

(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2017-107057
(P2017-107057A)

(43) 公開日 平成29年6月15日(2017.6.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 27/01 (2006.01)	G02B 27/01	2H088
G02F 1/13 (2006.01)	G02F 1/13 505	2H193
G02F 1/133 (2006.01)	G02F 1/133 580	2H199
G09G 5/00 (2006.01)	G09G 5/00 550C	3D020
B60R 1/12 (2006.01)	B60R 1/12	3D344

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 28 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-240408 (P2015-240408)
(22) 出願日 平成27年12月9日 (2015.12.9)

(71) 出願人 306037311
富士フイルム株式会社
東京都港区西麻布2丁目26番30号
(74) 代理人 100080159
弁理士 渡辺 望稔
(74) 代理人 100090217
弁理士 三和 晴子
(74) 代理人 100152984
弁理士 伊東 秀明
(74) 代理人 100148080
弁理士 三橋 史生
(72) 発明者 岩見 一央
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
富士フイルム株式会社内
Fターム(参考) 2H088 EA23 HA17 HA22 MA02
最終頁に続く

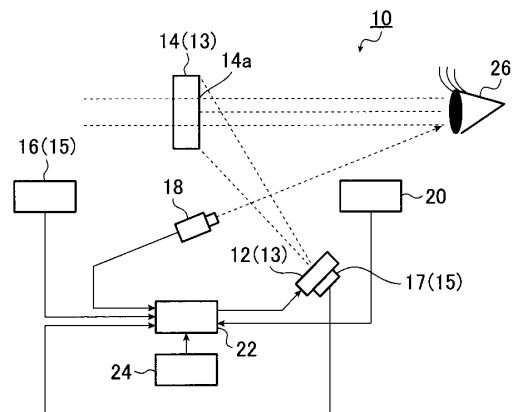
(54) 【発明の名称】 表示装置

(57) 【要約】

【課題】環境光、表示デバイスの表示輝度、及び観察距離に応じて最適化されたコントラストによって表示画像を表示することができ、表示画像の視認性を向上させることができる表示装置を提供する。

【解決手段】入力画像に応じて像様に発光する像様発光ユニット、及び像様に発光した入力画像を反射、又は透過して表示画像として表示する表示面を備え、かつ背面環境光を透過し、又は環境光を反射する表示面部材を備える表示デバイスと、観察者の観察距離を検出する観察距離検出部と、表示デバイスの表示輝度を取得する表示輝度取得部と、環境光を検出する環境光検出部と、表示輝度、観察距離、及び環境光において視認される表示画像の表示空間周波数特性が、目標空間周波数特性となるように、表示輝度、観察距離、及び環境光に基づいて像様発光ユニットに入力される入力画像の入力空間周波数特性を調整する画像処理を行う画像処理ユニットと、を有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力画像を表示画像として表示するために像様に発光する像様発光ユニット、及び
 該像様発光ユニットに対応して設けられ、前記像様発光ユニットによって像様に発光された前記入力画像を反射、又は透過して前記表示画像として表示する表示面を持ち、かつ背面側から入射する背面環境光を透過、又は正面側から入射する環境光を反射する表示面部材を備える表示デバイスと、

該表示デバイスの前記表示面部材の前記表示面に表示された前記表示画像を観察する観察者の観察距離を検出する観察距離検出部と、

前記観察者が観察する前記表示デバイスの表示輝度を取得する表示輝度取得部と、

前記表示面に表示された前記表示画像を観察する正面側の環境の前記環境光を検出する環境光検出部と、

前記表示輝度取得部によって取得された前記表示輝度、前記観察距離検出部によって検出された前記観察距離、及び前記環境光検出部によって検出された前記環境光において視認される前記表示画像の表示空間周波数特性が、目標とする目標空間周波数特性となるように、前記表示輝度、前記観察距離、及び前記環境光に基づいて前記像様発光ユニットに入力される前記入力画像の入力空間周波数特性を調整する画像処理を行う画像処理ユニットと、を有することを特徴とする表示装置。

【請求項 2】

前記像様発光ユニットは、前記表示デバイスの前記表示面部材の前記表示面に前記入力画像を像様に発光させて投影する投影ユニットであり、

前記表示面部材は、前記投影ユニットに対応して設けられ、前記投影ユニットによって投影された前記入力画像の投影光を反射させて前記表示面に前記表示画像として表示し、かつ、背面側から入射する前記背面環境光を透過するものであり、

前記表示デバイスは、反射型表示デバイスであり、

前記表示輝度取得部は、前記表示面部材の背面側から入射する前記背面環境光を検出する背面環境光検出部と、前記投影ユニットによる前記入力画像の投影光の、前記表示面における反射輝度を取得する反射輝度取得部とを備え、前記背面環境光検出部によって検出された前記背面環境光の透過輝度と、前記入力画像の投影光の前記反射輝度とを用いて前記表示面に表示された前記表示画像の前記表示輝度を求めるものである請求項 1 に記載の表示装置。

【請求項 3】

前記表示面部材は、ハーフミラー、又は波長選択フィルムであり、

前記投影ユニットは、液晶ディスプレイ、反射型液晶パネル、及びホログラフィック光学素子の少なくとも 1 つであり、

前記表示装置は、ヘッドアップディスプレイ、及びオーグメンテッド・リアリティデバイスの 1 つである請求項 2 に記載の表示装置。

【請求項 4】

前記像様発光ユニットは、前記表示デバイスの前記表示面部材の前記表示面に前記入力画像を前記表示画像として透過表示するために像様に発光する表示ユニットであり、

前記表示面部材は、前記表示ユニットに設けられ、背面側から入射する前記表示ユニットの像様発光を透過して前記表示面に前記表示画像を表示し、かつ正面側から入射する前記環境光を反射するものであり、

前記表示デバイスは、透過型表示デバイスであり、

前記表示輝度取得部は、前記表示ユニットによる前記入力画像の像様発光の、前記表示面における透過輝度を前記表示輝度として取得するものである請求項 1 に記載の表示装置。

【請求項 5】

前記表示面部材は、ハーフミラー、又は波長選択フィルムであり、

前記表示ユニットは、液晶ディスプレイ、反射型液晶パネル、及びホログラフィック光

学素子の少なくとも1つであり、

前記表示装置は、画像表示機能付きミラー、及びモニター内臓ミラーの1つである請求項4に記載の表示装置。

【請求項6】

前記表示面部材は、

前記像様発光ユニットの側から、1/4波長板、及び円偏光反射層をこの順で含み、

前記円偏光反射層は、選択反射帯域の中心波長が可視光領域に位置するコレステリック液晶層を含み、

前記1/4波長板および前記円偏光反射層の少なくとも一方が、円盤状液晶化合物を含む液晶組成物から形成された層を含むハーフミラーである請求項1～5のいずれか1項に記載の表示装置。

10

【請求項7】

前記目標空間周波数特性は、前記入力空間周波数特性である請求項1～6のいずれか1項に記載の表示装置。

【請求項8】

前記目標空間周波数特性は、前記入力画像の初期スペクトルに対して、予め設定、又は調整された空間周波数特性である請求項1～6のいずれか1項に記載の表示装置。

【請求項9】

前記画像処理ユニットは、前記表示画像の表示空間周波数特性と前記目標空間周波数特性との差が最小となるように、前記入力画像の画像データを画像処理して前記表示画像の画像データを出力する請求項1～8のいずれか1項に記載の表示装置。

20

【請求項10】

前記画像処理ユニットは、視認される前記表示画像のコントラストを、前記目標空間周波数特性を持つ画像のコントラストからの変化が最小となるように最適化する請求項9に記載の表示装置。

【請求項11】

前記表示画像の表示空間周波数特性は、前記入力画像の入力空間周波数特性に対して前記画像処理を施した後、前記表示輝度、前記観察距離、及び前記環境光に基づいて定まる視覚感度関数を畳み込み演算して得られたものであり、

前記画像処理ユニットは、前記画像処理として、前記入力画像の空間周波数特性に対して、前記視覚感度関数の逆関数を畳み込み演算し、前記目標空間周波数特性と前記入力空間周波数特性との変化の補正演算を行う請求項1～10のいずれか1項に記載の表示装置。

30

【請求項12】

前記画像処理ユニットは、

前記目標空間周波数特性を格納するメモリと、

前記表示輝度、前記観察距離、及び前記環境光に基づいて、視覚感度関数を算出する算出部と、

前記メモリに格納された前記目標空間周波数特性と、前記入力画像の前記入力空間周波数特性とを比較して、その変化率を求める目標比較部と、

40

前記入力画像の前記入力空間周波数特性に対して前記算出部で算出された前記視覚感度関数の逆関数を畳み込み演算し、かつ前記目標比較部で比較された前記目標空間周波数特性と前記入力空間周波数特性との比較結果に基づく前記変化率を積算して前記表示画像の前記表示空間周波数特性を求め、前記表示空間周波数特性が前記目標空間周波数特性となるように、前記入力画像の画像データに対して前記画像処理を行う画像処理部と、を有する請求項1～11のいずれか1項に記載の表示装置。

【請求項13】

前記メモリは、更に、前記目標空間周波数特性に対応する目標となる目標視覚感度関数又は該目標視覚感度関数で表される目標視覚感度曲線を格納するものであり、

前記画像処理部は、予め設定された時間間隔で、又は前記算出部で算出された前記視覚

50

感度関数を示す視感度曲線のピーク感度が前記目標視感度曲線のピーク感度から一定割合シフトした時に、前記入力画像の画像データに対して前記画像処理を行う請求項 1 2 に記載の表示装置。

【請求項 1 4】

前記表示輝度取得部、前記観察距離検出部、及び前記環境光検出部は、予め設定された時間間隔で、それぞれ前記表示輝度、前記観察距離、及び前記環境光を検出して、それぞれ検出された前記表示輝度、前記観察距離、及び前記環境光を前記算出部に出し、

前記算出部は、前記表示輝度取得部、前記観察距離検出部、及び前記環境光検出部からそれぞれ出力された前記表示輝度、前記観察距離、及び前記環境光に基づいて、前記時間間隔で、前記視覚感度関数を算出し、

前記画像処理部は、前記時間間隔で、算出された前記視覚感度関数の逆関数を畳み込み演算し、前記変化率を積算して前記表示画像の前記表示空間周波数特性を求め、前記表示画像が、求められた前記表示空間周波数特性を持つように前記画像処理を行う請求項 1 2 に記載の表示装置。

【請求項 1 5】

前記メモリは、更に、前記目標空間周波数特性に対応する目標となる目標視覚感度関数又は該目標視覚感度関数で表される目標視感度曲線を格納するものであり、

前記表示輝度取得部、前記観察距離検出部、及び前記環境光検出部は、予め設定された第 2 の時間間隔で、それぞれ前記表示輝度、前記観察距離、及び前記環境光を検出して、それぞれ検出された前記表示輝度、前記観察距離、及び前記環境光を前記算出部に出し、

前記算出部は、前記表示輝度取得部、前記観察距離検出部、及び前記環境光検出部からそれぞれ出力された前記表示輝度、前記観察距離、及び前記環境光に基づいて、前記第 2 の時間間隔で、前記視覚感度関数を算出し、

前記画像処理部は、前記第 2 の時間間隔で前記算出部から出力された前記視覚感度関数を示す視感度曲線のピーク感度が前記目標視感度曲線のピーク感度から一定割合シフトした時に、前記入力画像の画像データに対して前記画像処理を行う請求項 1 2 に記載の表示装置。

【請求項 1 6】

前記視覚感度関数は、下記式 (1) で与えられる視感度関数 $S(u)$ と下記式 (2) で与えられる補正係数 f との積 $f \times S(u)$ を用いて算出される請求項 1 1 ~ 1 5 のいずれか 1 項に記載の表示装置。

【数 1】

$$S(u) = \frac{5200e^{-0.0016u^2(1+100/L)^{0.08}}}{\sqrt{\left(1 + \frac{144}{X_0^2} + 0.64u^2\right) \left(\frac{63}{L^{0.83}} + \frac{1}{1 - e^{-0.02u^2}}\right)}} \quad \dots (1)$$

$$f = e^{-\frac{\ln^2\left(\frac{L_s}{L} \left(1 + \frac{144}{X_0^2}\right)^{0.25}\right) - \ln^2\left(\left(1 + \frac{144}{X_0^2}\right)^{0.25}\right)}{2 \ln^2(32)}} \quad \dots (2)$$

ここで、 u は、空間周波数 (cycle / deg) であり、 L は、前記表示輝度 (cd / mm²) であり、 L_s は、前記環境光の輝度 (cd / mm²) であり、 X_0 は、前記観察距離における前記表示ユニットの表示面の視野角 (deg) である。

10

20

30

40

50

【請求項 17】

前記表示画像処理ユニットは、更に、予め、前記目標空間周波数特性として前記メモリに格納しておくために、前記表示輝度、前記観察距離、及び前記環境光に応じて、前記表示ユニットによって前記表示面部材の前記表示面に表示された前記表示画像を観察しながら観察者によって観察される前記表示画像の輝度を予め調整して前記目標空間周波数特性を定める特性調整部、予め前記観察者が前記目標空間周波数特性を設定する特性設定部、及び予め前記観察者が設定した前記目標空間周波数特性を入力する特性入力部の少なくとも一つを有する請求項 1 ~ 16 のいずれか 1 項に記載の表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、表示装置に係り、詳しくは、観察環境の光学系（環境光、観察距離、表示輝度、もしくは背景環境光及び反射画像の輝度、又は透過画像の輝度）を最適化することにより、最適なコントラスト条件で表示し、視認性を向上させることができる透過型表示装置等の表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、車輛のルームミラー、及びサイドミラー等にカメラによる撮影画像、及び視覚情報等を表示する画像表示機能付きミラー又はモニター内臓ミラー、及びフロントガラス、ダッシュボードのメータ部、又はカーナビゲーション表示装置等に視覚情報を投影表示する車輛用情報表示装置又はヘッドアップディスプレイ等の透過型表示装置が提案され、一部実用化されている。この透過型表示装置の技術は、自動車の技術分野のみならず、飛行機、軍事、医療、及びコンピュータゲーム等への応用も、提案されている。

20

このような透過型表示装置では、表示画像や表示視覚情報が背景や環境の明るさ又は輝度に影響を受けてその視認性が劣化し、又は風景画像に重畳された表示画像や表示視覚情報が風景画像の変化によって影響を受けてその視認性が劣化するため、背景や環境の明るさ又は輝度を測定又は推定し、その背景、環境の明るさ又は輝度に応じて表示画像又は表示視覚情報の表示輝度を制御することが提案されている。また、透過型表示装置では、さらなる視認性の向上のために、背景又は環境の明るさ又は輝度のみならず、その細かさに応じて表示画像又は表示視覚情報の表示輝度を制御することも提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

30

【0003】

ここで、特許文献 1 には、前方風景の複数点の輝度を推定し背景輝度分布を推定する背景輝度推定手段と、前方風景の複数領域の空間周波数を推定し背景空間周波数分布を推定する背景空間周波数推定手段と、背景輝度分布の推定値及び背景空間周波数分布の推定値に基づいて表示輝度を制御する制御手段と、を備えた車両用表示装置が開示されている。この車両用表示装置は、上記構成により、表示を重ねる位置の背景の明るさ（輝度）に加え、背景の細かさ（空間周波数）にも応じた表示輝度を制御することができるとしている。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2013 - 174667 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、特許文献 1 に開示の車両用表示装置では、背景の明るさ、又は輝度のみならず、背景の細かさ、又は空間周波数に応じて表示輝度を制御して、視認性を向上させている。このように、車両用表示装置のような透過型表示装置の場合、視認性向上の観点では、「背景の細かさに応じた表示輝度制御」は手段の一つである。しかしながら、特許文献

50

1に開示の車両用表示装置のように、フロントガラスに表示光を直接投影して、フロントガラスを透過した前方の風景画像に投影画像、及び/又は投影視覚情報を重畳表示するので、背景画像となる前方の風景画像の明るさ又は輝度、及び/又は観察環境光の明るさ又は輝度によっては、背景の明るさ又は輝度に加え、背景の細かさ又は空間周波数に応じて車両用表示装置の表示輝度を制御しても、投影画像、及び/又は投影視覚情報が見づらく、視認性が悪いという問題があった。特に、フロントガラスを透過する透過光の明るさ又は輝度が高いと、車両用表示装置自体の発光強度には限界があるため、特許文献1に開示の車両用表示装置のように、その表示輝度を制御しても、投影画像、及び/又は投影視覚情報が見づらく、視認性が悪いという問題があった。

【0006】

一方、モニター内臓ミラー等の画像表示機能付きミラーと呼ばれる従来の車両用表示装置の場合には、表示面部材として用いられる従来のハーフミラーの透過率が低いため、車両用表示装置自体の発光強度によっては、表示装置の表示面における表示輝度が低下し、制御できる表示輝度の範囲が狭くなり、その結果、表示画像、及び/又は表示視覚情報のコントラストが落ちることになるため、見づらくなり、視認性が十分でないという問題があった。

特に、車両用表示装置の場合、背景明るさ及び細かさの変化が早く、かつ大きい上に、観察時間も短いため、コントラストが劣化していると、表示画像、及び/又は表示視覚情報の識別を短時間にできないという問題があった。

【0007】

また、従来の車両用表示装置のような透過型表示装置では、背景画像の明るさ又は輝度及びその空間周波数は考慮されているものの、観察者の観察距離による視認性の変化が考慮されていないため、投影又は表示画像、及び/又は投影又は表示視覚情報の視認性が観察者にとって適正なものとなっていないという問題があった。

このため、この車両用表示装置のような透過型表示装置では、視認性の更なる向上が求められていた。

また、視認性の更なる向上には、表示輝度を上げ、制御できる表示輝度の範囲を広くすることも必要になるが、ルームミラーとして用いられている車両用表示装置の表示面部材がハーフミラーである場合には、ハーフミラーとして用いられる従来の表示面部材の透過率には限度があり、高い透過率の表示面部材が求められていた。

【0008】

本発明は、上記従来技術の問題点を解消し、投影反射又は透過表示画像及び/又は投影反射又は透過表示視覚情報等の表示コンテンツと風景画像等の背景画像とを重畳表示する車両用情報表示装置又はヘッドアップディスプレイ等において、背景画像及び環境光の明るさ又は輝度、並びに観察者の観察距離に係らず、又は、画像及び/又は視覚情報の表示とミラー表示とを切り替える画像表示機能付きミラー又はモニター内臓ミラー等において、表示装置の発光強度又は表示輝度、環境光の明るさ又は輝度の変化、及び観察者の観察距離に係らず、表示コンテンツの空間周波数特性を、入力画像、及び/又は入力視覚情報等の入力コンテンツの空間周波数特性又は観察者に好ましい空間周波数特性とすることができ、表示画像、及び表示コンテンツのコントラストの劣化を防止することができ、表示画像、及び表示コンテンツの視認性を向上させることができる表示装置を提供することを目的とする。

即ち、本発明は、上記目的の如く、環境光、表示デバイスの表示輝度(背景画像及び反射画像、又は透過画像の明るさ又は輝度)、及び観察距離に応じて最適化されたコントラストによって表示コンテンツを表示することができ、表示コンテンツの視認性を向上させることができる表示装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明の表示装置は、入力画像を表示画像として表示するために像様に発光する像様発光ユニット、及び像様発光ユニットに対応して設けられ、像

10

20

30

40

50

様発光ユニットによって像様に発光された入力画像を反射、又は透過して表示画像として表示する表示面を持ち、かつ背面側から入射する背面環境光を透過、又は正面側から入射する環境光を反射する表示面部材を備える表示デバイスと、表示デバイスの表示面部材の表示面に表示された表示画像を観察する観察者の観察距離を検出する観察距離検出部と、観察者が観察する表示デバイスの表示輝度を取得する表示輝度取得部と、表示面に表示された表示画像を観察する正面側の環境の環境光を検出する環境光検出部と、表示輝度取得部によって取得された表示輝度、観察距離検出部によって検出された観察距離、及び環境光検出部によって検出された環境光において視認される表示画像の表示空間周波数特性が、目標とする目標空間周波数特性となるように、表示輝度、観察距離、及び環境光に基づいて像様発光ユニットに入力される入力画像の入力空間周波数特性を調整する画像処理を行う画像処理ユニットと、を有することを特徴とする。

10

【0010】

ここで、像様発光ユニットは、表示デバイスの表示面部材の表示面に入力画像を像様に発光させて投影する投影ユニットであり、表示面部材は、投影ユニットに対応して設けられ、投影ユニットによって投影された入力画像の投影光を反射させて表示面に表示画像として表示し、かつ、背面側から入射する背面環境光を透過するものであり、表示デバイスは、反射型表示デバイスであり、表示輝度取得部は、表示面部材の背面側から入射する背面環境光を検出する背面環境光検出部と、投影ユニットによる入力画像の投影光の、表示面における反射輝度を取得する反射輝度取得部と、を備え、背面環境光検出部によって検出された背面環境光の透過輝度と、入力画像の投影光の反射輝度とを用いて表示面に表示された表示画像の表示輝度を求めるものであることが好ましい。

20

また、表示面部材は、ハーフミラー、又は波長選択フィルムであり、投影ユニットは、液晶ディスプレイ、反射型液晶パネル、及びホログラフィック光学素子の少なくとも1つであり、表示装置は、ヘッドアップディスプレイ、及びオーグメンテッド・リアリティデバイスの1つであることが好ましい。

【0011】

また、像様発光ユニットは、表示デバイスの表示面部材の表示面に入力画像を表示画像として透過表示するために像様に発光する表示ユニットであり、表示面部材は、表示ユニットに設けられ、背面側から入射する表示ユニットの像様発光を透過して表示面に表示画像を表示し、かつ正面側から入射する環境光を反射するものであり、表示デバイスは、透

30

過型表示デバイスであり、表示輝度取得部は、表示ユニットによる入力画像の像様発光の、表示面における透過輝度を表示輝度として取得するものであることが好ましい。

【0012】

ここで、表示面部材は、ハーフミラー、又は波長選択フィルムであり、表示ユニットは、液晶ディスプレイ、反射型液晶パネル、及びホログラフィック光学素子の少なくとも1つであり、表示装置は、画像表示機能付きミラー、及びモニター内臓ミラーの1つであることが好ましい。

40

また、上記表示装置において、表示面部材は、像様発光ユニット（投影ユニット、又は表示ユニット）の側から、 $1/4$ 波長板、及び円偏光反射層をこの順で含み、円偏光反射層は、選択反射帯域の中心波長が可視光領域に位置するコレステリック液晶層を含み、 $1/4$ 波長板および円偏光反射層の少なくとも一方が、円盤状液晶化合物を含む液晶組成物から形成された層を含むハーフミラーであることが好ましい。

また、目標空間周波数特性は、入力空間周波数特性であることが好ましく、又は、目標空間周波数特性は、入力画像の初期スペクトルに対して、予め設定、又は調整された空間周波数特性であることが好ましい。

また、画像処理ユニットは、表示画像の表示空間周波数特性と目標空間周波数特性との差が最小となるように、入力画像の画像データを画像処理して表示画像の画像データを出力することが好ましい。

また、画像処理ユニットは、視認される表示画像のコントラストを、目標空間周波数特性を持つ画像のコントラストからの変化が最小となるように最適化することが好ましい。

50

【 0 0 1 3 】

また、表示画像の表示空間周波数特性は、入力画像の入力空間周波数特性に対して画像処理を施した後、表示輝度、観察距離、及び環境光に基づいて定まる視覚感度関数を畳み込み演算して得られたものであり、画像処理ユニットは、画像処理として、入力画像の空間周波数特性に対して、視覚感度関数の逆関数を畳み込み演算し、目標空間周波数特性と入力空間周波数特性との変化の補正演算を行うことが好ましい。

また、画像処理ユニットは、目標空間周波数特性を格納するメモリと、表示輝度、観察距離、及び環境光に基づいて、視覚感度関数を算出する算出部と、メモリに格納された目標空間周波数特性と、入力画像の入力空間周波数特性とを比較して、その変化率を求める目標比較部と、入力画像の入力空間周波数特性に対して算出部で算出された視覚感度関数の逆関数を畳み込み演算し、かつ目標比較部で比較された目標空間周波数特性と入力空間周波数特性との比較結果に基づく変化率を積算して表示画像の表示空間周波数特性を求め、表示空間周波数特性が目標空間周波数特性となるように、入力画像の画像データに対して画像処理を行う画像処理部と、を有することが好ましい。

10

【 0 0 1 4 】

また、メモリは、更に、目標空間周波数特性に対応する目標となる目標視覚感度関数又は目標視覚感度関数で表される目標視覚感度曲線を格納するものであり、画像処理部は、予め設定された時間間隔で、又は算出部で算出された視覚感度関数を示す視覚感度曲線のピーク感度が目標視覚感度曲線のピーク感度から一定割合シフトした時に、入力画像の画像データに対して画像処理を行うことが好ましい。

20

また、表示輝度取得部、観察距離検出部、及び環境光検出部は、予め設定された時間間隔で、それぞれ表示輝度、観察距離、及び環境光を検出して、それぞれ検出された表示輝度、観察距離、及び環境光を算出部に出力し、算出部は、表示輝度取得部、観察距離検出部、及び環境光検出部からそれぞれ出力された表示輝度、観察距離、及び環境光に基づいて、時間間隔で、視覚感度関数を算出し、画像処理部は、時間間隔で、算出された視覚感度関数の逆関数を畳み込み演算し、変化率を積算して表示画像の表示空間周波数特性を求め、表示画像が、求められた表示空間周波数特性を持つように画像処理を行うことが好ましい。

【 0 0 1 5 】

また、メモリは、更に、目標空間周波数特性に対応する目標となる目標視覚感度関数又は目標視覚感度関数で表される目標視覚感度曲線を格納するものであり、表示輝度取得部、観察距離検出部、及び環境光検出部は、予め設定された第2の時間間隔で、それぞれ表示輝度、観察距離、及び環境光を検出して、それぞれ検出された表示輝度、観察距離、及び環境光を算出部に出力し、算出部は、表示輝度取得部、観察距離検出部、及び環境光検出部からそれぞれ出力された表示輝度、観察距離、及び環境光に基づいて、第2の時間間隔で、視覚感度関数を算出し、画像処理部は、第2の時間間隔で算出部から出力された視覚感度関数を示す視覚感度曲線のピーク感度が目標視覚感度曲線のピーク感度から一定割合シフトした時に、入力画像の画像データに対して画像処理を行うことが好ましい。

30

【 0 0 1 6 】

また、視覚感度関数は、下記式(1)で与えられる視覚感度関数 $S(u)$ と下記式(2)で与えられる補正係数 f との積 $f \times S(u)$ を用いて算出されることが好ましい。

40

【 数 1 】

$$S(u) = \frac{5200e^{-0.0016u^2(1+100/L)^{0.08}}}{\sqrt{\left(1 + \frac{144}{X_0^2} + 0.64u^2\right) \left(\frac{63}{L^{0.83}} + \frac{1}{1 - e^{-0.02u^2}}\right)}} \quad \dots \quad (1)$$

$$f = e^{-\frac{\ln^2\left(\frac{L_s}{L}\left(1+\frac{144}{X_o^2}\right)^{0.25}\right) - \ln^2\left(1+\frac{144}{X_o^2}\right)}{2\ln^2(32)}} \dots (2)$$

ここで、 u は、空間周波数 (cycle / deg) であり、 L は、表示輝度 (cd / m²) であり、 L_s は、環境光の輝度 (cd / m²) であり、 X_o は、観察距離における表示ユニットの表示面の視野角 (deg) である。

10

【0017】

また、表示画像処理ユニットは、さらに、予め、目標空間周波数特性としてメモリに格納しておくために、表示輝度、観察距離、及び環境光に応じて、表示ユニットによって表示面部材の表示面に表示された表示画像を観察しながら観察者によって観察される表示画像の輝度を予め調整して目標空間周波数特性を定める特性調整部、予め観察者が目標空間周波数特性を設定する特性設定部、及び予め観察者が設定した目標空間周波数特性を入力する特性入力部の少なくとも1つを有することが好ましい。

【発明の効果】

【0018】

以上説明したように、本発明によれば、投影反射又は透過表示画像及び/又は投影反射又は透過表示視覚情報等の表示コンテンツと風景画像等の背景画像とを重畳表示する車輛用情報表示装置又はヘッドアップディスプレイ等において、背景画像及び環境光の明るさ又は輝度、並びに観察者の観察距離に係らず、又は、画像及び/又は視覚情報の表示とミラー表示とを切り替える画像表示機能付きミラー又はモニター内臓ミラー等において、表示装置の発光強度、環境光の明るさ又は輝度の変化、及び観察者の観察距離に係らず、表示コンテンツの空間周波数特性を、入力画像、及び/又は入力視覚情報等の入力コンテンツの空間周波数特性又は観察者に好ましい空間周波数特性とすることができ、表示コンテンツのコントラストの劣化を防止することができ、表示コンテンツの視認性を向上させることができる。

20

即ち、本発明によれば、環境光、背景画像の明るさ又は輝度もしくは表示デバイスの発光強度、及び観察距離に応じて最適化されたコントラストによって表示コンテンツを表示することができ、表示コンテンツの視認性を向上させることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る透過型表示装置の一例を模式的に示す構成図である。

【図2】図1に示す透過型表示装置の画像処理ユニットの構成の一例を模式的に示すブロック図である。

【図3】本発明の第2の実施形態に係る透過型表示装置の一例を模式的に示す構成図である。

40

【図4】図2に示す透過型表示装置の画像処理ユニットの構成の一例を模式的に示すブロック図である。

【図5】図2及び図3に示す画像処理ユニットの画像処理部で行われる入力画像の空間周波数特性から目標空間周波数特性に変換処理を説明する説明図である。

【図6】(A)及び(B)は、それぞれ図5に示す空間周波数特性(a)を持つ入力画像及び図5に示す目標空間周波数特性(e)を持つ表示画像の図面代用写真である。

【図7】観察環境の光学系によって入力画像の空間周波数特性から表示画像の空間周波数特性への劣化を説明する説明図である。

【図8】(A)及び(B)は、それぞれ図7に示す空間周波数特性(a)を持つ入力画像及び図7に示す劣化した空間周波数特性(c)を持つぼけた表示画像の図面代用写真であ

50

る。

【図 9】(A)、(B)及び(C)は、それぞれ本発明において用いられる目標空間周波数特性を示すグラフである。

【図 10】(A)、(B)及び(C)は、それぞれ本発明の車輛用表示装置における乗車時の視感度関数のグラフ、(A)に示す視感度関数からドライバの調整による目標視感度関数への変化を説明するグラフ、及び(B)において調整された目標視感度関数のグラフである。

【図 11】本発明の実施例の表示輝度と視覚感度との関係を示すグラフである。

【図 12】本発明の 2 つの表示輝度における環境光に依存したコントラスト変化と視感度の関係を示すグラフである。

10

【図 13】(A)及び(B)、並びに(C)及び(D)は、空間周波数が 1 cycle/mm の場合における、図 12 に示す高輝度、並びに低輝度における矩形波入力時のコントラスト変化を示す説明図及びグラフである。

【図 14】(A)及び(B)、並びに(C)及び(D)は、空間周波数が 2 cycle/mm の場合における、図 12 に示す高輝度、並びに低輝度における矩形波入力時のコントラスト変化を示す説明図及びグラフである。

【図 15】(A)及び(B)、並びに(C)及び(D)は、空間周波数が 5 cycle/mm の場合における、図 12 に示す高輝度、並びに低輝度における矩形波入力時のコントラスト変化を示す説明図及びグラフである。

【発明を実施するための形態】

20

【0020】

以下に、本発明に係る表示装置を添付の図面に示す好適な実施形態を参照して詳細に説明する。

本発明は、観察者、例えば車輛のドライバ、航空機のパイロット、医療従事者、及びコンピュータゲームのゲームプレイヤーにとって表示画像、及び/又は表示コンテンツが最適、即ち高コントラストになるように、観察者の環境(光学観察環境)を取得し、画像、及び/又はコンテンツの最適化、例えば表示輝度等の表示状態の最適化を行うことができる表示装置、即ち透過型表示装置である。ここで、環境とは、観察距離、環境光(明るさ又は輝度)、及び表示デバイスの表示光(明るさ又は輝度)、例えば背景環境光(明るさ又は輝度)もしくはディスプレイの発光(明るさ又は輝度)を指している。

30

【0021】

本発明の表示装置においては、観察者が、表示面部材の表示面に表示された表示画像、及び/又は表示コンテンツを観察する際に、表示デバイスの表示輝度(背景環境光の輝度及び投影光の反射輝度、又は透過光の透過輝度)、環境光、観察距離に依存して視覚感度に変化する。特に、車載用途を想定した場合、環境光、表示輝度が常に変化するため、所定のタイミングで最適化を行い、視認性を確保する必要がある。このため、観察環境の光学系(環境光、観察距離、表示輝度)の最適化が必要である。

本発明においては、このような最適化することにより、最適なコントラスト条件で表示し、視認性を向上させているのである。

本発明のアプリケーションとしては、例えば、スマートミラー等の車輛用表示装置、ヘッドアップディスプレイ(HUD: Head-Up Display)、ヘッドマウント(頭部装着)ディスプレイ(HMD: Head Mounted Display)等のオーグメンテッド・リアリティデバイス(AR: Augmented Reality Device: (拡張現実)等の分野に適用することができ、このような分野の透過型表示装置として用いることができる。

40

【0022】

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る透過型表示装置の一例を模式的に示す構成図である。図 2 は、図 1 に示す透過型表示装置の内部構成の一例を模式的に示すブロック図である。図 3 は、本発明の第 2 の実施形態に係る透過型表示装置の一例を模式的に示す構成図である。図 4 は、図 3 に示す透過型表示装置の内部構成の一例を模式的に示すブロック図である。

50

図 1 に示す第 1 の実施形態に係る透過型表示装置 1 0 と、図 3 に示す第 2 の実施形態に係る透過型表示装置 1 1 とは、表示画像が投影（反射）画像であるか、透過画像であるかで異なり、表示輝度として、背面環境光の輝度及び反射輝度を取得するか、透過輝度を取得するかで異なる以外は、同様の構成を有するので、始めに、図 1 に示す第 1 の実施形態に係る透過型表示装置 1 0 について説明し、図 3 に示す第 2 の実施形態に係る透過型表示装置 1 1 については、後に、主に、相違点について説明する。

【 0 0 2 3 】

図 1 及び図 2 に示すように、本実施形態の透過型表示装置 1 0 は、投影ユニット 1 2 と、表示面 1 4 a を備える表示面部材 1 4 と、背面環境光取得センサ 1 6、及び反射輝度取得部 1 7 を備える表示輝度取得部 1 5 と、観察距離取得センサ 1 8 と、環境光取得センサ 2 0 と、画像処理ユニット 2 2 と、入力ユニット 2 4 とを有する。ここで、投影ユニット 1 2 と、表示面部材 1 4 とは、本発明の表示デバイス 1 3 を構成する。表示デバイス 1 3 は、観察者 2 6 が観察する表示画像を反射表示する反射型表示デバイスである。

本実施形態の透過型表示装置 1 0 としては、スマートミラー等の車輛用表示装置、ヘッドアップディスプレイ（HUD）等のオーグメンテッド・リアリティ（AR）デバイス等、及びこれらをカーナビゲーションなどのナビゲーションの表示装置として用いる車輛用表示装置等を挙げることができる。

【 0 0 2 4 】

投影ユニット 1 2 は、本発明の表示デバイス 1 3 を構成する構成要素の 1 つであって、表示面部材 1 4 の表示面 1 4 a に対応する位置、例えば、車輛用表示装置等の場合には、車輛内の表示面 1 4 a の対応位置に配置され、入力画像を表示画像として表示するために像様に発光する像様発光ユニットである。

投影ユニット 1 2 は、表示面部材 1 4 から離れた位置に対応して配置され、表示面部材 1 4 の表示面 1 4 a に入力画像を投影する、具体的には入力画像を表示画像として表示するために像様に発光した入力画像の投影光を表示面 1 4 a に照射して反射させて表示画像として表示するための投影デバイスである。投影デバイスとしては、入力画像を投影することができれば、どのようなものでも良く、ブラウン管でも良いが、小型ディスプレイが好ましい。小型ディスプレイとしては、例えば、液晶ディスプレイ（LCD：Liquid Crystal Display）、反射型液晶パネル（LCO S：Liquid Crystal On Silicon）、及びホログラフィック光学素子などで構成されていることが好ましい。

【 0 0 2 5 】

表示面部材 1 4 は、本発明の表示デバイス 1 3 を構成する構成要素の 1 つであって、像様発光ユニットである投影ユニット 1 2 に対応して設けられ、その表示面 1 4 a に投影ユニット 1 2 によって像様に発光されて投影された入力画像の投影光を反射させて表示画像として表示し、かつ背面側から入射する背面環境光を透過するものである。表示面部材 1 4 としては、観察者 2 6 が表示面 1 4 a に投影された入力画像を表示画像として視認することができる程度に投影ユニット 1 2 からの投影光を反射することができ、かつ、表示面部材 1 4 の背景、即ち表示面部材 1 4 の背面側、即ち裏面側、例えば自動車等の車輛内に配置された HUD 等の場合の車外等の風景を観察できる程度に透明であり、背景からの反射光を透過するものであれば、どのようなもので良い。

【 0 0 2 6 】

表示面部材 1 4 としては、正面側から入射する光（入力画像の投影光及び環境光）の一部を表示面 1 4 a で反射し、裏面側から入射する光の一部を透過させることができる部材であれば、どのようなものでも良く、例えばハーフミラー、波長選択フィルム、透明なフィルム、アクリル等の透明な樹脂材、及び透明なガラス等を挙げることができるが、この中では、ハーフミラー、又は波長選択フィルムであることが好ましい。

また、このようなハーフミラー、又は波長選択フィルムは、透明な樹脂材、又は透明なガラス等に貼付されて用いられるのが好ましい。例えば、ハーフミラー、又は波長選択フィルムは、車輛用表示装置等の場合には、フロントガラス（図示せず）に、航空機などの場合には、透明樹脂又はガラス製の風防（キャノピー）（図示せず）に貼付されて支持さ

10

20

30

40

50

れて用いられることが好ましいが、メータ類の透明ガラス又は樹脂基板（図示せず）に貼付されて用いられても良い。

【0027】

表示面部材14として用いられるハーフミラー、又は波長選択フィルムとしては、例えば、本出願人の出願に係るWO2015/050202A1、WO2015/050203A1、及びWO2015/050204A1に開示された投影像表示用ハーフミラー、例えば選択反射層としてコレステリック液晶層を固定した層を1層以上含む投影像表示用ハーフミラー、赤（R）、緑（G）及び青（B）の各色光に対して選択反射性を持つ3層以上コレステリック液晶層を固定した層を含む投影像表示用ハーフミラー等を用いることもできる。

10

【0028】

また、表示面部材14として、本出願人の出願に係る特願2015-137026号明細書に記載の画像表示機能付きミラーに用いられる1/4波長板及び円偏光反射層の積層体部分からなるハーフミラー等を用いても良い。このハーフミラーは、投影ユニット12の側から、1/4波長板、及び円偏光反射層をこの順で含み、円偏光反射層は、選択反射帯域の中心波長が可視光領域に位置するコレステリック液晶層を含み、1/4波長板及び円偏光反射層の少なくとも一方が、円盤状液晶化合物を含む液晶組成物から形成された層を含むハーフミラーである。このハーフミラーの詳細については、後述する。

【0029】

表示輝度取得部15は、観察者26が観察する表示デバイス13の表示輝度、即ち表示デバイス13に表示された表示画像の表示輝度を取得するためのものである。

20

表示輝度取得部15は、表示面部材14の背面側から入射する背面環境光を検出する背面環境光取得センサ16と、表示面部材14の表示面14aにおける反射輝度（平均輝度）を取得する反射輝度取得部17とを有し、背面環境光検出部16によって検出された背面環境光（外の光、交通信号機の信号、空等）の透過輝度と、反射輝度取得部17によって取得された入力画像の投影光の反射輝度（制御可能な投影画像、又は投影コンテンツの輝度）とを用いて表示デバイス13の表示面14aに表示された表示画像の表示輝度を求めるものである。例えば、表示輝度取得部15は、背面環境光の透過輝度と表示面14aにおける反射輝度とを積算して表示輝度として算出しても良い。

ここで、表示デバイス13の表示輝度とは、観察者26が表示デバイス13の表示面部材14の表示面14aに表示された表示画像を観察する際に、観察者26の目（26）に入る表示画像に起因する輝度を言う。なお、本発明においては、表示画像の観察者26の観察、例えば視認性に影響を与える影響因子としては、観察者26の目に入る輝度を挙げることができる。表示画像の視認性への影響因子、即ち観察者26の目に入る輝度としては、上述した表示画像の表示輝度に加えて、観察する環境、例えば車輛用表示装置の場合には、車内環境の環境光の輝度も含まれるが、表示画像に起因するものでないので、本発明では、後述するように、別途考慮する。

30

【0030】

背面環境光取得センサ16は、表示面部材14の背面側、即ち裏面側から入射する背面環境光を検出、又は計測し、例えばその明るさ又は輝度を取得するためのもので、本発明の背面環境光検出部を構成するものがある。例えば、背面環境光取得センサ16は、表示面部材14の背景によって反射され、表示面部材14に入射する背景の反射光の明るさ又は輝度を検出、又は計測して取得する。例えば、車輛用表示装置の場合、背面環境光取得センサ16は、車外の環境の輝度、即ち外の景色の平均輝度を取得する。

40

背面環境光取得センサ16としては、表示面部材14の背面環境光の明るさ（明度）又は輝度を検出又は計測して取得できればどのようなものでも良く、例えば、輝度センサ等を挙げることができる。なお、背面環境光検出部として、輝度センサで背面環境光の輝度を直接検出する代わりに、カメラを用い、カメラによる背面の撮像画像データから背面環境光の輝度を算出するようにしても良い。

【0031】

50

反射輝度取得部 17 は、投影ユニット 12 によって像様に発光した入力画像の投影光が表示面 14a において反射した表示画像の輝度（反射輝度）を取得するものである。ここで、投影ユニット 12 からの像様発光した光（画像光）の輝度、即ち投影光の発光輝度は、投影ユニット 12 に入力される入力画像の画像データから算出することができ、予め既知であり、ハーフミラー、又は波長選択フィルム等の表示面部材 14 の反射率も、予め既知であるので、反射輝度取得部 17 は、投影ユニット 12 からの入力画像の画像データに基づく投影光の発光輝度と、表示面部材 14 の反射率とから、表示面 14a における反射輝度を取得することができる。

なお、反射輝度取得部 17 は、入力画像の画像データ及び表示面部材 14 の反射率から反射画像の反射輝度を求めているが、輝度センサ等の反射輝度取得センサを表示面部材 14 の表示面 14a の正面側（視認側）の投影ユニット 12 と対称な位置に配置して、直接反射輝度を測定し、検出しても良いし、反射輝度取得センサの代わりに、カメラを用い、カメラによって撮像された反射画像の撮像画像データから環境光の輝度を算出するようにしても良い。

また、上述の表示輝度取得部 15 では、背面環境光検出部 16 による背面環境光の透過輝度と、反射輝度取得部 17 による投影光の反射輝度とを用いて表示デバイス 13 の表示輝度を求めているが、輝度センサ等の表示輝度取得センサを表示面部材 14 の表示面 14a の正面側（視認側）の位置に配置して、直接、投影光の反射輝度及び背面環境光の透過輝度を含む表示輝度を測定し、検出しても良いし、表示輝度取得センサの代わりに、カメラを用い、カメラによって撮像された表示画像の撮像画像データから表示輝度を算出するようにしても良い。

【0032】

観察距離取得センサ 18 は、表示面部材 14 の表示面 14a に表示された表示画像を観察する観察者 26 の観察距離、例えば視線距離を検出、又は計測して取得するためのもので、視線距離取得センサということもでき、本発明の観察距離検出部を構成するものである。例えば、観察距離取得センサ 18 は、表示面部材 14 の表示画像を観察する観察者 26 の観察距離、例えば視線距離を検出、又は計測して取得する。

観察距離取得センサ 18 としては、観察者 26 の観察距離、例えば視線距離を検出又は計測して取得できればどのようなものでも良く、例えば、距離センサ等を挙げることができる。なお、観察距離検出部として、距離センサで観察者 26 の観察距離又は視線距離を直接検出する代わりに、赤外線を使ったカメラを用い、観察距離又は視線距離として観察者 26 の「目」の位置を取るように赤外線カメラで推定するようにしても良いし、予め設定された座席のシート位置から推定するようにしても良い。

【0033】

環境光取得センサ 20 は、表示面部材 14 の表示面 14a に表示された表示画像を観察する正面側の環境の環境光、即ち正面環境光を検出、又は計測し、例えばその明るさ又は輝度を取得するためのもので、本発明の環境光検出部を構成するものである。例えば、環境光取得センサ 20 は、投影ユニット 12 から投影され、表示面部材 14 の表示面 14a に反射表示された表示画像を観察する側の環境の明るさ又は輝度を検出、又は計測して取得する。

環境光取得センサ 20 としては、表示画像の観察環境の環境光の明るさ（明度）又は輝度を検出又は計測して取得できればどのようなものでも良く、輝度センサ等を挙げることができる。なお、環境光検出部として、輝度センサで環境光の輝度を直接検出する代わりに、カメラを用い、カメラによる観察環境の撮像画像データから環境光の輝度を算出するようにしても良い。

【0034】

画像処理ユニット 22 は、表示輝度取得部 15 によって検出された表示デバイス 13 の表示画像の表示輝度、観察距離取得センサ 18 によって検出された観察距離、及び環境光取得センサ 20 によって検出された環境光、即ち計測して取得された正面の環境光の明るさ（明度）又は輝度（以下、輝度で代表する）において視認される表示面 14a の表示画

10

20

30

40

50

像の表示空間周波数特性、即ち表示画像のスペクトル強度 I と空間周波数 (cycle / mm) との関係を示す関数、又はグラフ (特性曲線) が、目標とする目標空間周波数特性 (関数、グラフ) となるように、表示輝度、観察距離、及び環境光、即ちその輝度に基づいて投影ユニット 12 に入力される入力画像の入力空間周波数特性を調整する画像処理を行うための GPU (グラフィックス プロセッシング ユニット : Graphics Processing Unit) である。

入力ユニット 24 は、画像処理ユニット 22 に、入力画像 (画像データ) を入力したり、また、必要に応じて空間周波数に対する目標スペクトル強度 (I) を表わす目標空間周波数特性を入力する、又は調整する操作を行うためのものである。

なお、画像処理ユニット 22 において、表示輝度取得部 15 によって検出された表示デバイス 13 の表示画像の表示輝度を直接用いる代わりに、背面環境光取得センサ 16 によって検出された背面環境光、即ち計測して取得された背面環境光の輝度 (又は明るさ (明度))、及び反射輝度取得部 17 によって検出された投影光の反射輝度 (又は明るさ (明度)) を用いても良いし、背面環境光、即ちその輝度、及び投影光の反射輝度から表示輝度を求め、求められた表示輝度を用いても良い。

【 0035 】

画像処理ユニット 22 は、入力画像、即ちその画像データに対して、表示画像の表示空間周波数特性が目標空間周波数特性となる、又は表示画像の表示空間周波数特性と目標空間周波数特性との差が最小となるように、画像処理を施して処理済画像、即ち表示画像の画像データを生成し、処理済画像 (表示画像の画像データ) を投影ユニット 12 に出力することが好ましい。また、画像処理ユニット 22 は、視認される表示画像のコントラストを、目標空間周波数特性を持つ画像のコントラストからの変化が最小となるように最適化することが好ましい。

【 0036 】

ここで、目標空間周波数特性は、図 5 のグラフ (e) に示すように、入力画像の入力空間周波数特性であるのが好ましい。

また、表示画像の表示空間周波数特性は、入力画像の入力空間周波数特性に対して画像処理を施した後、表示輝度 (もしくは、背面環境光 (輝度) 及び反射画像の反射輝度、又は透過画像の透過輝度)、観察距離、及び環境光 (輝度) に基づいて定まる視覚感度関数を畳み込み演算して得られたものであることが好ましい。

また、この時、画像処理ユニット 22 は、画像処理として、入力画像の空間周波数特性に対して、視覚感度関数の逆関数を畳み込み演算し、目標空間周波数特性と入力空間周波数特性との変化の補正演算を入力画像の画像データに対して行うことが好ましい。

【 0037 】

図 2 に示すように、画像処理ユニット (GPU) 22 は、視覚感度関数 (CSF : Contrast Sensitivity Function : コントラスト感度特性) の算出部 32 と、目標比較部 34 と、画像処理部 36 と、メモリ 38 とを有する。

CSF の算出部 32 は、観察距離取得センサ 18 から出力される観察距離、表示輝度取得部 15 から出力される表示輝度 (又は背面環境光取得センサ 16 から出力される背面環境光の輝度、及び反射輝度取得部 17 から出力される投影光の反射輝度)、及び環境光取得センサ 20 から出力される環境光の輝度が入力され、入力された観察距離、並びに表示輝度 (又は背面環境光の輝度及び反射輝度)、及び環境光の輝度に基づいて視覚感度関数 (CSF) を算出するためのもので、本発明の算出部を構成するものある。算出部 32 は、例えば、図 5 及び図 7 のグラフ (b) に示すような視覚感度関数 CSF、即ち空間周波数毎の視感度を算出し、算出した視覚感度関数 CSF、即ち空間周波数毎の視感度を目標比較部 34 に送信する。

ここで、本発明においては、視覚感度関数 (CSF : コントラスト感度特性) としては、下記式 (1) で与えられる視感度関数 (CSF : 視覚伝達関数) $S(u)$ と下記式 (2) で与えられる補正係数 f との積 $f \times S(u)$ 、即ち補正係数 f によって補正された視感度関数 (CSF) $S(u)$ を用いることが好ましい。

10

20

30

40

50

即ち、下記式(2)は、環境光をモデル化して視覚感度 $S(u)$ に与える影響を、視覚感度 $S(u)$ に乘算される補正係数 f として表わしたものである。

【0038】

【数2】

$$S(u) = \frac{5200e^{-0.0016u^2(1+100/L)^{0.08}}}{\sqrt{\left(1 + \frac{144}{X_0^2} + 0.64u^2\right)\left(\frac{63}{L^{0.83}} + \frac{1}{1-e^{-0.02u^2}}\right)}} \quad \dots (1)$$

10

$$f = e^{-\frac{\ln^2\left(\frac{L_s}{L}\left(1 + \frac{144}{X_0^2}\right)^{0.25}\right) - \ln^2\left(\left(1 + \frac{144}{X_0^2}\right)^{0.25}\right)}{2\ln^2(32)}} \quad \dots (2)$$

ここで、 u は、空間周波数(cycle/deg)であり、 L は、表示輝度(背景環境光の輝度及び反射画像の反射輝度、又は透過画像の透過輝度)(cd/m²)であり、 L_s は、環境光の輝度(c d / m²)であり、 X_0 は、観察距離における表示ユニットの表示面の視野角(deg)である。

20

【0039】

ここで、上記式(1)で示される視感度関数は、論文"Formula for the contrast sensitivity of the human eye" Peter G. J. Barten, Image Quality and System Performance, edited by Yoichi Miyake, D. Rene Rasmussen, Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE Vol. 5294 (c) 2004 SPIE and IS&T · 0277-786X/04/\$15.00, P. 231-P.238の第234頁に記載された式(11)で表される視感度関数(CFS: contrast sensitivity function) $S(u)$ である。

この上記式(1)は、反射系において良く用いられるもので、また、ディスプレイ、例えば後述する表示ユニット28のような透過系においても適切に用いることができるもので、観察距離を考慮することができるものであり、背景環境光の平均輝度及び反射画像の反射輝度、又はディスプレイの透過表示画像の透過輝度による感度の違いを考慮できるものである。

30

【0040】

目標比較部34は、入力ユニット24の画像入力部40から入力された入力画像の画像データから入力画像の入力空間周波数特性を算出し、メモリ38から格納された目標空間周波数特性を読み出し、算出した入力空間周波数特性と読み出された目標空間周波数特性とを比較し、その変化率を求めるものである。目標比較部34は、目標空間周波数特性に対する入力空間周波数特性の変化率として、目標空間周波数特性と入力空間周波数特性との比、即ち、各空間周波数における、目標空間周波数特性値、即ち目標とする出力画像の強度(I)と、入力空間周波数特性値、即ち入力画像の強度(I)との比を算出する。

40

目標比較部34は、こうして算出した変化率、即ち各空間周波数における強度(I)比を、算出部32から受信した視覚感度関数CFS、即ち空間周波数毎の視感度と共に、画像処理部36に送信する。

【0041】

画像処理部36は、入力画像の入力空間周波数特性に対して算出部32で算出された視覚感度関数CFSの逆関数を畳み込み演算し、目標比較部34で比較された目標空間周波数特性と入力空間周波数特性との比較結果に基づく変化率を積算して表示画像の表示空間周波数特性を求め、表示空間周波数特性が目標空間周波数特性となるように、入力画像の

50

画像データに対して画像処理を行うためのものである。

例えば、図5に示すように、入力画像の入力空間周波数特性がグラフ(a)で表され、視認される出力画像である表示画像の表示空間周波数特性がグラフ(e)で表される時、空間周波数の劣化が無く、理想的な場合には、両空間周波数特性、即ち両グラフ(a)及び(e)は、等しいものとなり、図6(B)に示す出力画像(e)は、図6(A)に示す入力画像(a)に対して空間周波数の劣化が無く、観察者は、出力画像(e)を、入力画像(a)からコントラストに劣化の無い同一の画像として視認することができる。

【0042】

しかしながら、現実には、観察者の視認環境、例えば、観察距離、表示輝度(背景環境光の輝度及び反射画像の反射輝度、又は透過画像の透過輝度)、及び環境光(輝度)等の外的要因が変化すると、図6(A)に示す入力画像(a)に等しい図8(A)に示す入力画像(a)は、空間周波数が劣化し、したがってコントラストが劣化し、図8(B)に示すように、ぼやけて画質が劣化し、視認性が劣化した出力画像として表示されることになる。このように、視認性の劣化は、空間周波数特性の変化によって生じるものである。

この視認性の劣化をもたらす空間周波数特性の変化は、図7のグラフ(a)に示す入力画像の入力空間周波数特性に対して、空間周波数空間では、図7のグラフ(b)に示すような上記外的要因に起因したCSFを畳み込むことによって生じるということができる。

その結果、図7のグラフ(a)に示す入力画像の入力空間周波数特性は、劣化して、図7のグラフ(c)に示す出力画像(表示画像)の表示空間周波数特性となる。このため、表示面部材14の表示面14aに表示された表示画像は、視認性が劣化した画像となる。

【0043】

これに対し、本発明では、画像処理ユニット22の画像処理部36において、視認性の劣化を抑制するために、上記外的要因による画質劣化、即ち空間周波数特性の変化をキャンセルする画像処理を行う。

画像処理部36は、例えば、上記外的要因によって定まるCSFが、図5のグラフ(b)で表される時、空間周波数空間において、図5のグラフ(a)で表される入力画像の入力空間周波数特性(I_i とする)に対し、図5のグラフ(d)で表されるCSFの逆関数 $IF(CSF)$ をかける画像処理を入力画像の画像データに対して施して、出力画像の画像データを生成する。

【0044】

こうすることにより、図5のグラフ(e)で表される出力画像の表示空間周波数特性(I_o とする)は、図5のグラフ(a)で表される入力画像の入力空間周波数特性(I_i)と、図5のグラフ(d)で表されるCSFの逆関数($IF(CSF)$ とする)と、図5のグラフ(b)で表されるCSFとの掛け算として求められる。即ち、図5に示す出力画像の表示空間周波数特性(I_o)の算出は、下記式(3)のように表すことができる。

$$I_o = I_i \times IF(CSF) \times CSF \quad \dots (3)$$

ここで、図5のグラフ(d)で表されるCSFの逆関数($IF(CSF)$ とする)と、図5のグラフ(b)で表されるCSFとの掛け算は、恒等変換となるので、図5のグラフ(e)で表される出力画像の表示空間周波数特性(I_o)は、図5のグラフ(a)で表される入力画像の入力空間周波数特性(I_i)と、同じ、即ち、 $I_o = I_i$ になる。

【0045】

その結果、図5のグラフ(e)で表される表示空間周波数特性(I_o)を持つ図6(B)に示す出力画像(e)は、図5のグラフ(a)で表される入力空間周波数特性(I_i)を持つ図6(A)に示す入力画像(a)と同じ画像となり、観察者26は、図6(A)に示す入力画像(a)に対して空間周波数の劣化が無く、コントラストの劣化の無い画像として視認することができる。

したがって、本発明においては、画像処理部36は、入力空間周波数特性(I_i)を持つ入力画像の画像データに対して、画像処理として、空間周波数空間で、入力空間周波数特性(I_i)にCSFの逆関数 $IF(CSF)$ を掛け算する処理を施しておくことにより、上記外的要因によって決定されるCSFによって空間周波数(コントラスト)の劣化が

10

20

30

40

50

あったとしても、入力空間周波数特性 (I_i) と同じ表示空間周波数特性 (I_o) を持つ出力画像の画像データを得ることができる。

【0046】

図5に示す例は、そのグラフ(e)で表される表示空間周波数特性 (I_o) は、グラフ(a)で表される入力空間周波数特性 (I_i) を再現するものである。グラフ(e)で表される表示空間周波数特性 (I_o) を持つ出力画像を目標とする場合には、達成されるべき目標空間周波数特性は、グラフ(a)で表される入力空間周波数特性 (I_i) であると言える。

即ち、上述したように、本発明においては、目標空間周波数特性は、図5に示すように、入力画像の入力空間周波数特性 (I_i) であるのが好ましいが、本発明はこれに限定されず、図9(A)、(B)及び(C)に示すように、入力画像の初期スペクトル(スペクトル強度 - 空間周波数の関数)、例えば入力空間周波数特性 (I_i) に対して、予め設定、又は調整された空間周波数特性であっても良い。

10

【0047】

本発明において、例えば、入力画像の入力空間周波数特性を I_i で表し、出力画像が持つべき目標空間周波数特性を I_t で表し、上記外的要因で決定される視角感度関数(コントラスト感度特性)を CSF で表す時、画像処理で行われる変換処理に用いられる変換特性(変換関数)を IP とすると、これらは、上記式(3)とのアナロジーから、下記式(4)で表すことができる。

$$I_t = I_i \times IP \times CSF \quad \dots (4)$$

20

$$IP = I_t \times I_i^{-1} \times CSF^{-1} \quad \dots (5)$$

ここで、 I_i^{-1} は、入力空間周波数特性 I_i の逆特性とすることができるので、 $I_t \times I_i^{-1}$ は、目標空間周波数特性 I_t と入力空間周波数特性 I_i の逆特性との積、即ち、目標空間周波数特性 I_t と入力空間周波数特性 I_i との比 (I_t / I_i)、もしくは目標空間周波数特性 I_t に対する入力空間周波数特性 I_i の変化率 (I_t / I_i) ということができる。

また、 CSF^{-1} は、視角感度関数 CSF の逆関数とすることができるので、上述の $IF(CSF)$ で表すことができる。即ち、 $CSF^{-1} = IF(CSF)$ となる。

【0048】

したがって、上記式(5)の画像処理の変換特性 IP は、下記式(6)で表すことができる。

30

$$IP = (I_t / I_i) \times IF(CSF) \quad \dots (6)$$

なお、出力画像の表示空間周波数特性 (I_o) 上記式(3)で表される場合には、 $I_o = I_t = I_i$ として、画像処理の変換特性 IP は、上記式(6)から下記式(7)で表わされることになる。

$$IP = IF(CSF) \quad \dots (7)$$

上述した例では、目標空間周波数特性 (I_t) に等しい、又は近い出力画像の表示空間周波数特性 (I_o) を得るために、画像処理として、入力空間周波数特性 I_i に視角感度関数 CSF の逆関数 $IF(CSF)$ をかけているが、元の CSF の値が0の場合には、割り算によって発散する原因となるので、画像のスペクトル強度 (I) の2乗 (I^2) が1となる場合を最大としてクリップすることが好ましい。即ち、絶対値 (I^2) を強度で定義することができる。

40

【0049】

以上から、画像処理部36は、入力画像の入力空間周波数特性 (I_i) に対して算出部32で算出された視覚感度関数 CSF の逆関数 $IF(CSF)$ を畳み込み演算し、目標比較部34で比較された目標空間周波数特性と入力空間周波数特性との比較結果に基づく変化率 (I_t / I_i) を積算して表示画像の表示空間周波数特性 (I_o) を求め、表示空間周波数特性 (I_o) が目標空間周波数特性 (I_t) となるように、入力画像の画像データに対して画像処理を行うものであることが分かる。

【0050】

50

メモリ38は、目標空間周波数特性を格納するためのものである。メモリ38は、目標空間周波数特性として、例えば目標比較部34で算出された、図5のグラフ(a)に示す入力空間周波数特性(I_i)、又は図9(A)、(B)及び(C)に示すようなモード1、モード2、及びモード3の目標空間周波数特性を格納しておくことが好ましい。メモリ38は、このような目標空間周波数特性を格納するものに限定されず、目標比較部34で算出された目標空間周波数特性 I_t と入力空間周波数特性 I_i との比、もしくはその変化率(I_t/I_i)を格納するものであっても良いし、目標空間周波数特性に対応する目標となる目標視覚感度関数又は目標視覚感度関数で表される目標視覚感度曲線を格納するものであっても良い。

なお、メモリ38は、図示例のように、画像処理ユニット22内に備えられるものに限定されず、画像処理ユニット22の外部、例えば、入力ユニット24内に備えられていても良い。

【0051】

入力ユニット24は、画像入力部40と、入力操作部42とを有することが好ましい。

まず、画像入力部40は、画像処理ユニット(GPU)22、即ちその目標比較部34に入力画像の画像データを入力するためのものである。入力画像の画像データは、図示しないカメラ等の撮像装置によって撮影されたものであっても良いし、予め、図示しない外部メモリやメモリ38に格納されている画像データであっても良い。

【0052】

入力操作部42は、予め、又は必要に応じて、目標空間周波数特性(I_t)として、例えば入力空間周波数特性(I_i)、又は図9(A)、(B)及び(C)に示すようなモード1、モード2、及びモード3の目標空間周波数特性を、メモリ38、又は目標比較部34に入力するためのもので、本発明の特性入力部として機能するものであっても良いし、又は入力画像の初期スペクトル、例えば入力空間周波数特性に対して、上述したなモード1、モード2、及びモード3の目標空間周波数特性を、予め設定するもので、本発明の特性設定部として機能するものであっても良いし、予め入力された又は予め設定された目標空間周波数特性を調整するもので、本発明の特性調整部として機能するものであっても良い。したがって、入力操作部42は、本発明の特性入力部、特性設定部、及び特性調整部の少なくとも1つの機能を有するものであることが好ましい。

即ち、空間周波数に対する目標スペクトル強度(I)を表わす目標空間周波数特性は、観察者又はユーザ、例えば、車輛用表示装置の場合には、ドライバが入力、又は調整しても良いし、予め、システム側で準備しておいても良い。

【0053】

本発明の透過型表示装置10においては、メモリ38には、更に、目標空間周波数特性に対応する目標となる目標視覚感度関数又は目標視覚感度関数で表される目標視覚感度曲線を格納しておき、画像処理部36は、画像処理の更新タイミングとして、予め設定された時間間隔、例えば、1s~10minで、又は算出部32で算出された視覚感度関数CSFを表わす視覚感度曲線(好ましくは $f \times S(u)$)のピーク感度が目標視覚感度曲線のピーク感度、もしくは前回算出した視覚感度曲線のピーク感度から一定割合、例えば、10%以上、好ましくは20%~100%シフトした時に、入力画像の画像データに対して画像処理を行い、出力表示画像の画像データを生成することが好ましい。

【0054】

また、本発明の透過型表示装置10においては、表示輝度取得部15(又は背面環境光取得センサ16及び反射輝度取得部17)、観察距離取得センサ18、環境光取得センサ20は、更新タイミングとして、予め設定された所定時間間隔、例えば、1s~10minで、それぞれ表示輝度(又は背面環境光(輝度)及び投影光の反射輝度)、観察距離、及び環境光(輝度)を外的要因として検出して取得し、それぞれ取得された背面環境光、観察距離、及び環境光を算出部32に出力し、算出部32は、表示輝度(又は背面環境光及び投影光の輝度)、観察距離、及び環境光に基づいて、上述の所定時間間隔で、視覚感度関数CSFを算出し、画像処理部36は、この所定時間間隔で、算出部32で算出され

10

20

30

40

50

た視覚感度関数 CSF の逆関数を畳み込み演算し、上述の変化率を積算して目標空間周波数特性に等しい又は近い表示画像の表示空間周波数特性を持つように表示画像を調整する画像処理を行うようにしても良い。

【0055】

また、本発明の透過型表示装置 10 においては、メモリ 38 に、目標空間周波数特性に対応する目標となる目標視覚感度関数、又は目標視覚感度関数で表される目標視感度曲線を格納しておき、上述の所定時間間隔を第 1 の時間間隔として、これと異なる第 2 の時間間隔、又は好ましくは第 1 の時間間隔以下の第 2 の時間間隔、例えば、 $1\text{ms} \sim 1\text{s}$ を取得の更新タイミングとして、背面環境光取得センサ 16、観察距離取得センサ 18、環境光取得センサ 20 によって外的要因としてそれぞれ表示輝度（又は背面環境光及び投影光の輝度）、観察距離、及び環境光を取得し、それぞれ取得された表示輝度（又は背面環境光及び投影光の輝度）、観察距離、及び環境光を算出部 32 に出力し、算出部 32 において、表示輝度（又は背面環境光及び投影光の輝度）、観察距離、及び環境光に基づいて、第 2 の時間間隔で、視覚感度関数 CSF を算出し、画像処理部 36 は、第 2 の時間間隔で算出部 32 から出力された視覚感度関数 CSF を示す視感度曲線（好ましくは $f \times S(u)$ ）のピーク感度が目標視感度曲線のピーク感度、又は前回の視感度曲線のピーク感度から一定割合、例えば、10% 以上シフトした時を、画像処理の更新タイミングとして、入力画像の画像データに対して画像処理を行うことが好ましい。

10

【0056】

上述した例では、外的要因として表示輝度（又は背面環境光及び投影光の輝度）、観察距離、及び環境光を取得し、これらの外的要因に基づいて算出部 32 で視覚感度関数 CSF を求め、視覚感度関数 CSF の逆関数 $IF(CSF)$ を用いて画像処理を行っているが、本発明は、これに限定されず、図 10 (A) に示すように、観察者、例えば車輛用表示装置の場合にはドライバが、車輛に乗車した時に、外的要因として表示輝度（又は背面環境光及び投影光の輝度）、観察距離、及び環境光を取得し、これらの外的要因に基づいて算出部 32 で算出される視覚感度関数 CSF を表わす視感度曲線（ $f \times S(u)$ ）を求めておき、その後、図 10 (B) に示すように、観察者（ドライバ）が表示面部材 14 の表示面 14a に表示された表示画像を観察しながらコントラストの劣化の無い画像に調整することにより、図 10 (B) に実線で示される視覚感度関数 CSF を表わす視感度曲線（ $f \times S(u)$ ）を調整して、図 10 (B) に点線で示される視感度曲線を得、得られた調整済視感度曲線を好ましい条件としてメモリ 38 に記憶し、格納しておき、その後、車輛の走行時に、図 10 (C) に点線で示される、メモリ 38 に格納された調整済視感度曲線を維持するように、画像処理部 36 において入力画像の画像処理を行い、表示画像のコントラストの調整を行っても良い。

20

30

【0057】

なお、好ましい条件として、図 9 (A)、(B)、及び (C) それぞれに示すモード 1、2、及び 3 の目標空間周波数特性のように、これらに対応する目標視感度曲線を予め設定しておき、メモリ 38 に格納しておき、必要に応じて呼び出して用いても良い。

また、外的要因の取得の更新タイミング、及び画像処理の更新タイミングとしては、上述した更新タイミング、第 1 及び第 2 の時間間隔、ピーク感度の所定（10%）シフト時等を挙げることができる。

40

本発明の第 1 実施形態の透過型表示装置 10 は、基本的に以上のように構成される。

【0058】

次に、図 3 及び図 4 に示す本発明の第 2 実施形態の透過型表示装置 11 について説明する。

図 3 及び図 4 に示す第 2 実施形態の透過型表示装置 11 は、図 1 及び図 2 に示す第 1 実施形態の透過型表示装置 10 と、投影ユニット 12 の代わりに表示ユニット 28 を備え、表示輝度取得部 15（背面環境光取得センサ 16 及び反射輝度取得部 17）の代わりに表示輝度取得部 30 を備えている点を除いて、同様の構成を有するものであるため、同一の構成要素には、同一の参照符号を付し、その詳細な説明を省略し、主として相違点につい

50

て説明する。

図3及び図4に示すように、本発明の第2実施形態の透過型表示装置11は、表示ユニット28と、表示面14aを備える表示面部材14と、表示輝度取得部30と、観察距離取得センサ18と、環境光取得センサ20と、画像処理ユニット22と、入力ユニット24とを有する。ここで、表示ユニット28と、表示面部材14とは、上記第1実施形態の透過型表示装置10と同様に、本発明の表示デバイス29を構成する。表示デバイス29は、観察者26が観察する表示画像を透過表示する透過型表示デバイスである。

【0059】

本実施形態の透過型表示装置11としては、車輦内ミラー（図示せず）として用いられる画像表示機能付きミラー、モニター内臓ミラー、及びスマートミラー等の車輦用表示装置等を挙げることができるが、図1に示す透過型表示装置10と同様に、ヘッドアップディスプレイ（HUD）等のオーグメンテッド・リアリティ（AR）デバイス等、及びこれらをカーナビゲーションなどのナビゲーションの表示装置として用いる車輦用表示装置等であっても良い。

表示ユニット28は、その上面に表示面部材14が載置され、入力画像を表示するために表示面部材14に裏面側から画像様発光を入射し、表示面部材14を透過した透過画像を表示面14aに表示する透過型ディスプレイである。透過型ディスプレイとしては、入力画像を透過画像として表示することができれば、どのようなものでも良く、図1に示す透過型表示装置10と同様に、ブラウン管でも良いが、小型ディスプレイが好ましい。小型ディスプレイとしては、例えば、液晶ディスプレイ（LCD：Liquid Crystal Display）、反射型液晶パネル（LCOS：Liquid Crystal On Silicon）、及びホログラフィック光学素子などで構成されていることが好ましい。

【0060】

本実施形態において、表示面部材14は、表示ユニット28に載置して設けられ、背面側から入射する表示ユニット28の画像様発光（画像光）を透過して表示面14aに表示画像を表示し、かつ正面側から入射する環境光を反射するものである。

第2実施形態で用いられる表示面部材14としては、図1に示す透過型表示装置10と同様に、例えばハーフミラー、波長選択フィルム、透明なフィルム、アクリル等の透明な樹脂材、及び透明なガラス等を挙げることができるが、特に、画像表示機能付きミラー、モニター内臓ミラー、及びスマートミラー等に用いられるハーフミラー、又は波長選択フィルムであることが好まし。例えば、これらのハーフミラー、又は波長選択フィルムは、車輦用表示装置等の場合には、車輦内ミラー（図示せず）に貼付されて支持されて用いられることが特に好ましい。

このようなハーフミラー、又は波長選択フィルムとしては、図1に示す透過型表示装置10と同様に、例えば、本出願人の出願に係るWO2015/050202A1、WO2015/050203A1、及びWO2015/050204A1に開示された投映像表示用ハーフミラー、又は、特願2015-137026号明細書に記載の画像表示機能付きミラーに用いられる1/4波長板及び円偏光反射層の積層体部分からなるハーフミラー等がより好ましい。

【0061】

このような投映像表示用ハーフミラーは、可視光透過性を有し、選択反射層としてコレステリック液晶相を固定したコレステリック液晶層を少なくとも1層含むことが好ましい。

ここで、投映像表示用ハーフミラーは、互いに直接積層された3層以上のコレステリック液晶相を固定したコレステリック液晶層を含み、3層以上のコレステリック液晶層は、互いに異なる選択反射帯域の中心波長を示すものであることが好ましい。

また、投映像表示用ハーフミラーは、選択反射層（コレステリック液晶層）の少なくとも一方の面側に透明媒体を有し、透明媒体は、選択反射層の透明媒体側の面に対して1°～30°の確度をなす傾斜面を有することが好ましい。

また、投映像表示用ハーフミラーは、投映像表示側に最も近いコレステリック液晶層の

投映像表示側の面において、コレステリック液晶相を形成する液晶分子のダイレクタが均一であることが好ましい。

また、画像表示機能付きミラーに用いられるハーフミラーにおいては、 $1/4$ 波長板および円偏光反射層の少なくとも一方が、棒状タイプ（棒状液晶化合物）と円盤状タイプ（円盤状液晶化合物）を含む液晶組成物より好ましくは、棒状液晶化合物を含む液晶組成物から形成された層を含むことが好ましい。

【0062】

ここで、選択反射層、又は円偏光反射層が、コレステリック液晶層を2層以上含み、2層以上のコレステリック液晶層の選択反射帯域の中心波長が互いに異なることが好ましい。

10

また、2層以上のコレステリック液晶層が互いに直接接していることが好ましい。

また、選択反射層、又は円偏光反射層がコレステリック液晶層を3層以上含み、3層以上のコレステリック液晶層の選択反射帯域の中心波長が互いに異なることが好ましい。

また、選択反射層、又は円偏光反射層が、赤色光の波長域（例えば、 $580\text{nm} \sim 700\text{nm}$ ）に選択反射帯域の中心波長を有するコレステリック液晶層と、緑色光の波長域（例えば、 $500\text{nm} \sim 580\text{nm}$ ）に選択反射帯域の中心波長を有するコレステリック液晶層と、青色光の波長域（例えば、 $400\text{nm} \sim 500\text{nm}$ ）に選択反射帯域の中心波長を有するコレステリック液晶層とを含む、ことが好ましい。

【0063】

また、選択反射層、又は円偏光反射層において、より長波長の選択反射帯域の中心波長を有するコレステリック液晶層が、より画像表示装置に近い位置に配置されることが好ましい。

20

また、 $1/4$ 波長板が、重合性液晶化合物を含む液晶組成物の硬化により形成された層であることが好ましい。

また、 $1/4$ 波長板と円偏光反射層とが互いに直接接していることが好ましい。

また、表示ユニット28と $1/4$ 波長板とが接着層を介して接着されていることが好ましい。

【0064】

表示輝度取得部30は、表示ユニット28及びこれに貼り付けられた表示面部材14からなる表示デバイス29の表示輝度（発光強度、又は明るさ）を取得するためのもので、表示ユニット28に設けられ、表示ユニット28による画像様発光が表示面部材14を透過し、その表示面14aに透過画像を表示画像として表示している時に、観察者26が観察する表示画像、即ち透過画像の表示輝度を取得するものである。なお、表示輝度取得部30は、表示ユニット28及び表示面部材14からなる表示デバイス29の表示輝度（明るさ）を取得できればどのようなものでも良い。表示輝度取得部30は、例えば、表示ユニット28に入力される入力画像の画像データに基づく表示ユニット28の発光輝度及び表示面部材14の透過率から表示面14aにおける表示輝度を取得するものであっても良い。即ち、表示ユニット28で画像様発光した光（画像光）の輝度、即ち発光輝度は、予め、表示ユニット28に入力される入力画像の画像データから算出することができ、予め既知であり、ハーフミラー、又は波長選択フィルム等の表示面部材14の透過率も、予め既知であるので、表示輝度取得部30は、表示ユニット28からの入力画像の画像データに基づく発光光の発光輝度と、表示面部材14の透過率とから、表示面14aにおける表示輝度を取得することができる。

30

40

また、この表示輝度取得部30では、表示ユニット28からの画像光の発光輝度と、表示面部材14の透過率とを用いて表示デバイス29の表示輝度を求めているが、輝度センサ等の表示輝度取得センサを表示デバイス29の表示面部材14の表示面14aの正面側（視認側）の位置に配置して、直接表示デバイス29の表示輝度を測定し、検出しても良い。このような表示輝度取得センサとしては、例えば、輝度計（KONIKAMINOLT A製CS-100A）等を挙げることができる。なお、表示輝度取得部30として、輝度計で表示デバイス29の表示輝度を直接検出する代わりに、カメラを用い、カメラ

50

による表示デバイス 29 の表示面 14 a の表示画像の撮像画像データから表示輝度を算出するようにしても良いし、もしくはキャリブレーションした撮像画像データを表示輝度として取得するようにしても良い。

【0065】

本実施形態において、画像処理ユニット 22 は、図 1 に示す透過型表示装置 10 における表示輝度取得部 15 によって取得された表示輝度（又は背面環境光取得センサ 16 によって検出された背面環境光（輝度）及び反射輝度取得部 17 によって取得された反射輝度）の代わりに、表示輝度取得部 30 によって取得された直接表示デバイス 29 の表示輝度を用い、この表示輝度と、観察距離取得センサ 18 によって検出された観察距離、及び環境光取得センサ 20 によって取得された環境光（輝度）において視認される表示面 14 a の表示画像の表示空間周波数特性が、目標とする目標空間周波数特性となるように、表示輝度、観察距離、及び環境光（輝度）に基づいて表示ユニット 28 に入力される入力画像の入力空間周波数特性を調整する画像処理を行うための GPU である。

10

即ち、画像処理ユニット 22 は、入力画像、即ちその画像データに対して、表示画像の表示空間周波数特性が目標空間周波数特性となる、又は表示画像の表示空間周波数特性と目標空間周波数特性との差が最小となるように、画像処理を施して処理済画像、即ち表示画像の画像データを生成し、処理済画像（表示画像の画像データ）を表示ユニット 28 に出力することが好ましい。また、画像処理ユニット 22 は、視認される表示画像のコントラストを、目標空間周波数特性を持つ画像のコントラストからの変化が最小となるように最適化することが好ましい。

20

【0066】

なお、本実施形態において画像処理ユニット 22 で行われる画像処理は、図 1 に示す透過型表示装置 10 において画像処理ユニット 22 で行われる画像処理と、表示輝度取得部 15 で取得された表示輝度の代わりに、表示輝度取得部 30 で取得された表示輝度を用いる点、かつ画像処理ユニット 22 で画像処理された出力画像の画像データの出力先が、投影ユニット 12 に代えて、表示ユニット 28 である点を除いて、全く同一であるので、基本的に説明を省略するが、特記すべき相違点についてのみ説明する。

本実施形態においては、CSF の算出部 32 は、表示輝度、観察距離、及び環境光（輝度）に基づいて、視覚感度関数 CSF を算出する。

また、表示画像の表示空間周波数特性は、入力画像の入力空間周波数特性に対して画像処理を施した後、表示輝度、観察距離、及び環境光（輝度）に基づいて定まる視覚感度関数を畳み込み演算して得られたものであることが好ましい。

30

【0067】

また、本実施形態の透過型表示装置 11 においては、表示輝度取得部 30、観察距離取得センサ 18、環境光取得センサ 20 は、予め設定された取得の更新タイミング、例えば上述の第 1 又は第 2 の時間間隔で、それぞれ表示輝度、観察距離、及び環境光を取得して、それぞれ取得された表示輝度、観察距離、及び環境光を算出部 32 に出力することが好ましい。

そして、算出部 32 は、表示輝度、観察距離、及び環境光に基づいて、上述の取得の更新タイミングで、視覚感度関数 CSF を算出することが好ましい。

40

更に、画像処理部 36 は、好ましくは、上述の取得の更新タイミングで算出部 32 から出力された視覚感度関数 CSF の逆関数を畳み込み演算し、上述の変化率を積算して目標空間周波数特性に等しい又は近い表示画像の表示空間周波数特性を持つように表示画像を調整する画像処理を行うようにしても良いし、又は上述の取得の更新タイミングで算出部 32 から出力された視覚感度関数 CSF を示す視感度曲線（好ましくは $f \times S(u)$ ）のピーク感度が目標視感度曲線のピーク感度、又は前回の視感度曲線のピーク感度から一定割合、例えば、10% 以上シフトした時を、画像処理の更新タイミングとして、入力画像の画像データに対して画像処理を行うようにしても良い。

【0068】

（実施例）

50

本発明の第2実施形態の透過型表示装置11について、具体的な環境下で、具体的な外的要因に基づいて、コントラストの変化を求めた。

本発明の第2実施形態においても、視角感度(CS: Contrast Sensitivity: コントラスト感度) $S(u)$ は、表示デバイスの発光輝度(表示輝度)、環境光、及び観察距離に依存して変化する。

ここで、視角感度 $S(u)$ は、上記式(1)に従う。

上記式(1)において、観察距離が500mmであり、立体角として定義される観察角度(X_0)が60mm×60mmであるとする、視覚感度(CS) $S(u)$ は、表示輝度 L が0.1~1000 cd/m² の場合について、図11のように表すことができる。

図11は、本発明において用いられる、表示輝度による視角感度の変化を説明するグラフである。

図11に示すように、表示輝度 L が0.1~1000 cd/m² の範囲のいずれの表示輝度においても、視覚感度(CS) $S(u)$ は、低空間周波数側及び高空間周波数側の領域で低下し、その中間の空間周波数の領域、図示例では0~1.1 Cycle/mmでピーク感度を持ち、ピーク感度は、0.1 cd/m² から1000 cd/m² まで高輝度になるにつれて、高空間周波数側にシフトしていることが分かる。

【0069】

次に、上述したように、環境光をモデル化して視覚感度 $S(u)$ に与える影響を、視覚感度 $S(u)$ に乗算される補正係数 f として上記式(2)によって表わすことができる。

ここで、環境光に依存したコントラストの変化と視覚感度との関係($f \times 00 \text{ cd/m}^2 S(u)$)を図12に示す。この時、環境光の輝度 L_s は、9000 cd/m² であり、表示輝度 L は、500 cd/m² 及び1000 cd/m² の場合であり、観察角度(X_0)は、60mm×60mmであった。

なお、図12に示す表示輝度別視覚感度においては、表示輝度1000 cd/m² の場合のピーク感度を1.0で規格化した。

図12に示すように、表示輝度 L が500 cd/m² 及び1000 cd/m² のいずれの場合においても、視覚感度(CS) $S(u)$ は、低空間周波数側及び高空間周波数側の領域で低下し、その中間の空間周波数の領域、図示例では1~1.7 Cycle/mmでピーク感度を持ち、ピーク感度は、表示輝度 L が500 cd/m² の場合より1000 cd/m² の場合の方が高空間周波数側にシフトしていることが分かる。図12も図11も同様の傾向を示していることが分かる。

【0070】

続いて、表示輝度 L が500 cd/m² 及び1000 cd/m² の2種類について、同条件にてコントラストの変化を求めた。その結果を図13(A)~図15(D)に示す。なお、平均輝度は、入力画像の透過率0-1矩形波の平均値とした。

ここで、図13(A)及び(B)は、空間周波数 u が1 cycle/mmであり、図12に示す表示輝度 L が高輝度1000 cd/m² である視角感度の場合の矩形波入力時のコントラスト変化を示す表示画像及び波形のグラフであり、図13(C)及び(D)は、空間周波数 u が1 cycle/mmであり、図12に示す表示輝度 L が低輝度500 cd/m² である視角感度の場合の矩形波入力時のコントラスト変化を示す表示画像及び波形のグラフである。

【0071】

図12に示す表示輝度別視覚感度のグラフから分かるように、空間周波数 u が1 cycle/mmでは、表示輝度 L が高輝度1000 cd/m² の場合の視角感度は、約0.95であり、非常に高い値を示すため、コントラストが非常に高く、矩形波の振幅は極めて大きく、縞の白黒を明確に識別できる。したがって、表示画像の視認性は高く、最適化されているものと言える。

一方、この時の低輝度500 cd/m² の場合の視角感度は、約0.70であり、高い値を示すため、コントラストも高く、矩形波の振幅も大きく、縞の白黒を識別できるが、高輝度1000 cd/m² の場合に比べると、矩形波の振幅は小さく、コントラストは低

10

20

30

40

50

く、縞の白黒の差の明確性は劣ると言える。

しかしながら、高輝度及び低輝度のいずれの場合も、表示画像の視認性は高いものと言える。

【0072】

また、図14(A)及び(B)は、空間周波数 u が2 cycle/mmであり、図12に示す表示輝度 L が高輝度 1000 cd/m^2 である視角感度の場合の矩形波入力時のコントラスト変化を示す表示画像及び波形のグラフであり、図14(C)及び(D)は、空間周波数 u が2 cycle/mmであり、図12に示す表示輝度 L が低輝度 500 cd/m^2 である視角感度の場合の矩形波入力時のコントラスト変化を示す表示画像及び波形のグラフである。

10

【0073】

図12に示す表示輝度別視覚感度のグラフから分かるように、空間周波数 u が2 cycle/mmでは、表示輝度 L が高輝度 1000 cd/m^2 の場合の視角感度は、約0.80であり、高い値を示すため、コントラストが高く、矩形波の振幅も大きく、縞の白黒を識別できる。一方、この時の低輝度 500 cd/m^2 の場合の視角感度は、約0.60であり、比較的高い値を示すため、コントラストも比較的高く、矩形波の振幅も比較的大きく、縞の白黒を識別できるが、高輝度 1000 cd/m^2 の場合に比べると、矩形波の振幅は小さく、コントラストは低く、縞の白黒の差の明確性は劣ると言える。

なお、空間周波数 u が1 cycle/mmの場合に比べると、高輝度及び低輝度のいずれの場合も、少しだが、矩形波の振幅は小さく、コントラストは低く、縞の白黒の差の明確性は劣ると言える。

20

しかしながら、高輝度及び低輝度のいずれの場合も、表示画像の視認性は高いものと言える。

【0074】

一方、図15(A)及び(B)は、空間周波数 u が5 cycle/mmであり、図12に示す表示輝度 L が高輝度 1000 cd/m^2 である視角感度の場合の矩形波入力時のコントラスト変化を示す表示画像及び波形のグラフであり、図15(C)及び(D)は、空間周波数 u が5 cycle/mmであり、図12に示す表示輝度 L が低輝度 500 cd/m^2 である視角感度の場合の矩形波入力時のコントラスト変化を示す表示画像及び波形のグラフである。

30

【0075】

図12に示す表示輝度別視覚感度のグラフから分かるように、空間周波数 u が5 cycle/mmでは、表示輝度 L が高輝度 1000 cd/m^2 の場合の視角感度は、約0.07であり、低輝度 500 cd/m^2 の場合の視角感度は、約0.05であり、共に、非常に低い値を示すため、両者とも、矩形波の振幅は極めて小さく、コントラストの低下が激しく、縞自体を識別できない。したがって、表示画像の視認性が極めて劣化していることが分かる。

以上から、空間周波数 u が5 cycle/mmの場合には、高輝度及び低輝度のいずれの場合も、矩形波の振幅は極めて小さく、コントラストの低下が激しく、縞自体を識別できず、表示画像の視認性の劣化が激しいが、これに対し、1 cycle/mm及び2 cycle/mmの場合には、高輝度及び低輝度のいずれの場合も、コントラストが高く、矩形波の振幅も大きく、縞の白黒を識別でき、表示画像の視認性は高いものと言えることが分かる。

40

【0076】

以上から、本発明の透過型表示装置においては、これらのコントラスト変化に基づき、入力画像を補正することで、観察者、例えば、ユーザにコントラストの観点で最適化することができる。例えば、観察者が車に乗った際、最適条件を自分で設定しておけば、後は自動的にそのコントラストが維持される。

本発明においては、表示画像全体に、このような補正処理を行ってもよいし、例えば緊急車両、又は標識等のみにこれらの処理を加えてもよい。

50

本実施例ではRGB表示画像のGチャネルの表示のみを例示したが、XYZ視感度を考慮してRGBそれぞれに最適な補正を行うのが望ましい。本実施例は、輝度をパラメータとして最適表示を実現しているが、照度、明度によっても同様の最適化が可能であることは自明である。

【0077】

本発明の透過型表示装置においては、最適なコントラスト表示のための画像補正を行っている点で、特許文献1に記載の従来技術等と相違する。

このため、環境、状況、又は外的要因等に応じて表示デバイスの表示面に視認性に優れたコントラストの高い画像及びコンテンツを表示させることができる。

【0078】

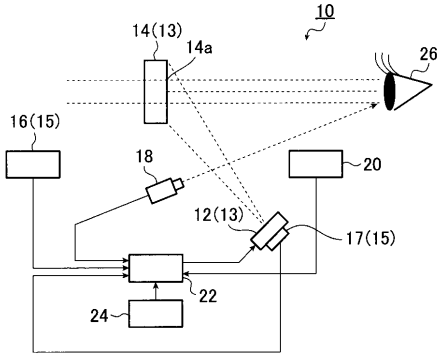
以上に、本発明に係る透過型表示装置について種々の実施形態及び実施例を挙げて説明したが、本発明は、上述の実施形態及び実施例に限定されず、本発明の要旨を逸脱しないかぎり、種々の改良や設計の変更を行っても良いことはもちろんである。

【符号の説明】

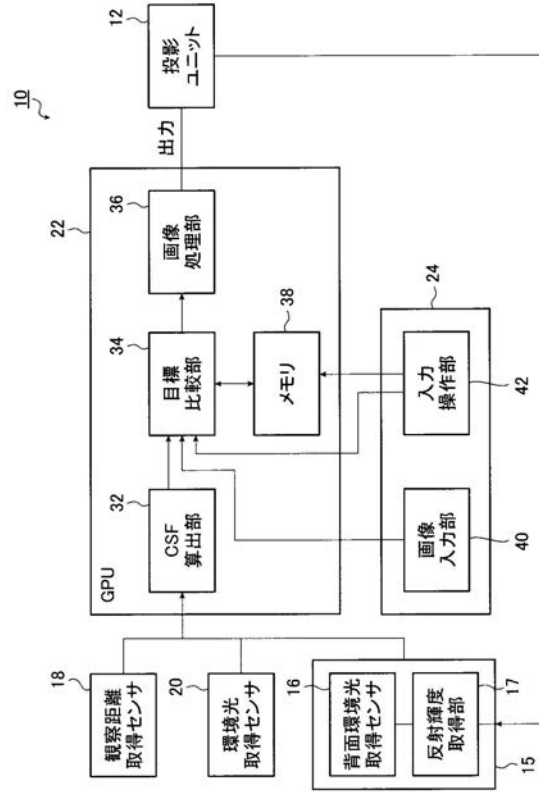
【0079】

10、11	透過型表示装置	
12	投影ユニット	
14	表示面部材	
14a	表示面	
15、30	表示輝度取得部	20
16	背面環境光取得センサ	
17	反射輝度取得部	
18	観察距離取得センサ	
20	環境光取得センサ	
22	画像処理ユニット	
24	入力ユニット	
26	観察者	
28	表示ユニット	
32	算出部	
34	目標比較部	30
36	画像処理部	
38	メモリ	
40	画像入力部	
42	入力操作部	

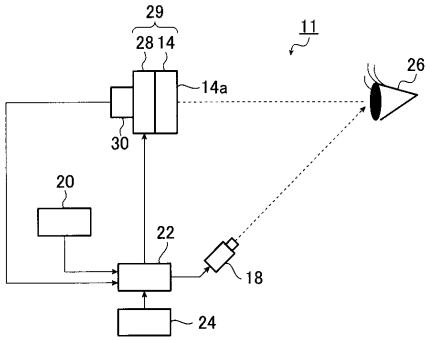
【図1】



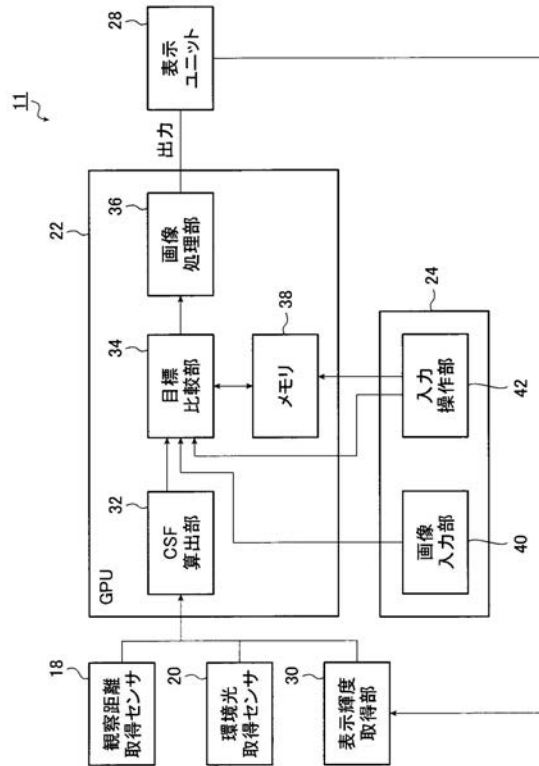
【図2】



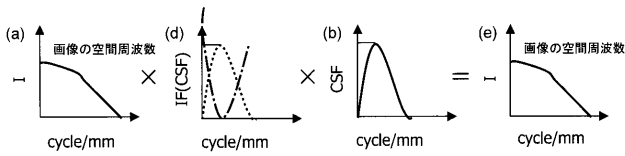
【図3】



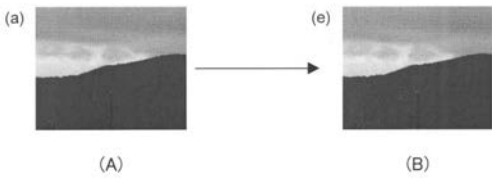
【図4】



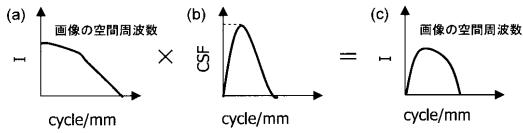
【 図 5 】



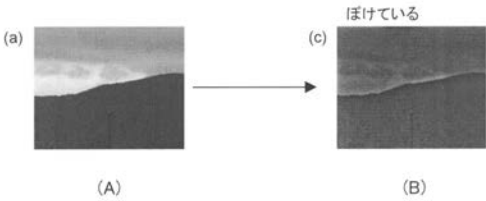
【 図 6 】



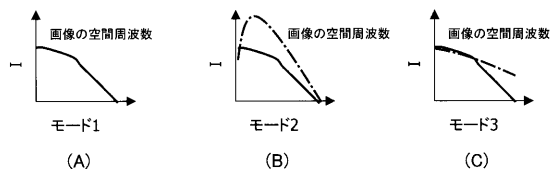
【 図 7 】



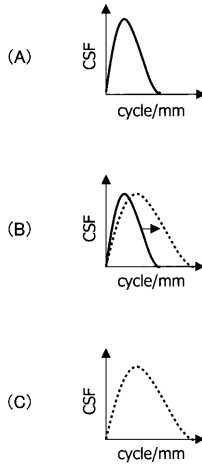
【 図 8 】



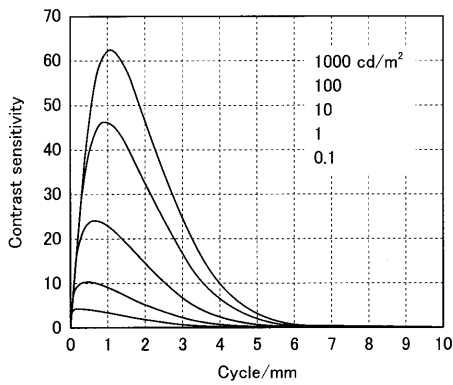
【 図 9 】



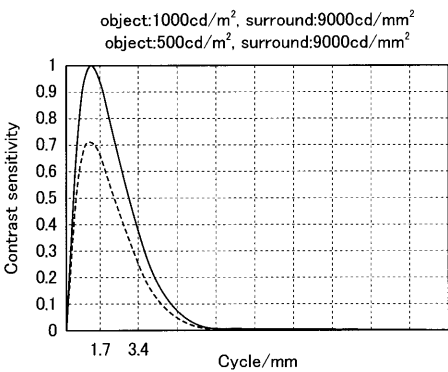
【 図 10 】



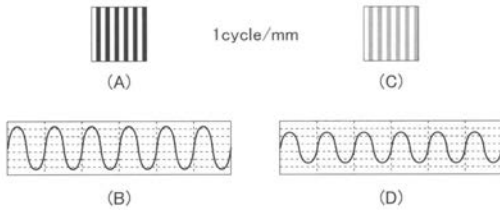
【 図 11 】



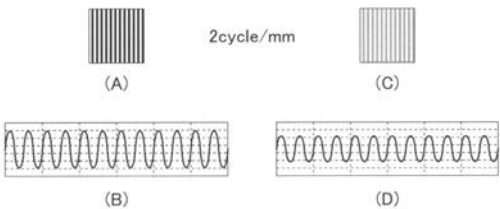
【 図 12 】



【 図 13 】



【 図 14 】



【 図 15 】

