

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6966718号
(P6966718)

(45) 発行日 令和3年11月17日(2021. 11. 17)

(24) 登録日 令和3年10月26日(2021. 10. 26)

(51) Int. Cl.	F I	
G09G 5/00 (2006.01)	G09G 5/00	550H
G02B 27/02 (2006.01)	G02B 27/02	Z
H04N 5/64 (2006.01)	H04N 5/64	511A
G09F 9/00 (2006.01)	G09G 5/00	510A
	G09F 9/00	359
請求項の数 19 (全 54 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2017-164341 (P2017-164341)	(73) 特許権者	504143441
(22) 出願日	平成29年8月29日(2017. 8. 29)		国立大学法人 奈良先端科学技術大学院大 学
(65) 公開番号	特開2019-40165 (P2019-40165A)		奈良県生駒市高山町8916-5
(43) 公開日	平成31年3月14日(2019. 3. 14)	(74) 代理人	100114476
審査請求日	令和2年7月16日(2020. 7. 16)		弁理士 政木 良文
		(72) 発明者	加藤 博一
			奈良県生駒市高山町8916-5 国立大 学法人奈良先端科学技術大学院大学内
		(72) 発明者	太田 淳
			奈良県生駒市高山町8916-5 国立大 学法人奈良先端科学技術大学院大学内
		(72) 発明者	浦岡 行治
			奈良県生駒市高山町8916-5 国立大 学法人奈良先端科学技術大学院大学内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ディスプレイ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ユーザの眼前に装着して使用するディスプレイ装置であって、
マイクロレンズアレイ、ディスプレイパネル、前記ディスプレイパネルを駆動するドライバ装置、前記ディスプレイパネルに表示させる出力画像の出力画像データを生成し前記ドライバ装置に出力する画像生成装置を備えてなり、

前記マイクロレンズアレイの主面と前記ディスプレイパネルの発光面が、前記マイクロレンズアレイの焦点距離より短い距離だけ離間して対向し、装着時に前記マイクロレンズアレイの主面が前記ディスプレイパネルの発光面よりユーザの瞳孔面側に位置するように構成され、

前記画像生成装置は、入力処理部、演算処理部、及び、出力処理部を備えて構成され、
前記入力処理部は、前記ディスプレイパネルの各画素から出射される光が、前記マイクロレンズアレイ及び前記瞳孔面を通過して網膜上に結像されることで、前記ユーザによって前記ディスプレイパネルより後方の仮想画像面上で観察される虚像を入力画像とする入力画像データを受け付けるように構成され、

前記演算処理部は、前記仮想画像面上の前記入力画像を構成する各入力画素の中から、前記ディスプレイパネルの1つの画素に対応する1つの前記入力画素を特定し、前記入力画像データから前記特定した前記入力画素の画素値を読み出して入力画素値とし、当該入力画素値に、当該1つの画素に対して予め設定された重み係数を乗じて、当該1つの画素の画素値とする画素値生成処理を、前記ディスプレイパネルの各画素に対して各別に行う

ように構成され、

前記出力処理部は、前記画素値生成処理で生成された各画素の前記画素値を備えた前記出力画像データを、前記ドライバ装置に出力するように構成され、

前記重み係数は、前記ディスプレイパネルの各画素に対して、各別に、前記ディスプレイパネルの1つの対象画素が、前記対象画素から出射された光が前記マイクロレンズアレイ内の複数のレンズを通して前記瞳孔面に到達することで、前記対象画素以外の他の画素のノイズ源と見做される特定画素である場合に、0が割り当てられ、前記対象画素が、前記特定画素でない場合に、前記マイクロレンズアレイの主面と前記ディスプレイパネルの発光面と前記瞳孔面の配置関係、前記マイクロレンズアレイ及び前記ディスプレイパネルの構造的属性、前記瞳孔面の直径、及び、当該対象画素の位置に応じて生成された0、1、0より大きく1未満の中間値の3種類の補正值が全て割り当てられ、前記画像生成装置に内蔵または外付けの記憶装置内に保存されていることを特徴とするディスプレイ装置。 10

【請求項2】

前記重み係数は、前記対象画素が前記特定画素でない場合に、前記特定画素の前記重み係数の値が0であることに起因して前記仮想画像面上において前記ユーザによって観測されるノイズパターンの発生が抑制されるように、前記補正值が割り当てられていることを特徴とする請求項1に記載のディスプレイ装置。

【請求項3】

前記瞳孔面の中心と前記対象画素の中心を結ぶ直線が通過する前記マイクロレンズアレイ内の1つのレンズを前記対象画素に対応する対象レンズとした場合において、前記対象画素から出射され前記対象レンズに隣接する複数の隣接レンズの少なくとも1つを通過した光の少なくとも一部が前記瞳孔面を通過する場合、当該対象画素を前記特定画素として、前記重み係数が生成されていることを特徴とする請求項1または2に記載のディスプレイ装置。 20

【請求項4】

前記レンズの配列間隔が、前記瞳孔面の直径の最小値より小さいことを特徴とする請求項1～3の何れか1項に記載のディスプレイ装置。

【請求項5】

前記ディスプレイパネルの各画素がRGB3原色に個別に対応した副画素を備えたカラー表示対応の画素であり、 30

前記入力処理部が、前記入力画素の画素値が前記RGB3原色の各色の画素値で構成された前記入力画像データを受け付け、

前記演算処理部が、前記画素値生成処理において、前記ディスプレイパネルの1つの画素に対応する1つの前記入力画素を特定し、前記入力画像データから前記特定した前記入力画素の前記各色の画素値を読み出して前記各色の入力画素値とし、当該各色の入力画素値に、当該1つの画素に対して予め設定された前記重み係数を乗じて、当該1つの画素の前記各色に対応した前記副画素の各画素値とすることを特徴とする請求項1～4の何れか1項に記載のディスプレイ装置。

【請求項6】

前記瞳孔面の中心と前記対象画素の中心を結ぶ直線が通過する前記マイクロレンズアレイ内の1つのレンズを前記対象画素に対応する対象レンズとした場合において、 40

前記対象画素が、前記特定画素でない場合に、当該対象画素に対応する前記対象レンズを中心とする前記瞳孔面の直径と前記レンズの配列間隔の比に応じた範囲内の被検査レンズの夫々について、

前記対象画素から出射した光が前記対象レンズによって前記仮想画像面上に虚像として観測される対象仮想画素位置と前記被検査レンズの主点を結ぶ直線が前記ディスプレイパネルの前記発光面と交差する点を、前記被検査レンズに対応する被検査画素点とし、

前記被検査画素点から出射され当該被検査画素点に対応する前記被検査レンズに隣接する複数の隣接レンズを通過した光が前記瞳孔面を通過せずに、前記瞳孔面の外周領域に到達する場合に、第1変数と第2変数の計算を行い、当該光が前記瞳孔面を通過する場合は 50

、前記第 1 変数と第 2 変数の計算を行わず、

前記第 1 変数は、当該光の到達位置の前記瞳孔面の中心または外縁からの離間距離に応じて、前記離間距離が前記瞳孔面の直径に応じた所定の基準値以上の場合に 1 とし、前記離間距離が前記所定の基準値未満の場合に、前記離間距離が大きいほど 1 に近づく 0 以上 1 未満の値として計算され、

前記第 2 変数は、前記対象仮想画素位置から、前記被検査レンズを通して前記瞳孔面とその延長面に投影される前記被検査レンズの投影領域と前記瞳孔面とが重複する部分の前記瞳孔面に対する面積比に、前記第 1 変数を乗じて計算され、

前記対象画素に対応する前記第 2 変数の計算された全ての前記被検査レンズの前記第 2 変数を合計して第 3 変数とし、前記対象レンズが前記被検査レンズである場合の前記第 1 変数を前記第 3 変数で除した値に対して、最大値が 1 となるように正規化した値が、前記対象画素の前記重み係数となるように、

前記ディスプレイパネルの各画素に対して、各別に、前記重み係数が設定されていることを特徴とする請求項 1 ~ 5 の何れか 1 項に記載のディスプレイ装置。

【請求項 7】

前記ディスプレイパネルの各画素がカラー表示非対応の画素であり、

前記ディスプレイパネルの縦方向及び横方向に夫々複数の前記画素を有する画素区画の夫々、または、前記マイクロレンズアレイの個々の前記レンズの夫々に対して、R G B 3 原色の何れか 1 色に対応したカラーフィルタが設置され、前記画素区画または前記レンズの夫々に前記 R G B 3 原色の何れか 1 色が対応付けられており、

前記 R G B 3 原色の 3 色のカラーフィルタが、前記仮想画像面上の任意の 1 点を頂点とし、前記瞳孔面を底面とする円錐体が前記カラーフィルタの設置面と交差する断面内に、前記 3 色の全てが存在するように配列しており、

前記入力処理部が、前記入力画素の画素値が前記 R G B 3 原色の各色の画素値で構成された前記入力画像データを受け付け、

前記演算処理部が、前記各画素が前記 R G B 3 原色の何れの色に対応しているかの色対応関係を備えており、前記画素値生成処理において、前記ディスプレイパネルの 1 つの画素に対応する 1 つの前記入力画素を特定し、前記入力画像データから前記特定した前記入力画素の前記色対応関係によって定まる前記 R G B 3 原色の 1 つの画素値を読み出して入力画素値とし、当該入力画素値に、当該 1 つの画素に対して予め設定された前記重み係数を乗じて、当該 1 つの画素の画素値とすることを特徴とする請求項 1 ~ 4 の何れか 1 項に記載のディスプレイ装置。

【請求項 8】

前記瞳孔面の中心と前記対象画素の中心を結ぶ直線が通過する前記マイクロレンズアレイ内の 1 つのレンズを前記対象画素に対応する対象レンズとした場合において、

前記対象画素が、前記特定画素でない場合に、当該対象画素に対応する前記対象レンズを中心とする前記瞳孔面の直径と前記レンズの配列間隔の比に応じた範囲内の被検査レンズの夫々について、

前記対象画素から出射した光が前記対象レンズによって前記仮想画像面上に虚像として観測される対象仮想画素位置と前記被検査レンズの主点を結ぶ直線が前記ディスプレイパネルの前記発光面と交差する点を、前記被検査レンズに対応する被検査画素点とし、

前記被検査画素点の前記色対応関係によって定まる前記 R G B 3 原色の 1 つである対応色が、前記対象画素の前記色対応関係によって定まる前記 R G B 3 原色の 1 つである対応色と一致し、且つ、前記被検査画素点から出射され当該被検査画素点に対応する前記被検査レンズに隣接する複数の隣接レンズを通過した光が前記瞳孔面を通過せずに、前記瞳孔面の外周領域に到達する場合に、第 1 変数と第 2 変数の計算を行い、

前記被検査画素点の前記対応色が前記対象画素の前記対応色と一致しないか、前記被検査画素点から出射され前記複数の隣接レンズを通過した光が前記瞳孔面を通過する場合は、前記第 1 変数と第 2 変数の計算を行わず、

10

20

30

40

50

前記第 1 変数は、当該光の到達位置の前記瞳孔面の中心または外縁からの離間距離に応じて、前記離間距離が前記瞳孔面の直径に応じた所定の基準値以上の場合に 1 とし、前記離間距離が前記所定の基準値未満の場合に、前記離間距離が大きいほど 1 に近づく 0 以上 1 未満の値として計算され、

前記第 2 変数は、前記対象仮想画素位置から、前記被検査レンズを通して前記瞳孔面とその延長面に投影される前記被検査レンズの投影領域と前記瞳孔面とが重複する部分の前記瞳孔面に対する面積比に、前記第 1 変数を乗じて計算され、

前記対象画素に対応する前記第 2 変数の計算処理を行った全ての前記被検査レンズの前記第 2 変数を合計して第 3 変数とし、前記対象レンズが前記被検査レンズである場合の前記第 1 変数を前記第 3 変数で除した値に対して、最大値が 1 となるように正規化した値が、前記対象画素の前記重み係数となるように、

前記ディスプレイパネルの各画素に対して、各別に、前記重み係数が設定されていることを特徴とする請求項 7 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 9】

前記ディスプレイパネルが、前記ディスプレイパネルより小面積のディスプレイパネルユニットを縦方向と横方向の少なくとも 1 方向に複数配列して構成され、

前記ディスプレイパネル内の前記ディスプレイパネルユニット間の隙間を仮想的に前記特定画素と見做して、前記ディスプレイパネルユニット内の各画素に対して、前記重み係数が生成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 5 及び 7 の何れか 1 項に記載のディスプレイ装置。

【請求項 10】

前記ディスプレイパネルが、前記ディスプレイパネルより小面積のディスプレイパネルユニットを縦方向と横方向の少なくとも 1 方向に複数配列して構成され、

前記対象画素が、前記特定画素でない場合に、前記被検査レンズの夫々について、

前記被検査画素点が前記ディスプレイパネルユニット内に存在する場合に、前記第 1 変数及び前記第 2 変数の計算処理を行い、前記被検査画素点が前記ディスプレイパネルユニット内に存在しない場合は、前記第 1 変数及び前記第 2 変数の計算処理を行わず、

前記対象画素に対応する前記第 2 変数の計算された全ての前記被検査レンズの前記第 2 変数を合計して第 3 変数とし、前記対象レンズが前記被検査レンズである場合の前記第 1 変数を前記第 3 変数で除した値に対して、最大値が 1 となるように正規化した値が、前記対象画素の前記重み係数となるように、

複数の前記ディスプレイパネルユニットの各画素に対して、各別に、前記重み係数が設定されていることを特徴とする請求項 6 または 8 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 11】

前記第 1 変数の計算処理において、前記被検査画素点と前記ディスプレイパネル内の前記ディスプレイパネルユニット間の隙間との間の距離を前記レンズの配列間隔で除した値が所定値以下の場合、当該値の増加に応じて 0 から 1 まで単調に増加する第 4 変数を前記第 1 変数に乗じた値を前記第 1 変数として使用することを特徴とする請求項 10 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 12】

ユーザの眼前に装着して使用するディスプレイ装置であって、

マイクロレンズアレイ、ディスプレイパネル、前記ディスプレイパネルを駆動するドライバ装置、前記ディスプレイパネルに表示させる出力画像の出力画像データを生成し前記ドライバ装置に出力する画像生成装置を備えてなり、

前記マイクロレンズアレイの主面と前記ディスプレイパネルの発光面が、前記マイクロレンズアレイの焦点距離より短い距離だけ離間して対向し、装着時に前記マイクロレンズアレイの主面が前記ディスプレイパネルの発光面よりユーザの瞳孔面側に位置するように構成され、

前記ディスプレイパネルの各画素がカラー表示非対応の画素であり、

10

20

30

40

50

前記ディスプレイパネルの縦方向及び横方向に夫々複数の前記画素を有する画素区画の夫々、または、前記マイクロレンズアレイの個々のレンズの夫々に対して、R G B 3 原色の何れか1色に対応したカラーフィルタが設置され、前記画素区画または前記レンズの夫々に前記R G B 3 原色の何れか1色が対応付けられており、

前記画像生成装置は、入力処理部、演算処理部、及び、出力処理部を備えて構成され、

前記入力処理部は、前記ディスプレイパネルの各画素から出射される光が、前記マイクロレンズアレイ及び前記瞳孔面を通過して網膜上に結像されることで、前記ユーザによって前記ディスプレイパネルより後方の仮想画像面上で観察される虚像を入力画像とする入力画像データであって、前記入力画像を構成する各入力画素の画素値が前記R G B 3 原色の各色の画素値で構成された前記入力画像データを受け付けるように構成され、

10

前記演算処理部は、前記各画素が前記R G B 3 原色の何れの色に対応しているかの色対応関係を備え、前記各入力画素の中から、前記ディスプレイパネルの1つの画素に対応する1つの前記入力画素を特定し、前記入力画像データから前記特定した前記入力画素の前記色対応関係によって定まる前記R G B 3 原色の1つの画素値を読み出して入力画素値とし、前記入力画素値または前記入力画素値に当該1つの画素に対して予め設定された重み係数を乗じた値を当該1つの画素の画素値とする画素値生成処理を、前記ディスプレイパネルの各画素に対して各別に行うように構成され、

前記出力処理部は、前記画素値生成処理で生成された各画素の前記画素値を備えた前記出力画像データを、前記ドライバ装置に出力するように構成され、

前記R G B 3 原色の3色のカラーフィルタが、前記仮想画像面上の任意の1点を頂点とし、前記瞳孔面を底面とする円錐体が前記カラーフィルタの設置面と交差する断面内に、前記3色の全てが存在するように配列していることを特徴とするディスプレイ装置。

20

【請求項13】

前記ディスプレイパネルの各画素の内、1つの前記入力画素に対応し、且つ、前記色対応関係で定まる3色に対応する3つの画素の前記重み係数の比が、前記仮想画像面上における当該1つの前記入力画素の中心を頂点とする前記円錐体が前記カラーフィルタの設置面と交差する前記断面内における3色の前記カラーフィルタの面積の逆数の比となっていることを特徴とする請求項12に記載のディスプレイ装置。

【請求項14】

ユーザの眼前に装着して使用するディスプレイ装置であって、

30

マイクロレンズアレイ、ディスプレイパネル、前記ディスプレイパネルを駆動するドライバ装置、前記ディスプレイパネルに表示させる出力画像の出力画像データを生成し前記ドライバ装置に出力する画像生成装置を備えてなり、

前記ディスプレイパネルが、前記ディスプレイパネルより小面積のディスプレイパネルユニットを縦方向と横方向の少なくとも1方向に複数配列して構成され、

前記マイクロレンズアレイの主面と前記ディスプレイパネルの発光面が、前記マイクロレンズアレイの焦点距離より短い距離だけ離間して対向し、装着時に前記マイクロレンズアレイの主面が前記ディスプレイパネルの発光面よりユーザの瞳孔面側に位置するように構成され、

前記画像生成装置は、入力処理部、演算処理部、及び、出力処理部を備えて構成され、

40

前記入力処理部は、前記ディスプレイパネルの各画素から出射される光が、前記マイクロレンズアレイ及び前記瞳孔面を通過して網膜上に結像されることで、前記ユーザによって前記ディスプレイパネルより後方の仮想画像面上で観察される虚像を入力画像とする入力画像データを受け付けるように構成され、

前記演算処理部は、前記仮想画像面上の前記入力画像を構成する各入力画素の中から、前記ディスプレイパネルの1つの画素に対応する1つの前記入力画素を特定し、前記入力画像データから前記特定した前記入力画素の画素値を読み出して入力画素値とし、当該入力画素値に、当該1つの画素に対して予め設定された重み係数を乗じて、当該1つの画素の画素値とする画素値生成処理を、前記ディスプレイパネルの各画素に対して各別に行う

50

ように構成され、

前記出力処理部は、前記画素値生成処理で生成された各画素の前記画素値を備えた前記出力画像データを、前記ドライバ装置に出力するように構成され、

前記重み係数は、前記ディスプレイパネルの各画素に対して、各別に、前記ディスプレイパネルの1つの対象画素が、前記ディスプレイパネル内に前記ディスプレイパネルユニット間の隙間が存在することに起因して前記仮想画像面上において前記ユーザによって観測されるノイズパターンの発生が抑制されるように、前記マイクロレンズアレイの主面と前記ディスプレイパネルの発光面と前記瞳孔面の配置関係、前記マイクロレンズアレイ及び前記ディスプレイパネルの構造的属性、前記瞳孔面の直径、及び、当該対象画素の位置に応じて生成された0、1、0より大きく1未満の中間値の3種類の補正值が全て割り当てられ、前記画像生成装置の所定の記憶領域に保存されていることを特徴とするディスプレイ装置。

10

【請求項15】

前記瞳孔面の中心と前記対象画素の中心を結ぶ直線が通過する前記マイクロレンズアレイ内の1つのレンズを前記対象画素に対応する対象レンズとした場合において、

前記対象画素が、前記重み係数として既に0が割り当てられていない場合、当該対象画素に対応する前記対象レンズを中心とする前記瞳孔面の直径と前記レンズの配列間隔の比に応じた範囲内の被検査レンズの夫々について、

前記対象画素から出射した光が前記対象レンズによって前記仮想画像面上に虚像として観測される対象仮想画素位置と前記被検査レンズの主点を結ぶ直線が前記ディスプレイパネルの前記発光面と交差する点を、前記被検査レンズに対応する被検査画素点とし、

20

前記被検査画素点が前記ディスプレイパネルユニット内に存在し、且つ、前記被検査画素点から出射され当該被検査画素点に対応する前記被検査レンズに隣接する複数の隣接レンズを通過した光が前記瞳孔面を通過せずに、前記瞳孔面の外周領域に到達する場合に、第1変数と第2変数の計算を行い、

前記被検査画素点が前記ディスプレイパネルユニット内に存在しないか、前記被検査画素点から出射され前記複数の隣接レンズを通過した光が前記瞳孔面を通過する場合は、前記第1変数と第2変数の計算を行わず、

前記第1変数は、当該光の到達位置の前記瞳孔面の中心または外縁からの離間距離に応じて、前記離間距離が前記瞳孔面の直径に応じた所定の基準値以上の場合に1とし、前記離間距離が前記所定の基準値未満の場合に、前記離間距離が大きいほど1に近づく0以上1未満の値として計算され、

30

前記第2変数は、前記対象仮想画素位置から、前記被検査レンズを通して前記瞳孔面とその延長面に投影される前記被検査レンズの投影領域と前記瞳孔面とが重複する部分の前記瞳孔面に対する面積比に、前記第1変数を乗じて計算され、

前記対象画素に対応する前記第2変数の計算処理を行った全ての前記被検査レンズの前記第2変数を合計して第3変数とし、前記対象レンズが前記被検査レンズである場合の前記第1変数を前記第3変数で除した値に対して、最大値が1となるように正規化した値が、前記対象画素の前記重み係数となるように、

複数の前記ディスプレイパネルユニットの各画素に対して、各別に、前記重み係数が設定されていることを特徴とする請求項14に記載のディスプレイ装置。

40

【請求項16】

前記第1変数の計算処理において、前記被検査画素点と前記隙間との間の距離を前記レンズの配列間隔で除した値が所定値以下の場合、当該値の増加に応じて0から1まで単調に増加する第4変数を前記第1変数に乘じた値を前記第1変数として使用する請求項15に記載のディスプレイ装置。

【請求項17】

前記レンズの配列間隔が、前記瞳孔面の直径の最小値より小さいことを特徴とする請求項15または16に記載のディスプレイ装置。

50

【請求項 18】

前記重み係数が、前記瞳孔面の直径、前記瞳孔面に直交して前記瞳孔面の中心を通過する視線軸が前記ディスプレイパネルと交差する位置、及び、前記瞳孔面の中心を通過して前記ディスプレイパネルと直交する基準直線に対する前記視線軸の方向の内の1以上の瞳孔面に関するパラメータに応じて、複数組の前記重み係数を備え、

前記入力処理部が、前記1以上の瞳孔面に関するパラメータを入力情報として受け付けるように構成され、

前記演算処理部が、前記入力情報に応じた前記重み係数を使用することを特徴とする請求項1～17の何れか1項に記載のディスプレイ装置。

【請求項 19】

前記瞳孔面の直径、前記瞳孔面に直交して前記瞳孔面の中心を通過する視線軸が前記ディスプレイパネルと交差する位置、及び、前記瞳孔面の中心を通過して前記ディスプレイパネルと直交する基準直線に対する前記視線軸の方向の内の1以上の瞳孔面に関するパラメータを計測し、その計測結果を前記入力情報として、前記画像生成装置に出力するセンサを備えていることを特徴とする請求項18に記載のディスプレイ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、眼前に装着して使用するディスプレイ装置、及び、当該ディスプレイ装置に使用する画像生成装置に関し、特に、マイクロレンズアレイとディスプレイパネルと前記ディスプレイパネルを駆動するドライバ装置を備えて構成されるディスプレイ装置、及び、その画像生成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

マイクロレンズアレイとディスプレイパネルと前記ディスプレイパネルを駆動するドライバ装置を備えて構成されるディスプレイ装置としては、下記の特許文献1及び非特許文献1等が開示されているヘッドマウントディスプレイ装置がある。

【0003】

マイクロレンズアレイを使用することでレンズの焦点距離を短くでき、マイクロレンズアレイとディスプレイパネル間の距離を短くした構成が可能となる。これにより、ディスプレイ装置の小型化及び軽量化が可能となり、例えば、非特許文献1が開示されているように、眼鏡タイプの薄型で軽量のディスプレイ装置の実現が期待される。

【0004】

非特許文献1では、マイクロレンズアレイを使用した眼鏡タイプのディスプレイ装置のプロトタイプを作製して、その実現可能性は示されたが、高解像度・高視野角の実現には至っておらず、ディスプレイを適切に見ることのできるユーザの視点（眼の位置、瞳孔中心）の範囲を表すアイボックス（eye box）も十分な大きさではない。前者の問題は、ディスプレイパネルとして高解像度、広面積のパネルが存在しないことが要因として挙げられている。また、後者のアイボックスの大きさの問題には、ユーザの視点の追跡の必要性を指摘しているに止まっている。

【0005】

上記アイボックスの大きさの問題は、単体レンズを使用する場合は、アイボックスの外側に視点があると映像を見ることができない（黒画面）ことになるが、マイクロレンズアレイを使用する場合は、各レンズがアレイ状に配列した構造であるため、同じ画像が周期的に繰り返されるとい現象が生じる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第2014/0340389号

【非特許文献】

10

20

30

40

50

【0007】

【非特許文献1】Douglas Lanman and David Luebke, "Near-eye light field displays," ACM SIGGRAPH 2013 Emerging Technologies on - SIGGRAPH '13.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上記アイボックスの大きさの問題は、ユーザの視点の取り扱いの問題であるが、視点は、現実には点ではなく、瞳孔という大きさのある面領域として考慮する必要がある。つまり、瞳孔面（瞳孔の開口面）の一部がアイボックス内に存在しても、他の一部がアイボックス外に存在すると、上述の画像の繰り返しの影響を受け、ユーザが知覚する画質が低下するという新たな問題が生じる。非特許文献1では、視点を瞳孔面という面領域として取り扱うことについては言及がなく、当然に、それに起因する問題への対策も取られていない。

【0009】

瞳孔の大きさは、一般に直径が2mmから6mm乃至8mmまでの範囲で変化して、眼球内に取り込む光の量を調節している。そのため、瞳孔が拡大すると、上述の画像の繰り返しの影響を強く受け、ユーザが知覚する画質の低下が顕著となる。

【0010】

本発明は、上述の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、眼前に装着して使用するマイクロレンズアレイを備えたディスプレイ装置において、瞳孔の拡大等に伴う画質の低下を抑制し、高品質の画像をユーザが観察できるようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明に係るディスプレイ装置は、ユーザの眼前に装着して使用するディスプレイ装置であって、マイクロレンズアレイ、ディスプレイパネル、前記ディスプレイパネルを駆動するドライバ装置、前記ディスプレイパネルに表示させる出力画像の出力画像データを生成し前記ドライバ装置に出力する画像生成装置を備えてなり、

前記マイクロレンズアレイの主面と前記ディスプレイパネルの発光面が、前記マイクロレンズアレイの焦点距離より短い距離だけ離間して対向し、装着時に前記マイクロレンズアレイの主面が前記ディスプレイパネルの発光面よりユーザの瞳孔面側に位置するように構成され、

前記画像生成装置は、入力処理部、演算処理部、及び、出力処理部を備えて構成され、

前記入力処理部は、前記ディスプレイパネルの各画素から出射される光が、前記マイクロレンズアレイ及び前記瞳孔面を通過して網膜上に結像されることで、前記ユーザによって前記ディスプレイパネルより後方の仮想画像面上で観察される虚像を入力画像とする入力画像データを受け付けるように構成され、

前記演算処理部は、前記仮想画像面上の前記入力画像を構成する各入力画素の中から、前記ディスプレイパネルの1つの画素に対応する1つの前記入力画素を特定し、前記入力画像データから前記特定した前記入力画素の画素値を読み出して入力画素値とし、当該入力画素値に、当該1つの画素に対して予め設定された重み係数を乗じて、当該1つの画素の画素値とする画素値生成処理を、前記ディスプレイパネルの各画素に対して各別に行うように構成され、

前記出力処理部は、前記画素値生成処理で生成された各画素の前記画素値を備えた前記出力画像データを、前記ドライバ装置に出力するように構成され、

前記重み係数は、前記ディスプレイパネルの各画素に対して、各別に、前記ディスプレイパネルの1つの対象画素が、前記対象画素から出射された光が前記マイクロレンズアレイ内の複数のレンズを通して前記瞳孔面に到達することで、前記対象画素以外の他の画素のノイズ源と見做される特定画素である場合に、0が割り当てられ、前記対象画素が、前

記特定画素でない場合に、前記マイクロレンズアレイの主面と前記ディスプレイパネルの発光面と前記瞳孔面の配置関係、前記マイクロレンズアレイ及び前記ディスプレイパネルの構造的属性、前記瞳孔面の直径、及び、当該対象画素の位置に応じて生成された0、1、0より大きく1未満の中間値の3種類の補正值が全て割り当てられ、前記画像生成装置に内蔵または外付けの記憶装置内に保存されていることを第1の特徴とする。

【0012】

更に、上記第1の特徴のディスプレイ装置は、前記重み係数が、前記対象画素が前記特定画素でない場合に、前記特定画素の前記重み係数の値が0であることに起因して前記仮想画像面上において前記ユーザによって観測されるノイズパターンの発生が抑制されるように、前記補正值が割り当てられていることが好ましい。

10

【0013】

上記第1の特徴のディスプレイ装置によれば、画像生成装置が、入力画像から生成した出力画像データをドライバ装置に出力してディスプレイパネル上に表示させることで、ディスプレイパネルの各画素から出射される光が、マイクロレンズアレイ及びユーザの瞳孔を通過して網膜上に結像されて、当該ユーザはディスプレイパネルより後方の仮想画像面上において該入力画像の拡大された再生画像を虚像として観察することでき、その際、出力画像データを生成する画素値生成処理においてディスプレイパネルの各画素に対して瞳孔面の直径に応じて生成された重み係数を用いることにより、上述した瞳孔の拡大に伴いユーザが該再生画像上において知覚する画質の低下を効果的に抑制することができる。当該抑制効果については詳細に後述する。

20

【0014】

ここで、「ユーザの眼前に装着して使用する」とは、ディスプレイ装置の一部が眼前であればよく、必ずしも、ディスプレイ装置の全ての構成要素が眼前に位置する必要はない。また、「眼前」とはユーザの視線軸の方向（瞳孔面に垂直な方向）に前方であることを意味する。従って、マイクロレンズアレイとディスプレイパネルが視線軸上に存在すれば、「ユーザの眼前に装着して使用する」に該当する。更に、ユーザの視線軸を鏡（ハーフミラーを含む）やプリズム等で屈曲させる構造を採用している場合には、その鏡（ハーフミラーを含む）やプリズム等がディスプレイ装置の一部であれば、「ユーザの眼前に装着して使用する」に該当し、屈曲した視線軸上にマイクロレンズアレイとディスプレイパネルが存在する場合も、「ユーザの眼前に装着して使用する」に該当する。

30

【0015】

また、「マイクロレンズアレイの主面」とは、マイクロレンズアレイを構成する個々のレンズの幾何光学上の主点が存在する面である。

【0016】

更に、「マイクロレンズアレイ及びディスプレイパネルの構造的属性」とは、例えば、マイクロレンズアレイの焦点距離、レンズの配列間隔（レンズの大きさ）、レンズの配列数、及び、ディスプレイパネルの描画領域の大きさ、画素の配列間隔（画素の大きさ）、描画領域内の画素の配列数等を意味する。

【0017】

更に、上記第1の特徴のディスプレイ装置は、前記瞳孔面の中心と前記対象画素の中心を結ぶ直線が通過する前記マイクロレンズアレイ内の1つのレンズを前記対象画素に対応する対象レンズとした場合において、前記対象画素から出射され前記対象レンズに隣接する複数の隣接レンズの少なくとも1つを通過した光の少なくとも一部が前記瞳孔面を通過する場合、当該対象画素を前記特定画素として、前記重み係数が生成されていることが好ましい。これにより、重み係数の作成時における特定画素の選別が容易且つ確実に行うことができる。

40

【0018】

更に、上記第1の特徴のディスプレイ装置は、前記レンズの配列間隔が、前記瞳孔面の直径の最小値より小さいことが好ましい。レンズの配列間隔が小さいと個々のレンズの焦点距離を短くでき、ディスプレイ装置の小型化、薄型化が図れ好ましい。しかしながら、

50

一方で、レンズの配列間隔が小さいと、同じ瞳孔面の大きさに対して、相対的に瞳孔の拡大による画質の低下が顕著となるため、上記第1の特徴のディスプレイ装置によって、当該画質低下がより好適に抑制され、上記ディスプレイ装置の小型化、薄型化との両立が図れる。

【0019】

更に、本発明に係るディスプレイ装置は、上記第1の特徴に加えて、前記ディスプレイパネルの各画素がRGB3原色に個別に対応した副画素を備えたカラー表示対応の画素であり、前記入力処理部が、前記入力画素の画素値が前記RGB3原色の各色の画素値で構成された前記入力画像データを受け付け、前記演算処理部が、前記画素値生成処理において、前記ディスプレイパネルの1つの画素に対応する1つの前記入力画素を特定し、前記入力画像データから前記特定した前記入力画素の前記各色の画素値を読み出して前記各色の入力画素値とし、当該各色の入力画素値に、当該1つの画素に対して予め設定された前記重み係数を乗じて、当該1つの画素の前記各色に対応した前記副画素の各画素値とすることを第2の特徴とする。

【0020】

上記第2の特徴のディスプレイ装置によれば、画像生成装置が、カラー画像の入力画像から生成した出力画像データをドライバ装置に出力してディスプレイパネル上に表示させることで、ディスプレイパネルの各画素から出射される光が、マイクロレンズアレイ及びユーザの瞳孔を通過して網膜上に結像されて、当該ユーザはディスプレイパネルより後方の仮想画像面上において該カラー入力画像の拡大された再生画像を虚像として観察することができ、その際、出力画像データを生成する画素値生成処理においてディスプレイパネルの各画素に対して瞳孔面の直径に応じて生成された重み係数を用いることにより、上述した瞳孔の拡大に伴いユーザが該再生画像上において知覚する画質の低下を効果的に抑制することができる。

【0021】

更に、本発明に係るディスプレイ装置は、上記第1または第2の特徴に加えて、前記瞳孔面の中心と前記対象画素の中心を結ぶ直線が通過する前記マイクロレンズアレイ内の1つのレンズを前記対象画素に対応する対象レンズとした場合において、

前記対象画素が、前記特定画素でない場合に、当該対象画素に対応する前記対象レンズを中心とする前記瞳孔面の直径と前記レンズの配列間隔の比に応じた範囲内の被検査レンズの夫々について、

前記対象画素から出射した光が前記対象レンズによって前記仮想画像面上に虚像として観測される対象仮想画素位置と前記被検査レンズの主点を結ぶ直線が前記ディスプレイパネルの前記発光面と交差する点を、前記被検査レンズに対応する被検査画素点とし、

前記被検査画素点から出射され当該被検査画素点に対応する前記被検査レンズに隣接する複数の隣接レンズを通過した光が前記瞳孔面を通過せずに、前記瞳孔面の外周領域に到達する場合に、第1変数と第2変数の計算を行い、当該光が前記瞳孔面を通過する場合は、前記第1変数と第2変数の計算を行わず、

前記第1変数は、当該光の到達位置の前記瞳孔面の中心または外縁からの離間距離に応じて、前記離間距離が前記瞳孔面の直径に応じた所定の基準値以上の場合に1とし、前記離間距離が前記所定の基準値未満の場合に、前記離間距離が大きいほど1に近づく0以上1未満の値として計算され、

前記第2変数は、前記対象仮想画素位置から、前記被検査レンズを通して前記瞳孔面とその延長面に投影される前記被検査レンズの投影領域と前記瞳孔面とが重複する部分の前記瞳孔面に対する面積比に、前記第1変数を乗じて計算され、

前記対象画素に対応する前記第2変数の計算された全ての前記被検査レンズの前記第2変数を合計して第3変数とし、前記対象レンズが前記被検査レンズである場合の前記第1変数を前記第3変数で除した値に対して、最大値が1となるように正規化した値が、前記対象画素の前記重み係数となるように、

前記ディスプレイパネルの各画素に対して、各別に、前記重み係数が設定されているこ

とを第3の特徴とする。

【0022】

上記第3の特徴の画像生成装置によれば、特定画素の重み係数の値が0であることに起因して仮想画像面上においてユーザによって観測されるノイズパターンの発生を効果的に抑制可能な重み係数を使用することができ、上述した瞳孔の拡大に伴いユーザが再生画像上において知覚する画質の低下を確実に抑制することができる。

【0023】

更に、本発明に係るディスプレイ装置は、上記第1の特徴に加えて、前記ディスプレイパネルの各画素がカラー表示非対応の画素であり、

前記ディスプレイパネルの縦方向及び横方向に夫々複数の前記画素を有する画素区画の夫々、または、前記マイクロレンズアレイの個々の前記レンズの夫々に対して、前記RGB3原色の何れか1色に対応したカラーフィルタが設置され、前記画素区画または前記レンズの夫々に前記RGB3原色の何れか1色が対応付けられており、

前記3色のカラーフィルタが、前記仮想画像面上の任意の1点を頂点とし、前記瞳孔面を底面とする円錐体が前記カラーフィルタの設置面と交差する断面内に、前記3色の全てが存在するように配列しており、

前記入力処理部が、前記入力画素の画素値が前記RGB3原色の各色の画素値で構成された前記入力画像データを受け付け、

前記演算処理部が、前記各画素が前記RGB3原色の何れの色に対応しているかの色対応関係を備えており、前記画素値生成処理において、前記ディスプレイパネルの1つの画素に対応する1つの前記入力画素を特定し、前記入力画像データから前記特定した前記入力画素の前記色対応関係によって定まる前記RGB3原色の1つの画素値を読み出して入力画素値とし、当該入力画素値に、当該1つの画素に対して予め設定された前記重み係数を乗じて、当該1つの画素の画素値とすることを第4の特徴とする。

【0024】

上記第4の特徴のディスプレイ装置によれば、画像生成装置が、カラー画像の入力画像から生成した出力画像データをドライバ装置に出力してカラー表示非対応のディスプレイパネル上に表示させることで、ディスプレイパネルのカラー表示非対応の各画素から出射される光が、マイクロレンズアレイ及びユーザの瞳孔を通過して網膜上に結像されて、当該ユーザはディスプレイパネルより後方の仮想画像面上において該カラー入力画像の拡大された再生画像を虚像として観察することでき、その際、出力画像データを生成する画素値生成処理においてディスプレイパネルの各画素に対して瞳孔面の直径に応じて生成された重み係数を用いることにより、上述した瞳孔の拡大に伴いユーザが該再生画像上において知覚する画質の低下を効果的に抑制することができる。

【0025】

更に、カラー表示非対応のディスプレイパネルの各画素は、通常の色表示対応のディスプレイパネルの各画素と異なり、RGB3原色に個別に対応した副画素を備える必要がないため、つまり、1画素内で色の分離を行う必要がないため、各画素の面積を縮小でき、ディスプレイパネルの高解像度化を容易に実現することができる。

【0026】

更に、本発明に係るディスプレイ装置は、上記第4の特徴に加えて、前記瞳孔面の中心と前記対象画素の中心を結ぶ直線が通過する前記マイクロレンズアレイ内の1つのレンズを前記対象画素に対応する対象レンズとした場合において、

前記対象画素が、前記特定画素でない場合に、当該対象画素に対応する前記対象レンズを中心とする前記瞳孔面の直径と前記レンズの配列間隔の比に応じた範囲内の被検査レンズの夫々について、

前記対象画素から出射した光が前記対象レンズによって前記仮想画像面上に虚像として観測される対象仮想画素位置と前記被検査レンズの主点を結ぶ直線が前記ディスプレイパネルの前記発光面と交差する点を、前記被検査レンズに対応する被検査画素点とし、

前記被検査画素点の前記色対応関係によって定まる前記RGB3原色の1つである対応

10

20

30

40

50

色が、前記対象画素の前記色対応関係によって定まる前記RGB3原色の1つである対応色と一致し、且つ、前記被検査画素点から出射され当該被検査画素点に対応する前記被検査レンズに隣接する複数の隣接レンズを通過した光が前記瞳孔面を通過せずに、前記瞳孔面の外周領域に到達する場合に、第1変数と第2変数の計算を行い、

前記被検査画素点の前記対応色が前記対象画素の前記対応色と一致しないか、前記被検査画素点から出射され前記複数の隣接レンズを通過した光が前記瞳孔面を通過する場合は、前記第1変数と第2変数の計算を行わず、

前記第1変数は、当該光の到達位置の前記瞳孔面の中心または外縁からの離間距離に応じて、前記離間距離が前記瞳孔面の直径に応じた所定の基準値以上の場合に1とし、前記離間距離が前記所定の基準値未満の場合に、前記離間距離が大きいほど1に近づく0以上1未満の値として計算され、

前記第2変数は、前記対象仮想画素位置から、前記被検査レンズを通して前記瞳孔面とその延長面に投影される前記被検査レンズの投影領域と前記瞳孔面とが重複する部分の前記瞳孔面に対する面積比に、前記第1変数を乗じて計算され、

前記対象画素に対応する前記第2変数の計算処理を行った全ての前記被検査レンズの前記第2変数を合計して第3変数とし、前記対象レンズが前記被検査レンズである場合の前記第1変数を前記第3変数で除した値に対して、最大値が1となるように正規化した値が、前記対象画素の前記重み係数となるように、

前記ディスプレイパネルの各画素に対して、各別に、前記重み係数が設定されていることを第5の特徴とする。

【0027】

上記第5の特徴の画像生成装置によれば、特定画素の重み係数の値が0であることに起因して仮想画像面上においてユーザによって観測されるノイズパターンの発生を色別に効果的に抑制可能な重み係数を使用することができ、上述した瞳孔の拡大に伴いユーザが再生画像上において知覚する画質の低下を、カラー表示非対応のディスプレイパネルを使用した場合においても、確実に抑制することができる。

【0028】

更に、本発明に係るディスプレイ装置は、上記第1、第2及び第4の特徴に加えて、前記ディスプレイパネルが、前記ディスプレイパネルより小面積のディスプレイパネルユニットを縦方向と横方向の少なくとも1方向に複数配列して構成され、前記ディスプレイパネル内の前記ディスプレイパネルユニット間の隙間を仮想的に前記特定画素と見做して、前記ディスプレイパネルユニット内の各画素に対して、前記重み係数が生成されていることを第6の特徴とする。

【0029】

上記第6の特徴の画像生成装置によれば、画像生成装置が、入力画像から生成した出力画像データをドライバ装置に出力して複数のディスプレイパネルユニットを連結して成るディスプレイパネル上に表示させることで、複数のディスプレイパネルユニットの各画素から出射される光が、マイクロレンズアレイ及びユーザの瞳孔を通過して網膜上に結像されて、当該ユーザはディスプレイパネルより後方の仮想画像面上において該入力画像の拡大された再生画像を虚像として観察することでき、その際、出力画像データを生成する画素値生成処理において、ディスプレイパネルユニット間の隙間に起因してユーザが仮想画像面上において観測されるノイズパターンの発生が抑制されるように、ディスプレイパネルの各画素に対して瞳孔面の直径に応じて生成された重み係数を用いることにより、上述した瞳孔の拡大に伴いユーザが該再生画像上において知覚する画質の低下を、複数のディスプレイパネルユニットを連結して成るディスプレイパネルを使用する場合においても効果的に抑制することができる。これにより、ディスプレイパネルの広面積化が容易に実現できる。

【0030】

更に、本発明に係るディスプレイ装置は、上記第3及び第5の特徴に加えて、前記ディスプレイパネルが、前記ディスプレイパネルより小面積のディスプレイパネルユニットを

縦方向と横方向の少なくとも1方向に複数配列して構成され、

前記対象画素が、前記特定画素でない場合に、前記被検査レンズの夫々について、

前記被検査画素点が前記ディスプレイパネルユニット内に存在する場合に、前記第1変数及び前記第2変数の計算処理を行い、前記被検査画素点が前記ディスプレイパネルユニット内に存在しない場合は、前記第1変数及び前記第2変数の計算処理を行わず、

前記対象画素に対応する前記第2変数の計算された全ての前記被検査レンズの前記第2変数を合計して第3変数とし、前記対象レンズが前記被検査レンズである場合の前記第1変数を前記第3変数で除した値に対して、最大値が1となるように正規化した値が、前記対象画素の前記重み係数となるように、

複数の前記ディスプレイパネルユニットの各画素に対して、各別に、前記重み係数が設定されていることを第7の特徴とする。 10

【0031】

上記第7の特徴の画像生成装置によれば、特定画素の重み係数の値が0であること、更に、ディスプレイパネルユニット間の隙間に起因して仮想画像面上においてユーザによって観測されるノイズパターンの発生を抑制可能な重み係数を使用することができ、上述した瞳孔の拡大に伴いユーザが再生画像上において知覚する画質の低下を、複数のディスプレイパネルユニットを連結して成るディスプレイパネルを使用した場合においても、確実に抑制することができる。

【0032】

更に、上記第7の特徴のディスプレイ装置は、前記第1変数の計算処理において、前記被検査画素点と前記隙間との間の距離を前記レンズの配列間隔で除した値が所定値以下の場合、当該値の増加に応じて0から1まで単調に増加する第4変数を前記第1変数に乗じた値を前記第1変数として使用することが好ましい。これにより、ディスプレイパネルユニット間の隙間に起因して仮想画像面上においてユーザによって観測されるノイズパターンの発生をより効果的に抑制することができる。 20

【0033】

更に、本発明に係るディスプレイ装置は、ユーザの眼前に装着して使用するディスプレイ装置であって、マイクロレンズアレイ、ディスプレイパネル、前記ディスプレイパネルを駆動するドライバ装置、前記ディスプレイパネルに表示させる出力画像の出力画像データを生成し前記ドライバ装置に出力する画像生成装置を備えてなり、 30

前記マイクロレンズアレイの主面と前記ディスプレイパネルの発光面が、前記マイクロレンズアレイの焦点距離より短い距離だけ離間して対向し、装着時に前記マイクロレンズアレイの主面が前記ディスプレイパネルの発光面よりユーザの瞳孔面側に位置するように構成され、

前記ディスプレイパネルの各画素がカラー表示非対応の画素であり、

前記ディスプレイパネルの縦方向及び横方向に夫々複数の前記画素を有する画素区画の夫々、または、前記マイクロレンズアレイの個々の前記レンズの夫々に対して、前記RGB3原色の何れか1色に対応したカラーフィルタが設置され、前記画素区画または前記レンズの夫々に前記RGB3原色の何れか1色が対応付けられており、

前記画像生成装置は、入力処理部、演算処理部、及び、出力処理部を備えて構成され、 40

前記入力処理部は、前記ディスプレイパネルの各画素から出射される光が、前記マイクロレンズアレイ及び前記瞳孔面を通過して網膜上に結像されることで、前記ユーザによって前記ディスプレイパネルより後方の仮想画像面上で観察される虚像を入力画像とする入力画像データであって、前記入力画像を構成する各入力画素の画素値が前記RGB3原色の各色の画素値で構成された前記入力画像データを受け付けるように構成され、

前記演算処理部は、前記各画素が前記RGB3原色の何れの色に対応しているかの色対応関係を備え、前記各入力画素の中から、前記ディスプレイパネルの1つの画素に対応する1つの前記入力画素を特定し、前記入力画像データから前記特定した前記入力画素の前記色対応関係によって定まる前記RGB3原色の1つの画素値を読み出して入力画素値とし、前記入力画素値または前記入力画素値に当該1つの画素に対して予め設定された重み 50

係数を乗じた値を当該1つの画素の画素値とする画素値生成処理を、前記ディスプレイパネルの各画素に対して各別に行うように構成され、

前記出力処理部は、前記画素値生成処理で生成された各画素の前記画素値を備えた前記出力画像データを、前記ドライバ装置に出力するように構成され、

前記3色のカラーフィルタが、前記仮想画像面上の任意の1点を頂点とし、前記瞳孔面を底面とする円錐体が前記カラーフィルタの設置面と交差する断面内に、前記3色の全てが存在するように配列していることを第8の特徴とする。

【0034】

上記第8の特徴のディスプレイ装置によれば、画像生成装置が、カラー画像の入力画像から生成した出力画像データをドライバ装置に出力してカラー表示非対応のディスプレイパネル上に表示させることで、ディスプレイパネルのカラー表示非対応の各画素から出射される光が、マイクロレンズアレイ及びユーザの瞳孔を通過して網膜上に結像されて、当該ユーザはディスプレイパネルより後方の仮想画像面上において該カラー入力画像の拡大された再生画像を虚像として観察することができる。

【0035】

上記第8の特徴のディスプレイ装置は、前記ディスプレイパネルの各画素の内、1つの前記入力画素に対応し、且つ、前記色対応関係で定まる3色に対応する3つの画素の前記重み係数の比が、前記仮想画像面上における当該1つの前記入力画素の中心を頂点とする前記円錐体が前記カラーフィルタの設置面と交差する前記断面内における3色の前記カラーフィルタの面積の逆数の比となっていることが好ましい。これにより、ユーザが観察する再生画像の高精度の色再現性が実現できる。

【0036】

更に、カラー表示非対応のディスプレイパネルの各画素は、通常の色表示対応のディスプレイパネルの各画素と異なり、RGB3原色に個別に対応した副画素を備える必要がないため、つまり、1画素内で色の分離を行う必要がないため、各画素の面積を縮小でき、ディスプレイパネルの高解像度化を容易に実現することができる。

【0037】

更に、本発明に係るディスプレイ装置は、ユーザの眼前に装着して使用するディスプレイ装置であって、マイクロレンズアレイ、ディスプレイパネル、前記ディスプレイパネルを駆動するドライバ装置、前記ディスプレイパネルに表示させる出力画像の出力画像データを生成し前記ドライバ装置に出力する画像生成装置を備えてなり、

前記ディスプレイパネルが、前記ディスプレイパネルより小面積のディスプレイパネルユニットを縦方向と横方向の少なくとも1方向に複数配列して構成され、

前記マイクロレンズアレイの主面と前記ディスプレイパネルの発光面が、前記マイクロレンズアレイの焦点距離より短い距離だけ離間して対向し、装着時に前記マイクロレンズアレイの主面が前記ディスプレイパネルの発光面よりユーザの瞳孔面側に位置するように構成され、

前記画像生成装置は、入力処理部、演算処理部、及び、出力処理部を備えて構成され、

前記入力処理部は、前記ディスプレイパネルの各画素から出射される光が、前記マイクロレンズアレイ及び前記瞳孔面を通過して網膜上に結像されることで、前記ユーザによって前記ディスプレイパネルより後方の仮想画像面上で観察される虚像を入力画像とする入力画像データを受け付けるように構成され、

前記演算処理部は、前記仮想画像面上の前記入力画像を構成する各入力画素の中から、前記ディスプレイパネルの1つの画素に対応する1つの前記入力画素を特定し、前記入力画像データから前記特定した前記入力画素の画素値を読み出して入力画素値とし、当該入力画素値に、当該1つの画素に対して予め設定された重み係数を乗じて、当該1つの画素の画素値とする画素値生成処理を、前記ディスプレイパネルの各画素に対して各別に行うように構成され、

前記出力処理部は、前記画素値生成処理で生成された各画素の前記画素値を備えた前記出力画像データを、前記ドライバ装置に出力するように構成され、

10

20

30

40

50

前記重み係数は、前記ディスプレイパネルの各画素に対して、各別に、前記ディスプレイパネルの1つの対象画素が、前記ディスプレイパネル内に前記ディスプレイパネルユニット間の隙間が存在することに起因して前記仮想画像面上において前記ユーザによって観測されるノイズパターンの発生が抑制されるように、前記マイクロレンズアレイの主面と前記ディスプレイパネルの発光面と前記瞳孔面の配置関係、前記マイクロレンズアレイ及び前記ディスプレイパネルの構造的属性、前記瞳孔面の直径、及び、当該対象画素の位置に応じて生成された0、1、0より大きく1未満の中間値の3種類の補正値が全てが割り当てられ、前記画像生成装置の所定の記憶領域に保存されていることを第9の特徴とする。

【0038】

上記第9の特徴のディスプレイ装置によれば、画像生成装置が、入力画像から生成した出力画像データをドライバ装置に出力して複数のディスプレイパネルユニットを連結して成るディスプレイパネル上に表示させることで、複数のディスプレイパネルユニットの各画素から出射される光が、マイクロレンズアレイ及びユーザの瞳孔を通過して網膜上に結像されて、当該ユーザはディスプレイパネルより後方の仮想画像面上において該入力画像の拡大された再生画像を虚像として観察することでき、その際、出力画像データを生成する画素値生成処理において、ディスプレイパネルユニット間の隙間に起因してユーザが仮想画像面上において観測されるノイズパターンの発生が抑制されるように、ディスプレイパネルの各画素に対して瞳孔面の直径に応じて生成された重み係数を用いることにより、上記ノイズパターンによる画質の低下が抑制され、複数のディスプレイパネルユニットを連結して成るディスプレイパネルの使用が可能となり、ディスプレイパネルの広面積化が容易に実現できる。

【0039】

更に、本発明に係るディスプレイ装置は、上記第9の特徴に加えて、前記瞳孔面の中心と前記対象画素の中心を結ぶ直線が通過する前記マイクロレンズアレイ内の1つのレンズを前記対象画素に対応する対象レンズとした場合において、

前記対象画素が、前記重み係数として既に0が割り当てられていない場合、当該対象画素に対応する前記対象レンズを中心とする前記瞳孔面の直径と前記レンズの配列間隔の比に応じた範囲内の被検査レンズの夫々について、

前記対象画素から出射した光が前記対象レンズによって前記仮想画像面上に虚像として観測される対象仮想画素位置と前記被検査レンズの主点を結ぶ直線が前記ディスプレイパネルの前記発光面と交差する点を、前記被検査レンズに対応する被検査画素点とし、

前記被検査画素点が前記ディスプレイパネルユニット内に存在し、且つ、前記被検査画素点から出射され当該被検査画素点に対応する前記被検査レンズに隣接する複数の隣接レンズを通過した光が前記瞳孔面を通過せずに、前記瞳孔面の外周領域に到達する場合に、第1変数と第2変数の計算を行い、

前記被検査画素点が前記ディスプレイパネルユニット内に存在しないか、前記被検査画素点から出射され前記複数の隣接レンズを通過した光が前記瞳孔面を通過する場合は、前記第1変数と第2変数の計算を行わず、

前記第1変数は、当該光の到達位置の前記瞳孔面の中心または外縁からの離間距離に応じて、前記離間距離が前記瞳孔面の直径に応じた所定の基準値以上の場合に1とし、前記離間距離が前記所定の基準値未満の場合に、前記離間距離が大きいほど1に近づく0以上1未満の値として計算され、

前記第2変数は、前記対象仮想画素位置から、前記被検査レンズを通して前記瞳孔面とその延長面に投影される前記被検査レンズの投影領域と前記瞳孔面とが重複する部分の前記瞳孔面に対する面積比に、前記第1変数を乗じて計算され、

前記対象画素に対応する前記第2変数の計算処理を行った全ての前記被検査レンズの前記第2変数を合計して第3変数とし、前記対象レンズが前記被検査レンズである場合の前記第1変数を前記第3変数で除した値に対して、最大値が1となるように正規化した値が、前記対象画素の前記重み係数となるように、

10

20

30

40

50

複数の前記ディスプレイパネルユニットの各画素に対して、各別に、前記重み係数が設定されていることを第10の特徴とする。

【0040】

上記第10の特徴のディスプレイ装置によれば、ディスプレイパネルユニット間の隙間に起因して仮想画像面上においてユーザによって観測されるノイズパターンの発生を抑制可能な重み係数を使用することができ、上述した第9の特徴のディスプレイ装置の効果が確実に奏される。

【0041】

更に、上記第10の特徴のディスプレイ装置は、前記第1変数の計算処理において、前記被検査画素点と前記隙間との間の距離を前記レンズの配列間隔で除した値が所定値以下の場合、当該値の増加に応じて0から1まで単調に増加する第4変数を前記第1変数に乗じた値を前記第1変数として使用することが好ましい。これにより、ディスプレイパネルユニット間の隙間に起因して仮想画像面上においてユーザによって観測されるノイズパターンの発生をより効果的に抑制することができる。

【0042】

更に、上記第9または第10の特徴のディスプレイ装置は、前記レンズの配列間隔が、前記瞳孔面の直径の最小値より小さいことが好ましい。レンズの配列間隔が小さいと個々のレンズの焦点距離を短くでき、ディスプレイ装置の小型化、薄型化が図れ好ましい。しかしながら、一方で、レンズの配列間隔が小さいと、同じ瞳孔面の大きさに対して、相対的に瞳孔の拡大による画質の低下が顕著となるため、上記第9または第10の特徴のディスプレイ装置によって、当該画質低下がより好適に抑制され、上記ディスプレイ装置の小型化、薄型化との両立が図れる。

【0043】

更に、本発明に係るディスプレイ装置は、上記何れかの特徴に加えて、前記重み係数が、前記瞳孔面の直径、前記瞳孔面に直交して前記瞳孔面の中心を通過する視線軸が前記ディスプレイパネルと交差する位置、及び、前記瞳孔面の中心を通過して前記ディスプレイパネルと直交する基準直線に対する前記視線軸の方向の内の1以上の瞳孔面に関するパラメータに応じて、複数組の前記重み係数を備え、

前記入力処理部が、前記1以上の瞳孔面に関するパラメータを入力情報として受け付けるように構成され、

前記演算処理部が、前記入力情報に応じた前記重み係数を使用することを第11の特徴とする。

【0044】

上記第11の特徴のディスプレイ装置によれば、ユーザの瞳孔面に関するパラメータが変化しても、変化後のパラメータに対応した重み係数を使用することで、上記何れかの特徴のディスプレイ装置の効果が確実に奏される。

【0045】

更に、本発明に係るディスプレイ装置は、上記何れかの特徴に加えて、前記瞳孔面の直径、前記瞳孔面に直交して前記瞳孔面の中心を通過する視線軸が前記ディスプレイパネルと交差する位置、及び、前記瞳孔面の中心を通過して前記ディスプレイパネルと直交する基準直線に対する前記視線軸の方向の内の1以上の瞳孔面に関するパラメータを計測し、その計測結果を前記入力情報として、前記画像生成装置に出力するセンサを備えていることを第12の特徴とする。

【0046】

上記第12の特徴のディスプレイ装置によれば、ユーザの瞳孔面に関するパラメータの変化に対して適切な重み係数の選択或いは生成することが可能となる。

【発明の効果】

【0047】

本発明に係るディスプレイ装置によれば、眼前に装着して使用するマイクロレンズアレイを備えたディスプレイ装置であって、瞳孔の拡大等に伴う画質の低下を抑制し、高品質

10

20

30

40

50

の画像をユーザが観察できるディスプレイ装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】本発明の第1実施形態に係るディスプレイ装置の概略の構成例を模式的に示すブロック図。

【図2】瞳孔面S1、マイクロレンズアレイの主面S2、ディスプレイパネルの発光面S3、仮想画像面S4の相対的な配置関係を模式的に示す図。

【図3】演算処理部が実行する第1処理の処理内容を補足的に説明する説明図。

【図4】重み係数 $W(m, n)$ の作成手順の処理の流れを簡略的に示すフローチャート。

【図5】重み係数 $W(m, n)$ の作成手順のステップ1の処理内容を補足的に説明する説明図。 10

【図6】重み係数 $W(m, n)$ の作成手順のステップ1の処理内容を補足的に説明する説明図。

【図7】重み係数 $W(m, n)$ の作成手順のステップ3の処理内容を補足的に説明する説明図。

【図8】重み係数 $W(m, n)$ の作成手順のステップ4の処理内容を補足的に説明する説明図。

【図9】重み係数 $W(m, n)$ の作成手順のステップ4の処理内容を補足的に説明する説明図。

【図10】第1乃至第3実施形態の実施例及び比較例に係るディスプレイ装置で想定した入力画像データ（仮想画像面S4）の属性と、マイクロレンズアレイ及びディスプレイパネルの構造的属性と、瞳孔面S1の直径 D_p を示す一覧表。 20

【図11】実施例1及び2に使用した入力画像Aを示す図。

【図12】実施例1に使用した入力画像Bを示す図。

【図13】実施例1の重み係数 $W(m, n)$ の重み係数画像とその要部拡大図を示す図。

【図14】実施例2の重み係数 $W(m, n)$ の重み係数画像とその要部拡大図を示す図。

【図15】実施例1の入力画像Aに対応する表示画像Aとその要部拡大図を示す図。

【図16】実施例1の入力画像Bに対応する表示画像Bを示す図。

【図17】実施例2の入力画像Aに対応する表示画像Aとその要部拡大図を示す図。

【図18】実施例1の入力画像Aに対応する網膜画像のシミュレーション画像Aとその要部拡大図を示す図。 30

【図19】実施例1の入力画像Bに対応する網膜画像のシミュレーション画像Bを示す図。

【図20】実施例2の入力画像Aに対応する網膜画像のシミュレーション画像Aとその要部拡大図を示す図。

【図21】比較例1の入力画像Aに対応する表示画像Aを示す図。

【図22】比較例1の入力画像Bに対応する表示画像Bを示す図。

【図23】比較例1の入力画像Aに対応する網膜画像のシミュレーション画像Aを示す図。

【図24】比較例1の入力画像Bに対応する網膜画像のシミュレーション画像Bを示す図。 40

【図25】比較例2の入力画像Aに対応する表示画像Aとその要部拡大図を示す図。

【図26】比較例2の入力画像Bに対応する表示画像Bを示す図。

【図27】比較例2の入力画像Aに対応する網膜画像のシミュレーション画像Aを示す図。

【図28】比較例2の入力画像Bに対応する網膜画像のシミュレーション画像Bを示す図。

【図29】比較例3の重み係数 $W(m, n)$ の重み係数画像とその要部拡大図を示す図。

【図30】比較例3の入力画像Aに対応する表示画像Aとその要部拡大図を示す図。

【図31】比較例3の入力画像Bに対応する表示画像Bを示す図。 50

【図 3 2】比較例 3 の入力画像 A に対応する網膜画像のシミュレーション画像 A を示す図

【図 3 3】比較例 3 の入力画像 B に対応する網膜画像のシミュレーション画像 B を示す図

【図 3 4】比較例 4 の重み係数 $W(m, n)$ の重み係数画像とその要部拡大図を示す図。

【図 3 5】比較例 4 の入力画像 A に対応する表示画像 A とその要部拡大図を示す図。

【図 3 6】比較例 4 の入力画像 A に対応する網膜画像のシミュレーション画像 A を示す図

【図 3 7】本発明の第 2 実施形態に係るディスプレイ装置の概略の構成例を模式的に示すブロック図。

【図 3 8】3 色のカラーフィルタの配置構成を模式的に示す図。

【図 3 9】実施例 3 に使用した入力画像 B (カラー画像) の RGB 3 原色の色別に分離した 3 つの入力画像 B - R、入力画像 B - G、入力画像 B - B を示す図。

【図 4 0】実施例 3 の重み係数 $W(m, n)$ の重み係数画像とその要部拡大図を示す図。

【図 4 1】実施例 3 の入力画像 B に対応する表示画像 B を示す図。

【図 4 2】実施例 3 の入力画像 B に対応する網膜画像のシミュレーション画像 B の RGB 3 原色の色別に分離した 3 つのシミュレーション画像 B - R、シミュレーション画像 B - G、シミュレーション画像 B - B を示す図。

【図 4 3】本発明の第 2 実施形態に係るディスプレイ装置の概略の構成例を模式的に示すブロック図 (A) と、ディスプレイパネルの概略構成を模式的に示す図 (B)。

【図 4 4】実施例 4 ~ 6 の重み係数 $W(m, n)$ の重み係数画像を示す図。

【図 4 5】実施例 4 ~ 6 の入力画像 A に対応する左右 2 枚のディスプレイパネルユニットの表示画像 A を左右に並べて示す図。

【図 4 6】実施例 4 ~ 6 の入力画像 A に対応する網膜画像のシミュレーション画像 A を示す図。

【図 4 7】比較例 5 ~ 8 の入力画像 A に対応する左右 2 枚のディスプレイパネルユニットの表示画像 A を左右に並べて示す図。

【図 4 8】比較例 5 ~ 8 の入力画像 A に対応する網膜画像のシミュレーション画像 A を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0049】

以下、本発明の幾つかの実施形態に係るディスプレイ装置 (以下、適宜、「本装置」と称す。) について説明する。

【0050】

[第 1 実施形態]

<ディスプレイ装置の概略構成>

本装置は、眼前に装着して使用する眼鏡タイプまたはゴーグルタイプ等のヘッドマウントディスプレイ装置である。図 1 に模式的に示すように、本装置 1 は、マイクロレンズアレイ 2、ディスプレイパネル 3、ドライバ装置 4、及び、画像生成装置 5 を備えて構成される。尚、図 1 では、マイクロレンズアレイ 2、ディスプレイパネル 3、ドライバ装置 4、及び、画像生成装置 5 を支持または収容してユーザの眼前に固定するための部材等は、種々の形態のものが可能であり、図示していない。

【0051】

マイクロレンズアレイ 2 は、同じ形状及び同じ焦点距離の微小なレンズを縦方向及び横方向に夫々複数アレイ状に配列して構成されており、1 つのレンズの占有する区画は正方形形状で、その 1 辺の長さがレンズの大きさ及びレンズの配列間隔となる。尚、本実施形態では、レンズの形状は、両側に凸面を有する両凸レンズを想定する。マイクロレンズアレイ 2 の焦点距離は、個々のレンズの焦点距離として規定される。本実施形態では、マイクロレンズアレイ 2 の主面は平面で、個々のレンズの幾何光学上の主点は該主面上に等間隔で格子状に配列している。レンズの配列間隔は、焦点距離が、レンズの材質 (屈折率) 及

10

20

30

40

50

びレンズ面の曲率に応じて、例えば 1 mm ~ 10 mm 程度の範囲に収まる範囲内を想定し、例えば、人の瞳孔の大きさ（直径）の変動範囲の最大値（6 mm 乃至 8 mm）より短い場合、或いは、同最小値（2 mm）より短い場合を想定する。マイクロレンズアレイ 2 の材質は、可視光域で透明であって、焦点距離が、レンズの配列間隔及びレンズ面の曲率に応じて、例えば 1 mm ~ 10 mm 程度、好ましくは 1 mm ~ 5 mm 程度、更に好ましくは 1 mm ~ 4 mm 程度の範囲に収まれば、特定の材質に限定されるものではない。一例として、光学ガラス或いは光学用プラスチック材料等が利用できる。

【0052】

ディスプレイパネル 3 は、有機 EL（エレクトロルミネッセンス）ディスプレイパネルまたは液晶ディスプレイパネル等の、微小な画素（有機 EL 画素または液晶画素等）を縦方向及び横方向に夫々複数アレイ状に配列して構成される薄型平板状のディスプレイパネルである。マイクロレンズアレイ 2 とディスプレイパネル 3 は、ユーザの眼前の瞳孔面から数 mm ~ 数 cm 程度の範囲内に配置して使用されるため、夫々の縦横の長さは、例えば、2 cm ~ 数 cm 程度が想定される。従って、斯かる小面積のディスプレイパネル 3 を使用して高解像度の画像を表示しようとする、個々の画素は自ずと小さな面積のものが必要となる。本実施形態では、ディスプレイパネル 3 の画素サイズ（画素の配列間隔と同じ）として、縦横夫々数 μm ~ 10 数 μm 程度の正形状または長形状のものを想定し、更に、各画素は、RGB 3 原色に個別に対応した 3 色の副画素を備えて構成されている。従って、本実施形態では、ディスプレイパネル 3 がカラー表示に対応している。また、ディスプレイパネル 3 の発光面（各画素からの発光が出射される側の表面）は、マイクロ

【0053】

図 2 に示すように、マイクロレンズアレイ 2 とディスプレイパネル 3 は、視線軸 Z が正面を向いている場合に、マイクロレンズアレイ 2 の主面 S 2 とディスプレイパネル 3 の発光面 S 3 が瞳孔面 S 1 と平行となり、マイクロレンズアレイ 2 の主面 S 2 がディスプレイパネル 3 の発光面 S 3 と瞳孔面 S 1 の間に位置し、且つ、マイクロレンズアレイ 2 の主面 S 2 とディスプレイパネル 3 の発光面 S 3 の離間距離 L 1 がマイクロレンズアレイ 2 の焦点距離より短くなるように、ユーザの眼前に配置される。尚、視線軸 Z は、瞳孔面 S 1 の中心 P 1（以下、「瞳孔中心」と称す）を瞳孔面 S 1 に垂直に通過する軸であり、瞳孔面 S 1 は、瞳孔の開口面で眼球の水晶体の前面に位置しており、本実施形態では円形（正円）の平面を想定している。図 2 に示すように、本実施形態では、マイクロレンズアレイ 2 の主面 S 2 と瞳孔面 S 1 の離間距離 L 2 は、離間距離 L 1 より長く、更に、マイクロレンズアレイ 2 の主面 S 2 と後述する仮想画像面 S 4 の離間距離 L 3 は、離間距離 L 2 より長くなっている（ $L 3 > L 2 > L 1$ ）。

【0054】

本実施形態では、マイクロレンズアレイ 2 の大きさ（横： $S 2 x$ ，縦： $S 2 y$ ）に係数（ $(L 1 + L 2) / L 2$ ）を乗じた値を、ディスプレイパネル 3 の画素アレイ上での描画上限サイズ（横： $R x$ ，縦： $R y$ ）と規定し（下記の数 1 参照）、実際のディスプレイパネル 3 の画素アレイの大きさ（横： $S 3 x$ ，縦： $S 3 y$ ）が、横縦の別に、上記描画上限サイズを超える場合には、ディスプレイパネル 3 の画素アレイ上の描画領域は、描画上限サイズに制限され、ディスプレイパネル 3 の画素アレイ上での描画領域の大きさ（横： $R 3 x$ ，縦： $R 3 y$ ）は、下記の数 2 に示すようになる。このように、描画領域の大きさを描画上限サイズで制限する理由は、描画領域外の画素からの発光が、マイクロレンズアレイ 2 の外周部のレンズを通過して瞳孔面 S 2 内に到達することによるアーチファクトを回避するためである。尚、マイクロレンズアレイ 2 の横及び縦の大きさが、夫々、ディスプレイパネル 3 の画素アレイの横及び縦の大きさに上記係数を乗じた値以上であると、描画領域の大きさは画素アレイの大きさと等しくなり、ディスプレイパネル 3 上の画素を全て有効に利用できる点で好ましい。

【0055】

[数 1]

10

20

30

40

50

$$R_x = S_2 \times x \times (L_1 + L_2) / L_2$$

$$R_y = S_2 \times y \times (L_1 + L_2) / L_2$$

【0056】

[数2]

$$R_{3x} = \min(S_{3x}, R_x)$$

$$R_{3y} = \min(S_{3y}, R_y)$$

【0057】

仮想画像面 S_4 は、ディスプレイパネル3上に表示された画像が、マイクロレンズアレイ2及び瞳孔面 S_1 を通過して網膜上に結像されてユーザによって知覚される場合に、ユーザがディスプレイパネルより後方において虚像として観察する面である。ここで、離間距離 L_1 と離間距離 L_3 とマイクロレンズアレイ2の焦点距離 f の関係は、下記の数3で表される。 10

【0058】

[数3]

$$1/f = 1/L_1 - 1/L_3$$

【0059】

ドライバ装置4は、ディスプレイパネル3を駆動する半導体集積回路装置であり、ディスプレイパネル3の各画素に対して、画像生成装置5で生成された各画素の画素値を書き込むための制御信号及びデータ信号を、ディスプレイパネル3の電気的仕様に即した所定の電圧値及びタイミングで、各画素に接続する制御信号線及びデータ信号線に印加するように構成されている。ドライバ装置4の具体的な動作内容は、本発明の本旨ではないので、詳細な説明は割愛する。 20

【0060】

画像生成装置5は、図1に示すように、入力処理部6、演算処理部7、及び、出力処理部8を備えて構成され、ハードウェアとしては、マイクロプロセッサ或いはデジタル信号プロセッサ等の演算処理装置を備えて構成される。後述する入力処理部6、演算処理部7、及び、出力処理部8による各種の処理は、演算処理装置が所定のプログラムを実行することによって実行される。

【0061】

入力処理部6は、外部から受け付けた入力画像データを、内蔵するフレームメモリ等の所定の記憶領域に一時的に格納する。入力画像データは、ディスプレイパネル3上に表示された画像が、マイクロレンズアレイ2及び瞳孔面 S_1 を通過して網膜上に結像されて知覚される場合に、ユーザが仮想画像面 S_4 上において観察する虚像を入力画像とした場合の当該入力画像の画像データである。つまり、画像生成装置5は、ユーザが入力された入力画像データの画像を仮想画像面 S_4 上において観察できるように、ディスプレイパネル3上に表示すべき画像の画像データを生成する装置である。尚、本実施形態では、入力画像としてカラー画像を想定しているため、入力画像データを構成する入力画像の各入力画素の画素値は、RGB3原色の各色の輝度を示す画素値で構成される。尚、入力画像が白黒のグレースケール画像の場合は、入力画像データを構成する入力画像の各入力画素の画素値は、各入力画素の輝度を示す画素値のみで構成してもよい。 30 40

【0062】

尚、入力画像データの入力処理部6への入力方法としては、種々の形態が考えられる。例えば、メモリカード等に記録された入力画像データを、本装置1に設けられたメモリカード用スロットに挿入して読み込む形態、所定の近距離無線通信方式(WiFi(登録商標)等の無線LANやBluetooth(登録商標)等)を用いて入力画像データを所定の外部端末から受信する形態、所定の有線方式のシリアルデータ通信に適したデータ通信ケーブル(USBケーブル、HDMI(登録商標)ケーブル等)を用いて入力画像データを所定の外部端末から受信する形態、等が想定される。

【0063】

演算処理部7は、入力画像を構成する各入力画素の中から、ディスプレイパネル3の1 50

つの画素に対応する1つの入力画素を特定する第1処理と、入力画像データから特定した入力画素の画素値を読み出して入力画素値とする第2処理と、当該入力画素値に、当該1つの画素に対して予め設定された重み係数を乗じて、当該1つの画素の画素値とする第3処理からなる画素値生成処理を、ディスプレイパネル3の各画素に対して各別に行うように構成されている。

【0064】

第1処理では、ディスプレイパネル3の描画領域の各画素(m, n)と仮想画像面S4上の入力画像の各入力画素(i, j)の対応関係を、図3に示す要領で導出し、ディスプレイパネル3の1つの画素に対応する1つの入力画素を特定する。以下の説明では、便宜的に、マイクロレンズアレイ2の主面S2、ディスプレイパネル3の発光面S3、及び、仮想画像面S4の各中心を、各面のx-y座標系の原点(0, 0)とし、右方向を+x方向、左方向を-x方向、上方向を+y方向、下方向を-y方向とする。入力画像の各入力画素(i, j)は、仮想画像面S4の中心P4から±x方向にi番目で±y方向にj番目の画素として規定される。また、ディスプレイパネル3の各画素(m, n)は、発光面S3の中心P3から±x方向にm番目で±y方向にn番目の画素として規定される。更に、レンズ(u, v)は、主面S2の中心P2から±x方向にu番目で±y方向にv番目の画素として規定される。

【0065】

図3に示すように、ディスプレイパネル3の1画素(m, n)の発光面S3上の中心座標(x3, y3)と瞳孔中心P1を結ぶ直線が主面S2と交差する点の主面S2上の座標(x2, y2)によって、当該座標(x2, y2)に存在するマイクロレンズアレイ2内の1つのレンズ(u, v)が特定される。引き続き、図3に示すように、特定されたレンズ(u, v)の主点P2(本実施形態の両凸レンズではレンズの中心)と座標(x3, y3)を結ぶ直線が仮想画像面S4と交差する点の座標(x4, y4)によって、当該座標(x4, y4)に存在する入力画像の1入力画素(i, j)が特定される。1つのレンズ(u, v)の主面S2上の正方形の区画を底面、瞳孔中心P1を頂点とする四角錐を発光面S3まで延長した場合に、当該四角錐内に存在する画素(m, n)に対して、当該1つのレンズ(u, v)が特定される。

【0066】

尚、(i, j)と(x4, y4)の間の対応関係、(m, n)と(x3, y3)の対応関係、及び、(u, v)と(x2, y2)の間の対応関係は、下記の数4～数9で与えられる。ここで、s2は、レンズの配列間隔(レンズの大きさ)であり、s3は、ディスプレイパネル3の画素(m, n)の配列間隔(画素サイズ)であり、s4は、入力画素(i, j)の配列間隔(画素サイズ)である。また、N2xとN2yは、レンズ(u, v)のx方向及びy方向の配列数であり、N3xとN3yは、ディスプレイパネル3の描画領域内の画素(m, n)のx方向及びy方向の配列数(描画領域の解像度)であり、N4xとN4yは、入力画素(i, j)のx方向及びy方向の配列数(入力画像の解像度)である。また、In(x)は、変数xの小数点以下を切り捨てて整数化する関数であり、Rd(x)は、変数xの小数点以下を四捨五入して整数化する関数である。

【0067】

[数4]

$$i = \text{In}(x_4 / s_4) + 1, \quad i = \pm(1 \sim N_{4x} / 2), \quad \text{但し、} N_{4x} = \text{偶数}$$

$$i = \text{Rd}(x_4 / s_4), \quad i = 0 \sim \pm(N_{4x} - 1) / 2, \quad \text{但し、} N_{4x} = \text{奇数}$$

[数5]

$$j = \text{In}(y_4 / s_4) + 1, \quad j = \pm(1 \sim N_{4y} / 2), \quad \text{但し、} N_{4y} = \text{偶数}$$

$$j = \text{Rd}(y_4 / s_4), \quad j = 0 \sim \pm(N_{4y} - 1) / 2, \quad \text{但し、} N_{4y} = \text{奇数}$$

[数6]

$$m = x_3 / s_3 + 0.5, \quad m = \pm(1 \sim N_{3x} / 2), \quad \text{但し、} N_{3x} = \text{偶数}$$

$$m = x_3 / s_3, \quad m = 0 \sim \pm(N_{3x} - 1) / 2, \quad \text{但し、} N_{3x} = \text{奇数}$$

[数7]

10

20

30

40

50

$$n = y^3 / s^3 + 0.5, \quad n = \pm (1 \sim N^3 y / 2), \quad \text{但し、} N^3 y = \text{偶数}$$

$$n = y^3 / s^3, \quad n = 0 \sim \pm (N^3 y - 1) / 2, \quad \text{但し、} N^3 y = \text{奇数}$$

[数 8]

$$u = \text{In}(x^2 / s^2) + 1, \quad u = \pm (1 \sim N^2 x / 2), \quad \text{但し、} N^2 x = \text{偶数}$$

$$u = \text{Rd}(x^2 / s^2), \quad u = 0 \sim \pm (N^2 x - 1) / 2, \quad \text{但し、} N^2 x = \text{奇数}$$

[数 9]

$$v = \text{In}(y^2 / s^2) + 1, \quad v = \pm (1 \sim N^2 y / 2), \quad \text{但し、} N^2 y = \text{偶数}$$

$$v = \text{Rd}(y^2 / s^2), \quad v = 0 \sim \pm (N^2 y - 1) / 2, \quad \text{但し、} N^2 y = \text{奇数}$$

【0068】

ここで、マイクロレンズアレイ2の大きさ S_{2x} 、 S_{2y} 、レンズの配列間隔 s_2 、及び、レンズの配列数 N_{2x} 、 N_{2y} は、下記の数10に示す相互関係を有する。

【0069】

[数 10]

$$S_{2x} = s_2 \times N_{2x}$$

$$S_{2y} = s_2 \times N_{2y}$$

【0070】

また、ディスプレイパネル3の描画領域の大きさ R_{3x} 、 R_{3y} 、画素の配列間隔 s_3 、及び、画素領域内の画素の配列数 N_{3x} 、 N_{3y} は、下記の数11に示す相互関係を有する。

【0071】

[数 11]

$$R_{3x} = s_3 \times N_{3x}$$

$$R_{3y} = s_3 \times N_{3y}$$

【0072】

更に、入力画像の大きさ（横： S_{4x} 、縦： S_{4y} ）、入力画素の配列間隔 s_4 、及び、入力画素の配列数 N_{4x} 、 N_{4y} （入力画像の解像度）は、下記の数12に示す相互関係を有する。但し、入力画素の配列数 N_{4x} 、 N_{4y} は、入力画像データの属性として与えられ、入力画像の大きさ S_{4x} 、 S_{4y} 、及び、入力画素の配列数等は任意に設定できるが、一般的には、本装置1の取り得る視野角一杯に入力画像の再生画像が表示されるように、入力画像の大きさを設定するのが実用的であり、好ましい。視野角（横： x 、縦： y ）は、非特許文献1に開示されているように、下記の数13で与えられる。尚、数13中の関数 $\min\{x, y\}$ は変数 x 、 y の最小値を選択する関数である。結果として、入力画像の大きさ S_{4x} 、 S_{4y} の取り得る最大値（ $S_{4x\max}$ 、 $S_{4y\max}$ ）は、数14で与えられる。また、本実施形態では、非特許文献1において議論されているように、仮想画像面 S_4 上でユーザが観察する入力画像の再生画像の解像度は、マイクロレンズアレイの使用に起因して低下するため、実際に使用する入力画素の配列数 N_{4x} 、 N_{4y} は、ディスプレイパネル3の描画領域内の画素の配列数 N_{3x} 、 N_{3y} より小さい値としている。

【0073】

[数 12]

$$S_{4x} = s_4 \times N_{4x}$$

$$S_{4y} = s_4 \times N_{4y}$$

[数 13]

$$x = 2 \arctan \left[\min \left\{ \frac{N_{2x} \times s_2}{2L_2}, \left(\frac{L_3}{L_1} \right) \times \frac{R_{3x}}{2(L_2 + L_3)} \right\} \right]$$

$$y = 2 \arctan \left[\min \left\{ \frac{N_{2y} \times s_2}{2L_2}, \left(\frac{L_3}{L_1} \right) \times \frac{R_{3y}}{2(L_2 + L_3)} \right\} \right]$$

[数 14]

$$S_{4x\max} = N_{2x} \times s_2 \times (L_2 + L_3) / L_2$$

$$S_{4y\max} = N_{2y} \times s_2 \times (L_2 + L_3) / L_2$$

10

20

30

40

50

【 0 0 7 4 】

尚、第1処理におけるディスプレイパネル3の描画領域の各画素 (m, n) と仮想画像面S4上の入力画像の各入力画素 (i, j) の対応関係は、上記各面S1~S3の配置関係 $(L1, L2)$ 、瞳孔面S1の直径 Dp 、マイクロレンズアレイ2の構成(焦点距離 f 、マイクロレンズアレイ2の大きさ $S2x, S2y$ 、レンズの配列間隔 $s2$ 、及び、レンズの配列数 $N2x, N2y$)、ディスプレイパネル3の構成(描画領域の大きさ $R3x, R3y$ 、画素の配列間隔 $s3$ 、及び、画素領域内の画素の配列数 $N3x, N3y$)、並びに、入力画像の入力画素の配列間隔 $s4$ によって、一義的に決まり、入力画像の大きさ及び入力画素の配列数とは無関係である。従って、上記対応関係は、入力画素の配列間隔 $s4$ 以外は、任意の入力画像に対して予め設定可能であり、入力画素の配列間隔 $s4$ に関する箇所は、数4によって決定される。よって、ディスプレイパネル3の描画領域の各画素 (m, n) と仮想画像面S4上の座標 $(x4, y4)$ が、予め導出され、テーブル化しておくことが可能であり、座標 $(x4, y4)$ と入力画素 (i, j) の対応関係は、数4で簡単に導出される。尚、上記画素 (m, n) と座標 $(x4, y4)$ の対応関係を示すテーブル等は、画像生成装置5に内蔵または外付けの不揮発性の記憶装置9(例えば、フラッシュメモリ等の半導体メモリ)に格納することができる。

10

【 0 0 7 5 】

第2処理では、第1処理で特定された入力画素 (i, j) のRGB3原色の各色の画素値を、入力処理部6が所定の記憶領域に格納した入力画像データから読み出し、RGB3原色の各色の入力画素値とする。尚、入力画像が白黒のグレースケール画像で、各入力画素の画素値が各入力画素の輝度を示す画素値のみで構成されている場合は、第1処理で特定された入力画素 (i, j) の輝度を示す1つの画素値を、入力処理部6が所定の記憶領域に格納した入力画像データから読み出し、RGB3原色の各色の入力画素値とする。

20

【 0 0 7 6 】

第3処理では、第2処理で読み出した入力画素 (i, j) のRGB3原色の各色の入力画素値 $IR(i, j), IG(i, j), IB(i, j)$ に、対応するディスプレイパネル3の画素 (m, n) に対して予め設定された重み係数 $W(m, n)$ を乗じて、当該画素 (m, n) の各色に対応した副画素の各画素値 $DR(m, n), DG(m, n), DB(m, n)$ とする。 $W(m, n) = 0$ では、当該画素の各色に対応した副画素の画素値 $DR(m, n), DG(m, n), DB(m, n)$ は夫々0となり、黒色の表示となる。一方、 $W(m, n) = 1$ では、当該画素の各色に対応した副画素の画素値 $DR(m, n), DG(m, n), DB(m, n)$ は、対応する入力画素 (i, j) の各色の入力画素値 $IR(i, j), IG(i, j), IB(i, j)$ と同じとなる。尚、重み係数 $W(m, n)$ は、画像生成装置5に内蔵または外付けの不揮発性の記憶装置9(例えば、フラッシュメモリ等の半導体メモリ)に格納されている。

30

【 0 0 7 7 】

出力処理部8は、ディスプレイパネル3の各画素に対して行われた画素値生成処理(第1処理~第3処理)で生成された各副画素の画素値 $DR(m, n), DG(m, n), DB(m, n)$ の全画素分を備えた出力画像データを、ドライバ装置4の電氣的仕様に即した形式で、ドライバ装置4に出力する。

40

【 0 0 7 8 】

<重み係数 $W(m, n)$ の作成手順>

本装置1の主たる特徴は、上記演算処理部7による第3処理において、重み係数 $W(m, n)$ を使用して、ユーザの視点が点ではなく実際は大きさのある瞳孔面S1であることに起因して発生する、ユーザが仮想画像面S4上で観察する入力画像の再生画像内のアーチファクト(ノイズパターン)を抑制することである。従って、重み係数 $W(m, n)$ は、ユーザの視点が点ではなく実際は大きさのある瞳孔面S1であることに起因して発生する、ユーザが仮想画像面S4上で観察する入力画像の再生画像内のアーチファクトを抑制できれば、以下に説明する作成手順以外の方法で作成された重み係数 $W(m, n)$ も当然に使用可能である。

50

【 0 0 7 9 】

以下、本実施形態における重み係数 $W(m, n)$ の作成手順を説明する。尚、以下の説明では、瞳孔面 S_1 とマイクロレンズアレイ 2 の主面 S_2 とディスプレイパネル 3 の発光面 S_3 が互いに平行で、視線軸 Z が各面 $S_1 \sim S_3$ の中心を垂直に通過する基本的な配置関係を想定する。当該基本的な配置関係から外れるケースについては後述する。また、重み係数 $W(m, n)$ は、上記各面 $S_1 \sim S_3$ の配置関係 (L_1, L_2)、瞳孔面 S_1 の直径 D_p 、マイクロレンズアレイ 2 の焦点距離 f 、大きさ S_{2x}, S_{2y} 、レンズの配列間隔 s_2 、及び、レンズの配列数 N_{2x}, N_{2y} 、並びに、ディスプレイパネル 3 の描画領域の大きさ R_{3x}, R_{3y} 、画素の配列間隔 s_3 、及び、描画領域内の画素の配列数 N_{3x}, N_{3y} によって、つまり、各面 $S_1 \sim S_3$ の構造的属性によって一義的に決定され、

10

入力画像とは無関係である。従って、重み係数 $W(m, n)$ は任意の入力画像に対して予め設定可能である。

【 0 0 8 0 】

重み係数 $W(m, n)$ は、ディスプレイパネル 3 の各画素 (m, n) に対して、以下のステップ 1 ~ 8 の処理を行って、0 以上 1 以下の値が各別に設定される。以下、ステップ 1 ~ 8 の処理対象となる画素 (m, n) を対象画素 (m, n) と称する。

【 0 0 8 1 】

ステップ 1 では、対象画素 (m, n) が、当該対象画素 (m, n) から出射された光がマイクロレンズアレイ 2 内の複数のレンズを通して瞳孔面 S_1 に到達することで、対象画素 (m, n) 以外の他の画素のノイズ源と見做される特定画素であるか否かを検査し (検査 1)、当該対象画素 (m, n) が特定画素であると判定された場合、重み係数 $W(m, n)$ に 0 を割り当てる処理を行い、ステップ 2 以降の処理は行わない。

20

【 0 0 8 2 】

ステップ 2 ~ 8 では、ステップ 1 で特定画素であると判定されなかった対象画素 (m, n) に対し、特定画素の重み係数 $W(m, n)$ の値が 0 であることに起因して仮想画像面 S_4 上においてユーザによって観測されるアーチファクト (ノイズパターン) の発生が抑制されるように、重み係数 $W(m, n)$ に、マイクロレンズアレイ 2 の主面 S_2 とディスプレイパネル 3 の発光面 S_3 と瞳孔面 S_1 の配置関係 (L_1, L_2)、マイクロレンズアレイ 2 及びディスプレイパネル 3 の構造的属性、瞳孔面 S_1 の直径 D_p 、及び、対象画素 (m, n) の位置に応じて生成された 0、0 より大きく 1 未満の中間値、1 の 3 種類の補正值を、対象画素 (m, n) の位置に応じて全て割り当てる処理を行う。以下、図 4 ~ 図 9 を参照して、ステップ 1 ~ 8 の処理内容の具体例を詳細に説明する。図 4 は、ステップ 1 ~ 8 の処理の流れを簡略的に示すフローチャートである。

30

【 0 0 8 3 】

<ステップ 1 >

検査 1 では、図 5 に示すように、瞳孔中心 P_1 と対象画素 (m, n) の中心を結ぶ直線が通過するマイクロレンズアレイ 2 内の 1 つのレンズを対象画素 (m, n) に対応する対象レンズ $2X$ とした場合において、対象画素 (m, n) から出射され対象レンズ $2X$ に $\pm x$ 方向及び $\pm y$ 方向に隣接する 4 つの隣接レンズ $2X_a \sim 2X_d$ の少なくとも 1 つを通過した光の少なくとも一部が瞳孔面 S_1 を通過する場合、当該対象画素 (m, n) を特定画素であると判定する。ところで、当該 4 つの隣接レンズ $2X_a \sim 2X_d$ を通過した光が、瞳孔面 S_1 を通過しない場合は、対象画素 (m, n) から出射され、当該 4 つの隣接レンズ $2X_a \sim 2X_d$ 及び対象レンズ $2X$ 以外のレンズを通過した光も、同様に、瞳孔面 S_1 を通過しないと想定し得るため、検査 1 では、上記 4 つの隣接レンズ $2X_a \sim 2X_d$ だけを検査対象とする。

40

【 0 0 8 4 】

ここで、対象画素 (m, n) の中心と対象レンズ $2X$ 及び 4 つの隣接レンズ $2X_a \sim 2X_d$ の各主点 $P_{2X}, P_{2X_a} \sim P_{2X_d}$ を結ぶ 5 本の直線が、夫々、仮想画像面 S_4 上で交差する点を、点 Q_X 、点 $Q_{X_a} \sim Q_{X_d}$ とする。

【 0 0 8 5 】

50

図5及び図6に示すように、対象画素 (m, n) から出射し、対象レンズ $2X$ を通過する光は、仮想画像面 S_4 上の点 QX を頂点とし、対象レンズ $2X$ の主面 S_2 上の正方形の区画を底面とする四角錐を瞳孔面 S_1 まで延長した場合に、瞳孔面 S_1 を含む平面 S_1' 上の当該延長した四角錐と交差する矩形 RX の領域内に到達する。同様に、対象画素 (m, n) から出射し、隣接レンズ $2Xa \sim 2Xd$ を夫々通過する光は、仮想画像面 S_4 上の点 $QXa \sim QXd$ を夫々頂点とし、隣接レンズ $2Xa \sim 2Xd$ の主面 S_2 上の正方形の区画を底面とする4つの四角錐を瞳孔面 S_1 まで延長した場合に、瞳孔面 S_1 を含む平面 S_1' 上の当該延長した4つの四角錐と交差する矩形 $RXa \sim RXd$ の領域内に到達する。従って、検査1では、上記4つの矩形 $RXa \sim RXd$ の少なくとも一部が、瞳孔面 S_1 内に存在するか否かを検査し、存在している場合(検査1のYES分岐:図4参照)は、当該対象画素 (m, n) を特定画素であると判定し、重み係数 $W(m, n)$ を0とする。一方、存在していない場合(検査1のNO分岐:図4参照)は、次のステップ2に移行する。

【0086】

ここで、本実施形態では、上記4つの矩形 $RXa \sim RXd$ の一部が、瞳孔面 S_1 内に存在するか否か検査方法として、以下の2つの検査方法(検査1A, 1B)を採用する。尚、以下の説明において、平面 S_1' 上においても、マイクロレンズアレイ2の主面 S_2 、ディスプレイパネル3の発光面 S_3 、及び、仮想画像面 S_4 と同様に、平面 S_1' の中心(瞳孔面 S_1 の中心)を xy 座標系の原点 $(0, 0)$ とし、右方向を $+x$ 方向、左方向を $-x$ 方向、上方向を $+y$ 方向、下方向を $-y$ 方向とする。

【0087】

まず、簡易な検査方法(検査1A)では、 $\pm x$ 方向に隣接する2つの隣接レンズ $2Xa, 2Xb$ について、対応する平面 S_1' 上の2つの矩形 RXa, RXb の x 軸に垂直な各2辺の瞳孔中心 P_1 に近い側の各1辺の x 座標の絶対値が、瞳孔面 S_1 の半径 $(Dp/2)$ 以下か否かを判定し、半径 $(Dp/2)$ 以下の場合には、矩形 RXa, RXb の一部が、瞳孔面 S_1 内に存在すると判定する。半径 $(Dp/2)$ 以下でない場合は、同様に、 $\pm y$ 方向に隣接する2つの隣接レンズ $2Xc, 2Xd$ について、対応する平面 S_1' 上の2つの矩形 RXc, RXd の y 軸に垂直な各2辺の瞳孔中心 P_1 に近い側の各1辺の y 座標の絶対値が、瞳孔面 S_1 の半径 $(Dp/2)$ 以下か否かを判定し、半径 $(Dp/2)$ 以下の場合には、矩形 RXc, RXd の一部が、瞳孔面 S_1 内に存在すると判定する。半径 $(Dp/2)$ 以下でない場合は、当該対象画素 (m, n) を特定画素であると判定しない。

【0088】

次に、より厳密な検査方法(検査1B)では、上記平面 S_1' 上の4つの矩形 $RXa \sim RXd$ の各4辺の内、瞳孔中心 P_1 に近い側の各1辺と中心 P_1 間の距離を計算し、4つの矩形 $RXa \sim RXd$ の当該距離の少なくとも何れか1つが瞳孔面 S_1 の半径 $(Dp/2)$ 以下か否かを判定し、半径 $(Dp/2)$ 以下の場合には、矩形 $RXa \sim RXd$ の一部が、瞳孔面 S_1 内に存在すると判定する。各1辺と中心 P_1 間の距離の計算は、中心 P_1 から当該各辺に下した垂線の端点が当該各辺内に存在するときは、当該垂線の長さを当該距離とし、当該垂線の端点が当該各辺内に存在しない場合は、当該各辺の両端と中心 P_1 間の長さの短い方を当該距離として行う。

【0089】

<ステップ2>

上記ステップ1で説明した対象画素 (m, n) に対応する対象レンズ $2X$ を特定し、当該対象レンズ $2X$ を中心として、 $\pm x$ 方向及び $\pm y$ 方向に所定数 A の範囲内に存在する当該対象レンズ $2X$ を含む被検査レンズ $2Xk$ ($k=1 \sim B$ 、 B は被検査レンズの総数)の夫々について、下記のステップ3~6の処理を行う。ここで、対象レンズ $2X$ は、便宜的に、被検査レンズ $2Xk$ ($k=1$)とする。所定数 A は、瞳孔面 S_1 の直径 Dp とレンズの配列間隔 s_2 の比 (Dp/s_2) に応じて定まる自然数で、例えば、下記の数15で与えられる。また、総数 k は、下記の数16で与えられる。一例として、瞳孔面 S_1 の直径 Dp が5mmで、レンズの配列間隔 s_2 が1mmの場合、 A は6となり、被検査レンズの

総数 B は $1\ 2\ 1$ となる。

【 0 0 9 0 】

[数 1 5]

$$A = I n (D p / s 2) + 1$$

[数 1 6]

$$B = (2 A - 1) ^ 2$$

【 0 0 9 1 】

< ステップ 3 >

図 7 に示すように、対象画素 (m , n) の中心座標 $(x 3 , y 3)$ と対象レンズ $2 X$ の主点 $P 2 X$ を結ぶ直線が仮想画像面 $S 4$ と交差する点 $P 4 X$ の座標値 $(x 4 , y 4)$ を算出し、点 $P 4 X$ と 1 つの被検査レンズ $2 X k$ の主点 $P 2 X k$ を結ぶ直線が、ディスプレイパネル 3 の発光面 $S 3$ を通過する点 $P 3 k$ の座標値 $(x 3 , y 3)$ を算出する。尚、点 $P 4 X$ は、対象画素 (m , n) から出射した光が対象レンズ $2 X$ によって仮想画像面 $S 4$ 上に虚像として観測される対象仮想画素位置に相当する。また、点 $P 3 k$ を、適宜、被検査レンズ $2 X k$ に対応する被検査画素点と称する。そして、点 $P 3 k$ と瞳孔中心 $P 1$ を結ぶ直線がマイクロレンズアレイ 2 の主面 $S 2$ と交差する点が、当該 1 つの被検査レンズ $2 X k$ の区画内に存在するか否かを検査し (検査 2)、区画内に存在する場合 (検査 2 の Y E S 分岐 : 図 4 参照) は、次のステップ 4 に移行し、区画内に存在しない場合 (検査 2 の N O 分岐 : 図 4 参照) は、以降のステップ 4 ~ 6 の処理を行わずに終了する。この場合、被検査レンズ $2 X k$ が最後の被検査レンズ $2 X k$ であれば ($k = B$)、ステップ 7 に移行し、被検査レンズ $2 X k$ が最後の被検査レンズ $2 X k$ でなければ ($k < B$)、次の被検査レンズ $2 X k + 1$ のステップ 3 に移行する。

【 0 0 9 2 】

< ステップ 4 >

被検査画素点 $P 3 k$ から出射され、被検査レンズ $2 X k$ に $\pm x$ 方向及び $\pm y$ 方向に隣接する 4 つの隣接レンズ $2 X k a \sim 2 X k d$ を通過した光が瞳孔面 $S 1$ を通過せずに、瞳孔面 $S 1$ を含む平面 $S 1'$ 上の瞳孔面 $S 1$ の外側の外周領域に到達するか否かを検査し (検査 3)、当該光が当該外周領域に到達する場合 (検査 3 の Y E S 分岐 : 図 4 参照) に、ステップ 5 において第 1 変数 $C k$ の計算を行い、ステップ 6 において第 2 変数 $D k$ の計算を行う。一方、当該光が瞳孔面 $S 1$ を通過する場合 (検査 3 の N O 分岐 : 図 4 参照) は、以降のステップ 5 及び 6 の処理は行わず、つまり、第 1 変数 $C k$ と第 2 変数 $D k$ の計算を行わずに終了する。この場合、被検査レンズ $2 X k$ が最後の被検査レンズ $2 X k$ であれば ($k = B$)、ステップ 7 に移行し、被検査レンズ $2 X k$ が最後の被検査レンズ $2 X k$ でなければ ($k < B$)、次の被検査レンズ $2 X k + 1$ のステップ 3 に移行する。

【 0 0 9 3 】

ステップ 4 の 1 つの被検査レンズ $2 X k$ に対する検査 3 は、ステップ 1 の検査 1 と基本的に同じ処理内容である。ここで、被検査画素点 $P 3 k$ と被検査レンズ $2 X k$ 及び 4 つの隣接レンズ $2 X k a \sim 2 X k d$ の各主点 $P 2 X k , P 2 X k a \sim P 2 X k d$ を結ぶ 5 本の直線が、夫々、仮想画像面 $S 4$ 上で交差する点を、点 $Q X k , 点 Q X k a \sim 点 Q X k d$ とする。尚、点 $Q X k$ は点 $P 4 X$ と同じ点である。

【 0 0 9 4 】

図 8 及び図 9 に示すように、被検査画素点 $P 3 k$ から出射し、被検査レンズ $2 X k$ を通過する光は、仮想画像面 $S 4$ 上の点 $Q X k$ を頂点とし、対象レンズ $2 X k$ の主面 $S 2 k$ 上の正方形の区画を底面とする四角錐を瞳孔面 $S 1$ まで延長した場合に、瞳孔面 $S 1$ を含む平面 $S 1'$ 上の当該延長した四角錐と交差する矩形 $R X k$ の領域内に到達する。同様に、被検査画素点 $P 3 k$ から出射し、隣接レンズ $2 X k a \sim 2 X k d$ を夫々通過する光は、仮想画像面 $S 4$ 上の点 $Q X k a \sim Q X k d$ を夫々頂点とし、隣接レンズ $2 X k a \sim 2 X k d$ の主面 $S 2$ 上の正方形の区画を底面とする 4 つの四角錐を瞳孔面 $S 1$ まで延長した場合に、瞳孔面 $S 1$ を含む平面 $S 1'$ 上の当該延長した 4 つの四角錐と交差する矩形 $R X k a \sim R X k d$ の領域内に到達する。従って、検査 3 では、上記 4 つの矩形 $R X k a \sim R X k d$ の

全てが、瞳孔面 S 1 の外側の外周領域に存在するか否か（即ち、4つの矩形 R X k a ~ R X k d の少なくとも一部が瞳孔面 S 1 内に存在しないか否か）を検査する。

【0095】

ここで、本実施形態では、上記4つの矩形 R X k a ~ R X k d の全てが、瞳孔面 S 1 の外側の外周領域に存在するか否か検査方法として、以下の2つの検査方法（検査3A, 3B）を採用する。まず、簡易な検査方法（検査3A）では、±x方向に隣接する2つの隣接レンズ 2 X k a , 2 X k b について、対応する平面 S 1 ' 上の2つの矩形 R X k a , R X k b の x 軸に垂直な各2辺の瞳孔中心 P 1 に近い側の各1辺の x 座標の絶対値が、瞳孔面 S 1 の半径 (D p / 2) 以下か否かを判定し、半径 (D p / 2) 以下の場合には、矩形 R X k a , R X k b の一部が、瞳孔面 S 1 内に存在すると判定する。半径 (D p / 2) 以下でない場合は、同様に、±y方向に隣接する2つの隣接レンズ 2 X k c , 2 X k d について、対応する平面 S 1 ' 上の2つの矩形 R X k c , R X k d の y 軸に垂直な各2辺の瞳孔中心 P 1 に近い側の各1辺の y 座標の絶対値が、瞳孔面 S 1 の半径 (D p / 2) 以下か否かを判定し、半径 (D p / 2) 以下の場合には、矩形 R X k c , R X k d の一部が、瞳孔面 S 1 内に存在すると判定する。半径 (D p / 2) 以下でない場合は、4つの矩形 R X k a ~ R X k d の全てが、瞳孔面 S 1 の外側の外周領域に存在すると判定する。

【0096】

次に、より厳密な検査方法（検査3B）では、上記平面 S 1 ' 上の4つの矩形 R X k a ~ R X k d の各4辺の内、瞳孔中心 P 1 に近い側の各1辺と中心 P 1 間の距離を計算し、4つの矩形 R X k a ~ R X k d の当該距離の全てが瞳孔面 S 1 の半径 (D p / 2) より大きいか否かを判定し、半径 (D p / 2) より大きい場合には、矩形 R X a ~ R X d の全てが、瞳孔面 S 1 の外側の外部領域に存在すると判定する。各1辺と中心 P 1 間の距離の計算は、中心 P 1 から当該各辺に下した垂線の端点が当該各辺内に存在するときは、当該垂線の長さを当該距離とし、当該垂線の端点が当該各辺内に存在しない場合は、当該各辺の両端と中心 P 1 間の長さの短い方を当該距離として行う。

【0097】

<ステップ5>

ステップ4で検査3Aを使用した場合には、検査3Aで計算した、2つの矩形 R X k a , R X k b の x 軸に垂直な各2辺の瞳孔中心 P 1 に近い側の各1辺の x 座標の絶対値と、2つの矩形 R X k c , R X k d の y 軸に垂直な各2辺の瞳孔中心 P 1 に近い側の各1辺の y 座標の絶対値の内の最も小さい値を、4つの矩形 R X k a ~ R X k d と瞳孔中心 P 1 間の距離 d k とする。そして、第1変数 C k を、距離 d k を瞳孔面 S 1 の半径 (D p / 2) で除した値が、所定の基準値（例えば、1.1）より大きい場合は、下記の数17に示す計算式で計算し、距離 d k を瞳孔面 S 1 の半径 (D p / 2) で除した値が、所定の基準値（例えば、1.1）以下の場合には、下記の数18に示す計算式で計算する。

【0098】

[数17]

$$C_k = 1, \quad \text{但し、} d_k / (D_p / 2) > 1.1$$

[数18]

$$C_k = (d_k / (D_p / 2) - 1) \times 10, \quad \text{但し、} d_k / (D_p / 2) \geq 1.1$$

【0099】

ここで、第1変数 C k が意味するものは、ディスプレイパネル3の発光面 S 3 上の点 P 3 k から出射した光が瞳孔面 S 1 を含む平面 S 1 ' 上に到達する際に、ステップ1の検査1で排除するような瞳孔面 S 1 との重複は生じていないが、当該重複に極めて近い関係にあるのか、それとも全く重複の危険のない安全な状況であるのかを示している。第1変数 C k は0以上1以下の値を取り、値が1だと安全で、0に近いと重複関係に近くなる。ディスプレイパネル3の画素は、計算上は点として扱っているが、実際は大きさのある面領域であるため、当該近似が計算結果に影響を及ぼす場合がある。そこで、本実施形態では、4つの矩形 R X k a ~ R X k d と瞳孔面 S 1 が重複するか否かを0, 1の2値で判断するのではなく、重複関係に近いか否かを0~1の間の値で表現している。

【0100】

<ステップ6>

点 P_{4X} (点 Q_{Xk})から出射して被検査レンズ $2X_k$ を通過した光が、瞳孔面 S_1 を含む平面 S_1' 上に到達する矩形領域を計算する。本実施形態の設定では、当該矩形領域は正方形となるため、平面 S_1' 上の当該正方形の y 軸に垂直な2辺の x 座標(x_{11k} , x_{12k})と当該正方形の x 軸に垂直な2辺の y 座標(y_{11k} , y_{12k})を、下記の数19に示す計算式により算出する。数19中の座標値(x_{2k} , y_{2k})は、マイクロレンズアレイ2の主面 S_2 上の被検査レンズ $2X_k$ の主点 P_{2Xk} の x 座標と y 座標である。

【0101】

[数19]

$$x_{11k} = - (x_4 - (x_{2k} + s_2 / 2)) \times L_2 / L_3 + (x_{2k} + s_2 / 2)$$

$$x_{12k} = - (x_4 - (x_{2k} - s_2 / 2)) \times L_2 / L_3 + (x_{2k} - s_2 / 2)$$

$$y_{11k} = - (y_4 - (y_{2k} + s_2 / 2)) \times L_2 / L_3 + (y_{2k} + s_2 / 2)$$

$$y_{12k} = - (y_4 - (y_{2k} - s_2 / 2)) \times L_2 / L_3 + (y_{2k} - s_2 / 2)$$

【0102】

上記要領で算出された x 座標(x_{11k} , x_{12k})と y 座標(y_{11k} , y_{12k})から上記矩形領域の4頂点の座標が分かる。次に、当該矩形領域の計算結果に基づいて、当該矩形領域と瞳孔面 S_1 の重複部分の瞳孔面 S_1 に占める割合(面積比) R_{sk} を計算し、当該面積比 R_{sk} とステップ5で算出した第1変数 C_k を乗じて第2変数 D_k を計算する(下記の数20参照)。

【0103】

[数20]

$$D_k = R_{sk} \times C_k$$

【0104】

被検査レンズ $2X_k$ が最後の被検査レンズ $2X_k$ であれば($k = B$)、ステップ7に移行し、被検査レンズ $2X_k$ が最後の被検査レンズ $2X_k$ でなければ($k < B$)、次の被検査レンズ $2X_{k+1}$ のステップ3に移行する。

【0105】

<ステップ7>

上記ステップ3~6で第2変数 D_k が計算された被検査レンズ $2X_k$ の全ての第2変数 D_k の合計値を第3変数 E として計算する(下記の数21参照)。尚、数21中、上記ステップ6にまで至らずに第2変数 D_k が計算されなかった被検査レンズ $2X_k$ については、第2変数 D_k の値は0としている。尚、数21の計算は、ステップ7で行わずに、ステップ6で第2変数 D_k が計算される都度、下記の数22に示す加算を行ってもよい。数22中の E_k と E_{k-1} は、夫々、被検査レンズ $2X_k$ と被検査レンズ $2X_{k-1}$ のステップ6の終了時の第3変数 E の値である。

【0106】

[数21]

$$E = \sum_{k=1}^B (D_k)$$

【0107】

[数22]

$$E_k = E_{k-1} + D_k$$

【0108】

引き続き、被検査レンズ $2X_k$ ($k = 1$)、つまり、対象レンズ $2X$ に対してステップ5で算出した第1変数 C_k を、第3変数 E で除して、暫定的な重み係数 $W'(m, n)$ とする(下記の数23参照)。尚、被検査レンズ $2X_k$ ($k = 1$)は、対象レンズ $2X$ であるので、ステップ3の検査2は当然にパスし、ステップ4に移行する。また、ステップ2に移行した対象画素(m, n)は、ステップ1の検査1において特定画素であると判定されなかったため、ステップ4に移行した被検査レンズ $2X_k$ ($k = 1$)は、当然にステッ

10

20

30

40

50

ブ4の検査3をパスし、ステップ5において第1変数 C_k が計算される。

【0109】

[数23]

$$W'(m, n) = C_k / E$$

【0110】

上記ステップ1～7の処理を、全ての対象画素 (m, n) に対して繰り返し行った後、次のステップ8に移行する。

【0111】

<ステップ8>

ステップ7で計算した第3変数 E は、可能性として1未満になる場合があるため、暫定的な重み係数 $W'(m, n)$ の最大値が1を超える場合がある。そこで、本実施形態では、ステップ1の検査1において特定画素であると判定されなかった対象画素 (m, n) の暫定的な重み係数 $W'(m, n)$ を、最大値が1となるように正規化して、最終的な重み係数 $W(m, n)$ とする(下記の数24参照)。尚、数24中の W'_{max} は、暫定的な重み係数 $W'(m, n)$ の最大値である。

【0112】

[数24]

$$W(m, n) = W'(m, n) / W'_{max}$$

【0113】

以上説明したステップ1～8を経て、上記演算処理部7による第3処理において使用される重み係数 $W(m, n)$ が得られる。結果として、作成された個々の重み係数 $W(m, n)$ は、0、1、0より大きく1未満の中間値の3種類の補正值の何れかとなり、重み係数 $W(m, n)$ の全体では、上記3種類の補正值の全てが割り当てられており、重み係数 $W(m, n)$ が0の画素 (m, n) 、重み係数 $W(m, n)$ が1の画素 (m, n) 、及び重み係数 $W(m, n)$ が上記中間値の画素 (m, n) が全て存在している。

【0114】

<実施例>

次に、演算処理部7が、上記要領で作成された重み係数 $W(m, n)$ を使用して、上記画素値生成処理(第1処理～第3処理)で生成された各画素の画素値 $DR(m, n)$ 、 $DG(m, n)$ 、 $DB(m, n)$ の全画素分を備えた出力画像データを、ドライバ装置4を經由してディスプレイパネル3に入力した場合における、ディスプレイパネル3の描画領域に表示される表示画像、当該表示画像がマイクロレンズアレイ2を通して瞳孔面 S_1 に到達した際にユーザが仮想画像面 S_4 で虚像として観察する入力画像の再生画像(網膜画像)のシミュレーション画像、及び、重み係数 $W(m, n)$ の画像(重み係数画像)の実施例(実施例1及び2)を、2つの入力画像例(入力画像A及びB)を用いて説明する。尚、実施例1では、入力画像A及びBを使用し、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順の検査1及び3で、検査1A及び3Aを使用した重み係数 $W(m, n)$ を使用している。実施例2では、入力画像Aを使用し、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順の検査1及び3で、検査1B及び3Bを使用した重み係数 $W(m, n)$ を使用している。

【0115】

まず、実施例1及び2に係る本装置1で想定した入力画像データ(仮想画像面 S_4)の属性と、マイクロレンズアレイ2及びディスプレイパネル3の構造的属性と、瞳孔面 S_1 の直径 D_p を、図10の一覧表に示す。

【0116】

図11に、実施例1及び2に使用した入力画像Aを示す。図12に、実施例1に使用した入力画像Bを示す。入力画像Aは、英文を示す解像度 2400×1400 の白黒画像であり、入力画像Bは、器に盛られたイチゴを示す解像度 1920×1448 のグレースケール画像(本来はカラー画像である)。図13及び図14に、実施例1及び実施例2の重み係数 $W(m, n)$ の重み係数画像を夫々示す。図15及び図16に、実施例1の入力画像A及びBに対応する表示画像A及びBを示す。図17に、実施例2の入力画像Aに対応

する表示画像 A を示す。図 18 及び図 19 に、実施例 1 の入力画像 A 及び B に対応する網膜画像のシミュレーション画像 A 及び B を示す。図 20 に、実施例 2 の入力画像 A に対応する網膜画像のシミュレーション画像 A を示す。尚、図 13 ~ 図 15、図 17、図 18 及び図 20 には、各画像の要部を拡大した要部拡大図を追加表示している。尚、各実施例及び各比較例の網膜画像のシミュレーション画像は、対応する入力画像に対して上下及び左右が反転した画像（180度回転した画像）となるが、入力画像との比較を容易にするため、入力画像と同じ向きに180度回転して表示している。

【0117】

次に、実施例 1 及び 2 の比較例として、4つの比較例を説明する。比較例 1 は、上記第 3 処理において、重み係数 $W(m, n)$ を使用しない（つまり、実質的に重み係数 $W(m, n)$ の全ての値が 1 となる）比較例である。比較例 2 は、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順のステップ 2 ~ 8 を行わず、ステップ 1 の検査 1 において特定画素であると判定された重み係数 $W(m, n)$ を 0 とし、特定画素であると判定されなかった対象画素 (m, n) の重み係数 $W(m, n)$ を単純に 1 とした比較例である。比較例 3 及び 4 は、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順のステップ 5 の第 1 変数 C_k の計算において、数 17 及び数 18 の計算式を用いず、 $d_k / (D_p / 2)$ の値に関係なく、第 1 変数 C_k を 1 に固定して算出した重み係数 $W(m, n)$ を使用した比較例である。尚、比較例 2 では、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順の検査 1 で、検査 1 A を使用し、比較例 3 では、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順の検査 1 及び 3 で、検査 1 A 及び 3 A を使用した重み係数 $W(m, n)$ を使用している。比較例 4 では、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順の検査 1 及び 3 で、検査 1 B 及び 3 B を使用した重み係数 $W(m, n)$ を使用している。

【0118】

図 21 及び図 22 に、比較例 1 の入力画像 A 及び B に対応する表示画像 A 及び B を示す。図 23 及び図 24 に、比較例 1 の入力画像 A 及び B に対応する網膜画像のシミュレーション画像 A 及び B を示す。図 25 及び図 26 に、比較例 2 の入力画像 A 及び B に対応する表示画像 A 及び B を示す。図 27 及び図 28 に、比較例 2 の入力画像 A 及び B に対応する網膜画像のシミュレーション画像 A 及び B を示す。図 29 に、比較例 3 の重み係数 $W(m, n)$ の重み係数画像を示す。図 30 及び図 31 に、比較例 3 の入力画像 A 及び B に対応する表示画像 A 及び B を示す。図 32 及び図 33 に、比較例 3 の入力画像 A 及び B に対応する網膜画像のシミュレーション画像 A 及び B を示す。図 34 に、比較例 4 の重み係数 $W(m, n)$ の重み係数画像を示す。図 35 に、比較例 4 の入力画像 A に対応する表示画像 A を示す。図 36 に、比較例 4 の入力画像 A に対応する網膜画像のシミュレーション画像 A を示す。尚、図 25、図 29、図 30、図 34 及び図 35 に、各画像の要部を拡大した要部拡大図を追加表示している。

【0119】

重み係数 $W(m, n)$ を使用しない比較例 1 では、図 23 及び図 24 に示すように、網膜画像のシミュレーション画像 A 及び B に、うっすらと画像の別の部分が映り込むというノイズが発生している。これは、光学系に単レンズではなくマイクロレンズアレイ 2 を使用し、且つ、マイクロレンズアレイ 2 のレンズの配列間隔 S_2 が 1 mm であるのに対して瞳孔面 S_1 の直径 D_p が 5 mm と比較的大きいことに起因している。レンズの配列間隔 S_2 に対し瞳孔面 S_1 の直径 D_p が相対的に大きくなると、ディスプレイパネル 3 の 1 つの画素から出射した光が、複数のレンズを通過して瞳孔面 S_1 内に到達する可能性が高くなり、その場合、当該瞳孔面 S_1 内に到達する光が、他の画素から瞳孔面 S_1 内に到達する光と網膜上で同じ位置に到達すると、当該他の画素に対してノイズ源となる。

【0120】

そこで、本装置 1 では、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順のステップ 1 において、対象画素 (m, n) が特定画素であると判定された場合、重み係数 $W(m, n)$ に 0 を割り当てる処理を行っている。比較例 2 は、当該ステップ 1 の処理のみを行って作成された重み係数 $W(m, n)$ を使用している。図 25 及び図 26 に示すように、比較例 2 の表示画像 A 及び B では、重み係数 $W(m, n)$ が 0 の画素が格子状に黒表示となっている。しかし

、図 27 及び図 28 に示すように、比較例 2 の網膜画像のシミュレーション画像 A 及び B では、比較例 1 のうっすらと画像の別の部分が映り込むというノイズの発生は解消されたが、表示画像 A 及び B 上の格子状の黒表示部分が濃淡のノイズパターンとして映り込むという別の問題（明るさのむら）が発生している。

【0121】

そこで、本装置 1 では、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順のステップ 2 ~ 8 において、ステップ 1 で特定画素であると判定されなかった対象画素 (m, n) に対し、特定画素の重み係数 $W(m, n)$ の値が 0 であることに起因して仮想画像面 S4 上においてユーザによって観測されるアーチファクト（ノイズパターン）の発生が抑制されるように、重み係数 $W(m, n)$ に、マイクロレンズアレイ 2 の主面 S2 とディスプレイパネル 3 の発光面 S3 と瞳孔面 S1 の配置関係（ $L1, L2$ ）、マイクロレンズアレイ 2 及びディスプレイパネル 3 の構造的属性、瞳孔面 S1 の直径 Dp 、及び、対象画素 (m, n) の位置に応じて生成された 0、1、及び前記中間値の何れかの補正值を割り当てる処理を行っている。

【0122】

図 13 に示す実施例 1 の重み係数画像では、比較例 2 の格子状の黒表示となる重み係数画像の白表示部分（ $W(m, n) = 1$ ）に対して、上記補正值が割り当てられている。この結果、実施例 1 の表示画像 A 及び B は、図 15 及び図 16 に示すようになり、実施例 1 の網膜画像のシミュレーション画像 A 及び B は、図 18 及び図 19 に示すようになる。図 18 及び図 19 に示すように、実施例 1 では、比較例 1 のうっすらと画像の別の部分が映り込むというノイズの発生、及び、比較例 2 の格子状の濃淡のノイズパターンの発生の何れもが解消されていることが分かる。

【0123】

上述のように、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順の検査 1 及び 3 で、実施例 1 では、検査 1A 及び 3A を使用した重み係数 $W(m, n)$ を使用しているのに対して、実施例 2 では、検査 1B 及び 3B を使用した重み係数 $W(m, n)$ を使用している。図 20 に示す実施例 2 の網膜画像のシミュレーション画像 A により明らかのように、実施例 2 においても、実施例 1 と同様、比較例 1 のうっすらと画像の別の部分が映り込むというノイズの発生、及び、比較例 2 の格子状の濃淡のノイズパターンの発生の何れもが解消されていることが分かる。但し、図 18 と図 20 の要部拡大図を比較すると、何れも、白地部分に極めて薄いドット状のノイズが分散的に確認できるが、その程度の差は、全体図で見れば確認できないレベルである。従って、検査 1 及び 3 に、簡易な検査 1A 及び 3A とより厳密な検査 1B 及び 3B の何れを使用しても、実用上問題にはならないと考えられる。

【0124】

比較例 3 は、実施例 1 の重み係数 $W(m, n)$ に対して、第 1 変数 Ck を 1 に固定して算出した重み係数 $W(m, n)$ を使用した比較例である。比較例 4 は、実施例 2 の重み係数 $W(m, n)$ に対して、第 1 変数 Ck を 1 に固定して算出した重み係数 $W(m, n)$ を使用した比較例である。第 1 変数 Ck を 1 に固定するか否かの差は、図 13 と図 29 に示す実施例 1 と比較例 3 の重み係数 $W(m, n)$ の重み係数画像の差、及び、図 14 と図 34 に示す実施例 2 と比較例 4 の重み係数 $W(m, n)$ の重み係数画像の差に明確に表れている。当該差により、図 32、図 33 及び図 36 に示すように、比較例 3 の網膜画像のシミュレーション画像 A 及び B、及び、比較例 4 の網膜画像のシミュレーション画像 A には、比較例 1 のうっすらと画像の別の部分が映り込むというノイズの発生、及び、比較例 2 の格子状の濃淡のノイズパターンの発生の何れもが解消されているが、比較例 3 では、別の極めて細かい格子状のノイズパターンが発生し、比較例 4 では、比較例 3 のような細かい格子状のノイズパターンではないが、ぼやけた薄い格子状のノイズパターンが発生していることが分かる。

【0125】

よって、実施例 1 及び 2 と比較例 3 及び 4 との比較より、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順のステップ 5 における第 1 変数 Ck の計算を行うことの効果が見らせた。しかし、瞳孔面 S1 の直径 Dp が 5 mm より更に小さい場合や、ディスプレイパネル 3 の画素

の配列間隔 S_3 が $10 \mu\text{m}$ より更に短くより高解像度のディスプレイパネル 3 の使用が可能な場合は、第 1 変数 C_k を 1 に固定しても、比較例 3 及び 4 のノイズパターンの程度が、実用上問題にならない程度に抑制される可能性はある。

【 0 1 2 6 】

上記実施例 1 及び 2 により、画像生成装置 5 が、外部から受け付けた入力画像データに基づいて、上記ステップ 1 ~ 8 の作成手順を経て作成された重み係数 $W(m, n)$ を用いて生成した画像データをディスプレイパネル 3 上に表示することで、ユーザが、当該入力画像データの高品位な再生画像を仮想画像面 S_4 上において観察できることが明らかとなった。また、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順は、必ずしも、上記ステップ 1 ~ 8 の処理内容に限定されるものではなく、上記各面 $S_1 \sim S_3$ の配置関係 (L_1, L_2)、瞳孔面 S_1 の直径 D_p 、マイクロレンズアレイ 2 の焦点距離 f 、大きさ S_{2x}, S_{2y} 、レンズの配列間隔 s_2 、及び、レンズの配列数 N_{2x}, N_{2y} 、並びに、ディスプレイパネル 3 の描画領域の大きさ R_{3x}, R_{3y} 、画素の配列間隔 s_3 、及び、描画領域内の画素の配列数 N_{3x}, N_{3y} に応じて、処理精度を緩和させる、また、より高精度化する等の調整が可能である。

【 0 1 2 7 】

次に、瞳孔面 S_1 とマイクロレンズアレイ 2 の主面 S_2 とディスプレイパネル 3 の発光面 S_3 が互いに平行で、視線軸 Z が各面 $S_1 \sim S_3$ の中心を垂直に通過する基本的な配置関係から外れる場合における、第 1 処理で使用するディスプレイパネル 3 の描画領域の各画素 (m, n) と仮想画像面 S_4 上の入力画像の各入力画素 (i, j) の対応関係と、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順について、簡単に説明する。

【 0 1 2 8 】

瞳孔面 S_1 が、マイクロレンズアレイ 2 の主面 S_2 とディスプレイパネル 3 の発光面 S_3 に対して平行移動して、視線軸 Z が、主面 S_2 と発光面 S_3 の中心から x 方向または y 方向またはその両方に平行移動して各面と直交する第 1 の場合は、第 1 処理で使用する上記対応関係と重み係数 $W(m, n)$ の作成手順の何れに対しても、主面 S_2 と発光面 S_3 の x, y 座標系の座標値を当該移動量に合わせて補正することで対応可能である。

【 0 1 2 9 】

眼球が回転して視線軸 Z の方向が変化し、視線軸 Z が、主面 S_2 と発光面 S_3 の中心から x 方向または y 方向またはその両方に平行移動して各面と斜めに交差する第 2 の場合は、以下の 2 種類の対応が必要となる。尚、視線軸 Z の方向は、瞳孔中心 P_1 を通過してディスプレイパネル 3 の発光面 S_3 と直交する基準直線の方角を基準にして決める。1 つ目の対応は、第 1 処理で使用する上記対応関係の補正である。当該対応関係は、視線軸 Z の向きには関係なく、瞳孔中心 P_1 が眼球の回転により移動することを考慮すればよい。この場合、 x 方向と y 方向への移動については、第 1 の場合と同様に、主面 S_2 と発光面 S_3 の x, y 座標系の座標値を当該移動量に合わせて補正し、 z 方向への移動については、主面 S_2 と瞳孔中心 P_1 との距離 L_2 を補正することで対応可能である。2 つ目の対応は、1 つ目の対応と同様の補正を行うとともに、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順のステップ 1、4 及び 6 では、仮想画像面 S_4 上の所定の点から、マイクロレンズアレイ 2 の主面 S_2 上の所定のレンズの正形状の区画を底面とする四角錐を瞳孔面 S_1 まで延長した場合に、瞳孔面 S_1 を含む平面 $S_{1'}$ 上の当該延長した四角錐と交差する断面である矩形 ($R_X, R_{Xa} \sim R_{Xd}, R_{Xk}, R_{Xka} \sim R_{Xkd}$ 等) の各辺、各頂点の位置、或いは、面積等の計算を行ったが、眼球の回転により平面 $S_{1'}$ が主面 S_2 と平行な面ではなくなるため、当該四角錐が平面 $S_{1'}$ と交差する断面である矩形は、正形状ではなくなるため、上述の面積等の計算を平面 S_1 の傾斜に応じた複雑な計算式で計算する必要が生じる。但し、当該矩形の平面 $S_{1'}$ 上での位置や面積の計算が複雑化するだけで、ステップ 1、4 及び 6 の処理内容には変更はない。

【 0 1 3 0 】

[第 2 実施形態]

次に、本装置の第 2 実施形態について、図面を参照して説明する。

【 0 1 3 1 】

< ディスプレイ装置の概略構成 >

図 3 7 に模式的に示すように、第 2 実施形態の本装置 1 1 は、マイクロレンズアレイ 1 2、ディスプレイパネル 1 3、ドライバ装置 1 4、及び、画像生成装置 1 5 を備えて構成され、第 1 実施形態の本装置 1 に対して部分的な変更を加えた構成となっている。尚、図 3 7 では、マイクロレンズアレイ 1 2、ディスプレイパネル 1 3、ドライバ装置 1 4、及び、画像生成装置 1 5 を支持または収容してユーザの眼前に固定するための部材等は、種々の形態のものが可能であり、図示していない。

【 0 1 3 2 】

マイクロレンズアレイ 1 2 は、マイクロレンズアレイ 1 2 の各レンズの正形状の区画に、R G B 3 原色に対応した 3 色のカラーフィルタの何れか 1 つが形成され構成されている。3 色のカラーフィルタ以外のマイクロレンズアレイ 1 2 は、第 1 実施形態のマイクロレンズアレイ 2 と同じ構成である。具体的には、マイクロレンズアレイ 1 2 は、各レンズの正形状の区画の少なくとも一側面に、上記 3 色のカラーフィルタの何れか 1 つが形成された構成、或いは、各レンズが片側のみ凸面の平凸レンズの平面側を対向させた両凸レンズで構成され、2 つの平凸レンズの間に上記 3 色のカラーフィルタの何れか 1 つを挟持した構成のものを使用する。ここで、3 色のカラーフィルタの配置は、例えば、図 3 8 に模式的に示すように、x 方向及び y 方向の夫々に対して、上記 3 色のカラーフィルタが順番に周期的に配列し、縦横 2 × 2 の 4 区画内に必ず、上記 3 色のカラーフィルタが全て存在するように構成する。図 3 8 の例示では、例えば、クロスハッチで表示した区画、ドットパターンで表示した区画、及び、白抜きで表示した区画が、夫々、赤色 (R) のフィルタ、緑色 (G) のフィルタ、青色 (B) のフィルタに対応している。

【 0 1 3 3 】

第 1 実施形態のディスプレイパネル 3 は、各画素が R G B 3 原色に個別に対応した 3 色の副画素を備えて構成され、カラー表示に対応しているのに対して、ディスプレイパネル 1 3 は、斯かる副画素を備えず、カラー表示に対応していない点でディスプレイパネル 3 と大きく異なる。従って、ディスプレイパネル 1 3 は副画素を備えていないので、カラー表示対応のディスプレイパネル 3 より、容易に高解像度化が図れる点で有利である。

【 0 1 3 4 】

マイクロレンズアレイ 1 2 とディスプレイパネル 1 3 は、上記した以外は、第 1 実施形態のマイクロレンズアレイ 2 及びディスプレイパネル 3 と、個々の構造的属性は同じであるので、第 1 実施形態と重複する説明は割愛する。また、瞳孔面 S 1 とマイクロレンズアレイ 1 2 の主面 S 2 とディスプレイパネル 1 3 の発光面 S 3 との間の位置関係も、図 2 に示す通りであり、第 1 実施形態で説明した瞳孔面 S 1 とマイクロレンズアレイ 2 の主面 S 2 とディスプレイパネル 3 の発光面 S 3 との間の位置関係と同じであるので、重複する説明は割愛するとともに、第 1 実施形態の説明で使用した記号や計算式は、特に断らない限り、第 2 実施形態においても、そのまま使用する。

【 0 1 3 5 】

ドライバ装置 1 4 は、カラー表示非対応のディスプレイパネル 1 3 を駆動する半導体集積回路装置であり、ディスプレイパネル 1 3 の各画素に対して、画像生成装置 1 5 で生成された各画素の画素値を書き込むための制御信号及びデータ信号を、ディスプレイパネル 1 3 の電氣的仕様に即した所定の電圧値及びタイミングで、各画素に接続する制御信号線及びデータ信号線に印加するように構成されている。ドライバ装置 1 4 の具体的な動作内容は、本発明の本旨ではないので、詳細な説明は割愛する。第 1 実施形態のドライバ装置 4 との相違点は、ドライバ装置 4 が、カラー表示対応のディスプレイパネル 3 を駆動する必要があるのに対して、ドライバ装置 1 4 はカラー表示に対応する必要がない点である。尚、ドライバ装置 1 4 として、カラー表示対応の第 1 実施形態のドライバ装置 4 を使用しても構わない。

【 0 1 3 6 】

画像生成装置 1 5 は、図 3 7 に示すように、入力処理部 1 6、演算処理部 1 7、及び、

出力処理部 18 を備えて構成され、第 1 実施形態の画像生成装置 5 と同様に、ハードウェアとしては、マイクロプロセッサ或いはデジタル信号プロセッサ等の演算処理装置を備えて構成される。後述する入力処理部 16、演算処理部 17、及び、出力処理部 18 による各種の処理は、演算処理装置が所定のプログラムを実行することによって実行される。

【0137】

入力処理部 16 は、第 1 実施形態の入力処理部 6 と全く同じであるので、第 1 実施形態と重複する説明は割愛する。

【0138】

演算処理部 17 は、入力画像を構成する各入力画素の中から、ディスプレイパネル 3 の 1 つの画素に対応する 1 つの入力画素を特定する第 1 処理と、入力画像データから特定した入力画素の画素値を読み出して入力画素値とする第 2 処理と、当該入力画素値に、当該 1 つの画素に対して予め設定された重み係数を乗じて、当該 1 つの画素の画素値とする第 3 処理からなる画素値生成処理を、ディスプレイパネル 3 の各画素に対して各別に行うように構成されている点で、第 1 実施形態の演算処理部 7 と基本的に同じである。しかし、マイクロレンズアレイ 12 とディスプレイパネル 13 が、上述のように、第 1 実施形態と構造的に相違するため、上記第 1 乃至第 3 処理の処理内容が、当該相違点に対応するために、第 1 実施形態で説明した処理内容と一部において異なっている。当該異なっている処理内容については後述する。

【0139】

出力処理部 18 は、カラー表示非対応のディスプレイパネル 13 の各画素に対して行われた画素値生成処理（第 1 処理～第 3 処理）で生成された画素値 $D(m, n)$ の全画素分を備えた出力画像データを、ドライバ装置 14 の電氣的仕様に即した形式で、ドライバ装置 14 に出力する。

【0140】

次に、演算処理部 17 が行う第 1 乃至第 3 処理の第 1 実施形態と相違する部分を説明する。

【0141】

第 1 処理では、ディスプレイパネル 3 の描画領域の各画素 (m, n) と仮想画像面 S_4 上の入力画像の各入力画素 (i, j) の位置対応関係に加えて、ディスプレイパネル 3 の描画領域の各画素 (m, n) と各入力画素 (i, j) の RGB 3 原色の何れの色と対応しているかの色対応関係が決定される。上記位置対応関係は、第 1 実施形態の第 1 処理と同じであるので、重複する説明は割愛する。上記色対応関係は、ディスプレイパネル 3 の描画領域の 1 つの画素 (m, n) から出射した光がマイクロレンズアレイ 12 を通過して瞳孔面 S_1 に到達するまでの間に何色のカラーフィルタを通過したかを示すものである。ここで、瞳孔中心 P_1 と当該 1 つの画素 (m, n) の中心を結ぶ直線が通過するマイクロレンズアレイ 2 内の 1 つのレンズ（第 1 実施形態の重み係数 $W(m, n)$ の作成手順のステップ 1 で説明した対象レンズ $2 \times$ に相当する）の正方形の区画に形成されたカラーフィルタの色が、当該 1 つの画素 (m, n) に対応付けられる。

【0142】

後述するように、本装置 2 においても、第 1 実施形態で説明した作成手順でほぼ同様に作成された重み係数 $W(m, n)$ が使用されるため、1 つの画素 (m, n) から出射した光が複数のマイクロレンズアレイ 12 を通過して瞳孔面 S_1 に到達するケース（当該 1 つの画素 (m, n) が特定画素の場合）は、重み係数 $W(m, n)$ が 0 となって、当該画素の発光が阻止されるため、上記色対応関係が問題になることはない。

【0143】

尚、上記位置対応関係と上記色対応関係を、夫々個別にテーブル化して、画像生成装置 5 に内蔵または外付けの不揮発性の記憶装置 19 に格納してもよく、また、両対応関係を統合した 1 つの統合対応関係をテーブル化して、上記不揮発性の記憶装置 19 に格納してもよい。

【0144】

10

20

30

40

50

第2処理では、第1処理において上記位置対応関係で特定された入力画素 (i, j) のRGB3原色の各色の画素値の内、上記色対応関係で特定される1色の画素値を、入力処理部6が所定の記憶領域に格納した入力画像データから読み出し、入力画素値とする。

【0145】

第3処理では、第2処理で読み出した入力画素 (i, j) のRGB3原色の各色の入力画素値 $I_R(i, j)$ 、 $I_G(i, j)$ 、 $I_B(i, j)$ の内の上記色対応関係で特定される1色の画素値に、対応するディスプレイパネル13の画素 (m, n) に対して予め設定された重み係数 $W(m, n)$ を乗じて、当該画素 (m, n) の画素値 $D(m, n)$ とする。 $W(m, n) = 0$ では、当該画素の画素値 $D(m, n)$ は0となり、黒色の表示となる。一方、 $W(m, n) = 1$ では、当該画素の画素値 $D(m, n)$ は、対応する入力画素 (i, j) の各色の入力画素値 $I_R(i, j)$ 、 $I_G(i, j)$ 、 $I_B(i, j)$ の内の上記色対応関係で特定される1色の画素値と同じとなる。尚、重み係数 $W(m, n)$ は、第1実施形態と同様、画像生成装置5に内蔵または外付けの不揮発性の記憶装置19（例えば、フラッシュメモリ等の半導体メモリ）に格納されている。

【0146】

次に、第3処理で使用する重み係数 $W(m, n)$ の作成手順につき説明する。第2実施形態の本装置11で使用する重み係数 $W(m, n)$ の作成手順は、基本的には、第1実施形態で説明したものと同一であるが、上記で説明した第1乃至第3処理における第1実施形態との相違点に対応して、ステップ3の処理に、以下に説明する処理内容（検査4）を追加する。以下、第2実施形態においてステップ3の処理に追加した検査4の処理内容につき説明する。第2実施形態における重み係数 $W(m, n)$ の作成手順は、下記の検査4以外は、第1実施形態で説明したものと同一であるので、重複する説明は割愛する。

【0147】

検査4では、対象画素 (m, n) に対応する色と、ステップ3において算出した点 P_{3k} の座標値 (x_3, y_3) に対応する被検査画素点の画素に対応する色を、第1処理で説明した上記色対応関係に基づいて特定し、両画素の色が一致するか否かを検査する。検査4は、検査2の前後何れで行ってもよい。検査4を先に行う場合、検査4の結果、両画素の色が一致する場合に、検査2の処理を行い、両画素の色が一致しない場合には、検査2の処理、及び、以降のステップ4～6の処理を行わずに終了する。尚、検査4を後に行う場合、検査2の結果、点 P_{3k} と瞳孔中心 P_1 を結ぶ直線がマイクロレンズアレイ2の主面 S_2 と交差する点が、当該1つの被検査レンズ $2 \times k$ の区画内に存在する場合は、検査4を行い、区画内に存在しない場合は、検査4の処理、及び、以降のステップ4～6の処理を行わずに終了する。そして、後の検査4の結果、両画素の色が一致する場合は、次のステップ4に移行し、両画素の色が一致しない場合には、以降のステップ4～6の処理を行わずに終了する。

【0148】

第2実施形態の本装置11では、カラー表示非対応のディスプレイパネル13を使用して、カラー表示に対応させるために、縦横 2×2 の4区画内に必ず、上記3色のカラーフィルタが全て存在するように構成している。当該カラー表示に対応するには、第1処理における上記位置対応関係において、1つの入力画素 (i, j) に対応するディスプレイパネル13の描画領域の画素 (m, n) が3つ以上存在し、当該3つの画素 (m, n) の上記色対応関係で決まる各色が、互いに異なり、夫々合わせてRGB3原色の3色となる必要となる。従って、1つの入力画素 (i, j) に対応する仮想画像面 S_4 上の任意の1点を頂点とし、瞳孔面 S_1 を底面とする円錐体がカラーフィルタの設置面と交差する断面内に、上記3色のカラーフィルタの全てが含まれている必要がある。このためには、3色のカラーフィルタの配列構成に加えて、瞳孔面 S_1 の直径 D_p をマイクロレンズアレイ12のレンズの配列間隔 s_2 （レンズの大きさ）で除した比は、マイクロレンズアレイ12及びディスプレイパネル13の構造的属性に応じて上記条件が満足されるように設定される所定値以上（例えば、下記の実施例では3）とする必要がある。但し、当該所定値は、用途に応じて要求される画質にも依存するため、ここでは、詳細な説明は省略する。

【0149】

ところで、3色の入力画素値 $I_R(i, j)$ 、 $I_G(i, j)$ 、 $I_B(i, j)$ に応じた各色の輝度を、瞳孔面 S_1 を底面とする円錐体がカラーフィルタの設置面と交差する断面内に含まれている3色のカラーフィルタの各面積の逆数の比で合成することで、入力画素 (i, j) の色が網膜上で再現されることになるが、第3処理で、3色の入力画素値 $I_R(i, j)$ 、 $I_G(i, j)$ 、 $I_B(i, j)$ に乘じる上記色対応関係で特定される3つの画素 (m, n) の重み係数 $W(m, n)$ の比が、上述の3色のカラーフィルタの各面積の逆数の比に相当している。このことは、後述する実施例3の結果より裏付けられる。

【0150】

ここで、第2実施形態の本装置11では、ディスプレイパネル13の描画領域の3以上10の異なる位置の画素 (m, n) から出射した無彩色光が、3以上(3つに限定して良いか?)の異なるレンズと3色のカラーフィルタと瞳孔面 S_1 を通過して、網膜上の同じ位置に到達して、3色の光が網膜上の当該同じ位置で合成される。一方、第1実施形態の本装置11では、ディスプレイパネル13の描画領域の1つの画素 (m, n) の3色の副画素から出射した3色の光が、1つのレンズと瞳孔面 S_1 を通過して、網膜上の所定の位置に到達して、3色の光が網膜上の当該所定の位置で合成される。しかし、3色の副画素の位置が1つの画素内で分離しているため、網膜上においても3色が僅かに分離している。このため、第2実施形態の本装置11の方が、第1実施形態の本装置11より、カラー表示において高解像度化には有利な構造と言える。

【0151】

<実施例>

次に、演算処理部17が、上記要領で作成された重み係数 $W(m, n)$ を使用して、上記画素値生成処理(第1処理~第3処理)で生成された各画素の画素値 $D(m, n)$ の全画素分を備えた出力画像データを、ドライバ装置14を経由してディスプレイパネル13に入力した場合における、ディスプレイパネル13の描画領域に表示されるグレースケールの表示画像、当該表示画像がマイクロレンズアレイ12を通して瞳孔面 S_1 に到達した際にユーザが仮想画像面 S_4 で虚像として観察する入力画像の再生カラー画像(網膜画像)のシミュレーション画像、及び、重み係数 $W(m, n)$ の画像(重み係数画像)の実施例(実施例3)を、1つの入力画像例(入力画像B)を用いて説明する。尚、実施例3では、第1実施形態の実施例1と同様に、入力画像Bを使用し、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順の検査1及び3で、検査1A及び3Aを使用した重み係数 $W(m, n)$ を使用している。30

【0152】

まず、実施例3に係る本装置11で想定した入力画像データ(仮想画像面 S_4)の属性と、マイクロレンズアレイ12及びディスプレイパネル13の構造的属性と、瞳孔面 S_1 の直径 D_p は、図10に示すように、第1実施形態の実施例1及び2の値から、本装置11のカラー表示対応効果を分かり易くするために、一部を変更している。主たる変更は、瞳孔面 S_1 の直径 D_p を5mmから3mmと短くし、マイクロレンズアレイ2の主面 S_2 と瞳孔面 S_1 の離間距離 L_2 を10mmから15mmと長くしている点で、他の変更点は、図10に示す通りである。40

【0153】

図39に、実施例3に使用した入力画像B(カラー画像)のRGB3原色の色別に分離した3つの入力画像B-R、入力画像B-G、入力画像B-Bを示す。図40に、実施例3の重み係数 $W(m, n)$ の重み係数画像とその要部拡大図を示す。図41に、実施例3の入力画像Bに対応する表示画像Bを示す。図42に、実施例3の入力画像Bに対応する網膜画像のシミュレーション画像BのRGB3原色の色別に分離した3つのシミュレーション画像B-R、シミュレーション画像B-G、シミュレーション画像B-Bを示す。尚、入力画像B及び網膜画像のシミュレーション画像Bを色別に分離して示す目的は、本願に添付するグレースケールの図面を使用して、カラー表示非対応のディスプレイパネル13を使用する本装置11の色再現性を確認可能にするためである。また、図42に示す40

シミュレーション画像 B を色別に分離した各画像は、対応する入力画像に対して上下及び左右が反転した画像（180度回転した画像）となるが、入力画像との比較を容易にするため、入力画像と同じ向きに180度回転して表示している。

【0154】

図39の色別に分離した3つの入力画像 B - R、入力画像 B - G、入力画像 B - B と、図42の色別に分離した3つのシミュレーション画像 B - R、シミュレーション画像 B - G、シミュレーション画像 B - B を対比すると、各シミュレーション画像の外縁部分で画像の色むらが生じているが、当該外縁部分を除く画面の大部分では、カラーの入力画像が正確に再現されていることが分かる。当然ながら、本来のカラーでの入力画像 B と、カラーで表示されたシミュレーション画像 B を対比しても同様である。

10

【0155】

実施例3の結果より、カラー表示非対応のディスプレイパネル13を使用しても、マイクロレンズアレイ12の各レンズの正方形の区画にRGB3原色に対応した3色のカラーフィルタを各別に形成することで、カラー表示可能なディスプレイ装置の実現が図れることが分かる。

【0156】

[第3実施形態]

次に、本装置の第3実施形態について、図面を参照して説明する。

【0157】

<ディスプレイ装置の概略構成>

図43(A)に模式的に示すように、第3実施形態の本装置21は、マイクロレンズアレイ22、ディスプレイパネル23、ドライバ装置24、及び、画像生成装置25を備えて構成され、第1実施形態の本装置1に対して部分的な変更を加えた構成となっている。尚、図43では、マイクロレンズアレイ12、ディスプレイパネル13、ドライバ装置14、及び、画像生成装置15を支持または収容してユーザの眼前に固定するための部材等は、種々の形態のものが可能であり、図示していない。

20

【0158】

マイクロレンズアレイ22は、第1実施形態のマイクロレンズアレイ2と全く同じ構成のものが利用できる。

【0159】

ディスプレイパネル23は、図43(B)に模式的に示すように、ディスプレイパネルユニット23aを縦方向(y方向)と横方向(x方向)の少なくとも1方向に複数配列して構成されている。ディスプレイパネルユニット23aは、パネルの大きさを除いて、第1実施形態のディスプレイパネル3と同じ構成のものが利用できる。ディスプレイパネル23は、隣接するディスプレイパネルユニット23aの画素アレイ間に、画素の存在しない隙間が生じている点で、第1実施形態のディスプレイパネル3と異なる。

30

【0160】

マイクロレンズアレイ22とディスプレイパネル23は、上記した以外は、第1実施形態のマイクロレンズアレイ2及びディスプレイパネル3と、個々の構造的属性は同じであるので、第1実施形態と重複する説明は割愛する。また、瞳孔面S1とマイクロレンズアレイ22の主面S2とディスプレイパネル23の発光面S3との間の位置関係も、図2に示す通りであり、第1実施形態で説明した瞳孔面S1とマイクロレンズアレイ2の主面S2とディスプレイパネル3の発光面S3との間の位置関係と同じであるので、重複する説明は割愛するとともに、第1実施形態の説明で使用した記号や計算式は、特に断らない限り、第3実施形態においても、そのまま使用する。

40

【0161】

ドライバ装置24は、ディスプレイパネル23を駆動する半導体集積回路装置であり、ディスプレイパネル13の各画素に対して、画像生成装置25で生成された各画素の画素値を書き込むための制御信号及びデータ信号を、ディスプレイパネル23の電気的仕様に即した所定の電圧値及びタイミングで、各画素に接続する制御信号線及びデータ信号線に

50

印加するように構成されている。ドライバ装置 24 は、1 台のディスプレイパネルユニット 23 a を駆動する個別のドライバ装置をディスプレイパネルユニット 23 a の個数分備えた構成としてもよく、また、1 台のドライバ装置 24 が、複数のディスプレイパネルユニット 23 a を各別に同時に駆動する構成としてもよい。ドライバ装置 24 の具体的な動作内容は、本発明の本旨ではないので、詳細な説明は割愛する。

【0162】

画像生成装置 25 は、図 43 に示すように、入力処理部 26、演算処理部 27、及び、出力処理部 28 を備えて構成され、第 1 実施形態の画像生成装置 5 と同様に、ハードウェアとしては、マイクロプロセッサ或いはデジタル信号プロセッサ等の演算処理装置を備えて構成される。後述する入力処理部 26、演算処理部 27、及び、出力処理部 28 による各種の処理は、演算処理装置が所定のプログラムを実行することによって実行される。

【0163】

入力処理部 26 は、第 1 実施形態の入力処理部 6 と全く同じであるので、第 1 実施形態と重複する説明は割愛する。

【0164】

演算処理部 27 は、入力画像を構成する各入力画素の中から、ディスプレイパネル 23 の 1 つの画素に対応する 1 つの入力画素を特定する第 1 処理と、入力画像データから特定した入力画素の画素値を読み出して入力画素値とする第 2 処理と、当該入力画素値に、当該 1 つの画素に対して予め設定された重み係数を乗じて、当該 1 つの画素の画素値とする第 3 処理からなる画素値生成処理を、ディスプレイパネル 23 の各画素に対して各別に行うように構成されている点で、第 1 実施形態の演算処理部 7 と基本的に同じである。

【0165】

ところで、第 3 処理で使用する重み係数は、第 1 実施形態においては、ユーザの視点か点ではなく実際は大きさのある瞳孔面 S1 であることに起因して発生する、ユーザが仮想画像面 S4 上で観察する入力画像の再生画像内のアーチファクト（ノイズパターン）を抑制するために作成されていた。具体的には、第 1 実施形態では、比較例 1 のうっすらと画像の別の部分が映り込むというノイズの発生、比較例 2 の表示画像 A 及び B 上の格子状の黒表示部分（対象画素 (m, n) が特定画素である場合に、重み係数 $W(m, n)$ が 0 となっている部分に相当）が濃淡のノイズパターンとして映り込むという別の問題（明るさのむら）が、第 1 実施形態の実施例 1 及び 2 では解消されていた。

【0166】

ここで、第 1 実施形態の比較例 2 における「表示画像 A 及び B 上の格子状の黒表示部分」と、第 3 実施形態のディスプレイパネル 23 において、隣接するディスプレイパネルユニット 23 a の画素アレイ間に、画素の存在しない隙間が生じていることは、連続した「黒表示部分」が生じる点で共通している。つまり、第 3 実施形態では、第 1 実施形態で問題視した瞳孔面 S1 の直径 D_p が、比較例 1 のうっすらと画像の別の部分が映り込むというノイズの発生が顕著に生じない程度に小さい場合であっても、上記「画素の存在しない隙間」によって、比較例 2 と同様の濃淡のノイズパターンとして映り込むという問題（明るさのむら）が発生し得る。よって、第 1 実施形態の第 3 処理において使用した重み係数は、第 3 実施形態において、上記「画素の存在しない隙間」に起因して生じる明るさのむらの問題の解消に利用することができる。

【0167】

従って、演算処理部 27 の第 1 実施形態の演算処理部 7 との相違点は、第 3 処理で使用する重み係数 $W(m, n)$ の作成手順において、ディスプレイパネルユニット 23 a の画素アレイ間の隙間を考慮した処理が追加されている点である。尚、重み係数 $W(m, n)$ は、第 1 実施形態と同様に、画像生成装置 5 に内蔵または外付けの不揮発性の記憶装置 29（例えば、フラッシュメモリ等の半導体メモリ）に格納されている。

【0168】

出力処理部 28 は、ディスプレイパネル 23 の各画素に対して行われた画素値生成処理（第 1 処理～第 3 処理）で生成された各副画素の画素値 $DR(m, n)$ 、 $DG(m, n)$

、 $D B(m, n)$ の全画素分を備えた出力画像データを、ドライバ装置24の構成及び電氣的仕様に即した形式で、ドライバ装置24に出力する。

【0169】

次に、第3処理で使用する重み係数 $W(m, n)$ の作成手順につき説明する。第3実施形態の本装置21で使用する重み係数 $W(m, n)$ の作成手順は、基本的には、第1実施形態で説明したものと同一であるが、ディスプレイパネルユニット23aの画素アレイ間の隙間を考慮して、ステップ3の処理に、以下に説明する処理内容(検査5)を追加し、ステップ5とステップ6の間に、以下に説明する処理内容(ステップ5-1)を追加する。以下、第3実施形態においてステップ3の処理に追加した検査5の処理内容、及び、ステップ5の後に追加したステップ5-1の処理内容つき説明する。第3実施形態における重み係数 $W(m, n)$ の作成手順は、下記の検査4及びステップ5-1以外は、第1実施形態で説明したものと同一であるので、重複する説明は割愛する。

【0170】

検査5では、ステップ3において算出した点 $P3k$ (被検査画素点)の座標値($x3, y3$)が、ディスプレイパネルユニット23aの画素アレイ間の隙間内にあるか否かを検査する。検査5は、検査2の前後何れで行ってもよい。検査5を先に行う場合、検査5の結果、点 $P3k$ が上記隙間内にはない(つまり、画素アレイ内にある)場合に、検査2の処理を行い、点 $P3k$ が上記隙間内にある場合には、検査2の処理、及び、以降のステップ4~6の処理を行わずに終了する。尚、検査5を後に行う場合、検査2の結果、点 $P3k$ と瞳孔中心 $P1$ を結ぶ直線がマイクロレンズアレイ2の主面 $S2$ と交差する点が、当該1つの被検査レンズ $2Xk$ の区画内に存在する場合は、検査5を行い、区画内に存在しない場合は、検査5の処理、及び、以降のステップ4~6の処理を行わずに終了する。そして、後の検査5の結果、点 $P3k$ が上記隙間内にはない場合は、次のステップ4に移行し、点 $P3k$ が上記隙間内にある場合には、以降のステップ4~6の処理を行わずに終了する。

【0171】

ステップ5-1では、第1実施形態のステップ5で算出された第1変数 Ck を暫定的な第1変数 $C'k$ とし、当該暫定的な第1変数 $C'k$ に、下記の数25または数26で与えられる第4変数 Fk を乗じた値を第1変数 Ck として(下記の数27参照)、以降のステップ6において使用する。尚、数25及び数26中の $d1k$ は、点 $P3k$ (被検査画素点)と上記隙間との間の距離である。

【0172】

[数25]

$$Fk = 5 \times d1k / s2, \quad \text{但し、} d1k / s2 < 0.2$$

[数26]

$$Fk = 1, \quad \text{但し、} d1k / s2 \geq 0.2$$

【0173】

[数27]

$$Ck = C'k \times Fk$$

【0174】

ステップ5-1の処理を追加する狙いは、上記隙間に近接する画素をあまり使用しないようにして、近似や誤差による副作用の低減することである。

【0175】

<実施例>

次に、演算処理部27が、上記要領で作成された重み係数 $W(m, n)$ を使用して、上記画素値生成処理(第1処理~第3処理)で生成された各画素の画素値 $D(m, n)$ の全画素分を備えた出力画像データを、ドライバ装置24を経由してディスプレイパネル23に入力した場合における、ディスプレイパネル23の2枚のディスプレイパネルユニット23aの描画領域に表示される表示画像、当該表示画像がマイクロレンズアレイ22を通して瞳孔面 $S1$ に到達した際にユーザが仮想画像面 $S4$ で虚像として観察する入力画像の再生カラー画像(網膜画像)のシミュレーション画像、及び、重み係数 $W(m, n)$ の画

像（重み係数画像）の実施例（実施例 4～6）を、1つの入力画像例（入力画像 A）を用いて説明する。実施例 4～6 間の違いは、ディスプレイパネルユニット 23 a の画素アレイ間の隙間が、順番に 3 mm、10 mm、15 mm である点である。尚、実施例 4～6 では、第 1 実施形態の実施例 1 と同様に、入力画像 A を使用し、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順の検査 1 及び 3 で、検査 1 B 及び 3 B を使用した重み係数 $W(m, n)$ を使用している。

【0176】

まず、実施例 3 に係る本装置 21 で想定した入力画像データ（仮想画像面 S4）の属性と、マイクロレンズアレイ 22 及びディスプレイパネル 23 の構造的属性と、瞳孔面 S1 の直径 D_p は、図 10 に示すように、第 1 実施形態の実施例 1 及び 2 の値から、本装置 21 の上記「画素の存在しない隙間」に起因して生じる明るさのむらの問題の解消効果を分かり易くするために、一部を変更している。主たる変更は、ディスプレイパネル 23 の構造的属性であり、次に、瞳孔面 S1 の直径 D_p を 5 mm から 3 mm と短くし、マイクロレンズアレイ 2 の主面 S2 と瞳孔面 S1 の離間距離 L_2 を 10 mm から 15 mm と長くしている点で、他の変更点は、図 10 に示す通りである。

【0177】

図 44 に、実施例 4～6 の重み係数 $W(m, n)$ の重み係数画像を夫々示す。図 45 に、実施例 4～6 の入力画像 A（図 11 参照）に対応する左右 2 枚のディスプレイパネルユニット 23 a の表示画像 A を左右に並べて夫々示す。図 46 に、実施例 4～6 の入力画像 A に対応する網膜画像のシミュレーション画像 A を夫々示す。尚、各実施例及び各比較例の網膜画像のシミュレーション画像は、対応する入力画像に対して上下及び左右が反転した画像（180 度回転した画像）となるが、入力画像との比較を容易にするため、入力画像と同じ向きに 180 度回転して表示している。

【0178】

次に、実施例 4～6 の比較例として、4 つの比較例を説明する。比較例 5～8 は、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順のステップ 2～8 を行わず、ステップ 1 の検査 1 において特定画素であると判定された重み係数 $W(m, n)$ を 0 とし、特定画素であると判定されなかった対象画素 (m, n) の重み係数 $W(m, n)$ を単純に 1 とした比較例である。尚、比較例 5～8 では、実施例 4～6 と同様に、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順の検査 1 で、検査 1 B を使用した重み係数 $W(m, n)$ を使用している。

【0179】

図 47 に、比較例 5～8 の入力画像 A（図 11 参照）に対応する左右 2 枚のディスプレイパネルユニット 23 a の表示画像 A を左右に並べて夫々示す。図 48 に、比較例 5～8 の入力画像 A に対応する網膜画像のシミュレーション画像 A を夫々示す。

【0180】

まず、比較例 5～8 の結果を検討すると、瞳孔面 S1 の直径 D_p を 5 mm から 3 mm と短くした結果、第 1 実施形態の比較例 1 及び 2 で観察された問題は生じていないことが、比較例 5（隙間が 0 mm）のシミュレーション画像 A（図 48 参照）より分かる。しかし、比較例 6～8 のシミュレーション画像 A（図 48 参照）より、隙間に起因して生じたと考えられる中央部が暗くなるノイズパターンが見られる。

【0181】

これに対して、実施例 4～6 では、2 枚のディスプレイパネルユニット 23 a の画素アレイ間に、3～15 mm の隙間が存在しても、比較例 6～8 で生じていた中央部が暗くなるノイズパターンの発生は解消されていることが分かる。

【0182】

[別実施形態]

次に、上記第 1～第 3 実施形態の変形例（別実施形態）について説明する。

【0183】

1 上記第 1～第 3 実施形態では、マイクロレンズアレイ 2 として各レンズが両凸レンズの場合を想定したが、各レンズが片側のみ凸面の平凸レンズのマイクロレンズアレイを

使用してもよい。また、マイクロレンズアレイ 2 として、各レンズが縦方向及び横方向に夫々複数アレイ状に配列して構成され、1つのレンズの占有する区画は正方形の場合を想定したが、例えば、1つのレンズの占有する区画が正六角形で、ハニカム状に密に配列して構成されていてもよい。

【0184】

2 上記第1～第3実施形態では、瞳孔面 S 1 の直径 D_p 、視線軸 Z がディスプレイパネル 3 の発光面 S 3 と交差する位置、及び、視線軸 Z の方向（以下、「瞳孔面に関するパラメータ」と称する）が一通りで、演算処理部 7, 17, 27 による第3処理では、当該瞳孔面に関するパラメータ等に応じて予め設定された1組の重み係数 $W(m, n)$ を使用する場合を想定したが、瞳孔面に関するパラメータの1以上が変化する用途では、複数組の当該1以上の瞳孔面に関するパラメータの組み合わせに対して予め対応する重み係数 $W(m, n)$ を、記憶装置 9, 19, 29 に格納しておき、入力処理部 6, 16, 26 が、当該1以上の瞳孔面に関するパラメータを入力情報として受け付けるように構成され、入力処理部 6, 16, 26 が受け付け当該入力情報に応じた重み係数 $W(m, n)$ を選択して、記憶装置 9, 19, 29 から読み出して使用するのも好ましい実施態様である。

【0185】

この場合、上記1以上の瞳孔面に関するパラメータを計測し、その計測結果を入力情報として、画像生成装置 5, 15, 25 に出力するセンサを、本装置 1, 11, 21 の上記パラメータの計測可能な位置に設けるのも好ましい実施形態である。例えば、当該センサとして、イメージセンサを、ディスプレイパネル 3 を構成する基板上の画素アレイの周辺部（例えば、4角）に設置し、マイクロレンズアレイ 2 の4角のレンズを、当該センサの光学系に使用するのも好ましい実施形態である。斯かる4角のセンサから得られた情報から、瞳孔面 S 1 の直径 D_p 、視線軸 Z の方向等の上記パラメータが精度よく取得できる。

【0186】

上記センサを設ける場合、センサの計測結果を入力情報として、画像生成装置 5, 15, 25 に出力して、入力処理部 6, 16, 26 がそれを受け付け、当該入力情報に応じた重み係数 $W(m, n)$ を選択する構成に代えて、画像生成装置 5, 15, 25 が、本装置 1, 11, 21 に対応した重み係数 $W(m, n)$ の生成手順を実行する重み係数生成部を備え、センサから計測結果を入力情報として受け付けてから、演算処理部 7, 17, 27 が第3処理で使用する重み係数 $W(m, n)$ を生成し、当該使用前に記憶装置 9, 19, 29 に格納するようによい。

【0187】

3 上記第1～第3実施形態では、重み係数 $W(m, n)$ は、ディスプレイパネル 3 の描画領域内の全ての画素 (m, n) について導出して、その全画素分を記憶装置 9, 19, 29 に格納する態様を説明したが、重み係数 $W(m, n)$ は、図13及び図14に示すように、マイクロレンズアレイ 2 及びディスプレイパネル 3 の構造的属性に応じた規則性及び周期性を備えているため、全画素分の重み係数 $W(m, n)$ を、繰り返し単位となる重み係数 $W(m, n)$ 部分と、上記規則性及び周期性を関数化した部分で再構成して、データ量を圧縮して、記憶装置 9, 19, 29 に格納するようによい。また、重み係数 $W(m, n)$ は、テーブル化して、記憶装置 9, 19, 29 に格納する場合を説明したが、数式化できる場合には、数式化したものを記憶装置 9, 19, 29 に格納するようによい。

【0188】

4 上記第1～第3実施形態では、本装置 1, 11, 21 は、ドライバ装置 4, 14, 24 と画像生成装置 5, 15, 25 を夫々個別に備えてなる構成を説明したが、画像生成装置 5, 15, 25 の出力処理部 8, 18, 28 が、ドライバ装置 4, 14, 24 の機能を備え、ドライバ装置 4, 14, 24 と画像生成装置 5, 15, 25 が一体化した構成であつてもよい。

【0189】

5 上記第1～第3実施形態では、図1、図37、図43において、マイクロレンズア

レイ 2 とディスプレイパネル 3 は各 1 つのケース、つまり、片眼で使用する形態を例示していたが、当該例示は、本装置の説明の理解を容易にするためのものであり、マイクロレンズアレイ 2, 12, 22 とディスプレイパネル 3, 13, 23 を 2 組設けて、両眼で使用する形態であってもよい。この場合は、ドライバ装置 4, 14, 24、及び、画像生成装置 5, 15, 25 を、2 組のマイクロレンズアレイ 2, 12, 22 とディスプレイパネル 3, 13, 23 に対して共通に 1 組設けても、或いは、各別に 2 組設けてもよい。

【0190】

6 上記第 2 実施形態では、RGB 3 原色に対応した 3 色のカラーフィルタは、マイクロレンズアレイ 12 の各レンズの表面または内部に形成する態様を説明したが、当該 3 色のカラーフィルタは、マイクロレンズアレイ 12 ではなく、ディスプレイパネル 3 の発光面 S3 の表面に形成してもよい。一例として、瞳孔中心 P1 を頂点とし、マイクロレンズアレイ 12 の正方形の各区画を底辺とする四角錐を、ディスプレイパネル 3 の発光面 S3 まで延長した場合に、当該四角錐内の発光面 S3 上の区画に、上記 3 色のカラーフィルタを、例えば、図 38 に例示したパターンで形成するのが好ましい。この場合、1 つの入力画素 (i, j) に対応する仮想画像面 S4 上の任意の 1 点を頂点とし、瞳孔面 S1 を底面とする円錐体がディスプレイパネル 3 の発光面 S3 と交差する断面内に、上記 3 色のカラーフィルタの全てが含まれている必要がある。

【0191】

7 上記第 2 及び第 3 実施形態では、基本的に第 1 実施形態で説明した重み係数 $W(m, n)$ の作成手順 (ステップ 1 ~ 8) を経て作成された重み係数 $W(m, n)$ を用いて、演算処理部 17, 27 が第 3 処理を行う場合を説明した。しかし、第 3 実施形態の比較例 5 で説明したように、瞳孔面 S1 の直径 D_p を 5 mm から 3 mm と短くした結果、第 1 実施形態の比較例 1 及び 2 で観察されたノイズの問題は生じていない。つまり、瞳孔面 S1 の直径 D_p が 3 mm 程度に小さくできる用途では、重み係数 $W(m, n)$ の作成手順として、必ずしも、上記作成手順 (ステップ 1 ~ 8) を経て作成する必要のないことを意味している。

【0192】

従って、第 2 実施形態では、カラー表示非対応のディスプレイパネル 13 を使用して、カラー表示に対応させる目的に特化して、3 色の入力画素値 $I_R(i, j)$, $I_G(i, j)$, $I_B(i, j)$ に応じた各色の輝度を、瞳孔面 S1 を底面とする円錐体がカラーフィルタの設置面と交差する断面内に含まれている 3 色のカラーフィルタの各面積の逆数の比で合成するための重み係数 $W(m, n)$ を、作成するようにしてもよい。つまり、第 1 及び第 2 実施形態で説明した重み係数 $W(m, n)$ の作成手順 (ステップ 1 ~ 8) の内、瞳孔面 S1 の直径 D_p に応じて、例えば、ステップ 1 を省略する、或いは、第 1 実施形態の比較例 3 及び 4 のように、ステップ 5 の第 1 変数 C_k の計算において、数 17 及び数 18 の計算式を用いず、 $d_k / (D_p / 2)$ の値に関係なく、第 1 変数 C_k を 1 に固定して算出した重み係数 $W(m, n)$ を使用する、或いは、その両方を行うようにしてもよい。

【0193】

更に、第 3 実施形態では、隣接するディスプレイパネルユニット 23a の画素アレイ間の画素の存在しない隙間に起因して生じる明るさのむらの問題の解消に特化して、重み係数 $W(m, n)$ を、作成するようにしてもよい。つまり、第 1 及び第 3 実施形態で説明した重み係数 $W(m, n)$ の作成手順 (ステップ 1 ~ 8) の内、瞳孔面 S1 の直径 D_p に応じて、例えば、ステップ 1 を省略する、或いは、第 1 実施形態の比較例 3 及び 4 のように、ステップ 5 の第 1 変数 C_k の計算において、数 17 及び数 18 の計算式を用いず、 $d_k / (D_p / 2)$ の値に関係なく、第 1 変数 C_k を 1 に固定して算出した重み係数 $W(m, n)$ を使用する、或いは、その両方を行うようにしてもよい。

【0194】

更に、第 2 実施形態の構成を、第 3 実施形態の構成を用いて実現することも可能である。

【産業上の利用可能性】

10

20

30

40

50

【 0 1 9 5 】

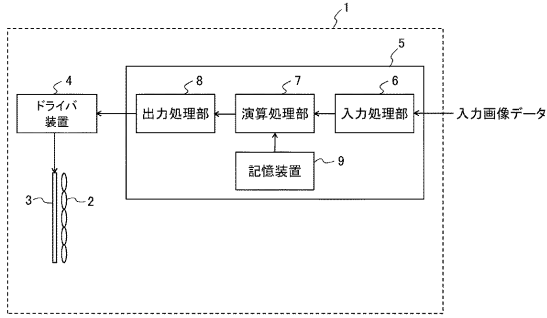
本発明のディスプレイ装置は、眼前に装着して使用する眼鏡タイプまたはゴーグルタイプ等のヘッドマウントディスプレイ装置に利用できる。

【 符号の説明 】

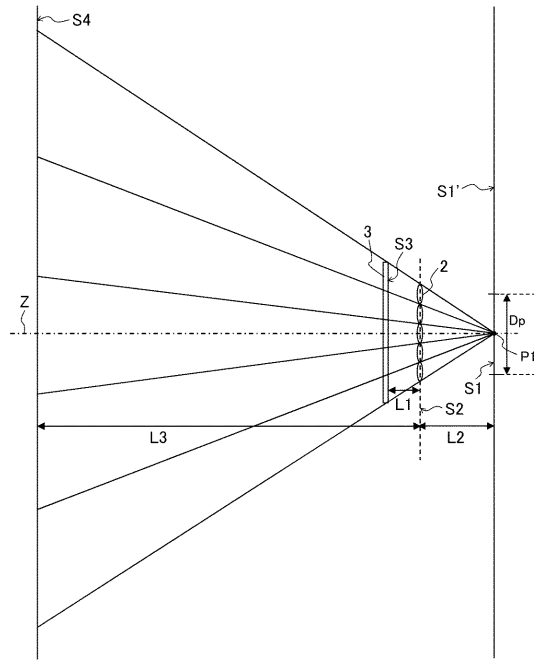
【 0 1 9 6 】

1, 11, 21	:	ディスプレイ装置	
2, 12, 22	:	マイクロレンズアレイ	
3, 13, 23	:	ディスプレイパネル	
4, 14, 24	:	ドライバ装置	
5, 15, 25	:	画像生成装置	10
6, 16, 26	:	入力処理部	
7, 17, 27	:	演算処理部	
8, 18, 28	:	出力処理部	
9, 19, 29	:	不揮発性の記憶装置	
23a	:	ディスプレイパネルユニット	
Dp	:	瞳孔面の直径	
L1	:	マイクロレンズアレイの主面とディスプレイパネルの発光面の離間距離	
L2	:	マイクロレンズアレイの主面と瞳孔面の離間距離	
L3	:	マイクロレンズアレイの主面と仮想画像面の離間距離	
P1	:	瞳孔面の中心	20
P2	:	レンズの主点	
P3	:	ディスプレイパネルの発光面の中心	
P4	:	仮想画像面の中心	
S1	:	瞳孔面	
S1'	:	瞳孔面を含む平面	
S2	:	マイクロレンズアレイの主面	
S3	:	ディスプレイパネルの発光面	
S4	:	仮想画像面	
Z1	:	視線軸	

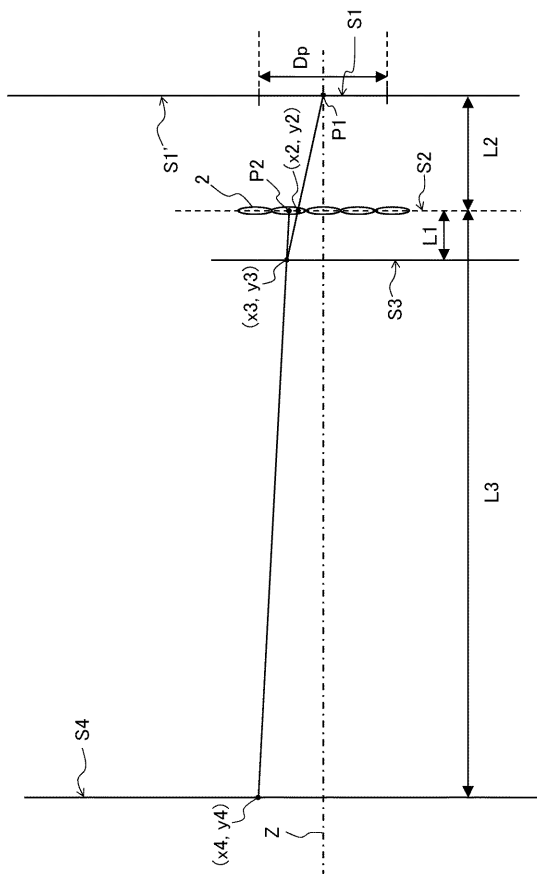
【図1】



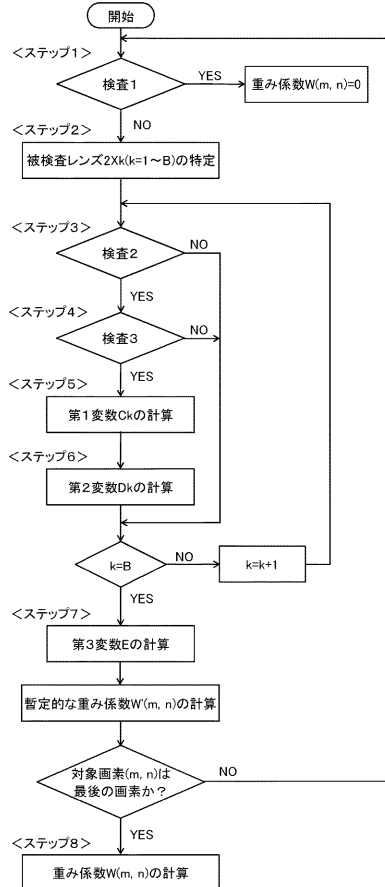
【図2】



【図3】



【図4】



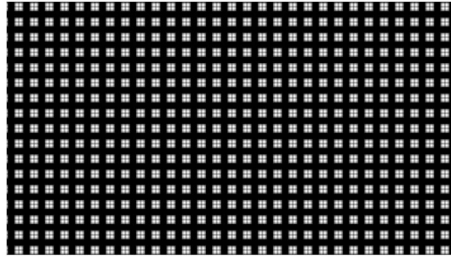
【図 1 2】

実施例1 入力画像B

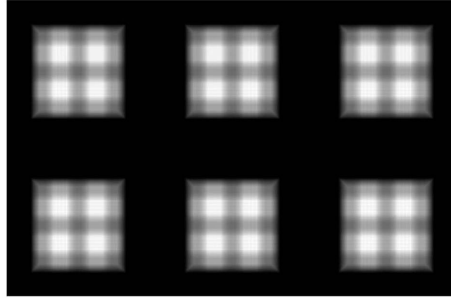


【図 1 3】

実施例1 重み係数画像

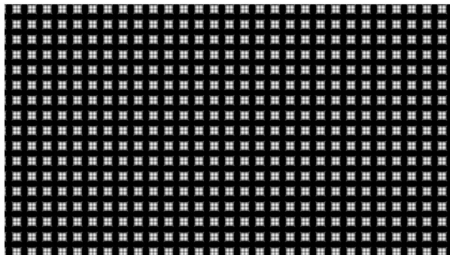


実施例1 重み係数画像(要部拡大図)

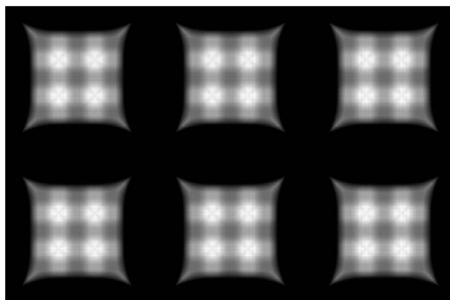


【図 1 4】

実施例2 重み係数画像

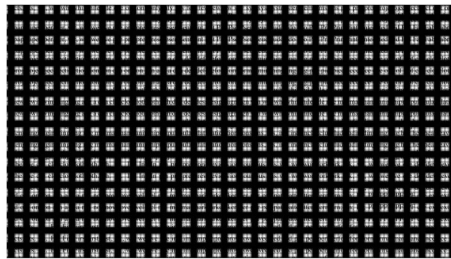


実施例2 重み係数画像(要部拡大図)

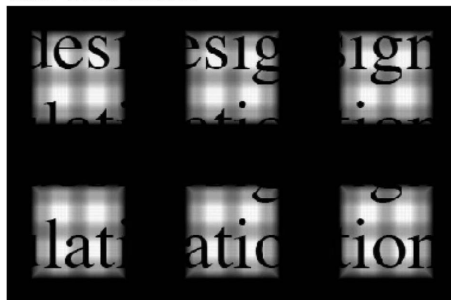


【図 1 5】

実施例1 表示画像A

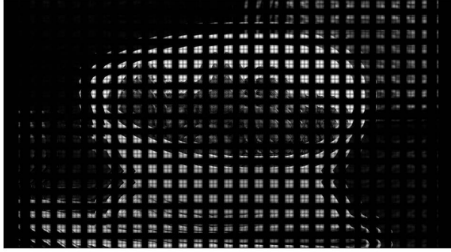


実施例1 表示画像A(要部拡大図)



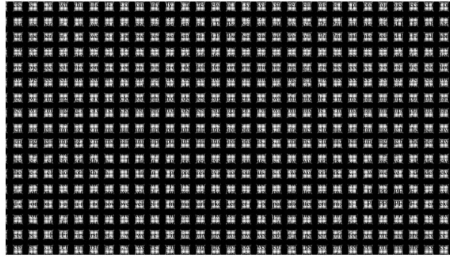
【図 16】

実施例1 表示画像B

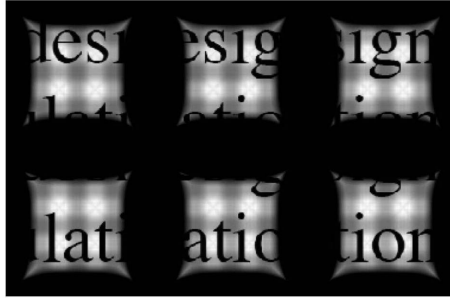


【図 17】

実施例2 表示画像A

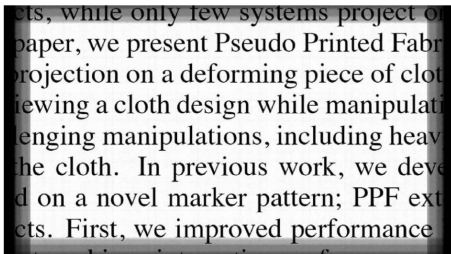


実施例2 表示画像A(要部拡大図)

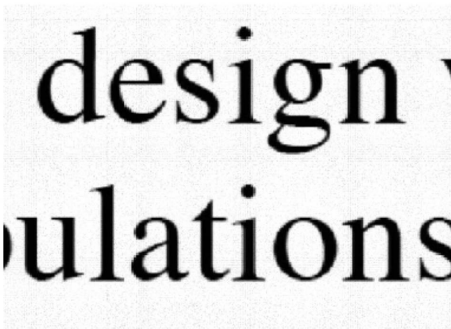


【図 18】

実施例1 シミュレーション画像A



実施例1 シミュレーション画像A(要部拡大図)



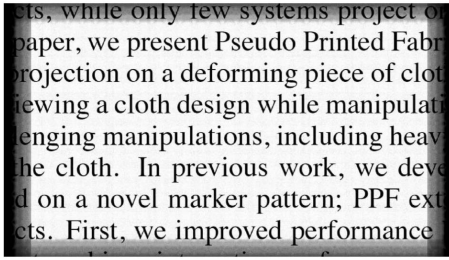
【図 19】

実施例1 シミュレーション画像B

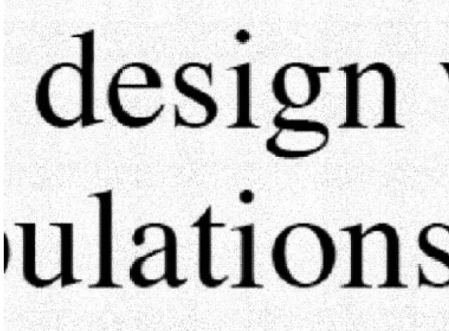


【図 2 0】

実施例2 シミュレーション画像A



実施例2 シミュレーション画像A(要部拡大図)



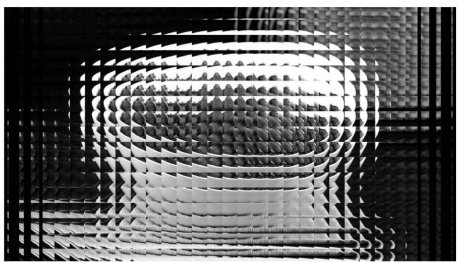
【図 2 1】

比較例1 表示画像A



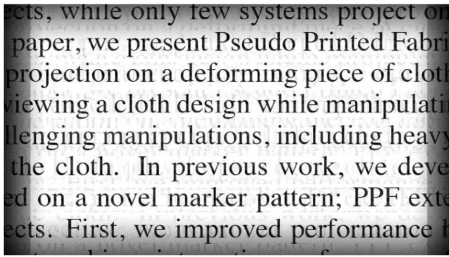
【図 2 2】

比較例1 表示画像B



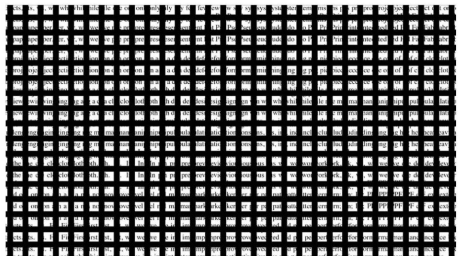
【図 2 3】

比較例1 シミュレーション画像A

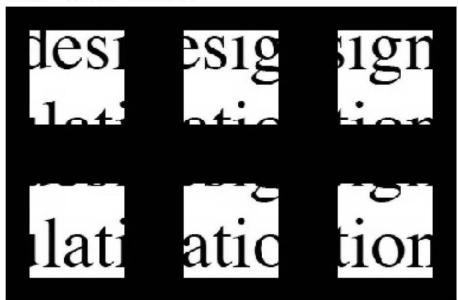


【図 2 5】

比較例2 表示画像A



比較例2 表示画像A(要部拡大図)



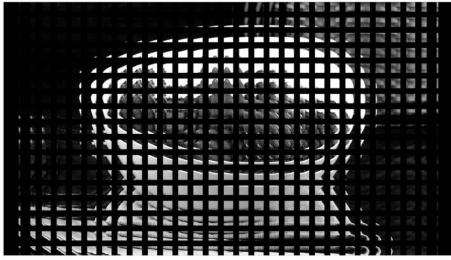
【図 2 4】

比較例1 シミュレーション画像B



【図 2 6】

比較例2 表示画像B



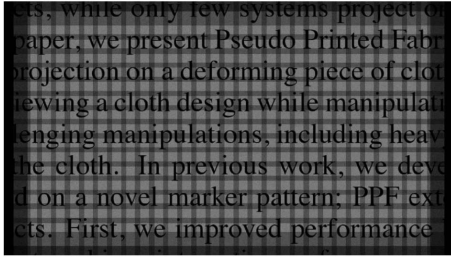
【図 2 8】

比較例2 シミュレーション画像B



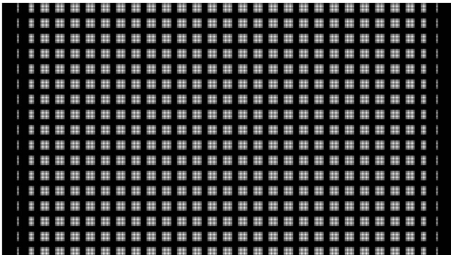
【図 2 7】

比較例2 シミュレーション画像A

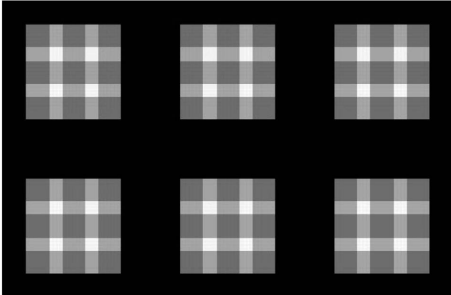


【図 2 9】

比較例3 重み係数画像

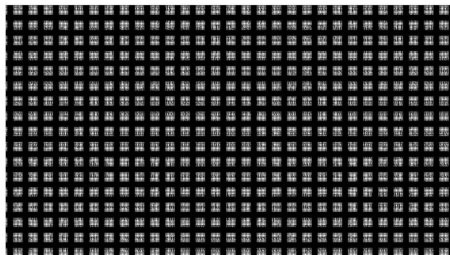


比較例3 重み係数画像(要部拡大図)

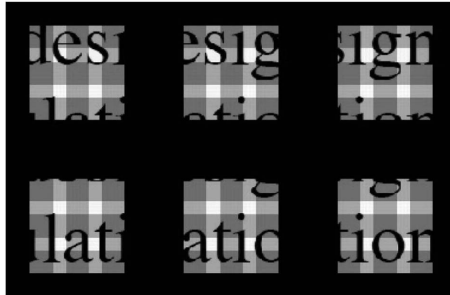


【図 3 0】

比較例3 表示画像A

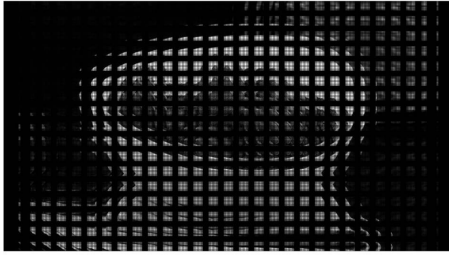


比較例3 表示画像A(要部拡大図)



【図 3 1】

比較例3 表示画像B



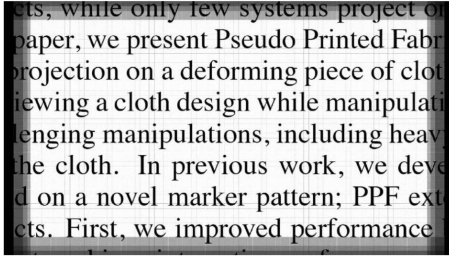
【図 3 3】

比較例3 シミュレーション画像B



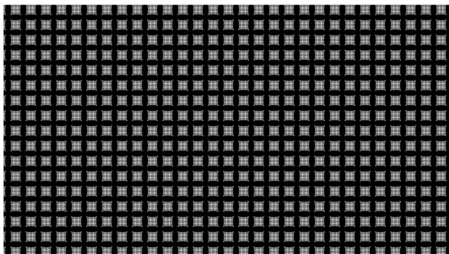
【図 3 2】

比較例3 シミュレーション画像A

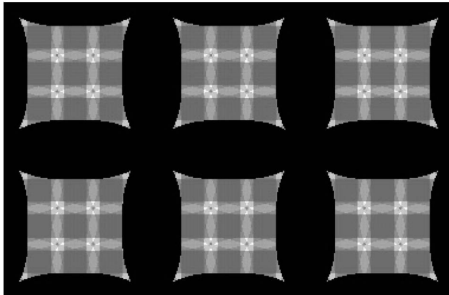


【図 3 4】

比較例4 重み係数画像

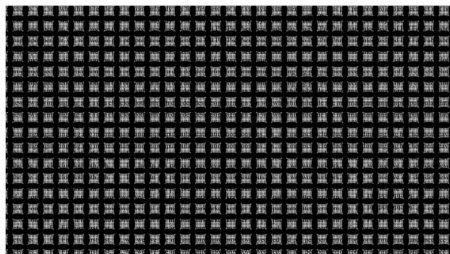


比較例4 重み係数画像(要部拡大図)

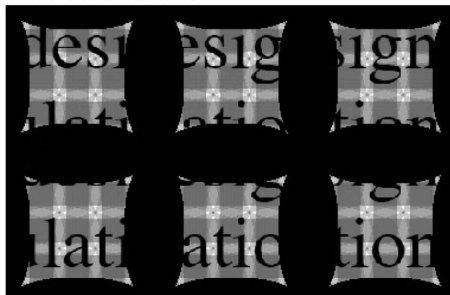


【図 3 5】

比較例4 表示画像A

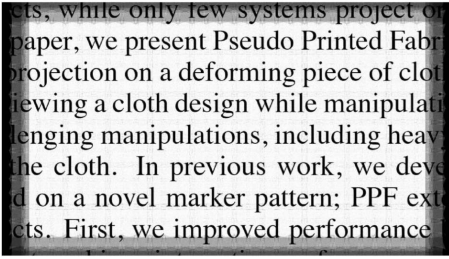


比較例4 表示画像A(要部拡大図)

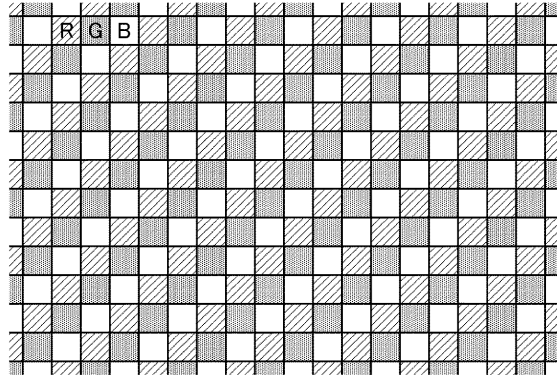


【図 3 6】

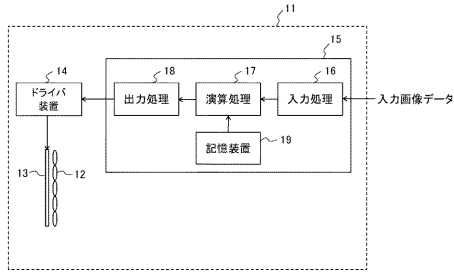
比較例4 シミュレーション画像A



【図 3 8】



【図 3 7】



【図 3 9】

実施例3 入力画像B-R



実施例3 入力画像B-G

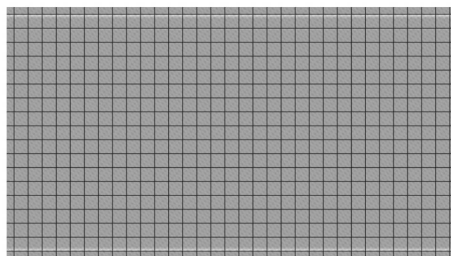


実施例3 入力画像B-B

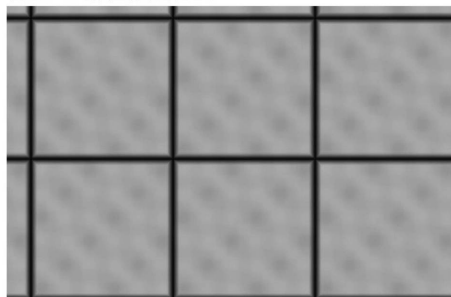


【図 4 0】

実施例3 重み係数画像

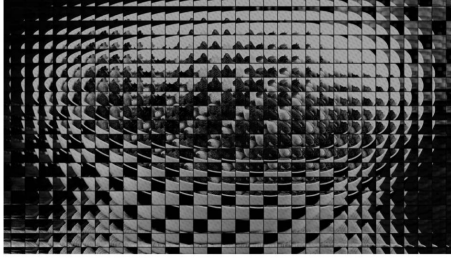


実施例3 重み係数画像(要部拡大図)



【図 4 1】

実施例3 表示画像B



【図 4 2】

実施例3 シミュレーション画像B-R



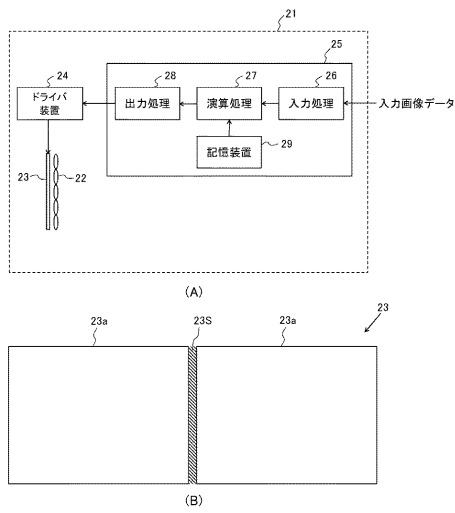
実施例3 シミュレーション画像B-G



実施例3 シミュレーション画像B-B

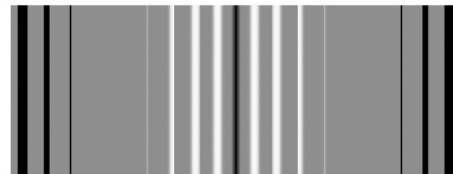


【図 4 3】

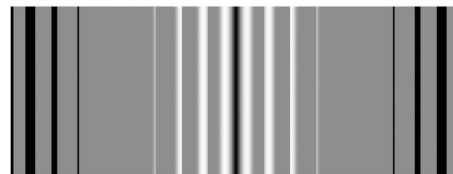


【図 4 4】

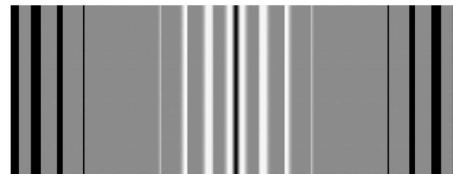
実施例4(隙間3mm) 重み係数画像



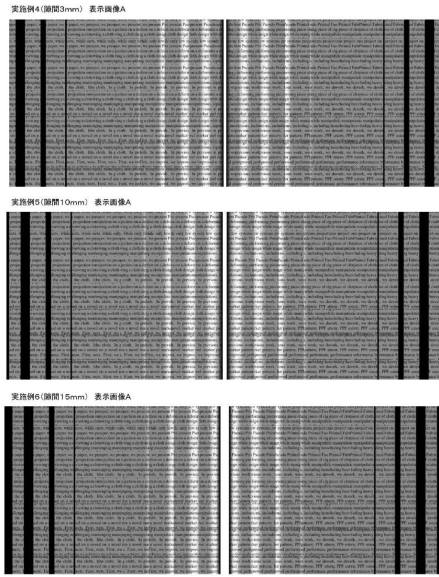
実施例5(隙間10mm) 重み係数画像



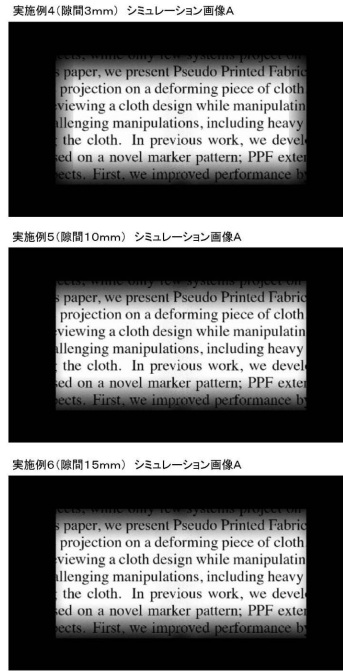
実施例6(隙間15mm) 重み係数画像



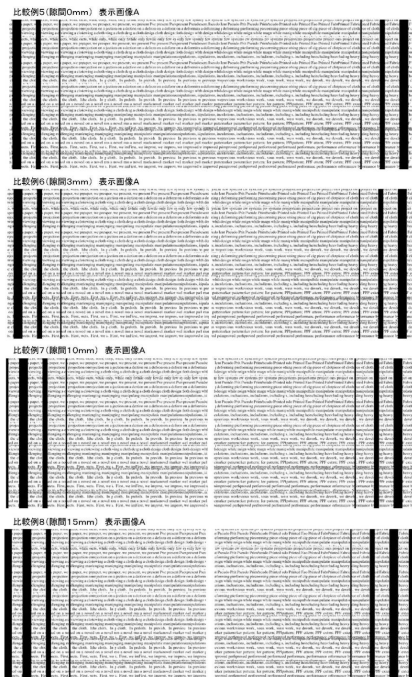
【図 4 5】



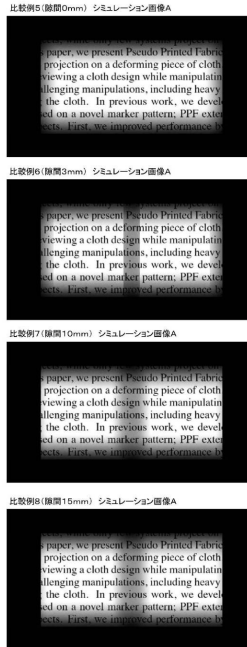
【図 4 6】



【図 4 7】



【図 4 8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 9 F 9/00 3 1 3

(72)発明者 プロブスキ アレクサンダー
奈良県生駒市高山町 8 9 1 6 - 5 国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学内

審査官 塚本 丈二

(56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 2 3 0 3 8 3 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 0 8 6 5 0 0 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 0 9 5 8 3 9 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 0 1 8 1 1 3 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 0 9 1 3 3 3 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 2 1 0 1 2 2 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 1 4 5 2 1 7 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 0 5 0 1 8 6 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 0 3 9 9 0 5 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 3 4 0 3 8 9 (U S , A 1)
国際公開第 2 0 1 6 / 0 7 2 5 1 8 (W O , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 9 G 5 / 0 0 - 5 / 4 2
G 0 9 G 3 / 2 0
G 0 2 B 2 7 / 0 2
H 0 4 N 5 / 6 4
G 0 9 F 9 / 0 0
J S T P l u s / J S T 7 5 8 0 (J D r e a m I I I)