

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6790708号
(P6790708)

(45) 発行日 令和2年11月25日 (2020. 11. 25)

(24) 登録日 令和2年11月9日 (2020. 11. 9)

(51) Int.Cl.
H04N 5/74 (2006.01)

F I
H04N 5/74 D

請求項の数 9 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2016-204805 (P2016-204805)	(73) 特許権者	000006747
(22) 出願日	平成28年10月19日 (2016. 10. 19)		株式会社リコー
(65) 公開番号	特開2018-67786 (P2018-67786A)		東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号
(43) 公開日	平成30年4月26日 (2018. 4. 26)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	令和1年8月6日 (2019. 8. 6)		弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	能勢 将樹
			東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式
			会社リコー内
		審査官	益戸 宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像投影装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

投影面に投影された投影像の輝度を測定する輝度測定手段と、
映像信号を、当該映像信号の輝度レンジを実質的に拡大して、実環境と同等の輝度レンジを有する第 1 の H D R 映像信号、または、前記映像信号の輝度レンジを疑似的に拡大して、実環境の輝度レンジを前記映像信号が表現可能な輝度レンジ内に収めた第 2 の H D R 映像信号に変換する映像変換手段と、
前記輝度測定手段によって測定された前記輝度に基づいて、前記映像信号を、前記第 1 の H D R 映像信号または前記第 2 の H D R 映像信号のいずれに変換するかを選択する選択手段と、
前記選択手段によって選択された前記第 1 の H D R 映像信号または前記第 2 の H D R 映像信号を前記投影面に投影する投影手段と、
を備える画像投影装置。

【請求項 2】

前記輝度測定手段は、前記投影面に投影された白色の投影像の輝度を測定する、
請求項 1 に記載の画像投影装置。

【請求項 3】

前記選択手段は、前記輝度が第 1 の閾値以上であることを条件として、前記映像信号を前記第 1 の H D R 映像信号に変換することを選択して、
前記輝度が前記第 1 の閾値未満であることを条件として、前記映像信号を前記第 2 の H

D R 映像信号に変換することを選択する、
請求項 1 または請求項 2 に記載の画像投影装置。

【請求項 4】

前記選択手段が、前記映像信号を前記第 1 の H D R 映像信号に変換することを選択したときには、前記選択手段が次に前記映像信号を、前記第 1 の H D R 映像信号または前記第 2 の H D R 映像信号のいずれに変換するかを選択する際には、前記第 1 の閾値を変更する、

請求項 3 に記載の画像投影装置。

【請求項 5】

前記選択手段が前記第 1 の H D R 映像信号に変換することを選択したときには、前記選択手段が次に前記映像変換手段を選択する際には、前記第 1 の閾値を小さくして、

前記選択手段が前記第 2 の H D R 映像信号に変換することを選択したときには、前記選択手段が次に前記映像変換手段を選択する際には、前記第 1 の閾値を大きくする、

請求項 4 に記載の画像投影装置。

【請求項 6】

前記投影像を投影する環境の照度を測定する照度測定手段を更に備えて、前記選択手段は、前記照度測定手段によって測定された前記照度に基づいて、前記映像信号を、前記第 1 の H D R 映像信号または前記第 2 の H D R 映像信号のいずれに変換するかを選択する、

請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の画像投影装置。

【請求項 7】

前記選択手段は、前記照度が第 2 の閾値以上であることを条件として、前記映像信号を前記第 2 の H D R 映像信号に変換することを選択し、

前記照度が前記第 2 の閾値未満であることを条件として、前記映像信号を前記第 1 の H D R 映像信号に変換することを選択する、

請求項 6 に記載の画像投影装置。

【請求項 8】

前記照度測定手段は、前記投影面に黒色の投影像を投影した際の前記投影面の方向の照度、あるいは前記投影面とは異なる方向の照度を測定する、

請求項 6 または請求項 7 に記載の画像投影装置。

【請求項 9】

前記選択手段は、前記照度および前記輝度に基づいて、前記映像信号を、前記第 1 の H D R 映像信号または前記第 2 の H D R 映像信号のいずれに変換するかを選択する、

請求項 6 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の画像投影装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像投影装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、画像データを大画面に投影することが可能な画像投影装置が普及している（例えば、特許文献 1 参照）。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

このような画像投影装置にあっては、より臨場感の高い投影像を得るために、輝度むらや外光などが原因で生まれる目への不快感を取り除くための様々な方策が検討されている。

【0004】

例えば、特許文献 1 に記載されたプロジェクタでは、スクリーンに明と暗の 2 つのパターンを投影することによって得たスクリーンからの反射光に基づいて、投影像の輝度を、

10

20

30

40

50

環境光の変動を考慮して調整している。しかしながら、調整対象は投影像の輝度のみであって、臨場感を高めるために重要な、投影像のダイナミックレンジを調整することはできなかった。

【 0 0 0 5 】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、周囲環境等の画像投影装置の使用状況に応じて拡大されたダイナミックレンジ（ハイダイナミックレンジ）を有する映像信号を投影することができる画像投影装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、投影面に投影された投影像の輝度を測定する輝度測定手段と、映像信号を、当該映像信号の輝度レンジを実質的に拡大して、実環境と同等の輝度レンジを有する第1のHDR映像信号、または、前記映像信号の輝度レンジを疑似的に拡大して、実環境の輝度レンジを前記映像信号が表現可能な輝度レンジ内に収めた第2のHDR映像信号に変換する映像変換手段と、前記輝度測定手段によって測定された前記輝度に基づいて、前記映像信号を、前記第1のHDR映像信号または前記第2のHDR映像信号のいずれに変換するかを選択する選択手段と、前記選択手段によって選択された前記第1のHDR映像信号または前記第2のHDR映像信号を前記投影面に投影する投影手段と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

本発明によれば、投影像の輝度や視聴時の周囲環境に応じて拡大されたダイナミックレンジ（ハイダイナミックレンジ）を有する映像信号を投影することによって、臨場感の高い投影像を得ることができる画像投影装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図1】図1は、第1の実施の形態に係る画像投影装置の外観図である。

【図2】図2は、画像投影装置の機能構成を示す機能ブロック図である。

【図3】図3は、輝度センサの測定対象となる輝度検出領域について説明する図である。

【図4】図4は、リアルHDR変換部が行う代表的な信号変換方法について説明する図である。

【図5】図5は、HLG方式のガンマ特性について説明する図であり、図5(a)は、OETFを示す図である。図5(b)は、EOTFを示す図である。

【図6】図6は、PQ方式のガンマ特性について説明する図であり、図6(a)は、OETFを示す図である。図6(b)は、EOTFを示す図である。

【図7】図7は、擬似HDRの概念を説明する図である。

【図8】図8は、擬似HDR変換によってHDR映像信号を生成する方法について説明する図である。

【図9】図9は、第1の実施の形態に係る画像投影装置が行う一連の処理の流れを示すフローチャートである。

【図10】図10は、第2の実施の形態に係る画像投影装置の機能構成を示す機能ブロック図である。

【図11】図11は、第2の実施の形態に係る画像投影装置が行う一連の処理の流れを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

（第1の実施の形態）

以下、添付図面を参照して画像投影装置の実施の形態について詳細に説明する。図1は、第1の実施の形態の画像投影装置100の外観図である。図1に示すように、画像投影装置100は、プロジェクタ本体10と、輝度センサ20と、を備えている。

【 0 0 1 0 】

プロジェクタ本体 10 は、内部で生成した映像信号を、投影面の一例であるスクリーン C に投影して投影像 I を生成する。

【0011】

輝度測定手段の一例である輝度センサ 20 は、プロジェクタ本体 10 の上面にスクリーン C の方向に向けて設置される。輝度センサ 20 は、スクリーン C 上の輝度検出領域 p の輝度を測定する。なお、輝度の測定を行う際には、プロジェクタ本体 10 は、投影面であるスクリーン C に対して、少なくとも輝度検出領域 p に白色の投影像 I を投影する。すなわち、図 3 (a) に示すように、スクリーン C 全体に白色の投影像 I を投影する。あるいは、図 3 (b) に示すように、少なくともスクリーン C 上の輝度検出領域 p を含む領域に白色の投影像 I を投影してもよい。

10

【0012】

なお、輝度センサ 20 はプロジェクタ本体 10 の上面に設置する以外に、プロジェクタ本体 10 に内蔵して、スクリーン C の輝度検出領域 p に向けて設置してもよい。

【0013】

(画像投影装置の機能構成の説明)

次に、図 2 を用いて、画像投影装置 100 の機能構成について説明する。図 2 は、画像投影装置 100 の機能構成を示す機能ブロック図である。

【0014】

図 2 に示すように、プロジェクタ本体 10 は、映像信号入力部 11 と、HDR (High Dynamic Range) 切換部 12 と、HDR 変換部 13 と、映像投影部 14 と、動作制御部 15 とを内包する。

20

【0015】

映像信号入力部 11 は、画像投影装置 100 が投影する元になる映像信号 (以後、原映像信号 U と呼ぶ) を入力する。なお、原映像信号 U は、プロジェクタ本体 10 に接続した、図 2 に不図示のブルーレイディスク (blu-ray disc: 登録商標) プレーヤ、パソコン等の映像再生機器、またはビデオカメラ等の撮影装置から供給される。映像信号入力部 11 は、これらの映像ソースから入力された原映像信号 U を、後述する HDR 変換部 13 に送出する。その際、映像信号入力部 11 は、必要に応じて、原映像信号 U の信号形式を、画像投影装置 100 が取り扱うことができる映像信号の形式に変換する信号処理を行う。

【0016】

選択手段の一例である HDR 切換部 12 は、映像信号入力部 11 によって入力された原映像信号 U の輝度レンジであるダイナミックレンジを拡大する方式として、実環境と同等の輝度レンジを有する高輝度映像信号 (以後、リアル HDR と呼ぶ) への変換、またはトーンマッピングの画像処理により、擬似的に広い輝度レンジを有する映像信号 (以後、擬似 HDR と呼ぶ) への変換のいずれかを選定する。その際、HDR 切換部 12 は、輝度センサ 20 が測定した輝度を参照する。

30

【0017】

映像変換手段の一例である HDR 変換部 13 は、リアル HDR 変換部 13 a と、擬似 HDR 変換部 13 b と、を備える。リアル HDR 変換部 13 a は、原映像信号 U のダイナミックレンジを実質的に拡大する信号変換を行う第 1 の HDR 映像変換手段として作用する。すなわち、リアル HDR 変換部 13 a は、原映像信号 U の輝度レンジを、実環境と同等の輝度レンジを有する HDR 映像信号 S に変換する。擬似 HDR 変換部 13 b は、原映像信号 U のダイナミックレンジを擬似的に拡大する信号変換を行う第 2 の HDR 映像変換手段として作用する。すなわち、擬似 HDR 変換部 13 b は、実環境の輝度レンジを原映像信号 U が表現可能な輝度レンジ内に収めた HDR 映像信号 S に変換する。なお、リアル HDR 変換部 13 a において信号変換された HDR 映像信号 S を HDR 映像信号 S1 (第 1 の HDR 映像信号) と呼び、擬似 HDR 変換部 13 b において信号変換された HDR 映像信号 S を HDR 映像信号 S2 (第 2 の HDR 映像信号) と呼ぶ。なお、リアル HDR 変換部 13 a および擬似 HDR 変換部 13 b が行う信号変換の詳細な方法については後述する。

40

50

【0018】

投影手段の一例である映像投影部14は、HDR変換部13によって生成されたHDR映像信号S1またはHDR映像信号S2をスクリーンCに投影する。映像投影部14は、いずれも図2に不図示のDMD(Digital Micromirror Device)と、投射レンズとを備えている。DMDは、表面に多数の微小なミラーを備えており、これらのミラーを個別に静電力で駆動して、HDR映像信号Sが重畳した光ビームを偏向および走査して投影像を形成する。光学レンズは、形成された投影像を所定の倍率で拡大してスクリーンCに投影する。このようなプロジェクタは、DLP(登録商標)(Digital Light Processing)プロジェクタと呼ばれて広く普及している。

【0019】

動作制御部15は、前述した各部に指示を出して、画像投影装置100全体の動作を制御する。

【0020】

なお、映像投影部14は、動作制御部15の指示によって、スクリーンCに輝度測定用の投影像Iを投影する。そして、輝度センサ20は、映像投影部14が輝度測定用の投影像Iを投影しているタイミングで、輝度検出領域pの輝度測定を行う。

【0021】

(ダイナミックレンジを拡大する信号変換の説明)

次に、ダイナミックレンジを拡大する信号変換の方法について、リアルHDR変換部13aが行う信号変換と、擬似HDR変換部13bが行う信号変換とに分けて説明する。なお、ダイナミックレンジを拡大する前の狭いダイナミックレンジ(SDR(Standard Dynamic Range))を有する原映像信号Uは、一般に、8bitあるいは10bitのビット長を有して、ITU-R(Radiocommunication Sector of ITU)がBT.709(sRGB)として規定した色再現域を有する。これに対して、ダイナミックレンジが拡大された(ハイダイナミックレンジを有する)HDR映像信号Sは、10bitのビット長を有して、BT.709よりも広いBT.2020で規定された色再現域を有する。

【0022】

図4は、リアルHDR変換部13aが行う代表的な信号変換方法について説明する図である。原映像信号Uのダイナミックレンジを拡大して、ハイダイナミックレンジを有するHDR映像信号Sに変換する方法には、いくつかの方法が提案されており、リアルHDR変換部13aは、そのいずれかの方法を用いて信号変換を行う。ここでは、代表的なHLG(Hybrid Log-Gamma)方式に基づく信号変換方法と、PQ(Perceptual Quantizer)方式に基づく信号変換方法について説明する。

【0023】

HLG方式は、原映像信号Uの輝度値を相対的に扱う。そして、従来の映像機器と互換性のあるガンマ曲線を用いてダイナミックレンジを実質的に拡大する。すなわち、HLG方式は、暗部には従来のガンマ曲線を適用して、明部にはログ曲線を適用するハイブリッド方式である。すなわち、HLG方式では、原映像信号Uの白レベルを基準白色としてハイダイナミックレンジを有するHDR映像信号S1aを生成する。このHLG方式は、「黒」と「白」の間の階調の相対表現を行い、例えば、HDR映像信号S1aを10bitのビット長で表現した際には、コード64が「黒レベル」を表し、コード940が「白レベル」を表す。

【0024】

HLG方式によって変換されたHDR映像信号S1aのダイナミックレンジは、後述するカメラ側のOETF特性で規定される(図5参照)。このHLG方式によってダイナミックレンジを拡大したときには、最大約1,000cd/m²の輝度まで(表示装置の性能による)視認可能である。HLG方式は、従来の表示装置と高い互換性を有しており、原映像信号UをHDR映像信号S1に変換する際に行う映像信号処理は、従来と同等である。

【0025】

一方、PQ方式は、最大 $10,000\text{ cd/m}^2$ までの輝度値を絶対輝度として扱う。PQ方式は、人間の視覚特性に基づくガンマ曲線であるPQ (Perceptual Quantizer) 曲線を利用して原映像信号Uのダイナミックレンジを実質的に拡大する。すなわち、PQ方式は、表示装置できれいに映るようにHDR映像信号S1bを生成する。したがって、表示装置で表示することができるピーク輝度に応じた信号処理を行う必要がある。その際、PQ曲線の非線形性が強いため、信号処理や符号化による画質劣化に注意する必要がある。

【0026】

PQ方式では、生成したHDR映像信号S1bのコード値と表示装置の絶対輝度値とは一意に対応する。例えば、HDR映像信号S1bを10bitのビット長で表現した際には、コード64が 0.01 cd/m^2 に対応し、コード1019が $10,000\text{ cd/m}^2$ に対応する。PQ方式によって変換されたHDR映像信号S1bのダイナミックレンジは、後述する表示装置側のEOTF特性で規定される(図6参照)。このPQ方式によってダイナミックレンジを拡大したときには、最大約 $10,000\text{ cd/m}^2$ の輝度まで視認可能である。ただし、PQ方式を適用する場合には、最大約 $10,000\text{ cd/m}^2$ まで出力可能な表示装置が必要となるため、従来の表示装置との互換性はない。

【0027】

図5(a)は、HLG方式によってダイナミックレンジを拡大したHDR映像信号S1aの入出力特性であるガンマ特性について説明する第1の図である。図5(a)は、カメラ等の撮影装置でHDR映像を得る際のガンマ曲線を表している。このガンマ曲線は、実環境の輝度を映像信号に変換する関数であるOETF (Optical Electro Transfer Function) と呼ばれる。ダイナミックレンジを拡大する前の従来の狭いダイナミックレンジ(SDR (Standard Dynamic Range))を有する原映像信号Uのガンマ特性によると、図5(a)に示すように、基準白色よりも明るいシーンでは、映像信号は全て飽和してしまう。これに対して、HLG方式によってダイナミックレンジを拡大したHDR映像信号S1aでは、基準白色に対する出力信号が0.5になるようにガンマ曲線が調整されて、さらに、基準白色よりも明るいシーンの場合は、出力信号が0.5~1.0に対応するようにガンマ曲線が調整される。したがって、明るいシーンを飽和することなく、すなわち階調を潰すことなく再現することができる。

【0028】

図5(b)は、HLG方式によってダイナミックレンジを拡大したHDR映像信号S1bのガンマ特性について説明する第2の図である。図5(b)は、表示装置等の出力装置でHDR映像信号S1aを表示する際のガンマ曲線($\gamma = 1.2$)を表している。このガンマ曲線は、実環境の輝度と表示装置の輝度との間の変換関数であるEOTF (Electro Optical Transfer Function) と呼ばれる。EOTFと、前述したOETFとは互いに逆関数の関係になっている。図5(b)からわかるように、原映像信号Uが同じ値であっても、HDR映像信号S1aによると、非常に明るい輝度領域までカバーすることができる。

【0029】

図6(a)は、PQ方式によってダイナミックレンジを拡大したハイダイナミックレンジを有するHDR映像信号S1bのガンマ特性について説明する第1の図である。図6(a)に示すように、PQ方式のガンマ曲線では、輝度 $10,000\text{ cd/m}^2$ のシーンが、映像信号レベルで約1(正確には1.1近傍)に割り当てられるのが特徴である。図6(a)に示すガンマ曲線は、実環境の輝度を映像信号に変換する関数であるOETFを表している。

【0030】

図6(b)は、PQ方式によってダイナミックレンジを拡大したハイダイナミックレンジを有するHDR映像信号S1bのガンマ特性について説明する第2の図である。図6(b)は、図6(a)に示したガンマ曲線の逆関数に相当するEOTFを示す。図6(b)からわかるように、HDR映像信号S1bによると、輝度 $10,000\text{ cd/m}^2$ の領域

10

20

30

40

50

まで映像化できることがわかる。

【0031】

次に、擬似HDR変換部13bが行う信号変換について説明する。擬似HDR変換部13bは、SDRを有する原映像信号Uから、擬似的にダイナミックレンジを拡大したHDR映像信号S2を生成する。

【0032】

図7は、擬似HDRの概念を説明する図である。図7に示すように、実環境における視対象は、太陽光(10^6 cd/m^2)から星明かり(10^{-4} cd/m^2)まで 10^{10} オクタのダイナミックレンジを有する。このような広いダイナミックレンジを有する実環境を、最大数百 cd/m^2 程度の表示装置に表示するために、実環境の輝度レンジを、表示装置が表現可能な輝度レンジ内に収めることによって、明るさのダイナミックレンジを擬似的に拡大するのが擬似HDRである。

10

【0033】

すなわち、前述したHDR映像信号S1を生成するためには、高価な入出力装置が必要となるのに対して、HDR映像信号S2を生成するためには、SDRを有する原映像信号Uの入出力装置があればよい。

【0034】

擬似的にダイナミックレンジを拡大することによってHDR映像信号S2を生成することを、一般にトーンマッピングと呼ぶ。トーンマッピングを実現するアルゴリズムには、図8に示すような様々な方法が提案されている。

20

【0035】

図8は、擬似HDR変換によってHDR映像信号S2を生成する方法について説明する図である。以下、図8を用いて、具体的な擬似HDR変換の方法について説明する。

【0036】

まず、トーンカーブ補正について説明する。トーンカーブ補正は、原映像信号Uによって形成される画像に対して、S字形状の濃度変換テーブル(ルックアップテーブル)を適用して、ハイライト部はより明るい映像信号に変換して、シャドウ部はより暗い映像信号に変換する方法である。トーンカーブ補正は、極めてシンプルなアルゴリズムであるため、DSP(Digital Signal Processor)等のプロセッサを利用することによって、短い遅延時間で信号変換を行うことができる。ただし、ハイライト部およびシャドウ部の微細な階調を再現したい場合には逆効果となる場合もあるため、適用する際には、事前確認を行うのが望ましい。

30

【0037】

次に、ヒストグラム平滑化について説明する。ヒストグラム平滑化は、原映像信号Uによって形成される画像の濃淡ヒストグラムを広域化することによって、表示装置の輝度再現域の中でダイナミックレンジを拡大する方法である。実装規模も小さくて済む方法ではあるが、元々濃淡ヒストグラムが広域化された画像に対しては効果が小さくなる等、コンテンツ依存性を有する。

【0038】

続いて、ラプラシアンピラミッドについて説明する。ラプラシアンピラミッドは、まず、原映像信号Uによって形成される画像を、空間周波数の高い成分を抽出した画像から、空間周波数の低い成分を抽出した画像まで数段階に分解する。そして、分解した各画像にラプラシアン処理(2次微分によるエッジ強調処理)を施して、最後にそれらを合成する方法である。ラプラシアンピラミッドは、アンシャープマスクをより適切に改良したものであると言えるが、これにより、ハイライト部やシャドウ部の領域で潰れていた階調が好適に強調され、HDR調のHDR映像信号S2を生成することができる。しかしながら、実装規模は前者2つに比べると大きくなる。

40

【0039】

最後に、Retinexモデルについて説明する。Retinexモデルは、原映像信号Uによって形成される画像内の照明光分布を推定して、照明光の影響を適切に除去する

50

ことによって、見かけ上のダイナミックレンジを拡大させる方法である。例えば、太陽光直下の日向の屋外と、蛍光灯や電球の下の室内が同時に収められている画像の場合、室内側は暗く潰れてしまい、屋外と室内の細部を同時に表示できにくい。このような場合、Retinexモデルでは、まず、画像内に分布する照明光を推定する。そして、推定した照明光成分を除去して、照明光が大きく異なる日向（太陽光）と日陰（蛍光灯/電球）を一律に近く扱い、それぞれの階調再現性を向上させる。これによって、屋外と室内の細部が同時に表示できるようになるため、人間の視覚に近いHDR映像信号S2を生成することができる。

【0040】

このように、HDR映像信号Sは、リアルHDR変換部13aが生成するHDR映像信号S1と、擬似HDR変換部13bが生成するHDR映像信号S2とに分類される。ここで、画像投影装置100にあっては、使用する状況に応じて投影像Iの投影サイズやスクリーンCまでの投影距離が異なる。したがって、常にHDR映像信号S1によるリアルHDRを再現できるハイダイナミックレンジを保証できる訳ではない。

【0041】

したがって、画像投影装置100の使用状況に応じて、リアルHDRと擬似HDRとを適切に使い分けることで、周囲環境に応じたハイダイナミックレンジを有するHDR映像信号S1、S2を投影することができる。

【0042】

（画像投影装置の作用の説明）

次に、画像投影装置100の作用について、図9を用いて説明する。図9は、第1の実施の形態に係る画像投影装置100が行う一連の処理の流れを示すフローチャートである。

【0043】

映像投影部14は、動作制御部15の指示によって、スクリーンCに輝度測定用の投影像Iを投影する（ステップS10）。

【0044】

輝度センサ20は、輝度測定用の投影像Iが投影されたスクリーンCの輝度検出領域pの輝度Isを測定する（ステップS12）。

【0045】

HDR切換部12は、輝度Isが第1の閾値Th1以上であるかを判定する（ステップS14）。輝度Isが第1の閾値Th1以上であるとき（ステップS14：Yes）はステップS16に進み、それ以外るとき（ステップS14：No）はステップS18に進む。なお、第1の閾値Th1は、例えば1000cd/m²程度に設定する。

【0046】

輝度Isが第1の閾値Th1以上であるとき（ステップS14：Yes）には、リアルHDR変換部13aにおいて、映像信号入力部11から入力した原映像信号Uに対してリアルHDR変換を行って、HDR映像信号S1aを生成する（ステップS16）。その後、ステップS20に進む。

【0047】

なお、図9のフローチャートには記載していないが、リアルHDR変換部13aを、HLG方式とPQ方式の両方に対応できる構成としておき、ステップS16において、輝度Isに応じてHLG方式とPQ方式とを切り換える構成にしてもよい。特に、スクリーンCの輝度Isが、1000cd/m²を大きく超えている場合には、前述したようにPQ方式を用いるのが望ましい。

【0048】

輝度Isが第1の閾値Th1未満であるとき（ステップS14：No）には、擬似HDR変換部13bにおいて、映像信号入力部11から入力した原映像信号Uに対して擬似HDR変換を行って、HDR映像信号S1bを生成する（ステップS18）。その後、ステップS20に進む。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 9 】

なお、画像投影装置 1 0 0 にあっては、ステップ S 1 4 において、H D R 切換部 1 2 が、輝度 I s が第 1 の閾値 T h 1 以上であるかに応じて、H D R 変換方法を切り換える。このように、輝度 I s に応じて H D R 変換方法を切り換えることによって、周囲環境に応じたハイダイナミックレンジを有する H D R 映像信号 S 1 を投影することができる。なお、ステップ S 1 4 の処理を行わずに、輝度 I s が第 1 の閾値 T h 1 以上であるときに擬似 H D R 変換を行うと、明部や暗部が強調され過ぎた不自然な映像になる場合がある。一方、輝度 I s が第 1 の閾値 T h 1 未満であるときにリアル H D R 変換を行うと、明瞭感のない、ぼやけた（眠い）映像になってしまう場合がある。

【 0 0 5 0 】

映像投影部 1 4 は、H D R 映像信号 S 1 a または H D R 映像信号 S 1 b をスクリーン C に投影する（ステップ S 2 0 ）。

【 0 0 5 1 】

動作制御部 1 5 は、画像投影装置 1 0 0 の電源が O F F であるかを判定する（ステップ S 2 2 ）。画像投影装置 1 0 0 の電源が O F F であるとき（ステップ S 2 2 : Y e s ）は図 8 の処理を終了する。一方、画像投影装置 1 0 0 の電源が O F F でないとき（ステップ S 2 2 : N o ）はステップ S 2 4 に進む。

【 0 0 5 2 】

動作制御部 1 5 は、輝度測定を再度実行するかを判定する（ステップ S 2 4 ）。輝度測定を再度実行するとき（ステップ S 2 4 : Y e s ）はステップ S 1 0 に戻り、それ以外のとき（ステップ S 2 4 : N o ）は、ステップ S 2 4 を繰り返す。

【 0 0 5 3 】

このように、ステップ S 1 0 の輝度測定用の投影像 I の投影と、ステップ S 1 2 の輝度測定と、ステップ S 1 4 の輝度値の評価とは、所定のタイミングで繰り返し実行する。繰り返しのタイミングは数分もしくは数十分間隔として、自動で繰り返してもよいし、手動で繰り返しを指示しても構わない。

【 0 0 5 4 】

なお、ステップ S 2 4 において、輝度測定の時間間隔が短すぎると、リアル H D R と擬似 H D R が短時間で切り替わりすぎて、投影像 I が視聴者に違和感を与えてしまう可能性がある。逆に、輝度測定の時間間隔が長すぎると、リアル H D R と擬似 H D R の適切な切り換えタイミングを逃してしまう可能性がある。そのため、輝度測定の時間間隔は、数分もしくは数十分間隔とするのが望ましい。

【 0 0 5 5 】

また、輝度 I s と第 1 の閾値 T h 1 とが近い値である場合には、リアル H D R と擬似 H D R とが短時間で切り換わる可能性がある。その場合、視聴者に違和感を与えるおそれがある。そのため、第 1 の閾値 T h 1 に基づく判定（ステップ S 1 4 ）にはヒステリシスを設けるのが望ましい。すなわち、輝度 I s が第 1 の閾値 T h 1 (1000 cd/m^2) を超えてリアル H D R が選択されたときには、次のタイミングでは第 1 の閾値 T h 1 を、例えば 900 cd/m^2 に変更して、輝度 I s が 900 cd/m^2 を下回らない限り、擬似 H D R への切り換えを行わないようにする。逆に、輝度 I s が第 1 の閾値 T h 1 を下回って擬似 H D R が選択されたときには、次のタイミングでは第 1 の閾値 T h 1 を、例えば 1100 cd/m^2 に変更して、輝度 I s が 1100 cd/m^2 以上にならない限り、リアル H D R への切り換えを行わないようにする。このようにヒステリシスを設けることによって、第 1 の閾値 T h 1 を変更するタイミングで、H D R 映像信号 S の不安定な切り換えの発生を抑止することができる。

【 0 0 5 6 】

（第 2 の実施の形態）

次に、第 2 の実施の形態の画像投影装置について説明する。図 1 0 は、画像投影装置 1 0 0 a の概略構成を示すブロック図である。画像投影装置 1 0 0 a は、前述した画像投影装置 1 0 0 に照度センサ 2 2 を付加した構成を有する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

照度測定手段の一例である照度センサ 2 2 は、画像投影装置 1 0 0 a が投影像 I を投影する周囲環境の照度 L を測定する。照度センサ 2 2 は、例えば、プロジェクタ本体 1 0 の上面に上向きに設置して、プロジェクタ本体 1 0 の上面の照度 L を測定する。なお、照度センサ 2 2 は、遮蔽物に遮られることなく、周囲環境の明るさを測定できる場所に設置するのが望ましい。そして、照度センサ 2 2 が照度を測定する際には、投影像 I の明るさの影響をなくして、周囲環境の照度をより正確に測定するために、投影面であるスクリーン C 全体に黒色の投影像 I を投影するのが望ましい。

【 0 0 5 8 】

照度センサ 2 2 は、プロジェクタ本体 1 0 の上面以外に、プロジェクタ本体 1 0 の左右面等に、投影面であるスクリーン C とは異なる方向を向けて設置しても構わない。また、照度センサ 2 2 を複数の異なる方向に向けて設置して、複数の照度センサ 2 2 が測定した照度 L の値を平均化することによって、画像投影装置 1 0 0 a が使用される周囲環境の明るさを総合的に判定してもよい。

【 0 0 5 9 】

(画像投影装置の作用の説明)

画像投影装置 1 0 0 a の作用について、図 1 1 を用いて説明する。図 1 1 は、第 2 の実施の形態に係る画像投影装置 1 0 0 a が行う一連の処理の流れを示すフローチャートである。

【 0 0 6 0 】

照度センサ 2 2 は、動作制御部 1 5 の指示によって、照度 L を測定する (ステップ S 3 0) 。

【 0 0 6 1 】

映像投影部 1 4 は、動作制御部 1 5 の指示によって、スクリーン C に輝度測定用の投影像 I を投影する (ステップ S 3 2) 。

【 0 0 6 2 】

輝度センサ 2 0 は、輝度測定用の投影像 I が投影されたスクリーン C の輝度検出領域 p の輝度 I s を測定する (ステップ S 3 4) 。

【 0 0 6 3 】

H D R 切換部 1 2 は、照度 L が第 2 の閾値 T h 2 以上であるかを判定する (ステップ S 3 6) 。照度 L が第 2 の閾値 T h 2 以上であるとき (ステップ S 3 6 : Y e s) はステップ S 3 8 に進み、それ以外するとき (ステップ S 3 6 : N o) はステップ S 4 0 に進む。なお、第 2 の閾値 T h 2 としては、例えば 5 0 0 ~ 1 0 0 0 ルクスの範囲の値を用いる。

【 0 0 6 4 】

照度 L が第 2 の閾値 T h 2 以上であるとき (ステップ S 3 6 : Y e s) には、擬似 H D R 変換部 1 3 b は、映像信号入力部 1 1 から入力した原映像信号 U に対して擬似 H D R 変換を行って、H D R 映像信号 S 1 b を生成する (ステップ S 3 8) 。

【 0 0 6 5 】

照度 L が第 2 の閾値 T h 2 未満であるとき (ステップ S 3 6 : N o) には、H D R 切換部 1 2 は、輝度 I s が第 1 の閾値 T h 1 以上であるかを判定する (ステップ S 4 0) 。輝度 I s が第 1 の閾値 T h 1 以上であるとき (ステップ S 4 0 : Y e s) はステップ S 4 2 に進み、それ以外するとき (ステップ S 4 0 : N o) はステップ S 3 8 に戻る。

【 0 0 6 6 】

輝度 I s が第 1 の閾値 T h 1 以上であるとき (ステップ S 4 0 : Y e s) には、リアル H D R 変換部 1 3 a は、映像信号入力部 1 1 から入力した原映像信号 U に対してリアル H D R 変換を行って、H D R 映像信号 S 1 a を生成する (ステップ S 4 2) 。

【 0 0 6 7 】

映像投影部 1 4 は、H D R 映像信号 S 1 a または H D R 映像信号 S 1 b を投影する (ステップ S 4 4) 。

【 0 0 6 8 】

10

20

30

40

50

動作制御部 15 は、画像投影装置 100 a の電源が OFF であるかを判定する（ステップ S 46）。画像投影装置 100 a の電源が OFF であるとき（ステップ S 46：Yes）は図 11 の処理を終了する。一方、画像投影装置 100 a の電源が OFF でないとき（ステップ S 46：No）はステップ S 48 に進む。

【0069】

動作制御部 15 は、輝度測定を再度実行するかを判定する（ステップ S 48）。輝度測定を再度実行するとき（ステップ S 48：Yes）はステップ S 30 に戻り、それ以外のとき（ステップ S 48：No）は、ステップ S 48 を繰り返す。

【0070】

なお、第 2 の閾値 T_h2 は、500～1000ルクス程度に設定するのが望ましい。そして、照度 L が第 2 の閾値 T_h2 以上であるとき（ステップ S 36：Yes）、すなわち周囲が明るいときには、投影像 I のコントラストが低下するため、リアル HDR による高ダイナミックレンジ化の効果が低下する。そのため、周囲が明るいときには、人工的にメリハリをつけた擬似 HDR の方が好ましい投影像 I となる場合が多い。

【0071】

逆に、照度 L が第 2 の閾値 T_h2 未満であるとき（ステップ S 36：No）、すなわち周囲が暗いときには、第 1 の実施の形態で説明した通り、投影像 I の輝度 I_s に基づいて、リアル HDR と擬似 HDR とを使い分ける。

【0072】

また、第 1 の実施の形態で説明したように、輝度測定の時間間隔は数分もしくは数十分間隔とするのが望ましい。さらに、第 1 の閾値 T_h1 に基づく判定（ステップ S 40）にはヒステリシスを設けるとともに、第 2 の閾値 T_h2 に基づく判定（ステップ S 36）にもヒステリシスを設けるのが望ましい。

【0073】

なお、第 2 の実施の形態では、照度センサ 22 を用いて周囲環境の照度 L を測定したが、周囲環境の照度 L は照度センサ 22 を用いずに推定することも可能である。すなわち、スクリーン C に黒色の投影像 I を投影して、輝度センサ 20 によって、黒色の投影像 I の輝度 I_s を測定する。黒色の投影像 I がどのくらいの輝度 I_s を有するかによって、スクリーン C の方向の明るさ（照度 L ）を推定することができる。なお、黒色の投影像 I の輝度 I_s とスクリーン C の方向の照度 L との関係を予め測定してテーブルを作成しておくことによって、照度 L の推定を簡便に行うことができる。

【0074】

以上説明したように、第 1 の実施の形態に係る画像投影装置 100 によれば、輝度センサ 20（輝度測定手段）が測定した、スクリーン C（投影面）に投影された投影像 I の輝度 I_s に基づいて、HDR 切換部 12（選択手段）が、HDR 変換部 13（映像変換手段）の中から、リアル HDR 変換部 13 a と擬似 HDR 変換部 13 b とのうちのいずれか 1 つを選択する。そして、映像投影部 14（投影手段）が、選択された映像変換手段によって、原映像信号 U （映像信号）を、輝度レンジを拡大した HDR 映像信号 S に変換してスクリーン C に投影する。したがって、画像投影装置 100 が使用される周囲環境に応じて、拡大されたダイナミックレンジ（ハイダイナミックレンジ）を有する映像信号を投影することができる。

【0075】

また、第 1 の実施の形態に係る画像投影装置 100 によれば、HDR 変換部 13（映像変換手段）は、原映像信号 U （映像信号）を、当該映像信号の輝度レンジを実質的に拡大した HDR 映像信号 S_1 （第 1 の HDR 映像信号）に変換するリアル HDR 変換部 13 a（第 1 の HDR 映像変換手段）と、原映像信号 U を、当該映像信号の輝度レンジを疑似的に拡大した HDR 映像信号 S_2 （第 2 の HDR 映像信号）に変換する擬似 HDR 変換部 13 b（第 2 の HDR 映像変換手段）と、を備える。したがって、画像投影装置 100 の投影サイズや投影距離等の使用状況に応じて、リアル HDR と擬似 HDR とを使い分けることができ、臨場感をより高めることができる。

【 0 0 7 6 】

また、第 1 の実施の形態に係る画像投影装置 1 0 0 によれば、輝度センサ 2 0 (輝度測定手段) は、スクリーン C (投影面) に投影された白色の投影像 I の輝度 I_s を測定する。したがって、輝度 I_s を簡単かつ確実に測定することができる。

【 0 0 7 7 】

また、第 1 の実施の形態に係る画像投影装置 1 0 0 によれば、H D R 切換部 1 2 (選択手段) は、輝度 I_s が第 1 の閾値 T_{h1} 以上であることを条件としてリアル H D R 変換部 1 3 a (第 1 の H D R 映像変換手段) を選択して、輝度 I_s が第 1 の閾値 T_{h1} 未満であることを条件として H D R 映像信号 S 2 (第 2 の H D R 映像信号) を選択する。したがって、スクリーン C の輝度 I_s に応じて、より臨場感が高い H D R 映像信号 S 1 a、S 1 b を選択して投影することができる。

10

【 0 0 7 8 】

また、第 1 の実施の形態に係る画像投影装置 1 0 0 によれば、H D R 切換部 1 2 (選択手段) がリアル H D R 変換部 1 3 a (第 1 の H D R 映像変換手段) を選択したときには、H D R 切換部 1 2 が次に映像変換手段を選択する際には、第 1 の閾値 T_{h1} を変更する。したがって、H D R 映像信号 S 1 (第 1 の H D R 映像信号) から H D R 映像信号 S 2 (第 2 の H D R 映像信号) への切り換えの頻度を少なくすることができ、これによって、スクリーン C に投影された投影像 I が不安定な状態になるのを抑止することができる。

【 0 0 7 9 】

また、第 1 の実施の形態に係る画像投影装置 1 0 0 によれば、H D R 切換部 1 2 (選択手段) がリアル H D R 変換部 1 3 a (第 1 の H D R 映像変換手段) を選択したときには、H D R 切換部 1 2 が次に H D R 変換部 1 3 (映像変換手段) を選択する際には、第 1 の閾値 T_{h1} を小さくする。そして、H D R 切換部 1 2 が擬似 H D R 変換部 1 3 b (第 2 の H D R 映像変換手段) を選択したときには、H D R 切換部 1 2 が次に H D R 変換部 1 3 (映像変換手段) を選択する際には、第 1 の閾値 T_{h1} を大きくする。したがって、H D R 映像信号 S 1 (第 1 の H D R 映像信号) と H D R 映像信号 S 2 (第 2 の H D R 映像信号) との切り換えの頻度を少なくすることができ、これによって、スクリーン C に投影された投影像 I が不安定な状態になるのを抑止することができる。

20

【 0 0 8 0 】

また、第 2 の実施の形態に係る画像投影装置 1 0 0 a は、投影像 I を投影する環境の照度 L を測定する照度センサ 2 2 (照度測定手段) を更に備えて、H D R 切換部 1 2 (選択手段) は、照度センサ 2 2 によって測定された照度 L に基づいて、H D R 変換部 1 3 (映像変換手段) の中から、リアル H D R 変換部 1 3 a と擬似 H D R 変換部 1 3 b とのうちのいずれか 1 つを選択する。したがって、周囲環境の明るさを考慮して、より臨場感の高い投影像 I を投影することができる。

30

【 0 0 8 1 】

また、第 2 の実施の形態に係る画像投影装置 1 0 0 a によれば、H D R 切換部 1 2 (選択手段) は、照度 L が第 2 の閾値 T_{h2} 以上であることを条件として擬似 H D R 変換部 1 3 b (第 2 の H D R 映像変換手段) を選択する。そして、照度 L が第 2 の閾値 T_{h2} 未満であることを条件としてリアル H D R 変換部 1 3 a (第 1 の H D R 映像変換手段) を選択する。したがって、画像投影装置 1 0 0 a が、照度 L が高い、明るい環境で使用されるときには、人工的にメリハリを高めた H D R 映像信号 S 2 が投影されるため、投影像 I のコントラストの低下を抑止することができる。一方、画像投影装置 1 0 0 a が、照度 L が低い、暗い環境で使用されるときには、ダイナミックレンジが拡大された H D R 映像信号 S 1 が投影されるため、臨場感の高い投影像 I を投影することができる。

40

【 0 0 8 2 】

また、第 2 の実施の形態に係る画像投影装置 1 0 0 a によれば、照度センサ 2 2 (照度測定手段) は、スクリーン C (投影面) に黒色の投影像 I を投影した際のスクリーン C の方向の照度 L、あるいは、スクリーン C とは異なる方向の照度 L を検出する。したがって、画像投影装置 1 0 0 a が使用される環境の照度 L を簡単かつ確実に測定することができ

50

る。

【 0 0 8 3 】

また、第 2 の実施の形態に係る画像投影装置 1 0 0 a によれば、H D R 切換部 1 2 (選択手段) は、照度 L および輝度 I s に基づいて H D R 変換部 1 3 (映像変換手段) の選択を行う。すなわち、画像投影装置 1 0 0 a が、照度 L が第 2 の閾値 T h 2 未満の暗い環境で使用される場合に、さらにスクリーン C の輝度 I s が第 1 の閾値 T h 1 以上であるときには、H D R 映像信号 S 1 a が選択される。したがって、画像投影装置 1 0 0 a の使用状況に応じて、H D R 変換部 1 3 (映像変換手段) をよりきめ細かく選択することができる。

【 0 0 8 4 】

以上、実施の形態について説明したが、その各部の具体的な構成、処理の内容等は、実施の形態で説明したものに限るものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能であることは言うまでもない。

【 0 0 8 5 】

例えば、第 1 の実施の形態、および第 2 の実施の形態にあつては、スクリーン C の輝度 I s に基づいて H D R 映像信号 S の選択を行うが、この選択は、スクリーン C の輝度 I s を測定することなしに行うことも可能である。すなわち、スクリーン C の輝度 I s と、画像投影装置 1 0 0 、 1 0 0 a とスクリーン C の距離とが反比例の関係を有する (例えば、画像投影装置 1 0 0 、 1 0 0 a とスクリーン C との距離が 1 m の場合の投影像 I の輝度 I s は、距離が 2 m の場合と比較すると約 4 倍になる) ことを用いて、スクリーン C の輝度 I s を推定することができる。具体的には、超音波センサ等の測距センサによって、画像投影装置 1 0 0 、 1 0 0 a とスクリーン C との距離を測定する。基準となる距離におけるスクリーン C の輝度 I s を予め測定しておけば、測定された距離と、前述した反比例の関係とを用いてスクリーン C の輝度 I s を推定することができる。また、距離を測定する以外に、スクリーン C 上の投影像 I のサイズを測定して、投影像 I のサイズに基づいて、スクリーン C の輝度 I s を推定してもよい。すなわち、投影像 I のサイズが大きいほど、スクリーン C の輝度 I s が小さくなる。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 6 】

1 0	プロジェクタ本体
1 1	映像信号入力部
1 2	H D R 切換部 (選択手段)
1 3	H D R 変換部 (映像変換手段)
1 3 a	リアル H D R 変換部 (第 1 の H D R 映像変換手段)
1 3 b	擬似 H D R 変換部 (第 2 の H D R 映像変換手段)
1 4	映像投影部 (投影手段)
1 5	動作制御部
2 0	輝度センサ (輝度測定手段)
2 2	照度センサ (照度測定手段)
1 0 0 、 1 0 0 a	画像投影装置
C	スクリーン (投影面)
I	投影像
I s	輝度
L	照度
S 、 S 1 a 、 S 1 b	H D R 映像信号
S 1	H D R 映像信号 (第 1 の H D R 映像信号)
S 2	H D R 映像信号 (第 2 の H D R 映像信号)
T h 1	第 1 の閾値
T h 2	第 2 の閾値
U	原映像信号

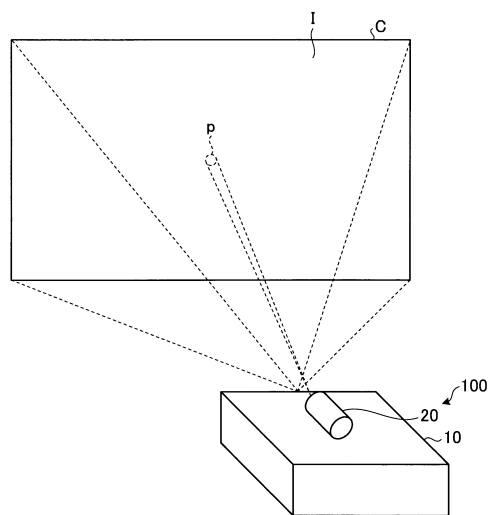
【先行技術文献】

【特許文献】

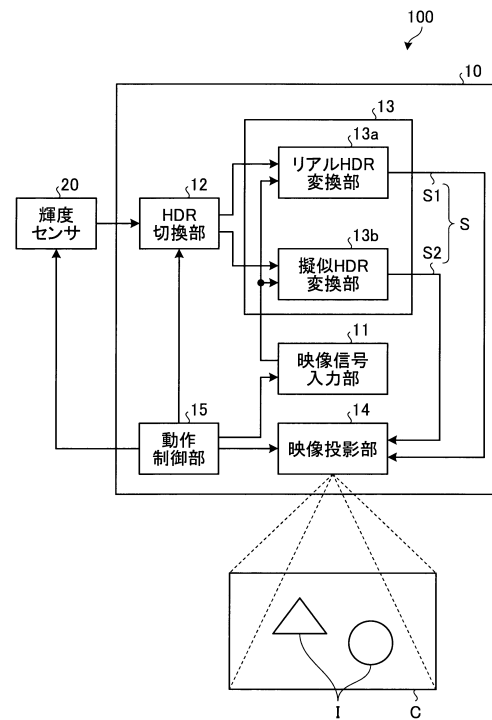
【0087】

【特許文献1】特開2014-53844号公報

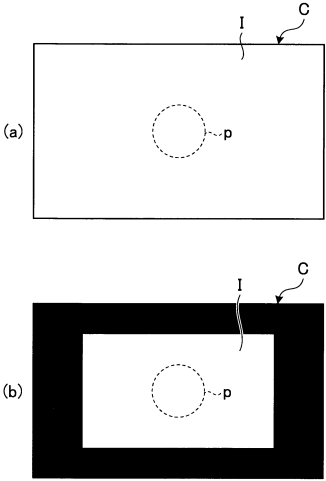
【図1】



【図2】



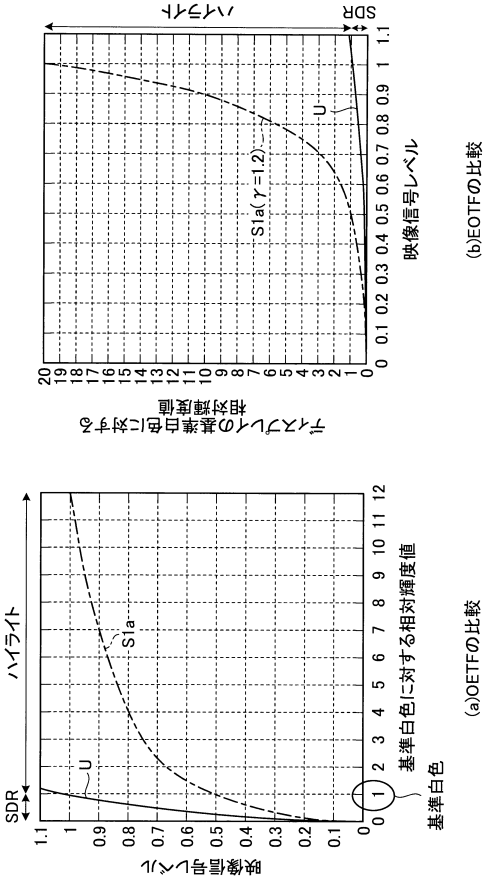
【図3】



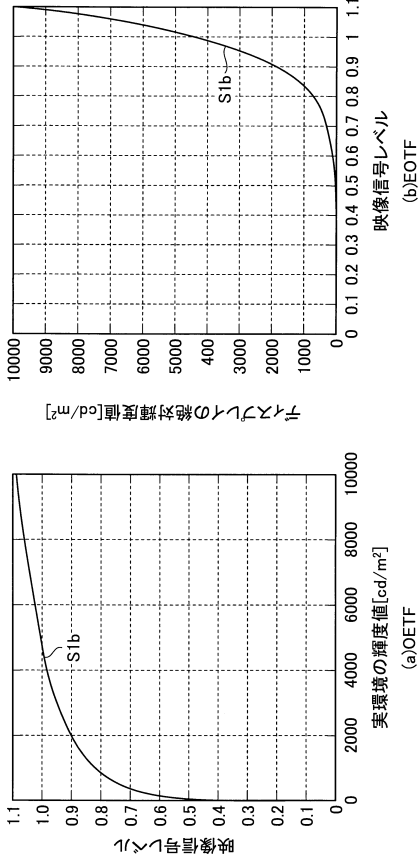
【図4】

リアルHDR方式の比較		
	Hybrid Log-Gamma方式	Perceptual Quantizer方式
コンセプト	・輝度値を相対的に扱う (これまでの映像機器の考え方) ・暗部には従来の映像機器と互換性のあるガンマ曲線を用い、明部にはログ曲線を用い	・最大10,000cd/m ² までの輝度値を絶対輝度で扱う ・高輝度に対応する、人間の視覚特性に基づいた新たなガンマ曲線を用い
映像信号	・「黒」と「白」の間の相対表現 コード64(10bit)が「黒」 コード940(10bit)が「ピーク白」	・コード値と表示装置の絶対輝度値は一意に対応 コード64(10bit)が0.01cd/m ² コード1019(10bit)が10,000cd/m ²
規格	OETF(カメラ側)を規定 (従来の映像機器と同様)	EOTF(表示装置側)を規定
HDR映像信号の生成	「基準白」という運用基準による信号生成	表示装置できれいに映るように信号生成 (表示装置が基準)
表示装置のピーク輝度	表示装置の性能による	ピーク輝度に応じた変換が必要
従来の表示装置との互換性	高い互換性 (基準白までは従来と同等の再現)	互換性なし
映像信号処理	従来と同等	非線形性が強いいため(暗部を大きく伸張)、信号処理(フィルタリング)や符号化による画質劣化

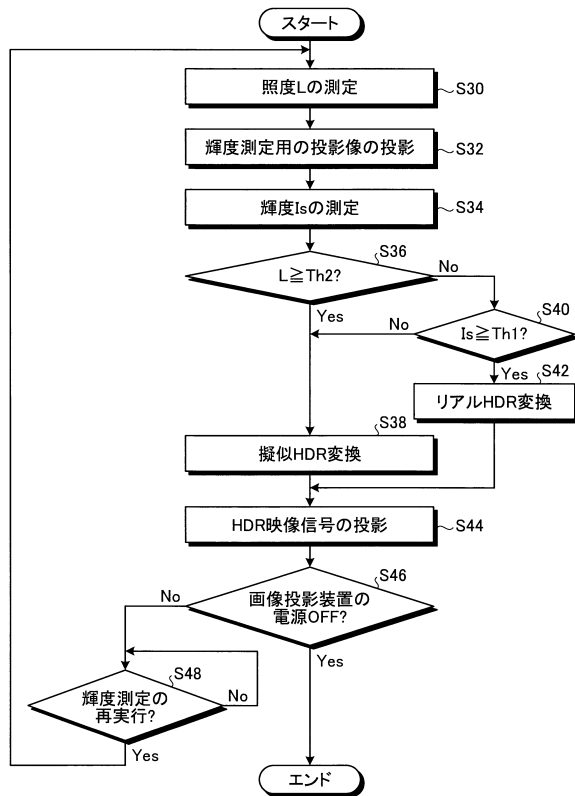
【図5】



【図6】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 1 4 5 8 9 2 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 5 / 1 9 8 5 5 4 (W O , A 1)
特開 2 0 0 9 - 0 5 3 7 2 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 N	5 / 7 4
H 0 4 N	9 / 3 1
G 0 3 B	2 1 / 0 0
G 0 9 G	5 / 0 0