3.754E-07	C29	0.000E+00	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00
	C12	-4.856E-07	C30	0.000E+00	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00
	C13	1.174E-06	C31	0.000E+00	C49	0.000E+00		
	C14	5.879E-07	C32	0.000E+00	C50	0.000E+00		
	C15	-2.729E-07	C33	0.000E+00	C51	0.000E+00		
	C16	0.000E+00	C34	0.000E+00	C52	0.000E+00		
	C17	0.000E+00	C35	0.000E+00	C53	0.000E+00		
	C18	0.000E+00	C36	0.000E+00	C54	0.000E+00		

【図 2 3】

面番号	多項式係数							
4	C1	0.000E+00	C19	0.000E+00	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00
	C2	0.000E+00	C20	0.000E+00	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00
	C3	0.000E+00	C21	0.000E+00	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00
	C4	-6.114E-04	C22	0.000E+00	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00
	C5	0.000E+00	C23	0.000E+00	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00
	C6	0.000E+00	C24	0.000E+00	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00
	C7	0.000E+00	C25	0.000E+00	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00
	C8	0.000E+00	C26	0.000E+00	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00
	C9	0.000E+00	C27	0.000E+00	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00
	C10	0.000E+00	C28	0.000E+00	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00
	C11	6.404E-08	C29	0.000E+00	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00
	C12	0.000E+00	C30	0.000E+00	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00
	C13	0.000E+00	C31	0.000E+00	C49	0.000E+00		
	C14	0.000E+00	C32	0.000E+00	C50	0.000E+00		
	C15	0.000E+00	C33	0.000E+00	C51	0.000E+00		
	C16	0.000E+00	C34	0.000E+00	C52	0.000E+00		
	C17	0.000E+00	C35	0.000E+00	C53	0.000E+00		
	C18	0.000E+00	C36	0.000E+00	C54	0.000E+00		
5	C1	0.000E+00	C19	0.000E+00	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00
	C2	0.000E+00	C20	0.000E+00	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00
	C3	-2.293E-01	C21	0.000E+00	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00
	C4	-9.817E-04	C22	0.000E+00	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00
	C5	2.039E-05	C23	0.000E+00	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00
	C6	-7.310E-04	C24	0.000E+00	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00
	C7	-2.094E-06	C25	0.000E+00	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00
	C8	-2.289E-05	C26	0.000E+00	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00
	C9	-2.778E-06	C27	0.000E+00	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00
	C10	-2.238E-05	C28	0.000E+00	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00
	C11	-7.611E-08	C29	0.000E+00	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00
	C12	9.916E-09	C30	0.000E+00	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00
	C13	-5.536E-08	C31	0.000E+00	C49	0.000E+00		
	C14	6.753E-08	C32	0.000E+00	C50	0.000E+00		
	C15	-2.529E-09	C33	0.000E+00	C51	0.000E+00		
	C16	0.000E+00	C34	0.000E+00	C52	0.000E+00		
	C17	0.000E+00	C35	0.000E+00	C53	0.000E+00		
	C18	0.000E+00	C36	0.000E+00	C54	0.000E+00		

【図 2 4】

面番号	多項式係数							
6	C1	0.000E+00	C19	-3.654E-11	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00
	C2	0.000E+00	C20	2.419E-11	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00
	C3	0.000E+00	C21	-9.256E-11	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00
	C4	-1.546E-03	C22	-4.011E-13	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00
	C5	2.648E-06	C23	2.032E-14	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00
	C6	-1.739E-03	C24	-1.501E-12	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00
	C7	2.300E-07	C25	-1.550E-13	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00
	C8	-6.399E-07	C26	-9.493E-13	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00
	C9	2.198E-07	C27	2.074E-13	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00
	C10	-9.433E-07	C28	-1.169E-12	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00
	C11	-1.519E-08	C29	1.963E-16	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00
	C12	9.871E-12	C30	-1.454E-15	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00
	C13	-2.966E-08	C31	-7.907E-16	C49	0.000E+00		
	C14	-1.832E-09	C32	-6.145E-15	C50	0.000E+00		
	C15	-1.716E-08	C33	-5.355E-15	C51	0.000E+00		
	C16	-3.005E-12	C34	-7.724E-15	C52	0.000E+00		
	C17	1.723E-12	C35	-4.527E-15	C53	0.000E+00		
	C18	2.229E-12	C36	1.594E-14	C54	0.000E+00		
7	C1	0.000E+00	C19	-1.430E-13	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00
	C2	2.424E+01	C20	7.920E-15	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00
	C3	1.399E+00	C21	1.670E-14	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00
	C4	-6.100E-05	C22	7.130E-17	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00
	C5	-1.880E-06	C23	1.320E-16	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00
	C6	7.680E-05	C24	-1.470E-16	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00
	C7	2.960E-07	C25	2.340E-16	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00
	C8	2.300E-08	C26	3.060E-16	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00
	C9	1.610E-07	C27	6.610E-17	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00
	C10	1.160E-07	C28	1.000E-17	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00
	C11	-1.940E-10	C29	0.000E+00	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00
	C12	-1.620E-10	C30	0.000E+00	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00
	C13	-5.070E-11	C31	0.000E+00	C49	0.000E+00		
	C14	-5.930E-11	C32	0.000E+00	C50	0.000E+00		
	C15	-3.630E-12	C33	0.000E+00	C51	0.000E+00		
	C16	4.430E-14	C34	0.000E+00	C52	0.000E+00		
	C17	2.810E-13	C35	0.000E+00	C53	0.000E+00		
	C18	-1.320E-13	C36	0.000E+00	C54	0.000E+00		

フロントページの続き

(72)発明者 森 俊也

大阪府門真市大字門真１００６番地 パナソニック株式会社内

審査官 後藤 昌夫

(56)参考文献 国際公開第２０１８／０６６６７５（ＷＯ，Ａ１）

実開昭６３－１３９０３２（ＪＰ，Ｕ）

特開昭６０－１３１３２８（ＪＰ，Ａ）

特開２０１６－０４８３４４（ＪＰ，Ａ）

米国特許第０５５１９５３６（ＵＳ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

G 0 2 B 2 7 / 0 1

B 6 0 K 3 5 / 0 0