

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-233869

(P2004-233869A)

(43) 公開日 平成16年8月19日(2004.8.19)

(51) Int.Cl.⁷

G02B 27/02

G09G 3/20

G09G 3/36

F I

G02B 27/02

G09G 3/20

G09G 3/20

G09G 3/36

テーマコード (参考)

5C006

5C080

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2003-24793 (P2003-24793)

(22) 出願日 平成15年1月31日 (2003.1.31)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(74) 代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

(72) 発明者 大槻 正樹

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72) 発明者 三宅 信行

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72) 発明者 加藤 茂

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

最終頁に続く

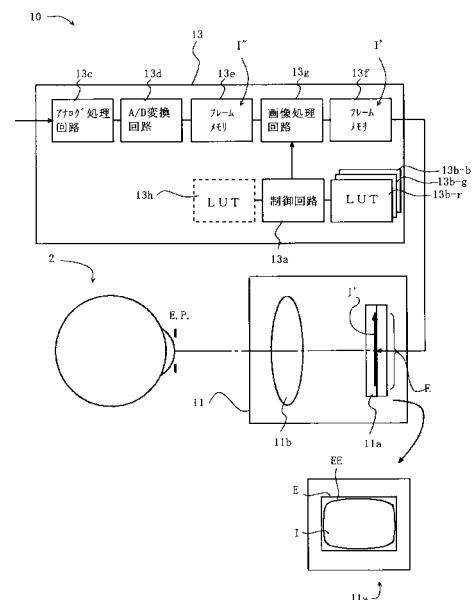
(54) 【発明の名称】 画像表示装置

(57) 【要約】

【課題】接眼光学系(11b)の収差及び/又はMTF特性に応じた逆補正を画像に施す機能を有した画像表示装置(10)において、その逆補正の特性を記憶する記憶手段(13)のメモリ量を削減しつつその逆補正の補正精度を保つ。

【解決手段】画像表示装置(10)の記憶手段(13b)には、画像において接眼光学系の光学中心に対応する点を中心として略等角度に分割された複数の部分領域の1つについての補正情報のみを格納する。接眼光学系(11b)の特性は、その光学中心周りに対称性を有しており、観察画像I上に生じる歪曲もその光学中心に対応する点の周りに対称性を有する。したがって、画像表示装置(10)の補正手段(13a, 13g)がその対称性に基づく場合分け処理をすれば、その逆補正の補正精度を保つことができる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

二次元表示素子と、その二次元表示素子の表示画面の虚像を形成する接眼光学系とからなる表示部と、

前記接眼光学系の収差及び／又は MTF 特性に応じた逆補正を画像に施すための補正情報を格納した記憶手段と、

前記記憶手段に格納された前記補正情報に基づき画像に逆補正を施すと共に、その逆補正された画像を前記二次元表示素子の表示画面に表示する補正手段と、

前記虚像の形成位置が観察者の眼の略前方となるよう前記表示部を観察者の頭部に装着可能な装着手段と

10

を備えた画像表示装置において、

前記記憶手段は、

前記画像のうち前記接眼光学系の光学中心に対応する点を中心として略等角度に分割された複数の部分領域のうち一つに関する前記補正情報を格納している

ことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の画像表示装置において、

前記部分領域は、

前記画像のうち前記接眼光学系の光学中心に対応する点を通る線で分割される 1 / 2 の領域である

20

ことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の画像表示装置において、

前記部分領域は、

前記画像のうち前記接眼光学系の光学中心に対応する点を通る垂直線と水平線とで分割される 1 / 4 の領域である

ことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の画像表示装置において、

前記部分領域は、

前記画像のうち、前記接眼光学系の光学中心に対応する点を通る垂直線及び水平線のうち長い方の直線と、それら直線に対し 45° 傾斜した直線とで分割される略 1 / 8 の領域である

30

ことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 5】

カラー画像を表示可能な二次元表示素子と、その二次元表示素子の表示画面の虚像を形成する接眼光学系とからなる表示部と、

前記接眼光学系の倍率色収差に応じた逆補正をカラー画像に施すための補正情報を格納した記憶手段と、

前記記憶手段に格納された前記補正情報に基づきカラー画像に逆補正を施すと共に、その逆補正されたカラー画像を前記二次元表示素子の表示画面に表示する補正手段と、

40

前記虚像の形成位置が観察者の眼の略前方となるよう前記表示部を観察者の頭部に装着可能な装着手段と

を備えた画像表示装置において、

前記記憶手段は、

前記補正情報として、前記カラー画像の所定の色成分を基準とした他の色成分のずれの情報を格納している

ことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の画像表示装置において、

50

前記所定の色成分は、
緑色成分である
ことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の画像表示装置において、
前記所定の色成分は、
前記カラー画像を構成する色成分の中で最も歪曲収差が小さい色成分である
ことを特徴とする画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）など、観察者の頭部に装着可能であり、かつ観察者の眼の前方に画像を虚像として表示する画像表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

HMDには、観察者の眼の前方に画像を虚像として表示する表示部、及びその表示部を観察者の頭部に装着するための装着具が備えられる。表示部には、二次元表示素子と接眼光学系とが備えられる（特許文献 1 など）。

HMDの接眼光学系は、レンズ枚数やサイズを抑える必要があるため、収差が残存する。このため、接眼光学系を介して観察される画像（観察画像）I は歪曲したり、コントラスト（特に画像周辺部の高い空間周波数の絵柄のコントラスト）が低下したりすることがある。

20

【0003】

それらの不都合を低減するため、元の画像（元画像）I'' に対し接眼光学系の歪曲収差、MTF 特性に応じた逆補正を施し、その補正された画像（補正画像）I' を表示する方法が発明された（特許文献 2 など）。

例えば、歪曲収差の影響で観察画像 I 上に生じる図 9（a）のような樽型の歪曲を低減するためには、図 9（a'）のような糸巻き型に逆補正された補正画像 I' を表示すればよい。

【0004】

30

また、歪曲収差の影響で観察画像 I 上に生じる図 9（b）のような糸巻き型の歪曲を低減するためには、図 9（b'）のような樽型に逆補正された補正画像 I' を表示すればよい。何れの場合も観察画像 I の歪曲は、図 9（c）のとおり低減される。

また、MTF 特性の影響で観察画像 I 上に生じるコントラストの低下を抑えるには、次のようにすればよい。

【0005】

一般に、観察画像 I のコントラストの低下量は、図 9（d）に示すように、観察画像 I の位置により異なる。一般に、空間周波数が高い絵柄ほど、また、観察画像 I の周辺部ほどコントラストは低くなる傾向にある。

したがって、逆補正では、図 9（e）に示すように、元画像 I'' の画素毎に空間周波数フィルタ F を用意し、その空間周波数フィルタ F で局所積和演算を施して元画像 I'' の画素値を変換すればよい。因みに、空間周波数フィルタ F は、元画像 I'' の周辺画素に対応づけられたものほど強いエッジ強調処理をする。

40

【0006】

【特許文献 1】

特開平 8 - 320453 号公報

【特許文献 2】

特開平 9 - 61750 号公報

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

50

ここで、以上の逆補正を効率的に行うために、HMDの回路部には、逆補正の補正特性の情報を記憶する記憶手段として、ルックアップテーブルが用いられることが多い。

【0008】

しかし、逆補正を精度高く行うためには、このルックアップテーブルのメモリ量を通常は大きく確保しなければならない。

例えば、歪曲収差に応じた逆補正を精度高く行うためには、元画像I''に非線形の座標変換を施す必要があるので、ルックアップテーブルには少なくとも補正画像I'の画素数と同じだけのテーブルアドレスが必要とされている。

【0009】

また、MTF特性に応じた逆補正を精度高く行うためには、元画像I''の画素毎にそれぞれ空間周波数フィルタFが必要なので、ルックアップテーブルには少なくとも元画像I''の画素数と同じだけのテーブルアドレスが必要とされている。

そこで本発明は、補正特性を記憶する記憶手段のメモリ量を削減しつつ逆補正の補正精度を保つことの可能な画像表示装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の画像表示装置は、二次元表示素子と、その二次元表示素子の表示画面の虚像を形成する接眼光学系とからなる表示部と、前記接眼光学系の収差及び/又はMTF特性に応じた逆補正を画像に施すための補正情報を格納した記憶手段と、前記記憶手段に格納された前記補正情報に基づき画像に逆補正を施すと共に、その逆補正された画像を前記二次元表示素子の表示画面に表示する補正手段と、前記虚像の形成位置が観察者の眼の略前方となるよう前記表示部を観察者の頭部に装着可能な装着手段とを備えた画像表示装置において、前記記憶手段は、前記画像のうち前記接眼光学系の光学中心に対応する点を中心として略等角度に分割された複数の部分領域のうち一つに関する前記補正情報を格納していることを特徴とする。

【0011】

請求項2に記載の画像表示装置は、請求項1に記載の画像表示装置において、前記部分領域は、前記画像のうち前記接眼光学系の光学中心に対応する点を通る線で分割される1/2の領域であることを特徴とする。

請求項3に記載の画像表示装置は、請求項1に記載の画像表示装置において、前記部分領域は、前記画像のうち前記接眼光学系の光学中心に対応する点を通る垂直線と水平線とで分割される1/4の領域であることを特徴とする。

【0012】

請求項4に記載の画像表示装置は、請求項1に記載の画像表示装置において、前記部分領域は、前記画像のうち、前記接眼光学系の光学中心に対応する点を通る垂直線及び水平線のうち長い方の直線と、それら直線に対し45°傾斜した直線とで分割される略1/8の領域であることを特徴とする。

請求項5に記載の画像表示装置は、カラー画像を表示可能な二次元表示素子と、その二次元表示素子の表示画面の虚像を形成する接眼光学系とからなる表示部と、前記接眼光学系の倍率色収差に応じた逆補正をカラー画像に施すための補正情報を格納した記憶手段と、前記記憶手段に格納された前記補正情報に基づきカラー画像に逆補正を施すと共に、その逆補正されたカラー画像を前記二次元表示素子の表示画面に表示する補正手段と、前記虚像の形成位置が観察者の眼の略前方となるよう前記表示部を観察者の頭部に装着可能な装着手段とを備えた画像表示装置において、前記記憶手段は、前記補正情報として、前記カラー画像の所定の色成分を基準とした他の色成分のずれの情報を格納していることを特徴とする。

【0013】

請求項6に記載の画像表示装置は、請求項5に記載の画像表示装置において、前記所定の色成分は、緑色成分であることを特徴とする。

請求項7に記載の画像表示装置は、請求項5に記載の画像表示装置において、前記所定の

色成分は、前記カラー画像を構成する色成分の中で最も歪曲収差が小さい色成分であることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

【 発 明 の 実 施 の 形 態 】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

[第 1 実 施 形 態]

図 1、図 2、図 3、図 4 を参照して本発明の第 1 実施形態について説明する。

本実施形態は、HMDの実施形態である。

【 0 0 1 5 】

図 1 は、本実施形態の HMD 10 の外観図である。

10

図 2 は、HMD 10 の構成図である。

HMD 10 には、表示部 11、回路部 13、装着具 12 が備えられる。なお、回路部 13 は、表示部 11 に固定されていても、装着具 12 の何れかの箇所に固定されていても、また HMD 10 の本体とは別体に用意されてもよい（図 1 では、不図示）。

【 0 0 1 6 】

表示部 11 には、二次元表示素子（以下、液晶表示素子を用いて説明し、「LCD」と略称する。）11a と接眼光学系 11b とが備えられる。

回路部 13 は、LCD 11a の表示画面 E 上に補正画像 I' を表示するための回路である。

回路部 13 には、制御回路 13a、アナログ処理回路 13c、A/D 変換回路 13d、フレームメモリ 13e、13f、画像処理回路 13g、ルックアップテーブル（LUT）13b などが備えられる。

20

【 0 0 1 7 】

外部から回路部 13 に入力される元画像 I''（一般に、元画像 I'' の R 色成分 I''r、G 色成分 I''g、B 色成分 I''b それぞれの動画像又は静止画像データである。）は、アナログ処理回路 13c、A/D 変換回路 13d を介してフレームメモリ 13e に入力される。

フレームメモリ 13e に入力された元画像 I'' は、画像処理回路 13g により画像処理された後、補正画像 I' として、フレームメモリ 13f を介して表示部 11 の LCD 11a に送出される。

30

【 0 0 1 8 】

回路部 13 内のこれら一連の処理は、制御回路 13a によって制御される。

表示部 11 内の LCD 11a の表示画面 E 上には、回路部 13 から入力された信号に基づき補正画像 I' が表示される。

表示部 11 内の接眼光学系 11b は、LCD 11a の表示画面 E の虚像を LCD 11a の背後に形成する。

【 0 0 1 9 】

すなわち、接眼光学系 11b は、LCD 11a の表示画面 E の各位置から射出する光束をそれぞれ平行光束に近づけて所定の位置（アイポイント E・P・）に導く。

装着具 12 は、観察者の眼 2 の瞳の位置にアイポイント E・P・が位置するよう、その表示部 11 を観察者の頭部に装着可能な構造をしている。

40

【 0 0 2 0 】

眼 2 の瞳の位置にアイポイント E・P・が配置された状態では、観察者には LCD 11a の表示画面 E が実際よりも遠方に見える。

なお、本実施形態の HMD 10 においては、眼 2 に対する表示部 11 の位置関係を観察者が積極的に変更することができるよう、調整機構（図 1 符号 16、17、18）が装着具 12 に設けられる。

【 0 0 2 1 】

図 1 に符号 16、17 で示したのは蝶番機構であり、図 1 に符号 18 で示したのはスライド機構である。

50

例えば、装着具 1 2 は、観察者の左右の耳にそれぞれ装着される耳かけ式のヘッドホン 1 2 R、1 2 L と、左右のヘッドホン 1 2 R、1 2 L を連結するリアアーム 1 2 b と、リアアーム 1 2 b に連結されたディスプレイアーム 1 2 c からなる。表示部 1 1 は、ディスプレイアーム 1 2 c の先端部に固定される。

【0022】

ディスプレイアーム 1 2 c は蝶番機構 1 6、1 7 によって矢印 L 1、L 2 の方向に折り曲げ可能である。

ディスプレイアーム 1 2 c はスライド機構 1 8 によって矢印 L 3 の方向に伸縮可能である。

蝶番機構 1 6、1 7、及びスライド機構 1 8 を利用すれば、観察者は眼 2 に対する表示部 1 1 の位置や姿勢を自在に変化させることができる。 10

【0023】

ところで、本実施形態の HMD 1 0 において、回路部 1 3 内の画像処理回路 1 3 g による画像処理には、階調変換処理などの一般の処理の他、接眼光学系 1 1 b の歪曲収差に応じた逆補正（以下、「逆歪曲補正」という。）、及び / 又は MTF 特性に応じた逆補正（以下、「逆 MTF 補正」という。）を元画像 I'' に施す処理も含まれる。

【0024】

以下、逆歪曲補正の処理が元画像 I'' に施される場合について説明する。

フレームメモリ 1 3 e には、元画像 I'' が格納され、フレームメモリ 1 3 f には、補正画像 I' が格納される。 20

LUT 1 3 b には、逆歪曲補正の補正特性を示す情報が予め格納されている。

この逆歪曲補正の補正特性は、接眼光学系 1 1 b から（接眼光学系 1 1 b の設計データや測定データなどから）予め求まる。

【0025】

ここで、本実施形態の逆歪曲補正の処理を説明するに当たり、比較のため、従来の HMD における逆歪曲補正の処理を説明する。

図 3 は、従来の HMD における逆歪曲補正の処理を説明する図である。

従来、LUT 1 3 b の各テーブルアドレス (x, y) は、補正画像 I' の各画素アドレス (x, y) に対応づけられていた。

【0026】 30

テーブルアドレス (x, y) には、補正画像 I' の画素アドレス (x, y) に書き込まれるべき画素値を示す元画像 I'' の画素アドレス (x', y') の情報が格納されていた。制御回路 1 3 a は、補正画像 I' の画素アドレス (x, y) に書き込むべき画素値を求めるに当たり、LUT 1 3 b のテーブルアドレス (x, y) にアクセスし（図 3 (1)）、そのテーブルアドレス (x, y) に格納された画素アドレス (x', y') の情報を画像処理回路 1 3 g に与えていた。

【0027】

画像処理回路 1 3 g は、フレームメモリ 1 3 e における元画像 I'' の画素アドレス (x', y') の画素値を参照し（図 3 (2)）、その画素値を、フレームメモリ 1 3 f における補正画像 I' の画素アドレス (x, y) に書き込んでいた（図 3 (3)）。 40

以上の処理が、フレームメモリ 1 3 f における補正画像 I' の全ての画素アドレス (x, y) について行われることにより、逆歪曲補正が終了していた。

【0028】

一方、本実施形態の逆歪曲補正の処理は次のとおりである。

図 4 は、本実施形態の回路部 1 3 による逆歪曲補正の処理を説明する図である。

本実施形態では、「接眼光学系 1 1 b の特性は、その光学中心周りに対称性を有しており、観察画像 I 上に生じる歪曲もその光学中心に対応する点の周りに対称性を有する」という事実を利用する。

【0029】

本実施形態の LUT 1 3 b は、逆歪曲補正の補正特性を示す情報を、補正画像 I' におい 50

て接眼光学系 11b の光学中心に対応する点 (x_0, y_0) から縁部に至る部分領域に関してのみ格納している。

本実施形態においてこの部分領域は、補正画像 I' において接眼光学系 11b の光学中心に対応する点 (x_0, y_0) を通る線で分割される 1/2 の領域である。

【0030】

したがって、LUT 13b に用意すべきテーブルアドレス (x, y) は、1/2 に削減される。

そして、LUT 13b のテーブルアドレス (x, y) は、補正画像 I' の単一の画素アドレスではなく、次のとおり、複数の画素アドレスに対応づけられる。

【0031】

以下、LUT 13b のテーブルアドレス (x, y) が図 4 中斜線部のとおりに削減された場合について説明する。

制御回路 13a は、補正画像 I' の画素アドレス (x, y) に書き込むべき画素値を求めるに当たり、アクセス先を、LUT 13b のテーブルアドレス (x, y) ではなく、LUT 13b のテーブルアドレス ($|x - x_0|, y$) とする (図 4 (1))。

【0032】

制御回路 13a は、そのテーブルアドレス ($|x - x_0|, y$) に格納された画素アドレス (x', y') の情報を参照すると、

画素アドレス ($x' + x_0, y'$) ($x > x_0$ の場合)、又は、

画素アドレス ($x_0 - x', y'$) ($x < x_0$ の場合) の情報を画像処理回路 13g に与える。

【0033】

画像処理回路 13g は、フレームメモリ 13e における元画像 I'' のうち前記与えられた画素アドレスの画素値を参照し (図 4 (2))、その画素値を、フレームメモリ 13f における補正画像 I' の画素アドレス (x, y) に書き込む (図 4 (3))。

以上の処理が、フレームメモリ 13f における補正画像 I' の全ての画素アドレス (x, y) について行われることにより、逆歪曲補正が終了する。

【0034】

このように、本実施形態の回路部 13 では、LUT 13b のメモリ量が 1/2 に削減されるが、制御回路 13a が上記のとおり光学中心周りの対称性に基づく「場合分け処理」を行う。

したがって、本実施形態の HMD 10 は、記憶手段 (ここでは LUT 13b) のメモリ量を 1/2 に削減しつつ逆歪曲補正の補正精度を保つことができる。

【0035】

なお、接眼光学系 11b は歪曲収差だけでなく倍率色収差も有するので、観察画像 I に生じる歪曲の程度は、色によって異なる。したがって、元画像 I'' の R 色成分 I''_r、G 色成分 I''_g、B 色成分 I''_bの間では、逆歪曲補正に必要な補正特性が若干異なる。

このため、LUT 13b は、元画像 I'' の R 色成分 I''_r、G 色成分 I''_g、B 色成分 I''_c に対しそれぞれ用意され (以下、LUT 13b - r, 13b - g, 13b - b とする。図 2 参照。)、かつ、制御回路 13a 及び画像処理回路 13g はそれら LUT 13b - r, 13b - g, 13b - b に基づき、元画像 I'' の R 色成分 I''_r、G 色成分 I''_g、B 色成分 I''_b に対しそれぞれ個別の逆歪曲補正を施してもよい。

【0036】

この場合も同様に、LUT 13b - r, 13b - g, 13b - b のメモリ量をそれぞれ 1/2 に削減し、光学中心周りの対称性に基づく「場合分け処理」を制御回路 13a に行わせることができる。

[第 1 実施形態の第 1 変形例]

図 5 を参照して本発明の第 1 実施形態の第 1 変形例について説明する。

【0037】

図 5 は、本変形例の回路部 13 による逆歪曲補正の処理を説明する図である。

10

20

30

40

50

本変形例でも、「接眼光学系 11b の特性は、光学中心周りに対称性を有しており、観察画像 I 上に生じる歪曲も、その光学中心に対応する点の周りに対称性を有する」という事実を利用する。

本変形例の LUT 13b も、逆歪曲補正の補正特性を示す情報を、補正画像 I' において接眼光学系 11b の光学中心に対応する点 (x_0, y_0) から縁部に至る部分領域に関してのみ格納している。

【0038】

本実施形態においてこの部分領域は、補正画像 I' において接眼光学系 11b の光学中心に対応する点 (x_0, y_0) を通る垂直線及び水平線で分割される $1/4$ の領域である。したがって、LUT 13b に用意すべきテーブルアドレス (x, y) は、 $1/4$ に削減される。 10

【0039】

そして、LUT 13b のテーブルアドレス (x, y) は、補正画像 I' の単一の画素アドレスではなく、次のとおり、複数の画素アドレスに対応づけられる。

以下、LUT 13b のテーブルアドレス (x, y) が図 5 中斜線部のとおりに削減された場合について説明する。

制御回路 13a は、補正画像 I' の画素アドレス (x, y) に書き込むべき画素値を求めるに当たり、アクセス先を、LUT 13b のテーブルアドレス ($|x - x_0|, |y - y_0|$) とする (図 5 (1))。

【0040】

制御回路 13a は、そのテーブルアドレス ($|x - x_0|, |y - y_0|$) に格納された画素アドレス (x', y') の情報を参照すると、

画素アドレス ($x' + x_0, y' + y_0$) ($x < x_0$, かつ $y < y_0$ の場合)、又は、画素アドレス ($x' + x_0, y_0 - y'$) ($x < x_0$, かつ $y > y_0$ の場合)、又は、

画素アドレス ($x_0 - x', y' + y_0$) ($x > x_0$, かつ $y < y_0$ の場合)、又は、

画素アドレス ($x_0 - x', y_0 - y'$) ($x > x_0$, かつ $y > y_0$ の場合) の情報を画像処理回路 13g に与える。 20

【0041】

画像処理回路 13g は、フレームメモリ 13e の元画像 I'' のうち前記与えられた画素アドレスの画素値を参照し (図 5 (2))、その画素値を、フレームメモリ 13f における補正画像 I' の画素アドレス (x, y) に書き込む (図 5 (3))。

以上の処理が、フレームメモリ 13f の補正画像 I' の全ての画素アドレス (x, y) について行われることにより、逆歪曲補正が終了する。 30

【0042】

このように、本変形例の回路部 13 では、LUT 13b のメモリ量が $1/4$ に削減されるが、制御回路 13a が上記のとおり光学中心周りの対称性に基づく「場合分け処理」を行う。

したがって、本変形例の HMD 10 は、記憶手段 (ここでは LUT 13b) のメモリ量を $1/4$ に削減しつつ逆歪曲補正の補正精度を保つことができる。 40

【0043】

なお、本変形例においても、LUT 13b は、元画像 I'' の R 色成分 I''_r、G 色成分 I''_g、B 色成分 I''_b に対しそれぞれ用意され (以下、LUT 13b - r, 13b - g, 13b - b とする。)、かつ、制御回路 13a 及び画像処理回路 13g はそれら LUT 13b - r, 13b - g, 13b - b に基づき、元画像 I'' の R 色成分 I''_r、G 色成分 I''_g、B 色成分 I''_b に対しそれぞれ個別の逆歪曲補正を施してもよい。

【0044】

この場合も同様に、LUT 13b - r, 13b - g, 13b - b のメモリ量をそれぞれ $1/4$ に削減し、光学中心周りの対称性に基づく「場合分け処理」を制御回路 13a に行わ 50

せることができる。

[第 1 実施形態の第 2 変形例]

図 6 を参照して本発明の第 1 実施形態の第 2 変形例について説明する。

【 0 0 4 5 】

図 6 は、本変形例の回路部 1 3 による逆歪曲補正の処理を説明する図である。

本変形例でも、「接眼光学系 1 1 b の特性は、光学中心周りに対称性を有しており、観察画像 I 上に生じる歪曲も、その光学中心の周りに対称性を有する」という事実を利用する。

本変形例の L U T 1 3 b も、逆歪曲補正の補正特性を示す情報を、補正画像 I ' において接眼光学系 1 1 b の光学中心に対応する点 (x_0 , y_0) から縁部に至る部分領域に関してのみ格納している。 10

【 0 0 4 6 】

本実施形態においてこの部分領域は、補正画像 I ' において接眼光学系 1 1 b の光学中心に対応する点 (x_0 , y_0) を通る垂直線及び水平線のうち長い方の直線と、それら直線に対し 4 5 ° 傾斜した直線とで分割される略 1 / 8 の領域である。

【 0 0 4 7 】

したがって、L U T 1 3 b に用意すべきテーブルアドレス (x , y) は、略 1 / 8 に削減される。

そして、L U T 1 3 b のテーブルアドレス (x , y) は、補正画像 I ' の単一の画素アドレスではなく、次のとおり、複数の画素アドレスに対応づけられる。 20

以下、L U T 1 3 b のテーブルアドレス (x , y) が図 6 中斜線部のとおりに削減された場合について説明する。

【 0 0 4 8 】

制御回路 1 3 a は、補正画像 I ' の画素アドレス (x , y) に書き込むべき画素値を求めるに当たり、アクセス先を、

L U T 1 3 b のテーブルアドレス ($|x - x_0|$, $|y - y_0|$) ($|x - x_0| \geq |y - y_0|$ の場合)、又は、

L U T 1 3 b のテーブルアドレス ($|y - y_0|$, $|x - x_0|$) ($|x - x_0| < |y - y_0|$ の場合)

とする (図 6 (1))。 30

【 0 0 4 9 】

制御回路 1 3 a は、そのアクセス先のテーブルアドレスに格納された画素アドレス (x' , y') の情報を参照すると、

画素アドレス ($x' + x_0$, $y' + y_0$) ($x \geq x_0$, かつ $y \geq y_0$, かつ $|x - x_0| \geq |y - y_0|$ の場合)、又は、

画素アドレス ($y' + x_0$, $x' + y_0$) ($x \geq x_0$, かつ $y \geq y_0$, かつ $|x - x_0| < |y - y_0|$ の場合)、又は、

画素アドレス ($x' + x_0$, $y_0 - y'$) ($x \geq x_0$, かつ $y < y_0$, かつ $|x - x_0| \geq |y - y_0|$ の場合)、又は、

画素アドレス ($y' + x_0$, $y_0 - x'$) ($x \geq x_0$, かつ $y < y_0$, かつ $|x - x_0| < |y - y_0|$ の場合)、又は、 40

画素アドレス ($x_0 - x'$, $y' + y_0$) ($x < x_0$, かつ $y \geq y_0$, かつ $|x - x_0| \geq |y - y_0|$ の場合)、又は、

画素アドレス ($x_0 - y'$, $x' + y_0$) ($x < x_0$, かつ $y \geq y_0$, かつ $|x - x_0| < |y - y_0|$ の場合)、又は、

画素アドレス ($x_0 - x'$, $y_0 - y'$) ($x < x_0$, かつ $y < y_0$, かつ $|x - x_0| \geq |y - y_0|$ の場合)、又は、

画素アドレス ($x_0 - y'$, $y_0 - x'$) ($x < x_0$, かつ $y < y_0$, かつ $|x - x_0| < |y - y_0|$ の場合) の情報を画像処理回路 1 3 g に与える。

【 0 0 5 0 】

画像処理回路 13 g は、フレームメモリ 13 e の元画像 I " のうち前記与えられた画素アドレスの画素値を参照し（図 6（2））、その画素値を、フレームメモリ 13 f における補正画像 I ' の画素アドレス（x, y）に書き込む（図 6（3））。

以上の処理が、フレームメモリ 13 f の補正画像 I ' の全ての画素アドレス（x, y）について行われることにより、逆歪曲補正が終了する。

【0051】

このように、本変形例の回路部 13 では、LUT 13 b のメモリ量が略 1/8 に削減されるが、制御回路 13 a が上記のとおり光学中心周りの対称性に基づく「場合分け処理」を行う。

したがって、本変形例の HMD 10 は、記憶手段（ここでは LUT 13 b）のメモリ量を略 1/8 に削減しつつ逆歪曲補正の補正精度を保つことができる。 10

【0052】

なお、本変形例においても、LUT 13 b は、元画像 I " の R 色成分 I " r、G 色成分 I " g、B 色成分 I " b に対しそれぞれ用意され（以下、LUT 13 b - r, 13 b - g, 13 b - b とする。）、かつ、制御回路 13 a 及び画像処理回路 13 g はそれら LUT 13 b - r, 13 b - g, 13 b - b に基づき、元画像 I " の R 色成分 I " r、G 色成分 I " g、B 色成分 I " b に対しそれぞれ個別の逆歪曲補正を施してもよい。

【0053】

この場合も同様に、LUT 13 b - r, 13 b - g, 13 b - b のメモリ量をそれぞれ略 1/8 に削減し、光学中心周りの対称性に基づく「場合分け処理」を制御回路 13 a に行 20

【0054】

[その他]

なお、第 1 実施形態、第 1 変形例、第 2 変形例では、逆歪曲補正の処理が元画像 I " に施される場合についてのみ説明したが、以下のとおり逆 MTF 補正の処理が元画像 I " に施される場合にも、同様にして記憶手段（ここでは LUT）のメモリ量の削減を図ることができる。

【0055】

まず、回路部 13 には、逆 MTF 補正の補正特性を示す情報が予め格納された LUT 13 h が備えられる（図 2 点線部）。 30

この逆 MTF 補正の補正特性は、接眼光学系 11 b から（接眼光学系 11 b の設計データや測定データなどから）予め求まる。

LUT 13 h のテーブルアドレス（x, y）は、元画像 I "（又は補正画像 I'）の画素アドレス（x, y）に対応づけられている。

【0056】

テーブルアドレス（x, y）には、元画像 I " のうち画素アドレス（x, y）の画素に適用されるべき空間周波数フィルタ F（x, y）の情報が格納されている。

制御回路 13 a は、LUT 13 h のテーブルアドレス（x, y）にアクセスし、そのテーブルアドレス（x, y）に格納された空間周波数フィルタ F（x, y）の情報を参照し、画像処理回路 13 g に与える。 40

【0057】

画像処理回路 13 g は、フレームメモリ 13 e における元画像 I " の画素アドレス（x, y）及びその周辺アドレスの画素値を参照し、それら画素値に対しその与えられた空間周波数フィルタ F（x, y）による局所積和演算を施し、得られた値をフレームメモリ 13 f における補正画像 I ' の画素アドレス（x, y）に書き込む。

【0058】

以上の処理が、元画像 I " の全ての画素アドレス（x, y）について行われることにより、逆 MTF 補正が終了する。

この場合も第 1 実施形態及びその変形例と同様に、LUT 13 h のメモリ量を 1/2, 1/4, 1/8 などに削減し、光学中心周りの対称性に基づく「場合分け処理」を制御回路 50

13aに行わせることができる。

【0059】

このようにすれば、逆MTF補正の補正精度を保ちながら記憶手段（ここではLUT13h）のメモリ量を削減することができる。

なお、以上の実施形態、変形例においては、補正画像I'（又は元画像I''）上の光学中心に対応する点（ x_0, y_0 ）に代えて、補正画像I'（又は元画像I''）上の表示画面Eの中心（ x_0', y_0' ）を用いても良い（LCD11aの表示画面Eの中心と、接眼光学系11bの光学中心に対応する点とは、通常は略一致しているので。）。

【0060】

〔第2実施形態〕

図7、図8を参照して本発明の第2実施形態について説明する。ここでは、第1実施形態のHMD10との相違点についてのみ説明し、その他の説明を省略する。

図7は、本実施形態のHMD20の構成図である。

【0061】

本実施形態のHMD20は、第1実施形態のHMD10において回路部13に代えて回路部23が備えられたものである。

回路部23は、回路部13において、制御回路13a、画像処理回路13g、LUT13b-r、13b-g、13b-bに代えて、制御回路23a、画像処理回路23g、LUT23b-r、23b-gが備えられたものである。

【0062】

本実施形態の画像処理回路23gによる画像処理には、接眼光学系11bの倍率色収差に応じた逆補正（以下、「逆色収差補正」という。）を元画像I''に施す処理が実施される。

一般に、観察画像I上に生じる色のずれ（図8（a）参照）を低減するためには、元画像I''のR色成分I''r、G色成分I''g、B色成分I''bのそれぞれを歪曲させてできる補正画像I'（R色成分I'r、G色成分I'g、B色成分I'b）を表示し、観察画像I上でR色成分I'r、G色成分I'g、B色成分I'bが互いに重なるようにすることが考えられる。

【0063】

しかし、そのためには記憶手段（ここではLUT23b）のメモリ量が大きくなるので、本実施形態の逆色収差補正では、図8（a'）に示すように、元画像I''のR色成分I''rとB色成分I''bとを、観察画像I上でG色成分I'gにR色成分I'rとB色成分I'bとが重なる方向にそれぞれ歪曲させ、元画像I''のG色成分I''gについては何ら歪曲させないこととする。

【0064】

このとき観察画像Iには、図8（c）のように歪曲は残るものの、色のずれは確実に無くなる。

したがって、本実施形態のHMD20は、記憶手段（ここではLUT23b）の全体のメモリ量を削減（2/3に削減）しつつ倍率色収差を確実に補正することができる。

【0065】

なお、本実施形態の回路部23において、LUT23b-rは、元画像I''のR色成分I''rに対し用意されたものであり、R色成分I''rに与えるべき歪曲の情報を格納している。

また、LUT12b-bは、元画像I''のB色成分I''bに対し用意されたものであり、B色成分I''bに与えるべき歪曲の情報を格納している。

【0066】

これらの情報は、接眼光学系11bから（接眼光学系11bの設計データや測定データなどから）予め求まる。

具体的な処理は、以下のとおりである。以下に説明する処理と同様に、B色成分I''bに対してもLUT23b-bに基づく処理が施される。

10

20

30

40

50

LUT 23 b - r のテーブルアドレス (x , y) は、補正画像 I ' の R 色成分 I ' r の画素アドレス (x , y) に対応づけられている。

【 0 0 6 7 】

テーブルアドレス (x , y) には、補正画像 I ' の R 色成分 I ' r の画素アドレス (x , y) に書き込まれるべき画素値を示す元画像 I " の R 色成分 I " r の画素アドレス (x ' , y ') の情報が格納されている。

制御回路 23 a は、LUT 23 b - r のテーブルアドレス (x , y) にアクセスし、そのテーブルアドレス (x , y) に格納された画素アドレス (x ' , y ') の情報を参照し、その情報を画像処理回路 23 g に与える。

【 0 0 6 8 】

画像処理回路 23 g は、フレームメモリ 13 e における元画像 I " の R 色成分 I " r の画素アドレス (x ' , y ') の画素値を参照し、その画素値を、フレームメモリ 13 f における補正画像 I ' の R 色成分 I ' r の画素アドレス (x , y) に書き込む。

以上の処理が、フレームメモリ 13 f における補正画像 I ' の R 色成分 I ' r の全ての画素アドレス (x , y) について行われることにより、R 色成分 I " r の逆色収差補正が終了する。

【 0 0 6 9 】

[その他]

なお、本実施形態の HMD 20 においては、記憶手段 (ここでは、LUT 23 b - r , 23 b - b) のメモリ量を第 1 実施形態と同様に削減することもできる。

本実施形態のように、逆補正において歪曲させない色としては、例えば緑が良い。緑は人間が最も感度よく見ることが出来る色であるため、G 色成分の画像を選択することで、逆補正により生ずる画像の劣化を感じにくくすることができる。

【 0 0 7 0 】

なお、本実施形態では、G 色成分の画像に他の色成分の画像が重なるように逆色収差補正を行ったが、本発明はこれに限られない。

そもそも接眼光学系 11 b により生じてしまう歪曲収差の最も小さい色成分の画像に、他の色成分の画像が合うようにすることでもよい。

このように歪曲収差の最も小さい色成分の画像に他の色成分の画像が合うよう逆色収差補正をかけることで、歪曲収差が小さい映像を得ることができ、さらに先の実施形態と同様な効果が得られる。

【 0 0 7 1 】

【 発明の効果 】

以上説明したとおり本発明によれば、記憶手段のメモリ量を削減しつつ逆補正の補正精度を保つことの可能な画像表示装置が実現する。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 第 1 実施形態の HMD 10 の外観図である。

【 図 2 】 HMD 10 の構成図である。

【 図 3 】 従来の HMD における逆歪曲補正の処理を説明する図である。

【 図 4 】 第 1 実施形態の回路部 13 による逆歪曲補正の処理を説明する図である。

【 図 5 】 第 1 実施形態の第 1 変形例の回路部 13 による逆歪曲補正の処理を説明する図である。

【 図 6 】 第 1 実施形態の第 2 変形例の回路部 13 による逆歪曲補正の処理を説明する図である。

【 図 7 】 第 2 実施形態の HMD 20 の構成図である。

【 図 8 】 回路部 23 による逆色収差補正の処理を説明する図である。

【 図 9 】 逆補正を説明する図である。

【 符号の説明 】

2 眼

10 , 20 HMD (画像表示装置に対応。)

10

20

30

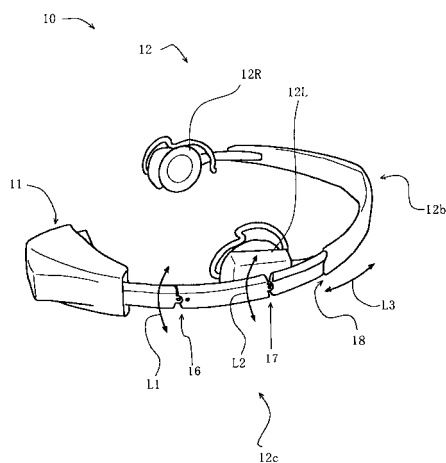
40

50

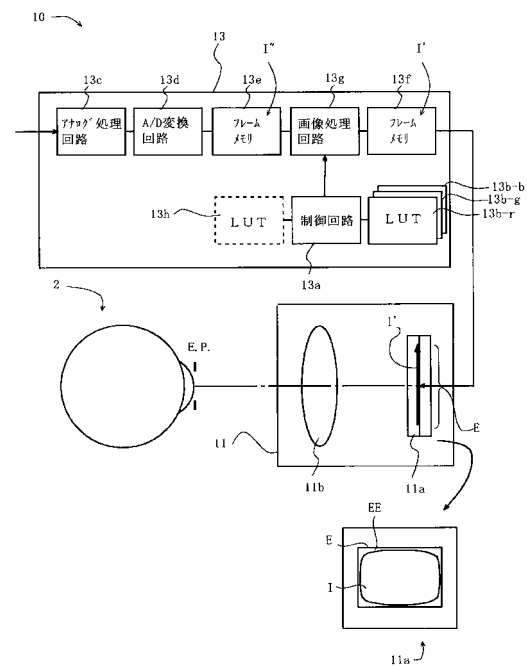
- 1 3 , 2 3 回路部
 1 3 a , 2 3 a 制御回路 (補正手段に対応。)
 1 3 b , 1 3 h , 2 3 b ルックアップテーブル (L U T) (記憶手段に対応。)
 1 3 c アナログ処理回路
 1 3 d A / D 変換回路
 1 3 e , 1 3 f フレームメモリ
 1 3 g , 2 3 g 画像処理回路 (補正手段に対応。)
 1 1 表示部 (表示部に対応。)
 1 1 a L C D (二次元表示素子に対応。)
 1 1 b 接眼光学系
 1 2 装着具 (装着手段に対応。)
 1 2 L , 1 2 R ヘッドホン
 1 2 b リアアーム
 1 2 c ディスプレイアーム
 1 6 , 1 7 蝶番機構 (調整機構に対応。)
 1 8 スライド機構 (調整機構に対応。)

10

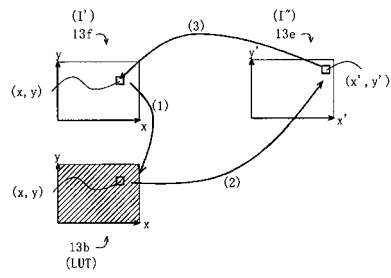
【図 1】



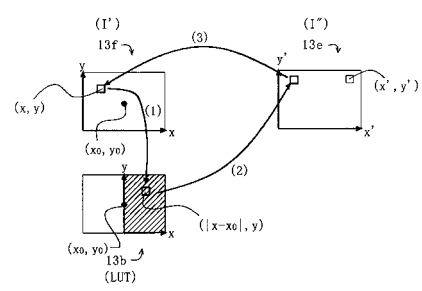
【図 2】



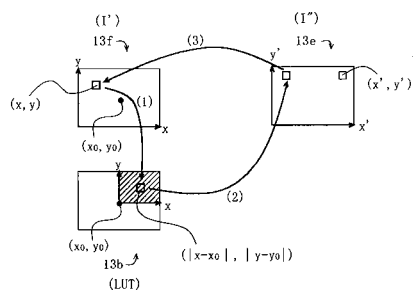
【図 3】



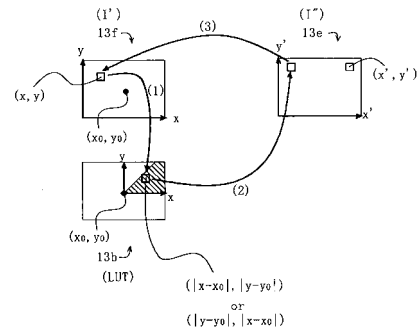
【図 4】



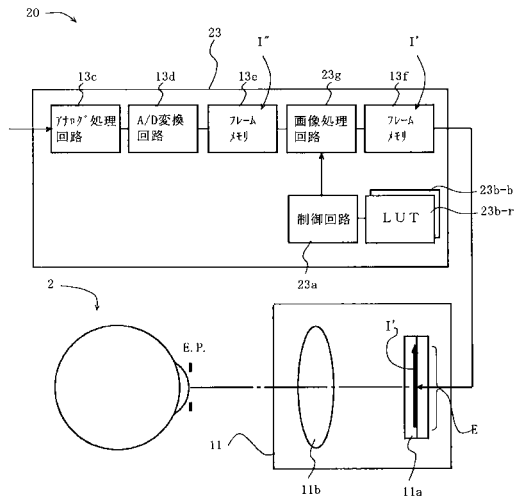
【図 5】



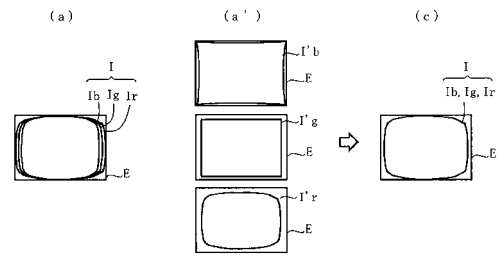
【図 6】



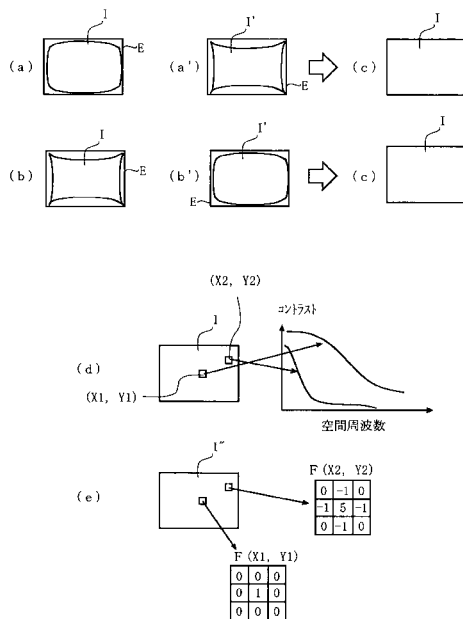
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5C006 AA01 AA11 AA22 AF13 AF45 AF46 AF51 AF53 AF61 AF85
BF08 BF14 BF24 EC13 FA18 FA41 FA56
5C080 AA10 BB05 CC03 DD04 DD22 EE29 EE30 JJ02 JJ05 JJ06
KK43 KK52