

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5911643号
(P5911643)

(45) 発行日 平成28年4月27日 (2016. 4. 27)

(24) 登録日 平成28年4月8日 (2016. 4. 8)

(51) Int. Cl.			F I		
GO6T	5/00	(2006.01)	GO6T	5/00	730
HO4N	1/46	(2006.01)	HO4N	1/46	Z
HO4N	1/60	(2006.01)	HO4N	1/40	D
HO4N	1/407	(2006.01)	HO4N	1/40	101E
HO4N	9/64	(2006.01)	HO4N	9/64	Z

請求項の数 19 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2015-522123 (P2015-522123)
 (86) (22) 出願日 平成25年9月17日 (2013. 9. 17)
 (65) 公表番号 特表2015-529890 (P2015-529890A)
 (43) 公表日 平成27年10月8日 (2015. 10. 8)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2013/069203
 (87) 国際公開番号 W02014/056679
 (87) 国際公開日 平成26年4月17日 (2014. 4. 17)
 審査請求日 平成27年1月14日 (2015. 1. 14)
 (31) 優先権主張番号 12187572.8
 (32) 優先日 平成24年10月8日 (2012. 10. 8)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 590000248
 コーニンクレッカ フィリップス エヌ
 ヴェ
 KONINKLIJKE PHILIPS
 N. V.
 オランダ国 5656 アーエー アイン
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5
 High Tech Campus 5,
 NL-5656 AE Eindhove
 n
 (74) 代理人 110001690
 特許業務法人M&Sパートナーズ

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 色制約付きの輝度変更画像処理

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の輝度ダイナミックレンジに対応する色表現で指定される画素の入力色を、第2の輝度ダイナミックレンジに対応する色表現で指定される画素の出力色に変換し、前記第1及び第2の輝度ダイナミックレンジは、少なくとも、1.5の乗法係数の程度で異なる、画像色処理装置であって、

前記入力色の入力輝度から、また、入力輝度の関数として出力輝度を規定する入力トーンマッピング及び前記入力輝度に線形に関連する量に基づいて、前記出力色の調節された出力輝度を決定するトーンマッピング変形ユニットを含み、

前記量は、前記入力色の色座標について、前記入力色の前記色座標についての前記第1の輝度ダイナミックレンジに対応する色域及び前記第2の輝度ダイナミックレンジに対応する色域のうち少なくとも1つにおいて最大限に達成可能である最大輝度を示し、

前記トーンマッピング変形ユニットは、調節されたトーンマッピングを前記入力輝度に適用することによって、前記調節された出力輝度を生成し、

前記トーンマッピング変形ユニットは、前記調節されたトーンマッピングを、任意の入力輝度の有効値の範囲内のすべての可能な入力輝度のうちの前記任意の入力輝度に適用することによって得られる任意の調節された出力輝度が、前記入力色の前記色座標について、前記入力色の前記色座標についての前記第2の輝度ダイナミックレンジに対応する前記色域において最大限に達成可能である最大輝度よりも高くないように、前記量に依存して、前記入力トーンマッピングを適応させることによって、前記調節されたトーンマッピン

10

20

グを決定する、画像色処理装置。

【請求項 2】

前記トーンマッピング変形ユニットは更に、前記入力トーンマッピングの軸と比べて単調である変換を前記入力トーンマッピングの関数形状に適用し、前記変換は、前記入力トーンマッピングを 2 つの異なる入力輝度に適用することによって得られる前記出力輝度が、符号を有する非ゼロの差を有する場合は、前記入力輝度の前記調節された出力輝度も同じ符号を有する非ゼロの差を有するように規定される、請求項 1 に記載の画像色処理装置。

【請求項 3】

前記トーンマッピング変形ユニットは更に、前記入力トーンマッピングの軸と比べて平滑である変換を前記入力トーンマッピングの関数形状に適用し、前記変換は、前記調節された出力輝度と、前記調節されたトーンマッピングを平滑に変動する前記入力色輝度に適用することによって得られる前記出力輝度との間の隣接する色座標について連続的な輝度差を有するように決定される、請求項 2 に記載の画像色処理装置。

10

【請求項 4】

前記トーンマッピング変形ユニットは更に、調節された輝度を、前記入力トーンマッピングへの入力として適用することによって、前記調節された出力輝度の決定を行い、前記調節された輝度は、前記入力色輝度に関数を適用することによって導出され、前記関数は、前記最大輝度に等しい入力輝度が、前記入力トーンマッピングの前記入力輝度の最大可能値にマッピングされるように、前記最大輝度に基づいて規定されている、請求項 1 乃至

20

【請求項 5】

前記入力色輝度に適用可能な前記関数は、線形スケーリングである、請求項 4 に記載の画像色処理装置。

【請求項 6】

前記トーンマッピング変形ユニットは、前記量から決定される第 1 のスケール係数によって前記入力輝度をスケーリングすることによって、スケーリングされた輝度を生成し、前記入力トーンマッピングを前記スケーリングされた輝度に適用することによって、スケーリングされ、調節された輝度を決定し、前記第 1 のスケール係数の逆数に対応する第 2 のスケール係数によって、前記スケールされ、調節された輝度をスケーリングすることによって、前記調節された出力輝度を生成する、請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の画像色処理装置。

30

【請求項 7】

前記トーンマッピング変形ユニットは更に、前記入力輝度に線形に関連する前記量として、前記入力色を規定する色チャンネル成分の最大値を使用する、請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の画像色処理装置。

【請求項 8】

前記トーンマッピング変形ユニットは、前記入力トーンマッピングを前記色チャンネル成分の前記最大値に適用することによって、調節された輝度を生成し、前記調節された輝度を、前記入力輝度及び前記色チャンネル成分の前記最大値に依存するスケール係数によってスケーリングすることによって、前記調節された出力輝度を生成する、請求項 7 に記載の画像色処理装置。

40

【請求項 9】

前記入力色は、色チャンネル表現で提供され、前記画像色処理装置は、前記入力色の前記色チャンネル表現を変換することによって、前記入力輝度を、前記入力色の色度及び輝度表現の輝度として生成する色表現変換器を更に含む、請求項 7 又は 8 に記載の画像色処理装置。

【請求項 10】

前記調節された出力輝度及び前記入力輝度に依存するスケール係数によって、前記入力色の前記色チャンネル成分をスケーリングすることによって、色チャンネル表現出力色を生成

50

する出力器を更に含む、請求項 7、8 又は 9 に記載の画像色処理装置。

【請求項 1 1】

少なくとも 1 つの所定のトーンマッピングに基づいて前記入力トーンマッピングを決定するトーンマッピング決定ユニットを更に含む、請求項 1 乃至 1 0 の何れか一項に記載の画像色処理装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至 1 1 の何れか一項に記載の画像色処理装置と、少なくとも、色座標の画素出力色及び調節された出力輝度を含み出力画像を出力するデータフォーマッタとを含む、画像符号器。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至 1 1 の何れか一項に記載の画像色処理装置と、画像内の画素の色データを得るデータ抽出器とを含む、画像復号器。

【請求項 1 4】

前記データ抽出器は更に、トーンマッピングを得る、請求項 1 3 に記載の画像復号器。

【請求項 1 5】

第 1 の輝度ダイナミックレンジに対応する色表現で指定される画素の入力色を、第 2 の輝度ダイナミックレンジに対応する色表現で指定される画素の出力色に変換し、前記第 1 及び第 2 の輝度ダイナミックレンジは、少なくとも、1.5 の乗法係数の程度で異なる、画像色処理方法であって、

前記入力色の入力輝度から、また、入力輝度の関数として出力輝度を規定する入力トーンマッピング及び前記入力輝度に線形に関連する量に基づいて、前記出力色の調節された出力輝度を決定するステップであって、前記量は、前記入力色の色座標について、前記入力色の前記色座標についての前記第 1 の輝度ダイナミックレンジに対応する色域及び前記第 2 の輝度ダイナミックレンジに対応する色域のうち少なくとも 1 つにおいて最大限に達成可能である最大輝度を示し、前記調節された出力輝度は、調節されたトーンマッピングを前記入力輝度に適用することによって決定される、ステップと、

前記調節されたトーンマッピングを、任意の入力輝度の有効値の範囲内のすべての可能な入力輝度のうちの前記任意の入力輝度に適用することによって得られる任意の調節された出力輝度が、前記入力色の前記色座標について、前記入力色の前記色座標についての前記第 2 の輝度ダイナミックレンジに対応する前記色域において最大限に達成可能である最大輝度よりも高くないように、前記量に依存して、前記入力トーンマッピングを適応することによって、前記調節されたトーンマッピングを決定するステップと、を含む、画像色処理方法。

【請求項 1 6】

前記調節された出力輝度を決定するステップは、前記入力トーンマッピングへの入力として使用する、調節された輝度を決定することを更に含み、前記調節された輝度は、前記入力色輝度に関数を適用することによって導出され、前記関数は、前記最大輝度に等しい入力輝度が、前記入力トーンマッピングの前記入力輝度の最大可能値にマッピングされるように、前記最大輝度に基づいて規定されている、請求項 1 5 に記載の画像色処理方法。

【請求項 1 7】

前記入力色の前記入力輝度に線形に関連する前記量は、前記入力色を規定する色チャンネル成分の最大値である、請求項 1 6 に記載の画像色処理方法。

【請求項 1 8】

少なくとも 1 つの更なる所定トーンマッピングに基づいて前記入力トーンマッピングを決定するステップを含む、請求項 1 5 乃至 1 7 の何れか一項に記載の画像色処理方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 5 乃至 1 8 の何れか一項に記載の画像色処理方法を実現するようにプロセッサを有効にするコードを含むコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、第1の輝度の画素色を有する画像を、第2の輝度の画素色を有する画像に変換するための装置、方法、及び、データストレージ、伝送用プロダクト又は信号といった結果として生じるプロダクトに関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

色処理は、特に、大幅に異なる入力及び出力輝度ダイナミックレンジ（例えば最も大きい輝度ダイナミックレンジは、より小さい輝度ダイナミックレンジよりも少なくとも1.5倍大きい）に対応する色表現間で（例えばディスプレイを駆動するためにすぐに使用可能な表色を得ることで、ディスプレイが、例えばディスプレイに依存する電気光学的レンダリング挙動又はガンマといったその特質に対処できるように）色を変換する際に、困難なタスクである。これは、例えば高ダイナミックレンジ（HDR）から低ダイナミックレンジ（LDR）に変換するとき又はその反対に変換するときにも起きる。HDRは、高いピーク明度（brightness）、また、通常は、深い黒を有するディスプレイ上のレンダリングを指すが、高い捕捉シーンダイナミックレンジを有する信号符号化も指し、又は、そのような高ダイナミックレンジディスプレイに使用される。当業者であれば、表現が特定のダイナミックレンジに対応すると説明された場合、当該表現は、このレンジに従って指定されることは理解できるであろう。表色は、（特にHDR符号化又はHDRレンダリングの技術分野では）、どの輝度が色座標に対応するかを指定しない限り、あまり意味がない（例えば最大明度を有する又は減少された明度を有するタペストリーの写真が示される場合に、よりタペストリーのように見え、また、発光体のようにあまり見えないようにする）。例えば相対RGB符号化では、白[1, 1, 1]は、（HDRディスプレイに対し）2000ニットの最大表示可能ピーク明度に対応するとし、例えば新規の表色を導き出す別の（「LDR」）ディスプレイに対し2倍少なくしてもよい。色が、デバイスに依存して指定される場合、ダイナミックレンジの最大値は、実際のディスプレイのピーク明度であり、また、一般的な色符号化では、最大符号化（例えば255, 255, 255）は、基準ディスプレイのピーク明度（例えば5000ニット）に対応すると考える。この原理は、色を符号化するどのような方法（例えば非線形Lab等）にも適用できる。

【 0 0 0 3 】

次に、例えばHDRからLDRにマッピングする従来技術の試みでは、出力として良好な色（例えば自然な色、又は、その明度、即ち、明るさ（lightness）ではなく、少なくともその色彩的な見映えにおいて、入力HDR/色に妥当にマッチする出力LDR/色を有する色）を得ることが難しい。これには、少なくとも3つの原因がある。最初に、実際に使用されている幾つかの色空間は、不都合に非線形であり、その場合にも、人は、必ずしもそれらを正しい方法で使用せず、これは、相当な更なる補正が必要となる（時に予測することが難しい）色誤差につながる。次に、様々なディスプレイは、それぞれに固有の制限を有し、また、LDRディスプレイは、HDRディスプレイのように多くの鮮やかな色を作ることがどうしてもできない。これは、例えばLDR色域の上部において、色をあまり飽和させないという選択につながる。最後に、最終的には色の品質は、人間である観察者に対する見映えによって判断され、これも非常に複雑なプロセスである。色を不適切にマッピングした場合の大きな数学的問題は、以前からクリッピングであり、これは、色を、最終ディスプレイ及び/又は出力色空間の実現不可能で、色域外の色にマッピングする際に生じる。

【 0 0 0 4 】

米国特許出願公開第2006/0104508号に、異なるダイナミックレンジを有するディスプレイ上に表示するために画像を適応させるシステムの一例が提供されている。このシステムでは、鏡面ハイライトがLDR画像内で検出され、当該鏡面ハイライトの明度を増加するように、HDRディスプレイの追加のダイナミックレンジが使用される。このシステムは、区分的線形変換を適用することによって、これを達成する。

【 0 0 0 5 】

R . M a n t u i k 他による「Color Correction for Tone Mapping」(E u r o g r a p h i c s 、 第 2 8 号、 2 0 0 9 年、 1 9 3 - 2 0 2 頁) と いう 従 来 技 術 だ け で は、 輝 度 方 向 に ト ーン マ ッ ピ ング を 指 定 す る こ と か ら 始 め、 次 に、 こ の ト ーン マ ッ ピ ング を、 入 力 画 像 内 の 画 素 の 輝 度 に 適 用 す る。 次 に、 残 っ た 色 問 題 が 対 処 さ れ る が、 良 好 な 色 を 得 る こ と は 依 然 と し て 困 難 で あ る。

【 発 明 の 概 要 】

【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

【 0 0 0 6 】

本 発 明 は、 特 に 高 及 び 低 輝 度 ダイ ナ ミ ッ ク レ ン ジ の 色 表 現 間 の マ ッ ピ ング に 対 処 で き、 色 彩 的 な 見 映 え を 正 し く 対 処 す る こ と に 特 に 対 応 で き る 色 処 理 を 更 に 有 す る こ と を 目 的 と す る。 ま た、 多 く の 装 置 に 安 価 で 組 み 込 ま れ る こ と が 可 能 で あ る 簡 単 な 方 法 を 有 す る こ と が 好 適 で あ る。

10

【 課 題 を 解 決 す る た め の 手 段 】

【 0 0 0 7 】

当 該 目 的 は、 第 1 の 輝 度 ダイ ナ ミ ッ ク レ ン ジ に 対 応 す る 色 表 現 で 指 定 さ れ る 画 素 の 入 力 色 (L, x, y) を、 第 2 の 輝 度 ダイ ナ ミ ッ ク レ ン ジ に 対 応 す る 色 表 現 で 指 定 さ れ る 画 素 の 出 力 色 (L^*, x, y) に 変 換 し、 当 該 第 1 及 び 第 2 の 輝 度 ダイ ナ ミ ッ ク レ ン ジ は、 少 なく と も、 1 . 5 の 乗 法 係 数 の 程 度 で 異 な る、 画 像 色 処 理 装 置 2 0 1 に よ っ て 実 現 さ れ る。 当 該 装 置 は、 入 力 色 の 入 力 輝 度 (L) か ら、 ま た、 入 力 ト ーン マ ッ ピ ング 3 0 1 及 び 入 力 輝 度 (L) に 線 形 に 関 連 す る 量 に 基 づ い て、 出 力 色 の 調 節 さ れ た 出 力 輝 度 (L^*) 3 0 9 を 決 定 す る ト ーン マ ッ ピ ング 変 形 ユ ニ ッ ト 2 0 3 を 含 み、 当 該 量 は、 入 力 色 の 色 座 標 (x, y) に つ い て、 当 該 入 力 色 の 色 座 標 (x, y) に つ い て の 第 1 の 輝 度 ダイ ナ ミ ッ ク レ ン ジ に 対 応 す る 色 域 及 び 第 2 の 輝 度 ダイ ナ ミ ッ ク レ ン ジ に 対 応 す る 色 域 の う ち の 少 なく と も 1 つ に お い て 最 大 限 に 達 成 可 能 で あ る 最 大 輝 度 を 示 し、 当 該 ト ーン マ ッ ピ ング 変 形 ユ ニ ッ ト は、 調 節 さ れ た ト ーン マ ッ ピ ング を 入 力 輝 度 に 適 用 す る こ と に よ っ て、 調 節 さ れ た 出 力 輝 度 を 生 成 し、 当 該 ト ーン マ ッ ピ ング 変 形 ユ ニ ッ ト 2 0 3 は、 調 節 さ れ た ト ーン マ ッ ピ ング を、 任 意 の 入 力 輝 度 の 有 効 値 の 範 囲 [0 , 1] 内 の す べ て の 可 能 な 入 力 輝 度 の う ち の 任 意 の 入 力 輝 度 (L) に 適 用 す る こ と に よ っ て 得 ら れ る 任 意 の 調 節 さ れ た 出 力 輝 度 (L^*) 3 0 9 が、 入 力 色 の 色 座 標 (x, y) に つ い て、 当 該 入 力 色 の 色 座 標 (x, y) に つ い て の 第 2 の 輝 度 ダイ ナ ミ ッ ク レ ン ジ に 対 応 す る 色 域 に お い て 最 大 限 に 達 成 可 能 で あ る 最 大 輝 度 ($L_{max}(x, y)$) よ り も 高 く な い よ う に、 当 該 量 に 依 存 し て、 入 力 ト ーン マ ッ ピ ング を 適 応 さ せ る こ と に よ っ て、 調 節 さ れ た ト ーン マ ッ ピ ング を 決 定 す る。

20

30

【 0 0 0 8 】

一 見 す る と、 こ れ は、 M a n t u i k に よ る 従 来 技 術 に 関 連 し て い る よ う に 見 え る が、 本 発 明 の 方 法 は、 色 を ま ず 良 好 に 保 ち、 次 に ト ーン マ ッ ピ ング を 最 適 に 調 整 す る こ と に 注 目 し て い る の で あ っ て、 そ の 逆 に は 注 目 し て は い な い。 即 ち、 画 素 の 輝 度 又 は ル マ に 処 理 を 行 い、 そ の 後 に、 何 ら か の 色 補 正 を 行 う の で は な く、 色 の 色 彩 仕 様 (例 え ば (x, y)、 (色 相、 彩 度) 等) を そ の ま ま に す る。 こ の た め に、 本 発 明 は、 (直 接 的 な 関 数、 又 は、 例 え ば 最 終 結 果 と し て 関 数 的 挙 動 を 有 す る サ ブ ス テ ッ プ か ら 構 成 さ れ る コ ン プ ュ ー タ ア ル ゴ リ ズ ム の よ う な 最 終 的 に 何 ら か の 関 数 変 換 を 実 現 す る 何 か で あ っ て よ い) ト ーン マ ッ ピ ング を デ ザ イ ン す る。 そ れ に 加 え て、 本 発 明 の 実 施 形 態 は、 通 常、 お よ そ ど の よ う に 色 が 例 え ば L D R 色 域 符 号 化 に マ ッ ピ ング さ れ る べ き か を 指 定 す る 開 始 入 力 ト ーン マ ッ ピ ング 3 0 1 を 有 す る。 し か し、 本 発 明 で は、 様 々 な 色 度 (x, y) に 対 し、 新 規 の ロ ー カ ル な ト ーン マ ッ ピ ング を 導 出 す る。 即 ち、 入 力 ト ーン マ ッ ピ ング は、 調 節 さ れ た ト ーン マ ッ ピ ング を 生 成 す る よ う に 調 節 又 は 適 応 さ れ る。 当 該 適 応 は、 入 力 色 の 色 座 標 に つ い て 達 成 可 能 な 最 大 輝 度 に 依 存 す る。 こ れ は、 元 の 入 力 マ ッ ピ ング 関 数 を、 そ の 座 標 軸 に 対 し て 修 正 す る こ と に よ っ て 行 う こ と が で き る。 当 該 座 標 軸 上 に 元 の 入 力 マ ッ ピ ング 関 数 は 指 定 さ れ て い る (即 ち、 例 え ば $m^* f(input) m$ を 乗 数 と し て、 入 力 ト ーン マ ッ ピ ング 自 体 の 関 数 を ス ケ ー リ ング す る か、 又 は、 $input$ を、 $input_scaled$ に 変 更 し て、 当 然 な が ら、 例 え ば、 本 発 明 の ト ーン マ ッ ピ ング 関 数 が 通 常 そ う で あ る よ う に 単 調

40

50

に増加する関数に異なる出力をもたらす)。なお、非線形スケーリングをすることもできる。例えば入力軸に、べき関数又は対数変換を適用することもできる。これは、関数を非線形に曲げることに相当する。本発明の装置/方法が通常使用するのは、(特定のディスプレイ用か、又は、色空間の理論的に定義された色域である)色域内に存在する最大値と比較される色の量の少なくとも1つの直線的測定量であり、このような線形量は、例えば入力色の輝度(L)に基づいて指定される。最大値と比較された輝度のこの関連量が与えられると、本発明の装置は、その選択された特定のストラテジが、更なる見た目に関する希望を、色域/ディスプレイの特質、アルゴリズムの単純さ又は他の検討事項と併せて考慮して決定されようとなかろうと、これをどのように最適に変換するかを決定する。しかし、すべて、少なくとも、クリッピングから生じる色誤差を回避すること、又は、少なくとも、アルゴリズムが、幾らかのクリッピングを許容することによって最適化するデザインに組み込まれる場合、当該クリッピングを縮小することに焦点を置かれる。当業者であれば、これは、 $L_{max}(x, y)$ より上の出力(L^*)が決して得られないことが含まれることは理解できるであろう。 $L_{max}(x, y)$ に対し、単調に増加する関数は、トーンマッピング曲線の最も高い入力端におけるマッピングである。当業者であれば、どのように、そのようなマッピングの多くの可能な変形を実現可能であるかをよく理解できるであろう。これは、どこで関数が最も高い結果をもたらすか決定することと、次に、関数を修正することによってダウンスケーリングすること、即ち、少なくとも、当該関数での最も高い点を最大許容値に拘束する、以下に記載される、適用される再整形することを含む。これは、単純な場合には単純な計算によって、複雑な場合には結果が何になるかをシミュレートして、要件を満たすものを適用することによって、様々な方法で符号化される。

10

20

【0009】

したがって、当該アプローチは、色の色度には無関係で、特に、色域におけるすべての色に対して同じである入力基準トーンマッピングに基づいたトーンマッピングを導入する。しかし、トーンマッピング変形ユニットは、この一般的又は共通のトーンマッピングを、入力画素の色度に特有で、具体的には、入力色度における特定の色度に対する最大可能輝度を反映する量に依存するトーンマッピングに適用させる。更に、調節されたトーンマッピングは、調節された輝度が、出力色域における色度に対する最大可能輝度よりも上ではないようにされる。したがって、システムは、様々なダイナミックレンジ間で変換するように入力信号に対する輝度調節を可能にする一方で、出力画像がクリッピングされないような調節された輝度を確実にするだけでなく、可能な輝度の差に対し同じ基準マッピングを適用させることを可能にする。これは、入力色の変換が、同じ色度で、色域全体に亘って一貫して輝度が適用された出力色をもたらすことを確実にする。

30

【0010】

例えば、最大輝度が様々なレンジにおいて非常に異なるにも関わらず、各色度に対しフル輝度レンジの同じ相対マッピングを使用してもよい。例えば、同じ相対明度増加を、飽和色に、例えば実質的に白の色に、これらが実質的に低い最大明度レベルを有するにも関わらず、適用してもよい。

【0011】

トーンマッピングを適応するために使用される量は、具体的には、入力色から、例えば色域内のすべての色度に対する最大輝度を提供するルックアップテーブルを使用して、決定される。多くの実施形態では、当該量は、入力色の(RGB色表現といった)色チャンネル表現における色チャンネルの最大値である。多くの実施形態では、入力輝度は、入力色の(x y Y表現といった)色度及び輝度表現における輝度である。

40

【0012】

具体的には、当該量は、入力色の色座標について、当該入力色の色座標についての第1の輝度ダイナミックレンジに対応する色域において最大限に達成可能である最大輝度に対する入力輝度を示す。上記の画像色処理装置201が、入力トーンマッピングの軸と比べて単調である変換を入力トーンマッピングの関数形状に適用するように更に構成されてい

50

るトーンマッピング変形ユニット203を有する場合は、有利である。当該変換は、入力トーンマッピング301を2つの異なる入力輝度(L、L_{LD R})に適用することによって得られる出力輝度(L_{H D R})が異なる場合は、これらの入力輝度の調節された出力輝度(L^{*})も異なるように規定される。

【0013】

したがって、調節されたトーンマッピングは、関数形状(functional shape)に変換を適用することによって入力トーンマッピングを適応させることによって生成される。

【0014】

多くのマッピングは、全くクリッピングを導入しない又は最小限のクリッピングしか導入しないことに従う。これは、例えば幾つかの他の基準に従って中間又は下部を整形するからである。曲線の幾つかの部分が最も高い値のクリッピングを有する(即ち、例えばLD R出力ではなくHDR入力において依然として様々な高い値がある)場合、そのようなマッピングは、例えば可逆性(例えば、入力マスタHDRグレードを最初に(クリッピング)LD R符号化にマッピングする符号化、次に、このLD R符号化からHDRグレードを回復する逆マッピング)を必要とする処理ストラテジでは使用することはできない。マッピングを単調の状態に保つことが有用であり、これは、例えば何らかの(非線形のストレッチ)によって行うことができる。幾つかのマッピングは、幾つかの色のオーバーラップを可能にするが、このような単調関数は、元のシーンにおいて異なる輝度を有していた色間の数学的差異、又は、少なくとも、例えばそのマスタグレード表現を(量子化以外)保つ。一部のディスプレイレンダリングでは、これらの差異は、時に、観察者に可視ではないが、少なくとも、それらは符号化され、例えば画像処理アプリケーションによって更に使用される。

【0015】

有利には、画像色処理装置201は、入力トーンマッピングの軸と比べて平滑である変換を入力トーンマッピングの関数形状に適用するように更に構成されたトーンマッピング変形ユニット203を有し、当該変換は、調節された出力輝度(L^{*})と、調節されたトーンマッピング301を平滑に、およそ同様の量で変動する入力色輝度(L)に適用することによって得られる出力輝度308との間の隣接する色座標(x, y)について連続的な輝度差310を有するように決定される。

【0016】

例えば関数301への変換ではなく色差ベクトル場の観点から表現されることも可能である平滑さは、幾つかの応用のための品質基準として有するには興味深い性質である。例えば小さい部分からの線形圧縮若しくは非線形圧縮、又は、関数301の形状を考慮に入れることは、すべて、滑らかである。この場合、本発明のシステムは、輝度(L)の挙動に主に焦点を置く色マッピングとはあまり異なって挙動しない。

【0017】

有利には、トーンマッピング変形ユニット203は更に、調節された輝度(L_s)を、入力トーンマッピング301への入力として適用することによって、調節された出力輝度(L^{*})309の決定を行うように構成され、調節された輝度(L_s)は、入力色輝度(L)に関数を適用することによって導出され、当該関数は、最大輝度(L_{max}(x, y))に等しい入力輝度(L)が、入力トーンマッピング301の入力輝度(L)の最大可能値にマッピングされるように、最大輝度(L_{max}(x, y))に基づいて規定されている。

【0018】

入力トーンマッピングに対応する関数を整形するのではなく、例えばx方向における単純な非線形圧縮が生じなければならない場合、その軸を整形することができる。特に線形スケーリングについて、これは、関数を変更するよりも簡単である。というのも、この場合、通常関数301を、スケーリングされた新しい入力について計算できる(又は当該スケーリングされた/調節された値(L_s)をトーンマッピングのルックアップ符号化への入力として使用できる)からである。軸を整形することによる調節は、関数の軸値を変

10

20

30

40

50

更することによって、又は、入力輝度値を変更することによって同等に行われる。

【0019】

多くの実施形態において有利には、トーンマッピング変形ユニットは、当該量から決定される第1のスケール係数によって入力輝度をスケールリングすることによって、スケールリングされた輝度を生成し、入力トーンマッピングをスケールリングされた輝度に適用することによって、スケールリングされ、調節された輝度を決定し、第1のスケール係数の逆数に対応する第2のスケール係数によって、スケールされ、調節された輝度をスケールリングすることによって、調節された出力輝度を生成する。

【0020】

これは、多くの実施形態において、あまり複雑ではない有利な性能を特に提供する。

10

【0021】

有利には、画像処理装置201は、入力色輝度(L)をスケールリングする関数として、線形スケールリングを使用する。この単純な関数が、多くのシナリオにおいて十分であり、また、1つの簡単な乗算によって(例えばIC回路内に)実現できる。

【0022】

有利には、上記の画像色処理装置201が、入力輝度(L)に線形に関連する量として、入力色(L, x, y)を規定する色チャンネル(具体的には線形の赤色、緑色及び青色)成分の最大値(max RGB)を使用するように更に構成されているトーンマッピング変形ユニット203を有する。線形性によって、例えばRGB空間において計算量を最小限にする本発明の基本の方法を再構築することができる。これは、通常、画像/ビデオは、RGBから導出される色空間内で符号化され(、RGBはディスプレイを駆動するように使用される)からである。

20

【0023】

入力色の色表現の最大色チャンネル成分が、当該量として使用される。最大色チャンネル成分は、具体的には、クリッピングが生じる前に、最も少なくスケールリングされることが可能である色成分であるため、当該色度に対する最大可能輝度を示す。つまり、当該色チャンネルがクリッピングされることをもたらすことなく、最大値を有する色チャンネルに適用できるすべてのスケール係数が、クリッピングなしで他の色チャンネルにも適用されることが可能である。

【0024】

多くの実施形態において有利には、トーンマッピング変形ユニットは、入力トーンマッピングを色チャンネル成分の最大値に適用することによって、調節された輝度を生成し、調節された輝度を、入力輝度及び色チャンネル成分の最大値に依存するスケール係数によってスケールリングすることによって、調節された出力輝度を生成する。

30

【0025】

このアプローチは、特に、多くの実施形態において、効率のよい演算、性能及び/又は実施態様を提供する。スケール係数は、具体的には、入力輝度と色チャンネル成分の最大値(max RGB)との比率に比例する(又は等しい)。

【0026】

多くの実施形態において有利には、入力色は、色チャンネル表現で提供され、画像色処理装置は、入力色の色チャンネル表現を変換することによって、入力輝度を、入力色の色度及び輝度表現の輝度として生成する色表現変換器を更に含む。

40

【0027】

これは、多くの実施形態において、実際的かつ好都合な実施態様及び演算を可能にする。具体的には、トーンマッピング演算及びトーンマッピングの適応に様々な表現を使用することは、多くの実施形態において、効率的な演算を提供する。

【0028】

多くの実施形態において有利には、画像色処理装置は、調節された出力輝度及び入力輝度に依存するスケール係数によって、入力色の色チャンネル成分をスケールリングすることによって、色チャンネル表現出力色を生成する出力プロセッサを更に含む。

50

【0029】

このアプローチは、多くの実施形態において、特に、入力色及び出力色の両方が色チャネル表現を使用する必要のある実施形態において、特に効率的な演算、性能及び/又は実施態様を提供する。色チャネル表現は、具体的には、RGB表現である。

【0030】

有利には、任意の可能な変形の画像色処理装置201は、少なくとも1つの所定のトーンマッピングTMに基づいて入力トーンマッピング(TM*)301を決定するトーンマッピング決定ユニット202を更に含む。具体的には、入力トーンマッピングは、所定のトーンマッピングであってよい。単純な変形は、画像全体に1つのグローバルトーンマッピングを単に使用することができる。しかし、例えば(x, y)平面における領域又は画像内の特定の空間領域又は物体に対して、より良好に合わせられたローカルトーンマッピング関数を生成するようにどのような基準を使用してもよい(例えば本発明の方法/装置が、最終観察者の優先傾向をディスプレイに適應させるように当該観察者の制御下で動作する場合、基準は「観察者はより明るい青を好む」といったものである)。例えば、(例えば、少なくとも1つの他のトーンマッピングを、(x, y)平面の領域に亘って外挿ストラテジに従って修正することによって)評価者によって、又は、2つのそのような関数間を補間することによって、或いは、複数のそのような事前に決定された関数の複素解析が与えられて最終関数を導出すること(例えば、赤色は、暗い領域においてこのように挙動するので、赤色の暗い領域における挙動に基づいて、しかし、中間輝度の黄色の挙動には基づかないで本発明の橙色関数を適應させ、中間色付近において何か起きるのかを観察し、中間色付近の少なくとも1つのトーンマッピング内に何が指定されているのかに基づいて橙色についてのトーンマッピングの明るい挙動を決定すること)によって指定される当該少なくとも1つの他のトーンマッピングから、適應される最終入力トーンマッピング301を導出する。

【0031】

基本的な画像色処理装置は、例えば画像処理ICの一部であってよく、また、上記のような画像色処理装置201と、少なくとも、色座標(x, y)の画素出力色及び調節された出力ルミナンス(L*)を含む出力画像Imを出力するデータフォーマッタ613とを含む画像符号器、又は、上記のような画像色処理装置201と、画像Im内の画素の色データを取得するデータ抽出器652とを含む画像復号器といった様々な大きい装置内に組み込まれる。

【0032】

画像復号器は、トーンマッピングTMを得るように更に構成されるデータ抽出器652を有してもよい。したがって、画像復号器は、例えばコンテンツ作成側で既に規定されていたものに基づいてトーンマッピングを行うことができる。例えば上記したように、例えば特定のディスプレイに対し最適な色マッピングを行うために、ローカルトーンマッピングを再決定する際に、作成者によって供給されるトーンマッピングTMから開始して、それに可能な限り従うように最小限に変形を行ってもよい。

【0033】

主に、色域の明るい境界平面に焦点を置いて、色域を考慮に入れながらマッピング最適化を説明するが、当然ながら、例えばレンダリングディスプレイ付近の周囲照明による不良な可視性をモデリングする暗い境界平面も考慮に入れながら同様の方法を行うことができる。

【0034】

本発明は、例えば、第1の輝度ダイナミックレンジに対応する色表現で指定される画素の入力色(L, x, y)を、第2の輝度ダイナミックレンジに対応する色表現で指定される画素の出力色(L*, x, y)に変換し、当該第1及び第2の輝度ダイナミックレンジは、少なくとも、1.5の乗法係数の程度で異なる、画像色処理方法である様々な方法で具現化可能である。当該方法は、入力色の入力輝度(L)から、また、入力トーンマッピング301及び入力輝度(L)に線形に関連する量に基づいて、出力色の調節された出力

10

20

30

40

50

輝度 (L^*) 309 を決定するステップであって、当該量は、入力色の色座標 (x, y) について、当該入力色の色座標 (x, y) についての第1の輝度ダイナミックレンジに対応する色域及び第2の輝度ダイナミックレンジに対応する色域のうち少なくとも1つにおいて最大限に達成可能である最大輝度を示し、調節された出力輝度は、調節されたトーンマッピングを入力輝度に適用することによって決定される、ステップと、調節されたトーンマッピングを、任意の入力輝度 (L) の有効値の範囲 $[0, 1]$ 内のすべての可能な入力輝度のうちの任意の入力輝度 (L) に適用することによって得られる任意の調節された出力輝度 (L^*) 309 が、入力色の前記色座標 (x, y) について、当該入力色の色座標 (x, y) についての第2の輝度ダイナミックレンジに対応する色域において最大限に達成可能である最大輝度 ($L_{max}(x, y)$) よりも高くないように、当該量に依存して、入力トーンマッピングを適応することによって、調節されたトーンマッピングを決定するステップとを含む。

10

【0035】

或いは、上記の画像色処理方法では、当該調節された出力輝度 (L^*) を決定するステップは、入力トーンマッピング 301 への入力として使用する、調節された輝度 (L_s) を決定することを更に含み、当該調節された輝度 (L_s) は、入力色輝度 (L) に関数を適用することによって導出され、当該関数は、最大輝度 ($L_{max}(x, y)$) に等しい入力輝度 (L) が、入力トーンマッピング 301 の入力輝度 (L) の最大可能値にマッピングされるように、最大輝度 ($L_{max}(x, y)$) に基づいて規定されている。

【0036】

20

或いは、上記の画像色処理方法では、入力色の輝度 (L) に線形に関連する量は、入力色 (L, x, y) を規定する線形の赤色、緑色及び青色 (又は他の色チャネル) 成分の最大値 ($max RGB$) である。

【0037】

或いは、上記の画像色処理方法は、少なくとも1つの更なる所定トーンマッピングに基づいて入力トーンマッピング 301 を決定するステップを含む。本発明は更に、上記方法のうち任意の方法、又は、上記装置のうち任意の装置の機能をプロセッサが実現することを可能にするコードを含み、信号等を介して通信又は指示されることが可能であるコンピュータプログラムプロダクトとして具現化される。

【図面の簡単な説明】

30

【0038】

本発明に係る方法及び装置の任意の変形のこれらの及び他の態様は、以下に説明される実施態様及び実施形態を参照することにより、また、より一般的な概念を例示する非限定的な具体的例示に過ぎず、ある構成要素が任意選択的であることを示すためにダッシュ記号が使用される図面 (ダッシュ記号のない構成要素も必ずしも必須ではない) を参照することにより、明らかとなろう。ダッシュ記号は更に、必須と説明される要素が物体の内部に隠されていることを示すために、又は、例えば物体/領域の選択といった無形物、チャートにおける値レベルの指示等のために使用されてもよい。

【0039】

【図1】図1は、第1のダイナミックレンジのディスプレイに関連する色表現/色域と、第2のダイナミックレンジのディスプレイに関する色表現/色域との間のマッピングを概略的に示す。

40

【図2】図2は、本発明に係る、中核となる装置の可能な具現化を概略的に示す。

【図3】図3は、特にディスプレイ上で実現可能な物理的な色域及び/又は表現可能な色による出力色のクリッピングを回避する、より適切なローカルトーンマッピング関数に至るように、どのように、その入力及び出力のレンジに対してトーンマッピング関数を変更できるかを概略的に説明する。

【図4】図4は、本発明に係る装置のより詳細な実施形態を示す。

【図5】図5は、比較的安価に実施できる別の実施形態を示す。

【図6】図6は、どのように、本発明の装置の様々なバージョンを、トータルビデオチェ

50

ーンにおいて、相互接続できるかを概略的に説明する。

【図7a】図7は、どのように、より高い変動度で、ローカルトーンマッピング関数を用いて本発明の方法又は装置のより複雑な実施形態を実施できるかを概略的に説明し、図7aは、色域（輝度、彩度）を横断面で示す。

【図7b】図7は、どのように、より高い変動度で、ローカルトーンマッピング関数を用いて本発明の方法又は装置のより複雑な実施形態を実施できるかを概略的に説明し、図7bは、（色相、彩度）色平面における色域ベースの三角投影を示す。

【図7c】図7は、どのように、より高い変動度で、ローカルトーンマッピング関数を用いて本発明の方法又は装置のより複雑な実施形態を実施できるかを概略的に説明し、図7cは、ある補間ストラテジにしたがって、2つの併置された色域（例えばLDRからHDR）の共通輝度軸に沿った2つの所定の関数間の補間関数としてローカル関数のセットを導き出すことによって、当該ローカル関数のセットに至る可能な方法を示す。

【発明を実施するための形態】

【0040】

図1は、第1及び第2のレンダリング可能な輝度のレンジ（ダイナミックレンジとも呼ぶ）に関連付けられている第1及び第2の色表現間のマッピングを概略的に示す。一般性を失うことなく、色表現は、色の輝度をディスプレイのピーク明度で乗算することによって、特定のディスプレイを駆動するために直接的に使用可能であることを想定する。当然ながら、色空間は、中間で、例えば、ディスプレイに依存する色空間であってもよい。これは、色は、レンダリングされる前に、特定のディスプレイ等に対し最適にマッピングされる必要があることを意味する。マッピングは、逆行行われることも可能であるが、表現可能な輝度の小さいレンジ（簡単にするために、低ダイナミックレンジLDRと呼ぶ）から大きいレンジ（高ダイナミックレンジHDR）にマッピングすることによって、例を説明する。これは、HDRディスプレイが駆動される場合に、再現可能な色の物理的な色域が、LDRディスプレイのそれよりも大きいことを意味する。簡単にするために、LDR及びHDRが共に同じ色域101を有するように、1である最大輝度Lに正規化されたLDR及びHDRの両方の色域（当該色域は、上記の通り、異なるダイナミックレンジの実際の2つのディスプレイである基準色域のために規定された色域であると想定する。異なるダイナミックレンジの実際の2つのディスプレイは、簡単にするために、例えば原色ではなくピーク明度においてのみ異なり、また、簡単にするために、線形電子光学伝達関数に従い、同様のフロントプレート反射等を有すると考えられる）が描かれ、色マッピングは、色を、当該色域内の様々な位置に動かすことからなる。表現のZ軸が線形輝度Lであり、非線形（例えばガンマ0.45）ルマ（non-linear luma）ではないことを知ることは重要である。これを、（3次元エンティティである）すべての色の明度成分とも呼ぶ。色の色彩成分（chromatic component）に関して、当該成分は、CIE（x, y）座標として規定されるが、当然ながら、有彩色平面（chromatic color plane）の他の規定も、本発明に同等に可能である。この色平面では、色域ベースは、これを囲む馬蹄型又は色相環から三角形を切り出し、その中に（比色分析から周知であるように）2つの異なるパラメータ、即ち、色相と呼ぶ角度、及び、無彩色L軸からの成分が規定され、それ以外は、彩度sと呼ぶ（心理視覚彩度との違いに関する詳細な説明をすることによって、ここでの説明を複雑化しない）。x及びyは、 $x = X / (X + L + Z)$ 、 $y = L / (X + L + Z)$ と規定されるので、実際には、非線形の量であり、透視幾何学（perspective geometry）は非線形である。これは、特に、色域の上限が直線ではなく曲線であるという効果を有するが、本発明の説明は、上限が直線であると想定しても変わらない。実際には、本発明は、少なくとも幾つかの実施形態では、実際の色域境界形状を平らにする必要がないという有用な特性を有する。

【0041】

次に、LDR106内に物体があると仮定する。簡単にするために、当該物体は、単色（L_LDR, x, y）を有すると想定し、これに対し、対応するHDR色（L_HDR, x, y）を求めたい。簡単にするために、鮮明度の色彩部は、同じままであり、正規化

10

20

30

40

50

された輝度の鮮明度のみが変化すると想定する（しかし、当然ながら、本発明の方法は、色彩の鮮明度も特定の方法で変更する更なる処理を組み合わされてもよい）。ここでの想定では、異なる輝度、しかし、同じ（ x, y ）を与えると、色は（HDRディスプレイ上で）大体同じままであり、ただ、より明るく見える。なお、相対的な輝度の鮮明度の効果、及び、それが様々なマッピングの論理的根拠とどのように連携するかも留意されたい。例えば顔の色が、2000ニットのピーク明度のHDRディスプレイ上で、500ニットのLDRディスプレイ上とまったく同じように見えることを望んでもよい。この場合、レンダリングされる出力輝度 $2000 * L_HDR$ は、 $500 * L_LDR$ と同じとなるが、これは、図1の正規化された（線形）表現では、同じ最終的にレンダリングされる色を作るために、 L_HDR は、 L_LDR の4分の1となり、これは、L軸に沿った物体の低い位置から見て取れる。当然ながら、第1の色表現 Col_LDR と第2の色表現 Col_HDR との間のマッピングを規定するために、他のマッピング論理的根拠があってもよい。例えば低ダイナミックレンジディスプレイは、HDRディスプレイの明るい色を決して正確にレンダリングすることはできないことは明らかであるので、本発明では、当該明るい色に近似させる。物体が、例えば輝度範囲 $[Lmin, Lmax]$ 内の画素色を含む光源である場合、例えば $Lmin$ が1（例えば、デジタルの8ビット表現では、253）に非常に近くなるように、光源を、LDR色表現内でクリッピングする（しかし、 Col_HDR 内ではクリッピングしない）ことを考える。しかし、多くの実施形態において、マッピングが大幅に可逆であるように、特に、LDR色表現から情報を取り出したい場合に、例えば厳しいクリッピング又は量子化等の場合には生じる、HDR色表現の情報の過度の喪失をマッピングがしないように、当該マッピングを調整することが有用である。したがって、本発明では、ランプである物体に、色グレーディング（color grading）と呼ばれる単純な線形クリッピングではなく、何かより複雑なことをしてもよく、また、最高品質を望む場合、これは、通常、自動アルゴリズムでは行われず、人間である色の評価者（color grader）、色の定義付けにおける審美眼及び専門的知識を有する芸術家によって、HDR及びLDRディスプレイの両方について、即ち、表現 Col_HDR 及び Col_LDR として、可能な最も優れた方法で、（半自動グレーディングで自動の第1のマッピングから）少なくとも部分的に補正される。

【0042】

なお、当業者には、本発明の方法は、例えばフォト補正ソフトウェアによって任意のシナリオにおいて色を変換するために適用可能であるが、例えばHDRテレビジョン内の画像処理ICの色最適化モジュール、又は、任意の中間画像処理装置内、遠隔ネットワークコンピュータ上で動く画像最適化サービス等にも適用可能であることは明らかであるべきである。しかし、本発明が本発明者によって最近発明されたHDRコーデックの一部を形成する場合の本発明についても更に説明する。このコーデックでは、例えば後方互換性のある8ビット（又は例えば10ビット）LDR画像（MPEG2、AVC、HEVC又はVP8等といったレガシー圧縮法で圧縮可能である）として、入力マスタHDRグレード（例えば16ビット又は32ビットの線形Lで符号化されるか、又は、 3×16 ビットの線形RGBとして、又は、浮動小数点表示（float representation）で符号化されると想定する）を表すが、メタデータとして、HDR色表現がLDR画像（画素は Col_LDR で規定される）として符号化された方法から当該HDR色表現を導くための色（トーン/輝度）マッピングストラテジ（少なくともトーンマッピング関数 $L_HDR = F(L_LDR)$ ）、しかし、場合によって、より多くの符号化された色変換ストラテジ）も伴う。即ち、HDR画像から、LDRレンダリングに直接的に使用することができ、コンテンツクリエイタ又は所有者のために働く評価者によって承認されて妥当に良好に見えるLDR画像を評価した。このLDR画像が、HDRディスプレイ上に直接的に表示される場合、当該画像はあまり良好に見えない。しかし、すべての物体は認識可能ではあるが、通常は、多くのシーン物体は、明る過ぎるように見えるので、即ち、これらはHDRディスプレイに対して最適に評価されていない。メタデータ内に符号化された色マッピングアルゴリズムが、LDR画像に適用されると、すべての物体輝度及び色が、コンテンツクリエイタ

10

20

30

40

50

によって規定されたHDRグレードが示す位置に、再び、置かれる。次に、HDRディスプレイを駆動するためのHDR画像を得るためのLDR画像の復号が（単一のマッピングアルゴリズム、又は、アルゴリズムセットの一部として）本発明の方法の実施形態を使用する。

【0043】

したがって、特定の例示的な説明は、LDR画像が、通常、元のHDR画像から（半）自動的に生成されるシステムに関する。LDR画像は、次に、分配され、LDRディスプレイによって直接的にレンダリングされる。更に、1つ以上のトーンマッピング関数が、LDR画像と共に分配されてもよく、当該トーンマッピング関数は、どのようにHDR画像が、LDR画像から生成できるかに関する情報を提供する。トーンマッピング関数は、
10 具体的には、HDR画像に非常に似たHDR画像を生成するようにLDR画像に適用される適切な輝度変換関数を記述する。

【0044】

HDR画像をLDR画像にマッピングするトーンマッピングは、幾つかの従前のバージョンで存在し、更に、（例えばDVD又はBDビデオからの）入力LDRピクチャを、HDRレンダリングにより適した色表現を有するHDR画像に変換する、即ち、例えば明るい物体を特に明るくレンダリングすることによってHDRディスプレイの有用性を最大限にする非常に近似の高い自己変換（autoconversion）アルゴリズムが幾つか存在する。例えば、LDR画像内の「光」である明るい物体（例えば、鏡面ハイライトといった、255にクリッピングされる小さい領域）を検出し、次に、これらの輝度を、HDR符号化におけるシーンの他の部分に比べて大幅に増加し（又は、実際には、正規化されたHDR符号化では、これらは255に維持されるが、LDR輝度に比べてすべての他のシーン物体の輝度を下げる〔又は、本発明の簡易化された説明におけるように、輝度符号化で色を符号化しない実施形態では、これらの輝度に対応するコード値ノルマを下げることによって適応させる〕）、これにより、それらが、シーンの残りの部分において明るく目立つ。図1における光物体105の例では、上記は、HDR表現では、光は、 $L_HDR = L_LDR$ の4分の1で符号化されず、例えば $0.8 \times L_HDR$ で符号化されることを意味する。次に、当該光（即ち、ディスプレイからの最終的にレンダリングされる出力輝度）をLDRディスプレイ上で可能な限り明るくレンダリングし、HDRディスプレイ上では格別に明るくレンダリングする。併置され、正規化された色域におけるトーンマッピングは、HDRディスプレイのピーク明度による最終的な乗算によって実現される最終的な増加が2000ニトとなる前に、LDR画像における光の画素の輝度を0.8で乗算すべきことを指定する。
20
30

【0045】

しかし、通常、従来技術では、このトーンマッピングは、最初に行われ、次に、必要に応じて、色補正が行われる。実際に、多くの従来技術のアプローチでは、幾つかの画素についてクリッピング又は色変化をもたらす輝度スケールリングが最初に適用され、後続の色補正は、そのような歪みに対処することを目的とする。当然ながら、様々な比色分析変換のためのスライダが並列に機能するならば、手動の評価者（manual grader）は好きなことをしてもよいが、まず、輝度（即ち、明度）を正しくし、次に、（特に、色は、多くの応用において、ルマに依存するので）なんらかの色変換をすることが道理に適うであろう。実際に、通常、比色分析的に及び心理視覚的に正しくないが、当然、単純な人（比較的大きな色誤差についてあまり気にしない人）は、例えばYCrCbといった非線形の色符号化空間において処理を行う。これは、最終的には、ディスプレイ用のRGB駆動信号に変換され、通常、原色のうちの少なくとも1つの過量又は低量、即ち、色誤差につながる。特定のYルマ値を保ちつつ色マッピングをすることが、（例えば可変の色度の色のレンジにわたって）処理する方法であると考え、当該処理は、正しい輝度にさえもつながらないことに気付くであろう。これは、非線形ルマは、輝度とは異なるからである。したがって、一部の 경우에는、同じピクチャにおける例えば様々な色にわたって輝度の変動は、許容できるほどに小さい懸念であるのに十分に小さいが、誤差は存在し、時に、好ましく
40
50

ない。最悪な誤差は、C r C bを輝度とは無関係の色度座標のように取り扱うことから生じる。当該座標を変更することは、レンダリングされる物体の最終輝度とその有彩色（即ち、色相及び彩度）との両方に、比較的深刻な影響がある。幾つかのシナリオでは、小さい色相誤差でさえも問題となりうる（なお、人間の視覚は、数ナノメートルの誤差を識別できる、又は、つまり、視聴条件及び実験に依存して、円に沿って少なくとも100の異なる色相が関連すると言える）。また、R G Bといった空間は、非常に経験のある評価者にとっても、十分に直感的で使用が簡単なわけではない。非線形性によって、常に、なんらかの（予期せぬ）変色が生じ、また、特に、利用できる（あまりよく分かっていない）アルゴリズムをほとんど有さない（また、U Iが粗過ぎて、例えばトーンマッピング曲線の形状を特定の方法で変更することを望んでも、当該曲線を十分に正確に設定できない）場合、（特に単純かつ迅速な方法で）徹底的にすべての色補正をすることは困難である。例えば、R G B制御は、比較的単純のように見える。これは、ピクチャが緑っぽく見える場合、幾分、緑色を抑え、また、未知の非線形曲線に対しても、平均的に幾分緑色が少ない見た目を既に迅速に有するからである。しかし、和んだ雰囲気の方の効果を達成するために、ピクチャをより黄色っぽくしたい場合はどうなるのか。この場合、R及びGの両方を制御する必要があるが、ピクチャは、依然として特定の黄色である。例えばP h o t o m a t r i xといったH D R画像処理ソフトウェアにおけるガンマスライダを調節すると、偽の黒色、又は、中間輝度の不正確な色といった問題にぶつかる。色が調節される場所と、色の比色定量が生じる場所との間で、システムにおいて依然として任意の非線形がある（即ち、線形光を追加するディスプレイレンダリング）場合、変色の可能性がある。例えば、白と色との混合の明度を増加したい場合、線形空間（W , c）において $K^2 * W^2 + c^2$ に変更する。これは、当然ながら、特定量の不飽和を伴う。しかし、 $(K * W + c)^2$ に変更することは、色cの量に依存する追加の混合項 $2 K * c$ を伴う。即ち、これは、異なる最終的にレンダリングされる色をもたらす。時に、色は、優先傾向に応じて、過度にパステル調、漫画調、又は、高度に飽和された状態であることがある。これを補正することを試みるために使用することのできる彩度スライダがある。これを明示的に使用して、ピクチャになんらかの（追加の）見た目をもちたらず人もいる。例えば、夜の街灯の下の霧がかかった道があるとする。自然な状態よりも幾分、彩度を上げて、クリスマスらしい黄色い見た目をピクチャに与えてもよい。高度に飽和されたグランジプロファイルといった極端なプロファイルを好む人もいるが、本発明の説明では、より自然な色を選択する場合に焦点を合わせる。いずれの場合でも、色を、全画像のすぐ上（及び連続画像のショット上で一定のビデオ）のその3つの比色分析座標内に入れることは、必ずしも、簡単なタスクではない。色変換を規定する方法にも依存して、特に、評価者が幾分ワイルドなトーンマッピング関数（恐らく、視野内の複数のカメラからの部分プログラムの補正のように、ほぼ等しい色域での通常の色補正下では、大抵、生じないが、幾つかの重要な輝度サブレンジを有する高度に広がった輝度レンジが、非常に異なる能力のディスプレイ色域にマッピングされなければならない場合には発生する可能性が高い）を適用することを希望する場合、色が、その後容易に補正することができない程度に変にならないように注意しなければならない。L D RからH D Rにトーン/色マッピングするためのレガシーL D R + メタデータとして符号化されたH D Rの本発明の例（「L D R コンテナ」H D R符号化と呼ぶ）では、H D Rマスタグレードに対応するL D R画像を作成する場合、その色が、マスタグレードから異なり過ぎず、また、ある整合品質基準又は戦略に従って可能な限り同様であること（例えば、L D Rディスプレイの色域が許可する限り、少なくとも暗い色が両方のディスプレイ上で同じにレンダリングされること）を確実にする必要がある。

【 0 0 4 6 】

したがって、多くのシナリオにおいて、著しい色の変化を画像にもたらさない、例えばL D RからH D R画像への変換が非常に望ましい。これは、しばしば、行うことが非常に困難であり、特に、ほとんどの従来技術のアプローチは、様々な輝度ダイナミックレンジ間で変換する際に、色の歪みをもたらす傾向があり、これらの歪みは、後で対処される必

10

20

30

40

50

要がある（又は、対応する劣化を受け入れなければならない）。

【0047】

図2は、一般的に、方法の中核となる挙動を可能にする本発明の実施形態の大部分を対象とする画像色処理装置201がどのように見えるのかを概略的に示す。当業者であれば、この中核となるモジュール部が、例えば画素色を記憶又は供給する様々な他のモジュール、マッピングされた色又は少なくともその（出力され、マッピングされた）輝度 L^* 等を使用するユニットに連結し、また、これらの基本ブロックは、プロセッサ上で実行されるソフトウェアプログラムとして、例えば一体化されて実現されることは理解されよう。トーンマッピング決定ユニット202が、現在の画素に対する入力又は基準トーンマッピング TM^* を決定する。より単純な実施形態では、この入力/基準トーンマッピングは、通常、マッピングされる入力画像の物体の輝度値がどのように分散されるのかに基づいて決定されてもよく、また、画像（又は複数の画像のショット等）に対し、グローバルマッピング関数を有してもよい。したがって、入力トーンマッピングは、個々の画素に特有ではないが、例えば1枚の画像若しくは画像のセットの領域、画像全体、又は、画像の全グループといった複数の画素についてのダイナミックレンジ変換の基盤となるマッピングであってよい。入力トーンマッピングは、個々の色度に特有ではないが、複数の様々な色度についてのダイナミックレンジ変換の基盤となるマッピングであってよく、また、特に、色度と全く無関係であってよい（及び、輝度の関数だけであってよい）。したがって、入力トーンマッピングは、入力輝度と出力輝度との間の関係を規定する基準関数であってよい。

10

20

【0048】

本発明の方法の実施形態の教示内容によれば、このマッピングを、様々な有色（例えば色相、彩度）のサブレンジに対して（例えば、入力 (x, y) 色度の値あたりに）新しいマッピングに変換する。したがって、このアプローチでは、色度に特有ではない入力トーンマッピングが、特定の色度値又はレンジに特有の調節されたトーンマッピングに適應される。調節されたトーンマッピングは、具体的には、入力トーンマッピングの特徴（例えば、入力及び出力輝度に関する曲線の形状又は変化に関して）を反映したものであるが、変換されている画素の色度の特定の特征に適合するように調節されているものである。特に、調節されたトーンマッピングは、変換されている画素の色度に可能な最大輝度を示す値/量/パラメータに依存して生成される。したがって、画素に適用される調節されたトーンマッピングは、（例えばLDRデータと共に受信されるメタデータによって規定される）入力トーンマッピングだけでなく、個々の画素の特定の特征も反映する。このアプローチは、特に、様々なダイナミックレンジの輝度間に所望の変換をもたらすために使用される一方で、これが、色の歪みをもたらさないことを確実にし、したがって、色補正後処理を必要としない。したがって、退色のない、向上された輝度変換が、多くのシナリオにおいて達成される。

30

【0049】

当然ながら、本発明の方法は、場合によっては、より複雑なトーンマッピングストラテジでも機能する。幾つかのトーンマッピングストラテジが規定されており、例えばトーンマッピングは、例えば画素が画像のうちどの領域から来たものであるのか等に基づいて決定されてもよい。典型的に、実施形態の構成では、例えば (x, y) 値である色符号化色域の特定の有色領域について最適化されるべき入力/基準トーンマッピング TM^* は、例えば画像全体に対して評価者によって（予め）作成されていてもよい少なくとも1つの供給されたトーンマッピング TM に依存する（例えば、主に明るい領域を明るくし、又は、あまり明るくない領域を暗くする、係数 $g_{am} > 1$ を有するガンマ関数）。「予め作成した」とは、読者は、これは、画像色処理装置201がグレーディングハウスにおけるグレーディングエンジンの一部を形成する場合は同じ瞬間であってよいが、 TM は、例えば装置201が例えばテレビジョン又はディスプレイの一部を形成する場合、例えばBDディスクといった例えば取り外し可能なメモリから、又は、ネットワークを介して来てもよく、また、トーンマッピング TM は、何か月も前に決定されていてもよいことは理解でき

40

50

よう。1つのトーンマッピングTMしかない場合、当該トーンマッピングTMは、トーンマッピング変形ユニット203に（入力トーンマッピングTM*として）直接送信され、トーンマッピング決定ユニット202を任意選択的なユニットにしてもよいが、以下に説明されるように、様々な色度（ x, y ）に対し、幾つかの（少なくとも1つの追加の）トーンマッピング関数（即ち、一般的に、ストラテジ）が決定される複数の実施形態がある。この決定は、ユニット201によって行われる。したがって、入力トーンマッピングTM*が、考慮されかつ利用可能な唯一の基準トーンマッピングである実施形態もあれば、入力トーンマッピングTM*が、複数の可能な基準トーンマッピングから選択される実施形態もある。

【0050】

トーンマッピング変形ユニット203は、具体的には、調節されたトーンマッピングと呼ばれる新しいトーンマッピングを決定する。調節されたトーンマッピングは、正規化されたディスプレイ色域（又は正規化されていない等価実施形態の場合では、2つの色域のより制限された色域）における、処理される画素色の（ x, y ）値の最大可能輝度、即ち、 $L_{max}(x, y)$ に従って整形される。具体的に、トーンマッピング関数は、入来輝度 L （正規化表現では $[0, 1]$ の範囲に収まることが知られている）に関連して再整形され、それにより、トーンマッピング関数又はその入力パラメータ L に（部分的に又は完全に）適用されようとされまいと、同様の挙動を実現することができる。

【0051】

図3に、どのようにこのトーンマッピング曲線整形を実施できるのかについて1つの単純な可能な例を説明する。

【0052】

最初に輝度（又はルマ）を決定し、次に、（通常は、第1のステップにおいて起きた誤差を補正するために）色を修正する、高又は低輝度ダイナミックレンジの画像を生成する（即ち、異なるピーク明度と共に使用される）トーンマッピング方法とは対照的に、本発明の方法は、通常、例えば（ x, y ）である色の色彩部で開始し、これをそのままにする（したがって、画像物体の色彩の見た目はすでに大きく正しい）。したがって、出力色/画素の色彩部は、入力と同じであるように選択される。したがって、出力の（ x, y ）は、入力の（ x, y ）と同一になるように設定される。システムは、次に、当該色の輝度を、色度（ x, y ）を一定に維持する（これは、容易にできる。画素色の L 成分を一次的に変更すればよいだけである）という制約下で変更する。したがって、 x, y, Y 表現では、出力の x, y は、入力の x, y と等しいように設定され、出力の Y は、調節されたトーンマッピングに基づいて、入力の Y から生成される。

【0053】

当然ながら、当業者であれば、例えば、評価者が、どんな理由であれ、更なる色調整を行いたい場合に、本発明では、色度を絶対に変えないというこの開始原則から離れることも可能であることを理解できるであろう。しかし、通常は、本発明の方法は、処理後の出力色度（ x, y ）*を入力色の（ x, y ）に等しく保ちつつ、元の輝度から最終輝度にマッピングする（ L から L^* 、例えば L_LDR から L_HDR ）ことによって新しい色が決定され、また、任意選択的に、所望される場合には、（ x, y, L^* ）が、色の色彩の見た目を修正するために更なる色変換行程が行われるように機能する。

【0054】

次に、評価者が、画像（又は動画におけるシーンの連続画像のショット）に対し、単一のトーンマッピング関数301を決定したと想定する。当該トーンマッピング関数は、例えば無彩色の色挙動（即ち、 L_LDR として $[0, 1]$ の範囲、 L_HDR として $[0, 1]$ の範囲に延在する L 軸上のグレイ）に大きく依存して決定される。この例示的な関数は、暗い領域について、最初は小さい勾配を有する。これは、HDRの最終的にレンダリングされる輝度は、2つのディスプレイの最大又は所望最大明度の係数 $PEAKBRIGHTNESS_HDR/PEAKBRIGHTNESS_LDR$ による符号化に比べて増加され、また、レンダリング品質基準として、これらの暗い色が両方のディスプレイ上

10

20

30

40

50

で（ほぼ）同じに見えることを希望することによる。後に、より明るい色（例えば、カメラが設置されていた比較的暗い部屋の窓を通して見た日のよく照る屋外のシーンの色）について、傾斜が急になっていくマッピングで色を強化し始めて、これらの色を、HDRディスプレイにおいて比較的明るくする。この例では、例えば快適さのためにはHDRディスプレイ上で明るすぎる光があると見なし、したがって、この例では、HDRディスプレイをその最大可能な明度で駆動するのではなく、トーンマッピングは、最も明るい画像領域について、少しレベルオフされた。このような入力又は基準トーンマップの一例が、図3に、曲線301によって示されている。したがって、図3のトーンマッピング/関数301は、説明されているアプローチでは、特定の色度（ x, y ）の特徴に適應された一般的トーンマッピングである。したがって、トーンマッピング特徴は、すべての色度について10のマッピングにおいて反映されることが望ましい。しかし、幾つかの色度では、最大可能輝度は、色域（即ち、白色）の最大輝度よりも実質的に低く、したがって、曲線301がトーンマッピングに直接使用された場合に、曲線のサブセットしか使用されない。例えば、飽和した赤では、低及び中間輝度レンジの特徴しか使用されず、高レンジの漸減（tailing off）は、変換において反映されない。

【0055】

問題は、例えば $L_{in} = 0.6$ である現在実行されている画素色の入力輝度に対する出力輝度 L^* を決定するために使用される、各特定の（ x, y ）について本発明に係る優れた新しいトーンマッピング302を得るために、どのように、単純で例示的な方法で、このトーンマッピング関数301を整形できるか、ということである。単純な線形乗算によって当該関数を広げることができ、これにより、当該関数は、入力色が輝度 L として最大許容値を有する場合、出力 L_{HDR} として、当該（ x, y ）に対し最大許容輝度値 $L_{max}(x, y)$ をもたらす。曲線301の終点が（1.0, 1.0）で、色域の端における現在の画素の $L_{max}(x, y)$ は、0.8である場合、曲線が（0.8, 0.8）で終端するように、当該曲線を圧縮することができる。マッピングされるべき入力色は、当該色度について0.8よりも高い輝度を決して有することができないが、0.8よりも低い輝度（例えば0.6）を有することができることは既知であるため、そのような線形にスケールされた関数は、低い輝度について、0.8よりも上の L_{HDR} は決してもたらさないことが分かる。したがって、クリッピングが生じないという事実に対処している。このクリッピングは、通常、深刻な色アーチファクトをもたらす。20

【0056】

したがって、一例として、図3では、曲線301は、入力色の色度の色域における最大輝度に合うように修正される。当該例では、入力及び出力色域は、同じ色度を有する原色に基づいているので、各色度に対する相対最大輝度は、同じである。例えば当該例では、考慮される色の最大輝度は、色域における（例えば白色の）最大輝度の0.8である。したがって、曲線301は、曲線の端点が、当該色度の最大輝度（即ち、この特定例では、（0.8, 0.8））にあるように調節される。図3に、このような調節されたトーンマッピング302の一例が示されている。30

【0057】

調節されたトーンマッピング302は、具体的には、入力トーンマッピング301に対応する形状を有するが、特定の色度について可能な輝度に対応するレンジに圧縮されている。結果として、輝度変換は、入力トーンマッピングの一部の特徴を反映するだけでなく、曲線全体の特徴も反映する。したがって、このアプローチは、輝度変換によってクリッピングが導入されない（したがって、色度は変わらない）ことを確実にするだけでなく、例えば変換に関する評価者の優先傾向と一致した変換を可能にする。40

【0058】

このアプローチに関連する問題は、装置201及び方法の様々な実施形態においてどのマッピング関数が望ましいのか、ということである。例えば任意の可逆的（即ち、 L_{LDR} 及び L_{HDR} の1対1のマッピング）関数を使用してもよい。この場合は、HDRからLDR、LDRからHDRにマッピングすることができる（しかし、本発明の幾つか50

の実施形態は、例えばLDRからHDRに変換することが望まれる応用において、不可逆的関数を使用してもよい。これは、何らかの理由で、幾つかの異なるLDR色が同一のHDR色にマッピングされる場合に容認可能であるが、これは、通常、視覚的な品質基準から、あまり好適ではない。例えば、([0 , 2 5 5] 記述法で記述する場合) $L_LDR = 0$ を $L_HDR = 1$ に、1を3に、2を2に、4を5に、6を12に、7を8に等マッピングする離散関数は、可逆的である。しかし、より好適には、単調関数(つまり、単調に増加する関数)を使用する。これにより、LDR及びHDR画像における色間の輝度のオーダーは(あまり)変わらない。また、幾つかの変形は、あまり大きくは、両方のピクチャにおいて連続する色の差分又は割合の変更を望まない場合もある。しかし、マッピング関数は、一次の連続である必要はない(即ち、例えば128から200、129から202、130から1000、及び、131から1002といった不連続マッピングであってもよい)。しかし、幾つかの実施形態は、例えば、べき関数のセグメントから構成される(例えば多重線形、多曲線スプライン)か、又は、同様の形状を有する連続関数を使用し、これらの関数は、制御点をドラッグする評価者にとって生成される。又は、評価者は、幾つかの制御点を描き、関数が、これらの間で内挿されてもよい。通常、関数は、画像内の重要な色領域に何らかの局所的挙動を実施し、それにより、その領域を明るくする、及び/又は、その領域のコントラストを修正する。したがって、関数の局所勾配は、ゼロにならない限り、かなり多く変動してもよい。ゼロになると、関数は可逆でなくなる。評価者は更に、例えば傾斜が強くなるガンマ関数($gam = 1.2, 1.5, 2, 2.5, 3, \dots$) 間でトグルするボタンを使用しても、又は、S字型曲線等のような局所的圧縮曲線をデザインしてもよい。このアルゴリズムは、一定数の比色分析特性によって、(特に、使用するマッピング関数の選択を制限する場合に)申し分なく機能する。

【 0 0 5 9 】

主に輝度仕様に焦点を合わせる従来技術のアルゴリズム(即ち、最初にこれを調整し、次に、色度の歪みに対処するために(x, y) * を修正する)では、例えば入力色($x, y, 0.6$) を($x, y, 0.28$) (色308)に変換する。しかし、本明細書において提示される本発明のアルゴリズムでは、($x, y, 0.37$) である出力色 Col_HDR が得られる。即ち、色度は、本質的に同じである。輝度は、幾分「オフ」であるが、少なくとも色は、同じに見える。基準及びテストが何であるかに応じて、色の明度は、(例えば画像内のインパクトを作成するために)例えば色相よりも重要であるが、本発明のLDR__コンテナ符号化のような多くの応用では、不正確な色相又は彩度を有することは、より深刻な問題となることがある(これは、何をレンダリングしているか(例えば顔)、どのような状況下にあるのか等にも依存する)。観察者は、元のシーンを見ておらず、色の絶対輝度が不自然に明るくならない限り、当該色の絶対輝度はあまり気にしない。画像内のランプが過度に明るい限り、HDR効果を既に有している。また、それは、同じ色符号化で駆動されると、いずれにしても、より明るい(10000ニト)又はより暗い(2000ニト)HDRディスプレイ上で異なって見える。特に重要なのは、多くの色は、LDRディスプレイ上では輝度的には異なって見える。これは、これらの色を、いずれにせよ、十分に明るくすることができず、したがって、各トーンマッピングアルゴリズムは、既に犠牲を払わなければならないからである。「すべての色は、その色度が何であれ、同一の輝度挙動を有するべきである」、即ち、すべての色の輝度マッピングは、無彩色軸について決定されたマッピング曲線によって決定される基準を成すものは、唯一の優れた基準である。次に、基準のうちの1つが正しいものであったとしても、色差(又は、実際には、通常は、輝度差)のフィールド310は、通常、既に小さくなければ、少なくとも色平面上を滑らかに変動する。このような滑らかな変動は、色空間が画像内に実際に存在する特定の物体によってまばらにサンプリングされていることを考えると、見分けることはすでに困難であるが、高速ビデオでは、不快なコースレベルの変動を有する場合を除き、観察者は、小さな色変化ではなく、ストーリーに集中する。人間の色覚はたった3つの錐体でシーン物体のスペクトル特質を推定するので、このような逸脱も許容される。これらの錐体は、数学的に完璧にデザインされているわけではないが、進化が動物をどのように

10

20

30

40

50

も変化させたように存在するようになった。したがって、完璧にオーバーラップするわけではないサンプリング領域では、脳は、同時に、色相だけでなく、明度及び彩度 (colorfulness/saturation) も正確に判断することが難しい。したがって、人間の視覚系は、時に、驚くほどに識別力があるが、他の状況では、実際には、色表現を少なくとも十分に妥当であるように判断する。更に、このストラテジは、脳によって、その色度に対応するスペクトル特徴によって単一のトーンマッピングされた/整形された照明を変調する局所的な色の物体として解釈される。これは、ディスプレイの色域の上方境界が、様々な色の物体が輝度に関してどのように挙動するのかに大体従うからである (即ち、例えば吸収によって光の一部をフィルタリングして除去する)。

【 0 0 6 0 】

したがって、このマッピングは、優れた比色分析結果を生成するだけでなく、実施するのが簡単である。この点は、(高速のリアルタイム表示グレーディング変化を行うことができる) 評価者側における装置、及び、例えばモバイルディスプレイといったディスプレイ又はセットトップボックスといった画像処理装置等の消費者製品 (価格破壊を考慮して、単純な画像処理 IC ブロックが所望される) において有用である。

【 0 0 6 1 】

相互依存性によって、関数のスケーリングは、軸のスケーリングと同等である。当然ながら、本発明の方法の最も一般的な形態では、関数は、暗い色に対応するその低い部分において更に変形される場合もあるため、必ずしも単にスケーリングされる必要はなく、ハイエンドが色域内で、即ち、通常、単調関数について色変換を行う限り、上の値 (原則としては、関数の引数及び結果の両方の上の値、即ち、 L_LDR 及び L_HDR であるが、例えば単純関数の代わりに変換ステップ規定を含む数学的マッピング手順の場合は、少なくとも最大可能な結果としてもたらされる L_HDR 。 $L_{max}(x, y)$ と等しいとまではいかなくとも例えば $a * L_{max}(x, y) + b$ に等しい入力が $L_{max}(x, y)$ にマッピングされる場合、非色域外挙動も実現するが、単純な実施形態は、 $a = 1$ 及び $b = 0$ を使用する) は、色度最大輝度 $L_{max}(x, y)$ のローカルと一致する。

【 0 0 6 2 】

図 4 は、規定したように (即ち、変形されておらず、スケーリングされていない) トーンマッピングを使用するが、 L_LDR の入力値をそれに変換することによって同じ挙動を実現する場合に、本発明の方法の色マッピングをどのように実現するかの一例を示す。比色分析における当業者は、例えば様々な可能な色処理装置 (例えば、出力 JPEG 画像を得るために当該方法が内蔵カメラに適用される場合のカメラセンサ部) において別の比色分析入力色仕様を使用するユニットをどのように交換又は置換するかは理解できよう。

【 0 0 6 3 】

画像データ源 401 が、画素色情報を、画像色処理装置 201 のこの実施形態に供給する。画像データ源は、例えば、メモリ、ネットワーク接続、例えばコンピュータグラフィック生成ユニットといった画像生成ユニット、又は、カメラセンサ等であってよい。1つの (一体にされた) 又は幾つか (第 1、第 2、第 3) の色空間変換器 402、403、404 が、通常は、(例えば色源が、例えば受信装置を介して衛星からの符号化されたテレビジョン信号である場合には $YCrCb$ といった) 開始色空間から、例えば非線形 $R'G'B'$ ($'$ は例えば 0.45 のガンマを示す) に、次に、線形 RGB に画素色を変換する (画素毎に、又は、画像地域情報等に基づいてもよい)。この線形 RGB は、有用な特性を有するため、当該線形 RGB では、処理を行いたい (しかし、本発明の方法は更に、或いは、例えば非線形空間においても機能するようにデザインされている)。画像分析ユニット 405 が画像を、この例では、例えば現在の画素の色を分析する。その 3 つの色成分 R 、 G 、 B から、ユニットは、 $maxRGB$ と呼ぶ最も高い色成分を決定する。したがって、当該色が、例えば正規化された座標 0.9、0.3、0.85 にある場合、 $maxRGB$ は、0.9 である。この $maxRGB$ 値は重要である。というのも、駆動値のうちの一つが、色変換後に、1.0 よりも高くなると、クリッピングが生じるからである。色誤差は、これらの値のうちの一つが、0.0 を下回っても生じる。また、本発明のアル

10

20

30

40

50

ゴリズムを、当該検討事項を頭に入れ、変更すべきところは変更して（例えばマッピング曲線の底部を位置合わせして）デザインすることができる。又は、値は、接地面（ $L = 0$ ）ではない下限面で色域を制限することに対応する、フロントスクリーン上の周囲照明を鑑みて、例えば 0.1 より高いと見なしてもよい。しかし、簡単にするために、 0 の周りの挙動は単純であると想定し、本発明のアルゴリズムを、色域の高輝度端における制限挙動のみで説明する。

【0064】

図4の例では、入力を表す色チャンネルの成分の最大値（ $\max RGB$ ）が決定される。即ち、この具体例では、 R 、 G 又は B の色チャンネルの最大成分が決定される。この値は、入力色／画素の色度に対する最大輝度を示す量であり、具体的には、現在の輝度と、クリッピングなしで色域において可能な最大輝度との比率である。例えば、値 $RGB = (0.9, 0.3, 0.85)$ によって与えられる入力色について、値 $\max RGB = 0.9$ とは、入力色の輝度が、可能な最大輝度の 90% であることを示す。実際に、これは、任意のクリッピングなしで当該色度に対して可能な最大相対輝度増加は、 $1/0.9 = 1.11$ によるスケールアップであることを反映する。したがって、当該色度を有する入力色の最大輝度は、 $(1, 0.33, 0.94)$ である。したがって、 $\max RGB$ 値は、この色度に特有の調節されたトーンマッピングを生成するように入力トーンマッピングを適応させるために使用される量を提供する。

10

【0065】

図4の具体例では、調節されたトーンマッピングへの入力輝度は、第3の色空間変換器404からの輝度 L であり、出力色について結果として得られる調節された輝度は、値 L^* であり、これは、入力トーンマッピング及び $\max RGB$ 値の両方に依存する。したがって、調節された出力輝度 L^* は、入力トーンマッピング、 $\max RGB$ 値及び入力輝度に依存する。

20

【0066】

図4の具体例では、調節されたトーンマッピングは、入力トーンマッピングに基づいているが、入力トーンマッピングの入力及び出力の値を共にスケールアップすることによって適応されている。実際に、まず、入力輝度 L が、第1のスケール406内の第1のスケール係数によってスケールアップされて、スケールアップされた輝度が生成される。次に、入力トーンマッピングが、トーンマッパー407において、スケールアップされた輝度に適用され、結果として得られる出力は、第2のスケール408内の第2のスケール係数によってスケールアップされて、調節された出力輝度 L^* が生成される。第1及び第2のスケール係数は、互いの逆数であり、したがって、第2のスケール408は、第1のスケール406の効果を相殺する。

30

【0067】

更に、第1及び第2のスケール係数は、色度に対する最大輝度の指示から決定される。この具体例では、第1のスケール係数は、色度に対する最大輝度の逆数に等しく、第2のスケール係数は、色度に対する最大輝度に等しい。したがって、実際上、当該アプローチは、色度に対する最大可能輝度に対して、入力輝度の正規化を提供し、次に、入力トーンマッピングを正規化された輝度に適用する。第2のスケール係数は、次に、正規化を反対にするために、色度に対する最大輝度で結果を乗算する。全体的な効果としては、入力トーンマッピングは、色度に対する特定の最大輝度にスケールアップされる。例えば、当該アプローチは、図3における曲線301及び302に対し示されるスケールアップに対応する。この具体例では、色度に対する最大輝度は、 $\max RGB$ 値によって除算された入力輝度と計算される。

40

【0068】

したがって、当該アプローチは、本発明の通常のトーンマッピング曲線301を、画素の元の輝度 L ではなく、幾分修正された輝度 L^* に適用したいという考えに基づいている。当該輝度 L^* は、スケールアップされたトーンマッピング302が、元のトーンマッピング301を2の係数で除算することによって得られた場合は、例えば2の係数で乗算され

50

る。

【0069】

したがって、現在処理されている画素の輝度が、色域境界上にある（即ち、 L は、 $L_{max}(x, y)$ に等しく、例えば0.8である）場合、それに、スケールされた処理に適用する。即ち、入力/引数を、1.0であるかのように扱い、関数結果/出力を、1.0であるかのように扱うが、今度は、0.8にスケールされる。 L が、たまたま、スケールされた曲線に対する最大値の半分、即ち、0.4である場合、これを、スケールされた入力値 L_s が元の曲線301に対する最大値の半分、即ち、0.5であるかのように扱い、その値を見つけるべく関数出力を検索する。

【0070】

図4の例では、画像分析ユニット405は、 $maxRGB$ によって除算される現在の輝度 L であるスケール係数を計算する。本発明の幾つかの実施形態は、メモリ内にすべての $L_{max}(x, y)$ 値が記載されたテーブルを保持できるが、上記の利点は、例えば上部の色域平面の形状をモデリングするスプラインのパラメータといった当該形状について何も知る必要がない点である。これは、どれくらいの L が、 $maxRGB$ 値からその最大値 $L_{max}(x, y)$ に増加できるのかを決定することができるからであり、この増加は、 RGB 及び xyL といった線形空間（ L が線形であるだけで十分である）における簡単なスケール演算である。例えば、 $L = 0.4$ であることが分かっている。これは、色域境界上の色まで、依然として大幅に増加されることが可能である色からの局所範囲 $[0, L_{max}(x, y)]$ における任意の色であってよい。しかし、今度は、例えば、 $maxRGB$ は、0.5であり、当該色（色相、彩度、又は x, y ）に対して、実際には、 R が3原色のうち最も高い。即ち、当該色を作るためには、当該原色の大部分を必要とし、即ち、当該色の輝度 L を上げる際に、最初にクリップする。線形 R を依然として2倍増加できることは分かっているので、 L を2倍、増加することができる（これは、同じ重みを有する R, G, B のその線形結合であり、ブースト係数が加算以外の乗数とすることが可能だからである）。したがって、画像分析ユニット405は、最初に、局所 $L_{max}(x, y)$ が、 $2 * 0.4 = 0.8$ に等しく、次に、実際の画素輝度は、（色/トーンマッピングの出力結果として）可能な輝度のレンジの中間にあると計算する。したがって、トーンマッパー407内で、当該関数を、中間 $[0, 1]$ である入力に適用する。今度は、明らかに、0.4である元の L は、中間にはない。したがって、 L が、 $[0, 0.8]$ レンジ上で規定される L からの $[0, 1]$ レンジ上のスケールされた輝度 L_s の正しい値となるように、第1のスケーラー406で L をスケールする。これは、例えば得られた値 $L / maxRGB$ で除算することによって行うことができる。実際には、 $maxRGB$ を入力としてトーンマッピング関数301に単に適用してもよい。何故なら、 $L / (L / maxRGB) = maxRGB$ であることにより、 $[0, 1]$ レンジ上の正しい入力位置をもたらすからである。したがって、トーンマッパー407は、当該 $0.5 L_LDR$ 入力に対する L_HDR 値を得る。次に、当然ながら、第2のスケーラー408が、レンジ $[0, 0.8]$ へと実際のスケールをする必要がある。何故なら、そうしなければ、例えば明るい端に対し非常になだらかな傾斜を有するトーンマッピング関数301を有することになり、この関数は、0.4よりも上の入力に対し、0.9を優に上回ったままとなり、依然としてクリッピングを有するからである。したがって、第2のスケーラー408は、スケールされた出力 L^*s を、再び、局所輝度レンジ $[0, 0.8]$ 、又は、実際には $[0, L_{max}(x, y)]$ にスケールして、クリッピングのないレンジ内の最終 L^* をもたらす。例えば、0.4が、 $m^*0.4$ となり、 $L^*s = 1.0 - d$ の出力をもたらすと、最終結果は、 $(1.0 - d) / m = (1.0 - d) * L_{max}(x, y) < L_{max}(x, y)$ となる。

【0071】

最後に、色空間変換器409が、 (x, y, L^*) 鮮明度からの画素色を、例えば出力非線形 RGB トリプレット $R'G'B'$ である、用途に望まれるどのような鮮明度にも変換する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 2 】

当業者であれば、この原理は、多くの方法で実現されることを理解できるであろう。また、幾らかの優先傾向を有する実施形態は、可能な限り計算量が少ない実施形態である。図5に示されるように、線形RGB色符号化に演算を行い、例えば色変換器409を回避することによって、計算回数を少なくする。装置201のこの実施形態は、基本的に、上部においては、同じことを行う。即ち、スケール係数 $L_{max}(x, y)$ を決定し、トーンマッピングされた L^* 値を得る。この実施形態では、スケール係数を決定するためにすべての計算を行っていた画像分析ユニット405が、別々のmaxRGB計算器505と除算器502とに分けられている。更に、xyYにフル色変換を行うのではなく、情報はR、G、Bに内在していることから (x, y) はあまり必要ではないため、輝度決定ユニット501が、 $a^*R + b^*G + c^*B$ を計算すればよい。ここで、 a 、 b 、 c は、(基準)ディスプレイによって使用される、例えばEBU原色である原色の所定の定数関数である。上記の通り、今度は、maxRGBが、曲線301を使用するトーンマップパー407への入力である。スケーラー408による最終スケーリングの後、正しくスケーリングされ、変換された輝度 L^* が得られる。

10

【 0 0 7 3 】

図4と比べて新規なのは、利得係数を計算する利得決定ユニット510である。ここでも、RGB空間の線形性によって、また、入力された色の色度(即ち、色相及び彩度)が変更されないので、輝度変化は、利得 g での増加に過ぎず、当該利得は、画素の線形RGB成分にも直接的に適用される。即ち、利得は、元の入力色の輝度 L によって除算された最終色の輝度 L^* に等しくなり、乗算器511(即ち、並列している3つの乗算器)が、R、G及びBを、それぞれ、同じ g で乗算して、 RGB^* 、即ち、線形出力色符号化が得られる。

20

【 0 0 7 4 】

より詳細には、図5のアプローチは、 $L / (L / \max RGB) = \max RGB$ という事実を利用し、したがって、maxRGB値を、トーンマップパー407の入力トーンマッピングに直接的に適用する。これに応じて、トーンマップパー407は、調節された輝度を生成する。出力される調整された輝度は、次に、当該値を、第2のスケーラー408内で、適切なスケール係数によってスケーリングすることによって生成される。このスケーリングのためのスケール係数は、色度に対する最大輝度として生成され、具体的には、maxRGB値によって除算される入力輝度 L として生成される。したがって、第2のスケーラー408のスケール係数は、入力輝度と、色チャンネル成分の最大値、即ち、maxRGB値とに依存する。

30

【 0 0 7 5 】

当然ながら、図4及び図5のアプローチは、同等であり、本質的には、同じ処理となるが、実施態様が異なる。具体的には、両方の例について、調節された出力輝度 L^* は、入力輝度 L と、色度に対する最大輝度を反映する量(例では、maxRGB)とに依存して生成され、また、基礎となっている基準又は入力トーンマッピングに基づいていることに留意されたい。したがって、両アプローチは、色域における入力色の色度に対して可能な最大輝度を示す量に応答して入力トーンマッピングから生成される調節されたトーンマッピングを使用して、入力輝度 L から調節された出力輝度 L^* にトーンマッピングを行う。

40

【 0 0 7 6 】

更に、図4及び図5のアプローチは、入力色の2つの異なる色表現からの入力データを使用するものと見なすことができることに留意されたい。色の輝度は、xyL表現といった色度及び輝度表現における入力色の表現の輝度に対応する(また、当該色の輝度は単なる色チャンネル成分値ではない)。入力トーンマッピングの適応は、色チャンネル表現、具体的には、RGB表現の色チャンネルの最大成分値に基づいている。通常は、入力色は、1つの表現でのみ提供される。したがって、装置は、必要に応じて、様々な形式間で変換するための変換器を含む。

【 0 0 7 7 】

50

図5の例では、入力色は、色チャンネル表現、具体的には、RGB表現で提供される。同様に、出力色も、同じ色チャンネル形式（即ち、RGB表現）で提供される。xyY*形式からRGB形式に、トーンマッピング結果の表現を変換するのではなく、図5のアプローチは、入力色のRGB表現をスケールリングすることによって、出力色のRGB表現を直接的に生成する出力回路を含む。

【0078】

具体的には、当該出力回路は、調節された出力輝度 L^* と入力輝度 L との比率を生成するように処理を進める利得決定ユニット510を含む。この比率は、調節されたトーンマッピングに応じて入力輝度が増加されるべき量を示す。なお、輝度は、様々な色域における最大輝度に対する相対輝度であるため、決定されるスケール係数は、入力と出力との間でのダイナミックレンジの変化を本質的に反映する。

10

【0079】

RGB表現の線形性に起因して、出力色のRGB表現は、したがって、決定されたスケール係数 g によって、RGB色チャンネル成分のそれぞれを個別に乗算する乗算器511によって生成される。結果として、乗算器511の出力は、入力色とまったく同じ色度と、調節されたトーンマッピングによって決定された輝度とを有する出力色である。

【0080】

図6は、本発明の一実施形態を使用する2つのサブシステムを含む本の一例であるネットワークータルシステムを示す。第1のサブシステムは、コンテンツクリエイタの場所にあるグレーディングシステムである。色グレーディング装置601が、画像メモリ602から原画像又はビデオを取り出す。原ビデオは、例えばARRI又はREDといったデジタルカメラによって捕捉される。評価者は、マスタHDR画像（ノビデオ）を得るために、一次色補正を行い、また、例えばLDR__コンテナ原則に従って、マスタHDR画像を、8又は10ビットMPEG圧縮最終画像 I_m にトーンマッピングすることによって、LDR画像も作成すると想定する。このトーンマッピングは、本発明の画像色処理装置201の第1の実施形態2011によって行われる。当該実施形態は、例えば他の作業も行うように構成される色グレーディング装置のソフトウェアモジュールとして具現化されてもよい。このために、色評価者603は、少なくとも1つのトーンマッピング関数（TM）（又はアルゴリズム）301を決定する。当然ながら、本発明の方法は、評価者なしで、完全に自動化された変換ストラテジでも機能する。ここでは、例えばトーンマッピング関数は、画像の統計的分布、局所テクスチャのコントラストといった極小特性等を分析することによって決定される。（LDR）画像 I_m と、任意選択的にトーンマッピングM自体も、第2の画像メモリ610内に記憶される（これは、LDR画像 I_m がHDR画像のLDR__コンテナ符号化されたバージョンである場合に、正確にHDRマスタグレードを、再度、得るために有用かつ必要な情報を、トーンマッピング自体が含むからである）。幾らか時間が経過した後に、この画像データ（ I_m と任意選択的にTM）は、例えば衛星621及びアンテナ620、623を介して、画像ノビデオブロードキャスト624に通信される。当該ブロードキャストは、その希望時間に、例えばケーブルを介して、又は、或いはインターネットを介するビデオオンデマンド等で、画像又はビデオをエンドユーザに送信する。観察者側におけるサブシステムでは、画像処理装置650が、画像 I_m と、場合によってはトーンマッピングTMとを入手する。例えば現在はLDRである画像 I_m を、例えばテレビジョン又は映画投射システム等であるHDRディスプレイ651を駆動するのに適したHDR画像に変換するために、当該画像処理装置は、その独自の新しいトーンマッピングTM__2を決定すると想定する。画像処理装置650は、例えば画像色処理装置201の上記した実施形態のいずれであってもよい第2の実施形態2012を含む。当該装置は、下位部分として、データフォーマット613の一般的な変形を含む符号器又は送信器を含むものとして示される。当業者であれば、これは、多くの形態、例えば画像ノビデオ圧縮をHEVCといったデータに適用する、例えばデータがデータ担体上に保存されているか又は何らかのデータ通信チャンネルを介して送信されたかに依存して例えばチャンネル符号化といったフォーマット化及び更なる符号化を行うといったように、例えば

20

30

40

50

画像又はその画素の色符号化を更に符号化又は体系化する方法を有することができることは理解できよう。受信ユニットの一部として、データ抽出器 652 も示す。当該データ抽出器は、最終的には所望の画像形成につながる任意のユニット又はユニットの組み合わせであってもよく、即ち、当該データ抽出器は、復調ユニット、画像/ビデオ展開ユニット、リフォーマット化ユニット、画像処理ユニット等を物理的に含んでもよい。

【0081】

本発明の方法の概念の他の可能な変形を幾つか示すために、図7を用いて、当該方法が、様々な (x, y) タプレット(tuplet)に対する複数のトーンマッピングとどのように働くかを示す。この1つの可能な例では、評価者は、今度は、上記の単一のトーンマッピング曲線の例とまったく同様に、自然に近い(L軸付近の)色領域に対してトーンマッピング曲線 TM_A をデザインしている。しかし、青色がかった色では、より良い色をもたらすためにトーンマッピング TM_B を検討する。次に、評価者は、例えば色相 $h[h_1, h_2]$ 間であり、彩度限度 s_L に対応する色領域に対する第2の曲線を規定する。この人間による仕様から開始して、画像色処理装置201は、今度は、自動的に、各 (x, y) について望まれるトーンマッピングを決定する。例えば、画像色処理装置は、色相セクタ $[h_1, h_2]$ 以外のすべての色 (x, y) については、 TM_A を使用し、 s_L を下回る彩度については、セクタ内の連続性のために補間されたトーンマッピング TM_I を使用し、 s_L を上回るセクタでは外挿を使用する(例えば、どこにでも TM_B を使用する)(又は、より連続的な挙動が所望される場合は、色相環の周囲の部分の有するセグメントの内側又は外側の境界付近では小さい内挿を使用してもよい)。当業者であれば、内挿関数を導出する方法が多くあることは理解できよう。例えば $TM_I(s) = a(s) * TM_A(s) + b(s) * TM_B(s)$ であり、ここで、両関数の出力結果間の重み付け係数は、彩度に依存し、したがって、色相セクタの下方の彩度部では、関数的に変動する。いずれにせよ、ローカルのトーンマッピング TM_I 等を有すると、まったく同じ方法が、クリッピングが生じないように、色域内のローカルで利用可能な輝度レンジを適切にスケールリングすることによって、上記の通りに使用される。

【0082】

このテキストにおいて開示されるアルゴリズムコンポーネントは(その全体又は部分的に)、実際には、ハードウェア(例えば特定用途向けICの一部)として、又は、特殊デジタル信号プロセッサ若しくは汎用プロセッサ等上で実行されているソフトウェアとして実現される。これらは、少なくとも幾つかのユーザ入力(例えば工場内で、消費者によって、又は、他の人間によって入力されることによって)存在する/しているという意味で、半自動化されている。

【0083】

当業者は、本発明の表現から、どの構成要素が任意選択的な改善点であり、また、他の構成要素と組み合わせて実現可能であるか、また、どのように本発明の(任意選択的な)ステップが装置の各手段に対応するか(又はその反対も)は理解できるであろう。幾つかの構成要素が、本発明において、(例えば特定の構成にある単一の図面において)特定の関係で開示されるということが、他の構成は、本明細書において特許を求めべく開示される同じ発明の考えの下の実施形態として可能ではないことを意味するものではない。更に、実利的な理由から、限られた範囲の例のみが説明されているということも、他の変形が、請求項の範囲に含まれないということの意味するものではない。実際には、本発明の構成要素は、任意の使用の連鎖に沿って様々な変形に具現化されることが可能である。例えば、符号器といった作成側のあらゆる変形は、例えば復号器である分解システムの消費者側における対応装置と同様である又は当該装置に対応し、また、その反対も同様である。実施形態の幾つかの構成要素は、符号器と復号器との間で、任意の伝送技術による伝送又は調整といった更なる使用のための信号内の特定の信号データとして、符号化される。本願における「装置」との用語は、その最も広い意味で使用される。即ち、特定の目的の実現を可能にする手段のグループとして使用され、IC(の小さい部分)、専用電化製品(例えばディスプレイを有する電化製品)、又は、ネットワークシステムの一部等であっ

てよい。「装置 (arrangement)」又は「システム」も、最も広い意味で使用されることを意図し、したがって、特に、単一の物理的で購入可能な装置、装置の一部、協働装置 (の一部) の集合体等を含む。

【0084】

コンピュータプログラムプロダクトの明示的意味は、プロセッサにコマンドを入力するため、本発明の特徴的な機能のいずれかを実行するための一連のローディングステップ (中間言語及び最終プロセッサ言語への翻訳といった中間変換ステップを含む) の後に、汎用又は特殊用途プロセッサを有効にするコマンドの集まりの任意の物理的な具現化を含むものと理解されるべきである。具体的には、コンピュータプログラムプロダクトは、例えばディスク又はテープといった担体上のデータ、メモリ内にあるデータ、ネットワーク (有線又は無線) 接続を介して運ばれるデータ、又は、紙面上のプログラムコードとして実現される。プログラムコード以外に、プログラムに必要な特徴データもコンピュータプログラムプロダクトとして具現化されてもよい。このようなデータは (部分的に) 任意の方法で供給される。

10

【0085】

本発明、又は、ビデオデータのように本実施形態の哲学に従って使用可能な任意のデータは更に、データ担体上の信号として具現化されてもよい。データ担体は、光ディスク、フラッシュメモリ、リムーバブルハードディスク、無線手段を介して書き込み可能なポータブルデバイス等である取り外し可能なメモリである。

【0086】

標準的なディスプレイ駆動といった周知の通常に組み込まれる処理ステップであるデータ入力ステップ及び出力ステップといった、任意の提示されている方法の動作のために必要なステップの幾つかは、本明細書において説明される (本発明の実施形態の特質を有する) コンピュータプログラムプロダクト又は任意のユニット、装置若しくは方法に記述されるのではなく、プロセッサ又は本発明の任意の装置実施形態の機能として既にあってもよい。例えば方法の任意のステップにおいて又は装置の任意の下位部分において関与する特定の新規の信号だけでなく当該信号の任意の新規の使用、又は、任意の関連の方法といった結果として得られるプロダクト及び同様の成果の保護を求める。

20

【0087】

なお、上記の実施形態は、本発明を限定するのではなく説明するものである。当業者は、提示された例のマッピングを請求項における他の領域に容易に実現することができるが、簡潔とするために、すべてのこれらの選択肢を詳細に言及していない。請求項において組み合わせられる本発明の要素の組み合わせ以外に、他の要素の組み合わせも可能である。任意の要素の組み合わせを、単一の専用要素として実現することができる。

30

【0088】

請求項における括弧内の任意の参照符号は、当該請求項を限定することを意図しておらず、また、図面における任意の特定の記号も限定を意図していない。「含む」という用語は、請求項に列挙されない要素又はステップの存在を排除するものではない。要素に先行する「a」又は「an」との用語は、当該要素が複数存在することを排除するものではない。

40

【 図 1 】

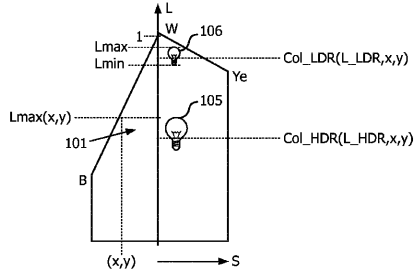


FIG. 1

【 図 2 】

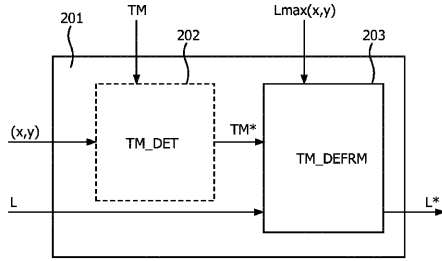


FIG. 2

【 図 3 】

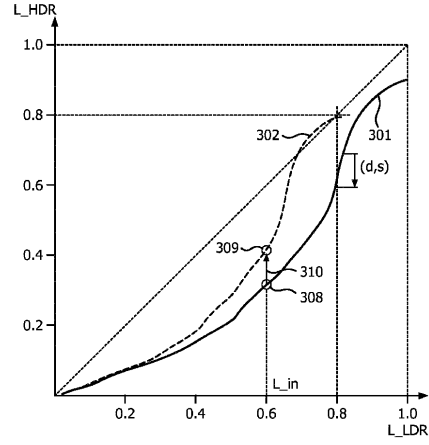


FIG. 3

【 図 4 】

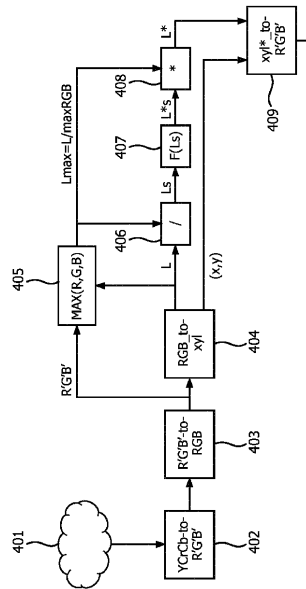


FIG. 4

【 図 5 】

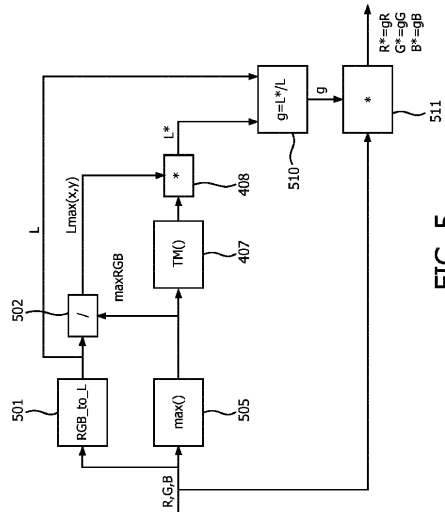


FIG. 5

【 図 6 】

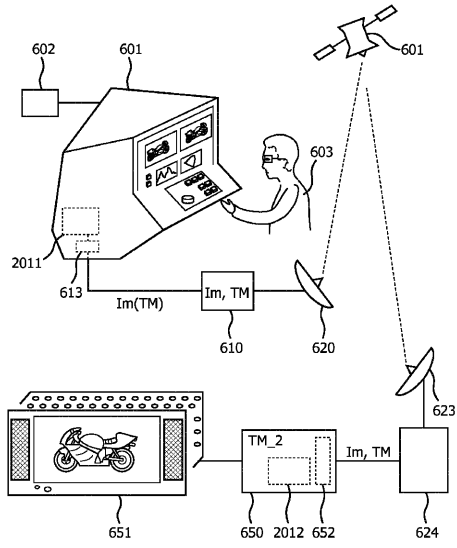


FIG. 6

【 図 7 a - 7 b 】

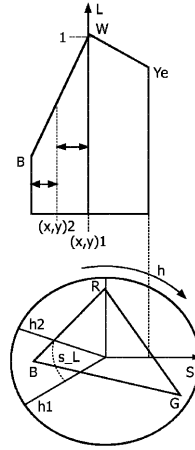


FIG. 7a

FIG. 7b

【 図 7 c 】

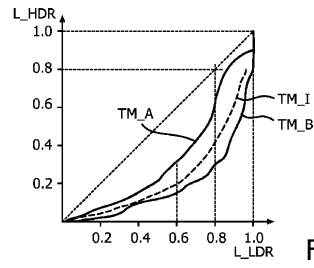


FIG. 7c

フロントページの続き

(72)発明者 バン ダー ヴルーテン レナートゥス ヨセフス
オランダ国 5656 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

審査官 佐藤 実

(56)参考文献 特表2012-520619(JP,A)
特開2008-067313(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T	5/00
H04N	1/407
H04N	1/46
H04N	1/60
H04N	9/64