

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6773659号
(P6773659)

(45) 発行日 令和2年10月21日 (2020. 10. 21)

(24) 登録日 令和2年10月5日 (2020. 10. 5)

(51) Int. Cl. F I
HO 4 N 19/85 (2014. 01) HO 4 N 19/85
HO 4 N 19/46 (2014. 01) HO 4 N 19/46

請求項の数 13 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2017-539653 (P2017-539653)	(73) 特許権者	518338149
(86) (22) 出願日	平成28年1月27日 (2016. 1. 27)		インターデジタル ヴイシー ホールディ ングス, インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2018-507620 (P2018-507620A)		アメリカ合衆国, デラウェア州 1980 9, ウィルミントン, ベルビュー パーク ウェイ 200, スイート 300
(43) 公表日	平成30年3月15日 (2018. 3. 15)	(74) 代理人	100079108
(86) 国際出願番号	PCT/EP2016/051706		弁理士 稲葉 良幸
(87) 国際公開番号	W02016/120330	(74) 代理人	100109346
(87) 国際公開日	平成28年8月4日 (2016. 8. 4)		弁理士 大貫 敏史
審査請求日	平成31年1月23日 (2019. 1. 23)	(74) 代理人	100117189
(31) 優先権主張番号	15305147.9		弁理士 江口 昭彦
(32) 優先日	平成27年1月30日 (2015. 1. 30)	(74) 代理人	100134120
(33) 優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁 (EP)		弁理士 内藤 和彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カラー・ピクチャを復号する方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ビットストリームからカラー・ピクチャを復号する方法において、

ビットストリームから取得される輝度 (L') 成分と色度 (U', V') 成分とを線形結合することによって、最終輝度成分 (L) を取得することと、

第1の成分 (Y) のダイナミックが前記最終輝度成分 (L) のダイナミックと比較して増加するように、前記最終輝度成分 (L) に対して非線形的ダイナミック拡張関数を適用することによって、前記第1の成分 (Y) を取得することと、

前記ビットストリームから取得された乗算ファクタ (') を前記第1の成分の平方根で除算することによって、正規化された乗算ファクタ ('Y) を取得することと、

前記色度成分 (U', V') および前記第1の成分 (Y) から、復号されるカラー・ピクチャの少なくとも1つの色成分 (RGB_{HDR}) を復元することであって、

前記色度成分 (U', V') に前記正規化された乗算ファクタ ('Y) を乗算することによって、中間色度成分

 $(\widehat{U}_r, \widehat{V}_r)$

を取得することと、

少なくとも前記2つの中間色度成分

 $(\widehat{U}_r, \widehat{V}_r)$

10

20

の平方と、前記 2 つの中間色度成分

$$(\widehat{U}_r, \widehat{V}_r)$$

の積との重み付けされた線形結合の平方根を算出することによって取得された第 2 の成分

$$(\hat{S})$$

および前記 2 つの中間色度成分

$$(\widehat{U}_r, \widehat{V}_r)$$

に色変換行列 (C) を乗算することによって、少なくとも 1 つの中間色成分

$$(\widehat{R\#}, \widehat{G\#}, \widehat{B\#})$$

10

を取得することと、

前記少なくとも 1 つの中間色成分

$$(\widehat{R\#}, \widehat{G\#}, \widehat{B\#})$$

の 1 つと前記第 1 の成分 (Y) の平方根の積を二乗することによって、前記復号されたカラー・ピクチャの少なくとも 1 つの色成分 (RGB_{HDR}) を算出することと、

によって行われる、前記復元することと、

を含む、前記方法。

20

【請求項 2】

前記少なくとも 1 つの中間色成分

$$(\widehat{R\#}, \widehat{G\#}, \widehat{B\#})$$

は、

前記 2 つの中間色度成分

$$(\widehat{U}_r, \widehat{V}_r)$$

の平方と前記 2 つの中間色度成分

$$(\widehat{U}_r, \widehat{V}_r)$$

30

の積との重み付けされた線形結合

$$(\hat{T})$$

を算出することと、

重み付けされた線形結合

$$(\hat{T})$$

が 1 より大きいかどうかをチェックすることと、

重み付けされた線形結合

40

$$(\hat{T})$$

が 1 以下である場合には、

1 から前記重み付けされた線形結合を減算した値の平方根を算出することによって、第 2 の成分

$$(\hat{S})$$

を取得することと、

前記第 2 の成分および前記 2 つの中間色度成分

$$(\widehat{U}_r, \widehat{V}_r)$$

に前記色変換行列 (C) を乗算することと、によって取得され、
重み付けされた線形結合

$$(\hat{T})$$

が 1 より大きい場合には、
第 2 の成分

$$(\hat{S})$$

10

を 0 に設定することと、
前記 2 つの中間色度成分

$$(\widehat{U}_r, \widehat{V}_r)$$

を前記重み付けされた線形結合

$$(\hat{T})$$

の平方根で除算することと、
前記第 2 の成分および一度除算された前記 2 つの中間色度成分

$$(\widetilde{U}_r, \widetilde{V}_r)$$

20

に前記色変換行列 (C) を乗算することと、によって取得される、
請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記非線形ダイナミック拡張関数は、前記カラー・ピクチャを符号化する際に取得された元の輝度成分に対して適用されたダイナミック減少関数の逆関数であり、前記第 1 の成分は、前記元の輝度成分と等しい、請求項 1 ~ 2 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 4】

前記正規化された乗算ファクタ (γ') は、前記元の輝度成分から取得されるバックライト値にさらに依存する、請求項 3 項に記載の方法。

30

【請求項 5】

前記第 2 の成分は、ルックアップ・テーブルを用いて求められる、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

ビットストリームからカラー・ピクチャを復号する装置において、

ビットストリームから取得される輝度成分と色度成分とを線形結合することによって、最終輝度成分を取得することと、

第 1 の成分のダイナミックが前記最終輝度成分のダイナミックと比較して増加するように、前記最終輝度成分に対して非線形ダイナミック拡張関数を適用することによって、前記第 1 の成分を取得することと、

40

前記ビットストリームから取得された乗算ファクタ (γ') を前記第 1 の成分の平方根で除算することによって、正規化された乗算ファクタを取得することと、

前記色度成分および前記第 1 の成分から、復号されるカラー・ピクチャの少なくとも 1 つの色成分を復元することであって、

前記色度成分 (U' , V') に前記正規化された乗算ファクタ (γ') を乗算することによって中間色度成分

$$(\widehat{U}_r, \widehat{V}_r)$$

を取得することと、

少なくとも前記 2 つの中間色度成分

50

$$(\widehat{U}_r, \widehat{V}_r)$$

の平方と、前記 2 つの中間色度成分

$$(\widehat{U}_r, \widehat{V}_r)$$

の積との重み付けされた線形結合の平方根を算出することによって取得された第 2 の成分

$$(\hat{S})$$

および前記 2 つの中間色度成分

$$(\widehat{U}_r, \widehat{V}_r)$$

10

に色変換行列 (C) を乗算することによって、少なくとも 1 つの中間色成分

$$(\widehat{R}\#, \widehat{G}\#, \widehat{B}\#)$$

を取得することと、

前記少なくとも 1 つの中間色成分

$$(\widehat{R}\#, \widehat{G}\#, \widehat{B}\#)$$

の 1 つと前記第 1 の成分 (Y) の平方根の積を二乗することによって、前記復号されたカラー・ピクチャの少なくとも 1 つの色成分 (RGB_{HDR}) を算出することと、

20

によって行われる、前記復元することと、

を行うように構成されているプロセッサを含む、前記装置。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つの中間色成分

$$(\widehat{R}\#, \widehat{G}\#, \widehat{B}\#)$$

は、

前記 2 つの中間色度成分

$$(\widehat{U}_r, \widehat{V}_r)$$

30

の平方と前記 2 つの中間色度成分

$$(\widehat{U}_r, \widehat{V}_r)$$

の積との重み付けされた線形結合

$$(\hat{T})$$

を算出することと、

重み付けされた線形結合

$$(\hat{T})$$

40

が 1 より大きいかどうかをチェックすることと、

重み付けされた線形結合

$$(\hat{T})$$

が 1 以下である場合には、

1 から前記重み付けされた線形結合を減算した値の平方根を算出することによって、第 2 の成分

$$(\hat{S})$$

を取得することと、

50

前記第 2 の成分および前記 2 つの中間色度成分

(\hat{U}_r, \hat{V}_r)

に前記色変換行列 (C) を乗算することと、によって取得され、
重み付けされた線形結合

(\hat{T})

が 1 より大きい場合には、
第 2 の成分

(\hat{S})

10

を 0 に設定することと、
前記 2 つの中間色度成分

(\hat{U}_r, \hat{V}_r)

を前記重み付けされた線形結合

(\hat{T})

の平方根で除算することと、
前記第 2 の成分および一度除算された前記 2 つの中間色度成分

20

$(\check{U}_r, \check{V}_r)$

に前記色変換行列 (C) を乗算することと、によって取得される、
請求項 6 に記載の装置。

【請求項 8】

前記非線形ダイナミック拡張関数は、前記カラー・ピクチャを符号化する際に取得された元の輝度成分に対して適用されたダイナミック減少関数の逆関数であり、前記第 1 の成分は、前記元の輝度成分と等しい、請求項 6 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 9】

前記正規化された乗算ファクタ (γ) は、前記元の輝度成分から取得されるバックライト値にさらに依存する、請求項 8 に記載の装置。

30

【請求項 10】

前記第 2 の成分は、ルックアップ・テーブルを用いて求められる、請求項 6 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の方法のステップをコンピュータに実行させるプログラム。

【請求項 12】

少なくとも請求項 1 に記載の方法のステップをプロセッサに実行させる命令を記憶した、プロセッサ可読媒体。

【請求項 13】

40

プログラムがコンピュータ上で実行されたときに請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の方法のステップを実行するプログラム・コードを担持する、非一時的記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示内容は、概ね、ピクチャ/ビデオの符号化および復号に関する。具体的には、限定するものではないが、本開示内容の技術分野は、画素値がハイダイナミック・レンジに属するピクチャの復号に関する。

【背景技術】

【0002】

50

この節は、読者に対し、様々な技術的な態様を紹介することを意図している。これらの技術的な態様は、以下に説明する、さらに／または、以下の請求項に記載する本開示の様々な態様に関連するであろう。この説明が本開示の様々な態様をより良好に理解しやすくするための背景情報を読者に対して提供するのに役立つと確信する。したがって、それぞれの記載は、この点に鑑みて読まれるべきものであり、先行技術を自認するものではないことを理解すべきである。

【0003】

以下において、カラー・ピクチャは、例えば、ピクチャ（またはビデオ）の画素値に関連する全ての情報およびピクチャ（またはビデオ）を視覚化および／または復号するためにディスプレイおよび／または他の装置によって使用される可能性のある全ての情報を規定する特定のピクチャ／ビデオ・フォーマットのサンプル（画素値）の幾つかのアレイを含む。カラー・ピクチャは、通常は、ルマ（または輝度）成分である、サンプルの第1のアレイの形状の、少なくとも1つの成分、さらに、サンプルの少なくとも1つの別のアレイの形状の、少なくとも1つの別の成分を含む。または、同じように、同一の情報が従来の三色のRGB表現など、色サンプル（色成分）のアレイの組で表されることもある。

【0004】

画素値は、 n 個の値のベクトルで表され、 n は、成分の数である。ベクトルの各値は、画素値の最大ダイナミック・レンジを規定するビットの数で表される。

【0005】

標準ダイナミック・レンジのピクチャ（SDRピクチャ）は、通常は、2またはfストップのパワーで測定される、限定されたダイナミックで輝度値が表されるカラー・ピクチャである。SDRピクチャは、10fストップ程度、すなわち、線形領域において、最高輝度の画素および最低輝度の画素の間の比率1000のダイナミックを有し、限定された数のビット（最も良く使用されるのは8または10ビット）を用いて、（HDTV（高精細度テレビジョン・システム）およびUHDTV（極高精細度テレビジョン・システム）で、非線形領域において、ダイナミックを減らすために、例えば、ITU-R BT.709 OETF（光電伝達関数）（勧告ITU-R BT.709-5、2002年4月）またはITU-R BT.2020 OETF（勧告ITU-R BT.2020-1、2014年6月）を使用して符号化される。この限定された非線形の表現では、例えば、低（暗所）輝度および高（明所）輝度範囲で細かく変化する信号の全てのレンジングを正確に行うことはできない。ハイダイナミック・レンジのピクチャ（HDRピクチャ）においては、信号のダイナミックは、より高くなり（20fストップに至るまで、最高輝度の画素および最低輝度の画素の間の比率百万）、レンジ全体にわたって高い信号精度を維持するために、新たな非線形表現が必要とされる。HDRピクチャにおいては、生データは、通常、浮動小数点フォーマット（各成分に対し、32ビットまたは16ビット、すなわち、単精度浮動小数点（float）または半精度浮動小数点（half-float））で表される。最も人気があるフォーマットは、openEXR半精度浮動小数点フォーマット（RGB成分毎に16ビット、すなわち、画素毎に48ビット）であるか、または、通常は、少なくとも16ビットの、“long”型表現の整数値である。

【0006】

色域は、特定の完全な色の組である。最も一般的に使用されているものは、所与の色空間内、または、特定の出力デバイスによるなど、所与の状況で正確に表現可能な色の組である。色域は、時折、CIE 1931色空間色度図において規定されたRGB原色および白点によって規定される。

【0007】

例えば、色域は、UHDTVに対し、RGB ITU-R勧告BT.2020色空間で規定される。以前の規格である、ITU-R勧告BT.709は、HDTVに対してより小さな色域を規定している。SDRにおいては、ダイナミック・レンジは、ディスプレイ技術の中にはより高輝度の画素を示すものもあるが、公式には、データが符号化される色ボリュームに対し、100ニットまで規定されている（カンデラ毎平方メートル）。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 8 】

ハイダイナミック・レンジのピクチャ（H D Rピクチャ）は、輝度値がS D Rピクチャのダイナミックよりも高いH D Rダイナミックで表されるカラー・ピクチャである。

【 0 0 0 9 】

H D Rダイナミックは、まだ規格による規定は済んでいないが、ダイナミック・レンジが数千ニットに至ることが期待されるであろう。例えば、H D R色ボリュームは、R G B B T . 2 0 2 0色空間によって規定され、このR G B空間によって表される値は、0 ~ 4 0 0 0ニットのダイナミック・レンジに属する。H D R色ボリュームの別の例は、R G B B T . 2 0 2 0色空間によって規定され、このR G B色空間で表される値は、0 ~ 1 0 0 0ニットのダイナミック・レンジに属する。

10

【 0 0 1 0 】

ピクチャ（またはビデオ）のカラー・グレーディングは、ピクチャ（またはビデオ）の色を変更／強調する処理である。通常は、ピクチャのカラー・グレーディングは、色ボリューム（色空間および／またはダイナミック・レンジ）の変化またはこのピクチャに対する色域の変化を伴う。したがって、同一のピクチャの2つの異なるカラー・グレーディングされたバージョンは、相異なる色ボリューム（または色域）で表される値を有するこのピクチャのバージョンまたは、色のうちの少なくとも1つが相異なるカラー・グレードに従って変更／強調されたピクチャのバージョンである。これには、ユーザによる操作を必要とすることがある。

20

【 0 0 1 1 】

例えば、映画制作においては、三色カメラを使用してピクチャおよびビデオが3つの成分（赤、緑、および青）から構成されるR G B色値にキャプチャされる。R G B色値は、センサの三色特性（原色）に依存する。そして、（特定の劇場用のグレードを使用して）劇場用に描画したものを得るために、キャプチャされたピクチャの第1のカラー・グレーディングされたバージョンが取得される。通常、キャプチャされたピクチャの第1のカラー・グレーディングされたバージョンの値は、U H D T Vに対するパラメータ値を規定するB T . 2 0 2 0などの標準的なY U Vフォーマットに従って表される。

【 0 0 1 2 】

次に、カラーリストは（C o l o r i s t）、通常、撮影監督と協力して、アーティスティックな意図を組み込むために、幾らかの色値を微調整／微調節することによって、キャプチャされたピクチャの第1のカラー・グレーディングされたバージョンの色値に対する制御を実行する。

30

【 0 0 1 3 】

解決すべき課題は、圧縮されたH D Rピクチャ（またはビデオ）を配信することであり、その一方でまた、このH D Rピクチャ（またはビデオ）がカラー・グレーディングされたバージョンを表す関連するS D Rピクチャ（またはビデオ）を配信することである。

【 0 0 1 4 】

自明な解決法は、S D RおよびH D Rピクチャ（またはビデオ）の両方を配信インフラストラクチャ上でサイマルキャストすることであるが、その欠点は、H E V Cメイン10プロファイルなどのS D Rピクチャ（またはビデオ）をブロードキャストするように構成された旧来のインフラストラクチャ配信と比較して必要な帯域幅が事実上倍増する点である（「高効率ビデオ符号化（H i g h E f f i c i e n c y V i d e o C o d i n g）」、シリーズH：オーディオビジュアルおよびマルチメディアのシステム（S E R I E S H：A U D I O V I S U A L A N D M U L T I M E D I A S Y S T E M S）、勧告I T U - T H . 2 6 5、I T U電気通信標準化部門、2 0 1 3年4月）。

40

【 0 0 1 5 】

旧来の配信インフラストラクチャを使用することはH D Rピクチャ（またはビデオ）の配信の普及を加速するために必要である。さらに、ピクチャ（またはビデオ）のS D RまたはH D Rバージョンの両方の良好な品質を確保した上でビットレートを最小限にしなければならない。

50

【0016】

さらに後方互換性が確保されることがある。すなわち、SDRピクチャ（または）ビデオは、旧来の復号器およびディスプレイを備えたユーザによって視聴可能とならなければならない。つまり、特に、知覚される輝度全体、（すなわち、暗所のシーンに対する明所のシーン）、および、知覚される色が保持（例えば、色相などが保持）されるべきである。

【0017】

別の直接的な解決法は、適切な非線形関数によって、HDRピクチャ（またはビデオ）のダイナミック・レンジを、通常、HEVC main10 プロファイルによって直接圧縮された、限定された数のビット（端的に言えば、10ビット）に、低減することである。このような非線形関数（曲線）は、SMPTE（SMPTE規格：リファレンス・ディスプレイのマスタリングのハイダイナミック・レンジ電気光伝達関数（High Dynamic Range Electro-Optical Transfer Function of Mastering Reference Displays）、SMPTE ST 2084:2014）でドルビー（Dolby）社が提案している、いわゆるPQ EOTFのようなものが既に存在する。

【0018】

この解決法の欠点は、後方互換性が存在しないことである。すなわち、取得されたピクチャ（ビデオ）を縮小したバージョンは、SDRピクチャ（またはビデオ）として視聴可能であると考えするには十分な視覚品質を有さず、圧縮性能が幾分低い。

【0019】

本開示は上述した点を考慮して考案されたものである。

【発明の概要】

【0020】

以下において、本開示のいくつかの態様についての基本的な理解が得られるように、本開示を簡略化した概要を提供する。本概要は、開示内容を網羅するような概要ではない。開示内容のキー要素、または決定的要素を特定することは意図されていない。以下の要約は、単に、以下に提供するより詳細な説明の前置きとして、開示内容の幾つかの態様を簡略化して示しているものにすぎない。

【0021】

特に、ピクチャまたはピクチャのシーケンスを符号化および復号するための配信スキームの符号化側および復号側について記載する。この配信スキームは、符号化側において、例えば、HDRピクチャから、旧来のSDRワークフローと互換性を有するフォーマットで表されたSDRピクチャにマッピングするステップを含む。例示的には、限定するものではないが、このフォーマットは、（規格ITU-R勧告BT.709によって規定されているような）高精細度TV専用の8ビットYUVフォーマット、または、（規格ITU-R勧告BT.2020によって規定されているような）超高精細度TV専用の10ビットYUVフォーマットとすることができる。さらに、この配信スキームは、旧来のSDR画像符号化器を用いて、取得されたSDRピクチャを符号化することを含む。例えば、限定するものではないが、符号化器は、標準的な8ビットH264/AVCメイン・プロファイル、または、例えば、HEVC（またはワークフローによって動作可能な他のコーデック）の標準的な10ビットのHEVCメイン10プロファイルとすることができる。さらに、配信スキームは、取得された、符号化済のSDRピクチャのビットストリームを配信することを含む。

【0022】

復号器側で、対象となるユーザによって2つのシナリオが想定される。

【0023】

第1のシナリオでは、復号されたSDRピクチャは、配信されたビットストリームから取得され、SDRを処理可能な装置上で表示される。

【0024】

第2のシナリオでは、まず、復号されたSDRピクチャを取得し、次に、復号されたSDRピクチャから復号されたHDRピクチャにマッピングすることによって、配信されたビットストリームから復号されたHDRピクチャが取得される。

【0025】

有利には、HDRピクチャからSDRピクチャへのマッピングは、復号器によってSDRピクチャからHDRピクチャに逆マッピングできるように、符号化器によって可逆に行うことができるとよい。このようにすることによって、HDRピクチャに対する、復号されたHDRピクチャの符号化誤差が最小にされる。

【0026】

以下、可逆なHDRからSDRへのマッピングの実施形態について、EOTFとして平方根が使用される3つのステップからなる処理に基づいて説明する。

【0027】

図1に示されているように、カラー・ピクチャを符号化する方法100は、輝度ダイナミックを減少させるステップ(ステップ110)を含み、このステップは、カラー・ピクチャの色成分 E_c ($c = 1, 2, 3$)のうちの少なくとも1つから元の輝度 Y を取得するサブステップ111と、符号化されるべきピクチャに対する変調値(バックライト値とも呼ばれる) B_a を求めるためのヒストグラム分析のサブステップ112と、を含む。例えば、限定するものではないが、HDR輝度の平均値、中央値、最小値、または最大値を使用して、変調値を複数の異なる方法を使用して算出することができる。これらの処理は、線形HDR輝度領域 $Y_{HDR, lin}$ 、または、 $\ln(Y_{HDR, lin})$ または $Y_{HDR, lin}$ ($<$)のような非線形領域において行うことができる。

【0028】

カラー・ピクチャは、カラー・ピクチャの画素値が表される3つの色成分を有するものと考えることができる。本開示は、少なくとも部分的には、具体的な例を用いて説明されているが、3つの成分が表されるどのような色空間にも限定されるものではなく、RGB、CIE LUV、XYZ、CIE Labなど、どのような色空間にも拡張される。例として、図面において、 E_c は、 RGB_{HDR} を指す。サブステップ113において、元の輝度値 Y および変調値 B_a に依存する非線形関数を適用することによって、元の輝度 Y のダイナミックが減少され、元の輝度 Y および変調値 B_a から輝度値 L を取得する。

【0029】

第2のステップ120において、2つの色度成分 C_1 および C_2 がカラー・ピクチャの色成分 E_c から求められる。図1に与えられた例では、 C_1 および C_2 は、 $U'V'$ を指し、 E_c は、 RGB_{HDR} を指す。サブステップ121において、中間成分 D_c (図1の例においては、 D_c は、 $R^\#B^\#G^\#$ を指す)が色成分 E_c の平方根を取ることによって取得される。図1の例では、これは、 RGB_{HDR} の平方根を指す。次のサブステップ122において、減少した成分 F_c (図1に示された例では、

$$\tilde{R}\tilde{G}\tilde{B}$$

)が共通の乗算ファクタ $''$ で中間成分 D_c を乗算することによって取得される。ファクタ $''$ (B_a, L)は、輝度成分 L および変調値 B_a に依存する。次のステップ123において、色度成分 C_1 および C_2 (図1における U' および V')は、行列、すなわち

$$[C_1; C_2] = M[F_1; F_2; F_3]$$

で3つの減少した成分 F_c を乗算することによって取得される。ここで、 M は、カラー・ピクチャの色域に依存する 2×3 行列である。

【0030】

第3のステップ130において、輝度成分 L および色度成分 C_1 、 C_2 の補正が行われ、補正された輝度成分 L' および補正された色度成分 C'_1 および C'_2 (図面において $U'V'$ から $L'U''V''$ を指す)が取得される。この補正は、補正された成分 L' 、 C'_1 、 C'_2 の色域 G_1 の知覚色をHDRカラー・ピクチャの成分 E_c の色域 G_2 の知覚色に対応させる色域マッピングによって行われる。

【 0 0 3 1 】

より正確には、比色分析および色理論において、彩度 (c o l o r f u l n e s s)、色度 (c h r o m a)、および飽和度 (s a t u a t i o n) は、特定の色が知覚される強度を指す。彩度は、或る色とグレーとの間の差異の度合いである。色度は、同様の視聴条件で白に見える別の色の輝度に対する彩度である。飽和度は、自己の輝度に対する或る色の彩度である。

【 0 0 3 2 】

彩度の高い刺激は、鮮やかであり、強烈であるが、彩度の低い刺激は、より色相が抑えられており、グレーに近いように見える。彩度が全く無い場合には、色は、「ニュートラル」グレーである（持っている色のいずれの中にも彩度が存在しないピクチャは、グレースケールと呼ばれる）。どの色についても、その彩度（または色度または飽和度）、明度 (l i g h t n e s s)（または輝度 (b r i g h t n e s s)）、および色相 (h u e) によって記述することができる。

10

【 0 0 3 3 】

色の色相および飽和度の定義は、この色を表すために使用される色空間に依存する。

【 0 0 3 4 】

例えば、C I E L U V 色空間が使用される場合、飽和度 S_{uv} は、輝度

$$L^*$$

に対する色度

20

$$C_{uv}^*$$

の比率によって規定される。

【 数 1 】

$$S_{uv} = \frac{C_{uv}^*}{L^*} = \frac{\sqrt{u^{*2} + v^{*2}}}{L^*}$$

【 0 0 3 5 】

そして、色相は、

【 数 2 】

30

$$h_{uv} = \arctan \frac{v^*}{u^*}$$

によって与えられる。

【 0 0 3 6 】

別の例においては、C I E L A B 色空間が使用される場合には、飽和度は、輝度に対する色度の比率によって規定される。

【 数 3 】

$$S_{ab} = \frac{C_{ab}^*}{L^*} = \frac{\sqrt{a^{*2} + b^{*2}}}{L^*}$$

40

【 0 0 3 7 】

そして、色相は、

【 数 4 】

$$h_{ab} = \arctan \frac{b^*}{a^*}$$

によって与えられる。

【 0 0 3 8 】

これらの式は、人間が知覚する彩度（飽和度）と一致するような、彩度（飽和度）およ

50

び色相の合理的な予測子であり、C I E L A B（またはC I E L U V）色空間における輝度を調節する一方で、角度

a^*/b^*

（または

u^*/v^*

）

を固定したままにすることが同一の色の色相、よって知覚に影響を与えることを示している。ステップ150において、同一のファクタで色成分E cをスケールリングすることによって、この角度、したがって、色相を維持する。

10

【0039】

次に、HDRカラー・ピクチャIがC I E L U V色空間において表されており、輝度成分LとC I E L U V色空間の2つの色度成分U（=C 1）およびV（=C 2）とを合成することによって形成されるピクチャI 2を考える。輝度成分Lのダイナミック・レンジは、カラー・ピクチャIの輝度、およびC I E L U V色空間の色度成分U（=C 1）およびV（=C 2）のダイナミック・レンジと比較して減少している（ステップ130）。ピクチャI 2の色は、したがって、色の彩度および色相が変化しているため、人間には、異なるものとして知覚される。この方法（ステップ130）は、補正されたピクチャI 3の色の色相がHDRカラー・ピクチャの色の色相と最良に一致するように、補正されたピクチャI 3の色度成分C ' 1およびC ' 2を求める。

20

【0040】

サブステップ131、132において、第2のステップ120において使用される共通の乗算ファクタ " が求められる。次のサブステップ133において、L ' がLから生成される。

【0041】

補正された成分L '、C ' 1、C ' 2が以下の式によって輝度成分Lおよび色度成分C 1、C 2から取得される。

・C ' 1 = C 1、

・C ' 2 = C 2、

・L ' = L - m C ' 1 - n C ' 2

ここで、mおよびnは2つの実数の係数であり、図中のaおよびbに対応する。実数の係数は、HDR勧告BT、709およびBT、2020の色域に依存する。mおよびnの代表的な値は、インターバル[0.1, 0.5]における

$m \approx n$

30

である。

【0042】

補正の変形例によれば、補正された輝度成分L 'の値は、常に、輝度成分Lの値よりも小さい。

40

【数5】

$$L' = L - \max(0, mC'_1 + nC'_2)$$

【0043】

これによって、補正後の輝度成分L 'の値が輝度成分Lの値を超えないものとなり、色飽和が発生しなくなる。変調値Baは、ピクチャL ' C ' 1 C ' 2だけでなくビットストリームFにおいても符号化される。

【0044】

図2は、ビットストリームからカラー・ピクチャを復号する対応する方法200を概略

50

的に例示している。復号ステップ 2 1 0 , 2 2 0 および 2 3 0 は、対応する符号化ステップ 1 1 0 , 1 2 0 および 1 3 0 を逆にしたものと考えることができる。ステップ 2 3 0 において、補正後の輝度 L' および色度成分 C'_1 , C'_2 (図 2 における U' , V' を指す) がビットストリーム F から取得される。サブステップにおいて、輝度成分 L が補正を逆にすることによって、すなわち、以下の式によって取得される。

$$L = L' + m C'_1 + n C'_2$$

(m および n は、図中に示された a および b を指す)。

【 0 0 4 5 】

逆補正の変形例によれば、輝度成分 L の値は、常に補正後の輝度成分 L' の値よりも高い。

【 数 6 】

$$L = L' + \max(0, mC'_1 + nC'_2)$$

【 0 0 4 6 】

本実施形態には、輝度のピークを規定するために復号器が通常使用する潜在的なクリッピング値を輝度値 L が超えることがなくなるという利点がある。

【 0 0 4 7 】

ステップ 2 1 0 において、拡張されたレンジ輝度である、第 1 の成分 (図 2 中の Y または図 3 中の $sqr t(Y)$) を生成するために、非線形ダイナミック拡張関数が輝度 L に適用される。この非線形ダイナミック拡張関数は、カラー・ピクチャを符号化する際に取得された元の輝度成分に適用されたダイナミック減少関数の逆関数であり、例えば、 $Y_{HDR} = f^{-1}(L_{SDR})$ である。

【 0 0 4 8 】

ステップ 2 2 0 において、復号されるべきカラー・ピクチャの (図示した例では、 RGB_{HDR}) 少なくとも 1 つの色成分 E_c が補正された色度成分 C'_1 , C'_2 (図示した例では、 U' , V') および第 1 の成分 Y (すなわち、 $sqr t(Y)$) から復元される。サブステップ 2 2 1 において、補正された色度成分 C'_1 , C'_2 が共通の乗算ファクタで乗算され、中間色度成分が取得される ($C1_r$, $C2_r$ は、図 2 において示された例では、 U_r , V_r を指し、

$$\widehat{C1_r}, \widehat{C2_r}$$

は、図 3 に示された、

$$\widehat{U_r}, \widehat{V_r},$$

を指す)。中間色度成分は、さらなるサブステップ 2 2 2 で、第 2 の成分 S を取得するために使用され、すなわち、図 2 において示されている例で使用されている成分表記を指し、

【 数 7 】

$$S = \sqrt{Y + k_0 U_r^2 + k_1 V_r^2 + k_2 U_r V_r}$$

により求められる値 S を指す。さらなるサブステップ 2 2 3 において、 $R^\# G^\# B^\#$ は、 $S U_r V_r : [R^\# ; G^\# ; B^\#] = Mat_{3 \times 3} [S ; U_r ; V_r]$ から復元される。復号されたカラー・ピクチャ RGB_{HDR} の色成分は、次のサブステップ 2 2 4 で $R^\# G^\# B^\#$ の平方として求められる。

【 0 0 4 9 】

換言すれば、この方法は、例えば、 SDR 輝度成分 L および 2 つの SDR 色度成分 U , V から、 RGB_{HDR} 成分を表す $R^\# G^\# B^\#$ を復元する SDR から HDR への逆マッピングを可能にする。ここで、 HDR 輝度成分 Y は、 L から導かれ、値 T が U^2 , V^2 および

10

20

30

40

50

U*V

の線形結合として算出され、SがY-Tの平方根として算出され、 $R^{\#} G^{\#} B^{\#}$ が、SDR入力ピクチャの各画素に適用される、 3×3 行列およびSUVの積として求められる。この 3×3 行列は、例えば、ITU-R BT 709 / 2020において規定されているRGB \rightarrow YUV行列の逆行列、すなわち、 $C = A^{-1}$ である。

【0050】

上記の復号スキームは、圧縮されたHDRピクチャの配信を可能にする一方で、それと同時に、上記HDRピクチャのカラー・グレーディングされたバージョンを表す関連するSDRピクチャの配信を可能にする。しかしながら、HDRピクチャを復号および表示する際に圧縮損失により精度の低下が生じ、復号の数値的な安定性また堅牢性が必ずしも保証されないことがあるため、復号をさらに拡張することができる。

10

【0051】

さらなる開示内容の記載は、堅牢性をさらに向上させる、ビットストリームからカラー・ピクチャを復号する方法を提供するものである。この方法は、

ビットストリームから取得される輝度成分と色度成分とを線形結合することによって、最終輝度成分を取得することと、

第1の成分のダイナミックが最終輝度成分のダイナミックと比較して増加するように、最終輝度成分に対して非線形的ダイナミック拡張関数を適用することによって、第1の成分を取得することと、

20

ビットストリームから取得された乗算ファクタを第1の成分の平方根で除算することによって、正規化された乗算ファクタを取得することと、

色度成分および第1の成分から、復号されるカラー・ピクチャの少なくとも1つの色成分を復元することであって、

色度成分に正規化された乗算ファクタを乗算することによって、中間色度成分を取得することと、

中間色度成分の平方、2つの中間色度成分の積、および色変換行列から、少なくとも1つの中間色成分を取得することと、

少なくとも1つの中間色成分の1つで第1の成分の平方根の積を二乗することによって、復号されたカラー・ピクチャの少なくとも1つの色成分を算出することと、

30

によって行われる、前記復元することと、を含む。

【0052】

これにより、例えば、処理ハードウェアによって課されうる制約を考慮することによって少なくとも輝度成分に対してカスタマイズ可能な境界を適用するべく、必ずしも符号化の際に適用された対応する非線形ダイナミック減少関数の逆関数ではない、非線形ダイナミック拡張関数を適用することが可能となる。さらに、実際に選択された非線形ダイナミック拡張関数によって生成される第1の成分に対する平方根関数の依存性は、第2の成分の算出を導入された境界に対してだけでなく、規定されていない差分結果による影響に対して適応できるようにして、数値的な安定性を高めることができるようにする。

【0053】

40

一態様によれば、少なくとも1つの中間色成分は、少なくとも前記2つの中間色度成分の平方と、2つの中間色度成分の積との重み付けされた線形結合の平方根を算出することによって、第2の成分を取得することによって取得され、少なくとも1つの中間色成分は、第2の成分および2つの中間色度成分に色変換行列を乗算することによって取得される。

【0054】

一態様によれば、少なくとも1つの中間色成分は、
2つの中間色度成分の平方と2つの中間色度成分の積との重み付けされた線形結合を算出することと、

重み付けされた線形結合が1より大きいかどうかをチェックすることと、

50

重み付けされた線形結合が1以下である場合には、

1から重み付けされた線形結合を減算した値の平方根を算出することによって、第2の成分を取得することと、

第2の成分および2つの中間色度成分に色変換行列を乗算することと、によって取得され、

重み付けされた線形結合が1より大きい場合には、

第2の成分を0に設定することと、

2つの中間色度成分を重み付けされた線形結合の平方根で除算することと、

第2の成分および一度除算された2つの中間色度成分に色変換行列を乗算することと、によって取得される。

10

【0055】

一態様によれば、非線形ダイナミック拡張関数は、カラー・ピクチャを符号化する際に取得された元の輝度成分に対して適用されたダイナミック減少関数の逆関数であり、第1の成分によって求められる値は、元の輝度成分と等しい。

【0056】

一態様によれば、正規化された乗算ファクタは、元の輝度成分から取得されるバックライト値にさらに依存する。

【0057】

一態様によれば、第2の成分は、処理の高速化のために、ルックアップ・テーブルを用いて求められる。

20

【0063】

以下の態様のいずれも、RGBまたはYUVを参照した例を説明していた場合であっても、RGBまたはYUVではない他の色空間に適用することもできる。

【0064】

例示的な態様として、SDRからHDRへの逆マッピング方法は、SDR輝度成分および2つのSDR色度成分UVから、RGB HDR成分を表す $R^{\#} G^{\#} B^{\#}$ を復元する。ここで、HDR輝度成分Yは、Lから導かれ、値Tは、 U^2 、 V^2 、および

$U \cdot V$

30

の線形結合として算出され、Sは、本質的に、 $Y - T$ の平方根として算出される。

(1) $T \leq Y$ であれば、 $S = \sqrt{Y - T}$

(2) $T > Y$ であれば、UおよびVは共通のファクタFによって乗算され、Sが零に設定される。

$R^{\#} G^{\#} B^{\#}$ は、 3×3 行列およびSUVの積として算出される。この方法は、入力SDR画像の各画素に対して適用される。さらに、共通のファクタFを、 Y / T に設定することができる。

【0065】

別の態様として、SDRからHDRへの逆マッピング方法は、SDR輝度成分Lおよび2つのSDR色度成分UVから、RGB HDR成分を表す $R^{\#} G^{\#} B^{\#}$ を復元する。ここで、HDR輝度成分の平方根Yは、Lから導かれ、Tは、 U^2 、 V^2 、および

40

$U \cdot V$

の線形結合として算出され、Sは、本質的に、 $1 - T$ の平方根として算出される。

(1) $T \leq 1$ であれば、 $S = \sqrt{1 - T}$

(2) $T > 1$ であれば、UおよびVは共通のファクタFによって乗算され、Sが零に設定される。

$\widehat{R^{\#} G^{\#} B^{\#}}$

は、さらに、 3×3 行列およびSUVの積として算出される。

50

$R \# G \# B \#$ は、

$$\widehat{R\#G\#B\#}$$

を Y によって乗算したものであり、入力 SDR ピクチャの各画素に対して適用される。さらに、共通のファクタ F は、 $1 / T$ である。一実施形態においては、 F は、 $1 / T$ による最終的な乗算と同時に適用される、すなわち、その代わりに F / T で乗算される。

【0066】

上記の態様は、色画像のピーク輝度に依存しない中程度のレジスタ・サイズを用いた復号器の単純なハードウェアの実施態様を実現する。

10

【0067】

他の態様によれば、本開示は、上述の方法を実施するように構成されたプロセッサを含む装置と、プログラムがコンピュータ上で実行されたときに上述した方法のステップを実行するプログラム・コード命令を含むコンピュータ・プログラム製品と、少なくとも上述した方法のステップをプロセッサに実行させる命令を記憶したプロセッサ可読媒体と、プログラムがコンピュータ上で実行されたときに上述した方法のステップを実行するプログラム・コードを担持非一時的な記憶媒体とに関する。

【0068】

本開示の特定の性質、さらに、本開示内容の他の目的、利点、特徴、および使用は、添付図面と以下の実施の形態の説明とを併せ鑑みることによって明らかになるであろう。

20

【0069】

図面において、本開示の実施形態が例示されている。

【図面の簡単な説明】

【0070】

【図1】本開示の実施形態による、カラー・ピクチャを符号化する方法のステップを模式的に示す図である。

【図2】本開示の実施形態による、少なくとも1つのビットストリームからカラー・ピクチャを復号する方法のステップを模式的に示す図である。

【図3】本開示の別の実施形態による、少なくとも1つのビットストリームからカラー・ピクチャを復号する方法のステップを模式的に示す図である。

30

【図4】本開示のさらに別の実施形態による、少なくとも1つのビットストリームからカラー・ピクチャを復号する方法のステップを模式的に示す図である。

【図5】 $R \# G \# B \#$ 色空間における線および楕円体が交差する部分に対して想定される解を示す図である。

【図6】本開示の実施形態による装置のアーキテクチャの例を示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0071】

以下、本開示の実施形態を示している添付図面を参照して、本開示をより完全に説明する。しかしながら、本開示を多くの代替的な形態で実施することもでき、本明細書に記載された実施形態に限定されるように解釈されるべきではない。したがって、本開示は、様々な改変例や代替的な形態で実施することができる。本開示の特定の実施形態を図面において例示し、本明細書中で詳細に説明する。しかしながら、本開示を開示する特定の形態に限定することは意図されておらず、むしろ、開示内容には、請求の範囲によって規定された開示内容の精神および範囲の中で、全ての改変例、均等物、変形例が包含されることが理解できよう。

40

【0072】

本明細書中で使用されている用語は、特定の実施形態を説明することを目的としており、本開示を限定するようには意図されていない。本明細書において、文脈上、他の明示的な記載がなければ、単数として記載されている表現「或る」、「一つ」、「この(その)」は、複数の表現を含むようにも意図されている。さらに、用語「からなる」、「含む」

50

、および／または、「備える」が本明細書中で使用されている場合、これは、記載されている特徴事項、整数値、ステップ、処理、要素、および／またはコンポーネント（構成部品、成分）が存在することを示しているが、１つ以上の他の特徴事項、整数値、ステップ、処理、要素、コンポーネント（構成部品、成分）、および／またはそのグループが存在すること、または、追加されることを排除するものではないことが理解できよう。さらに、要素が他の要素に「応答する」、または、「接続されている」と記載されている場合、他の要素に直接的に応答する、または、接続されることもあれば、介在する要素が存在することもある。これに対し、要素が他の要素に「直接応答する」、または、「直接接続されている」と記載されている場合、介在する要素は存在しない。本明細書において使用されている用語「および／または」は、１つ以上の関連して列挙された項目の任意の全ての組み合わせを含み、「／」と省略されることがある。

10

【 0 0 7 3 】

本明細書中において、様々な要素について記載するために、第１、第２などの用語が使用されているが、これらの要素は、これらの用語によって限定されるべきものではない。これらの用語は、或る用語と別の用語とを区別する目的のみで使用されている。例えば、本開示内容の教示を逸脱することなく、第１の要素を第２の要素と定義してもよいし、同様に、第２の要素を第１の要素として定義してもよい。

【 0 0 7 4 】

図面の中には、通信の主方向を示す通信経路上に矢印を含むものがあるが、通信は、描かれている矢印とは逆の方向に行なわれる場合があることが理解できよう

20

【 0 0 7 5 】

実施形態の中には、ブロック図および動作フローチャートに関して説明されているものがあり、各ブロックは、特定の論理的な機能を実施するための、回路要素、モジュール、または、１つ以上の実行可能な命令を含むコードの部分を表す。なお、他の実施態様では、ブロック内で示される機能は、示しているものとは異なる順番となることがある。例えば、２つのブロックが連続して示されている場合であっても、関連する機能によっては、実際には、ブロックが、実質的に並列して実行されることがあり、または、ブロックが、逆の順番で実行されることがある。

【 0 0 7 6 】

本明細書において、「一実施形態」または「実施形態」と言及されている場合、これは、実施形態との関連で説明されている特定の特徴事項、構造、または特性が開示内容の少なくとも１つの実施態様に含まれる場合があることを意味する。明細書中の様々な箇所に存在する「一実施形態において」または「実施形態に従って（実施形態によれば）」という表現は、必ずしも、全てが同一の実施形態について言及するものではなく、別個の実施形態または代替的な実施形態が相互に他の実施形態に対して排他的となるものではない。

30

【 0 0 7 7 】

請求の範囲に存在する参照符号は、例示的な目的のみのものであり、請求の範囲に対して限定的な影響を及ぼすものではない。

【 0 0 7 8 】

明示的に記載していないが、本実施形態および変形例を、任意に組み合わせて、または部分的に組み合わせて使用することができる。

40

【 0 0 7 9 】

本開示は、１個のカラー・ピクチャの復号について記載するものであるが、複数のピクチャ（ビデオ）からなるシーケンスの符号化／復号に拡張される。なぜならば、シーケンスにおける各カラー・ピクチャは、以下に説明するように、順次復号されるからである。

【 0 0 8 0 】

カラー・ピクチャ I は、このカラー・ピクチャ I の画素値を表す３つの成分を有するものと考えられる。本開示は、３つの成分が表される色空間に限定されるものではなく、RGB、CIE LUV、XYZ、CIE Lab など、どのような色空間にも拡張される。

【 0 0 8 1 】

50

図3を参照すると、本開示の実施形態による、少なくとも1つのビットストリームからカラー・ピクチャを復号する方法300のステップが模式的に示されている。図示された実施形態は、実際には、図2に例示された復号方法を変更したものであり、ここでは、処理された輝度成分および色度成分、すなわち、 Y 、 U_r 、 V_r 、 S に対して明確な限界が常に利用可能であることを確かめている。実施形態の変更点のみを詳細に説明する。ステップ310において、非線形ダイナミック拡張関数は、ステップ1において生成された第1の成分の上限を Y に減少させる、カラー・ピクチャを符号化する際に取得された元の輝度成分に対して適用された、ダイナミック減少関数の逆関数の平方根である。 $1/Y$ による正規化が導入され、続いて、変更された色度再構築ステップ320が行われ、そして、 Y による再正規化が行われる。

10

【0082】

HDR輝度 Y は、成分 E_c を線形結合したものである。以下、 E_c の例として、RGB_{HDR}を参照する。

【数8】

$$Y = A_1 \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = A_1 \begin{bmatrix} R^{\#2} \\ G^{\#2} \\ B^{\#2} \end{bmatrix}$$

ここで、

【数9】

$$R^{\#} := \sqrt{R}, \quad G^{\#} := \sqrt{G}, \quad B^{\#} := \sqrt{B}$$

20

を定義する。

【0083】

結果として、幾つかの定数に至るまで、 E_c 、すなわち、図示した例においては、RGBが、 Y によって拘束され、 D_c 、すなわち、図示した例においては、 $R^{\#} G^{\#} B^{\#}$ が Y によって拘束される。また、符号化側から、 $R^{\#} G^{\#} B^{\#}$ の線形結合として $U_r V_r$ 、即ち、以下を取得する。

【数10】

$$\begin{bmatrix} A_2 \\ A_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R^{\#} \\ G^{\#} \\ B^{\#} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_r \\ V_r \end{bmatrix}$$

30

【0084】

2つの変数は、 $R^{\#} G^{\#} B^{\#}$ によって、したがって、 Y によって拘束される。これは、図2に示された実施形態を再び参照すると、 S の定義において、以下ようになる。

【数11】

$$S = \sqrt{Y + k_0 U_r^2 + k_1 V_r^2 + k_2 U_r V_r}$$

40

平方根の根号内の項は、 Y によって拘束され、 S は、 Y によって拘束される。よって、復号処理の入力変数 $U_r V_r$ 、中間変数 S 、および出力変数 $R^{\#} G^{\#} B^{\#}$ は、全て Y によって拘束される。したがって、図2によって例示されている復号方法で使用されている乗算ファクタ $'$ は、図3に示した実施形態では、 $'Y'$ によって置き換えられ、 U_r および V_r を処理する代わりに、 U_r / Y および V_r / Y が処理される。さらに、 Y によって再び出力の再スケール化が行われる。

【0085】

換言すれば、乗算ファクタ $'$ (B_a, L) は、正規化された入力

【数 1 2】

$$\widehat{U}_r = U_r / \sqrt{Y}$$

および

【数 1 3】

$$\widehat{V}_r = V_r / \sqrt{Y}$$

を得るために、

【数 1 4】

$$\beta_Y'(Ba, L) := \beta'(Ba, L) / \sqrt{Y}$$

10

によって置き換えられる。

【0 0 8 6】

出力側で、復号された

$$\widehat{R}^{\#} \widehat{G}^{\#} \widehat{B}^{\#}$$

が Y で乗算することにより再びスケール化される。

【0 0 8 7】

図 3 は、SDR 輝度成分 L および 2 つの SDR 色度成分 UV から、RGB HDR 成分を表す $R^{\#} G^{\#} B^{\#}$ を復元する SDR から HDR への逆マッピング方法を例示している。HDR 輝度成分の平方根 Y は、L から導かれ、値

20

$$\widehat{T}$$

は、 U^2 、 V^2 、および

$$U*V$$

の線形結合として算出される。

第 2 の成分 S は、差分

$$1 - \widehat{T}$$

30

の平方根として算出され、

$$\widehat{R}^{\#} \widehat{G}^{\#} \widehat{B}^{\#}$$

は、 3×3 行列および S UV の積であり、 $R^{\#} G^{\#} B^{\#}$ は、Y で

$$\widehat{R}^{\#} \widehat{G}^{\#} \widehat{B}^{\#}$$

を乗算したものであり、入力 SDR 画像の各画素に適用される。さらに、U および V は、Y によって除算される。

【0 0 8 8】

次に図 4 を参照すると、本開示の別の実施形態による、少なくとも 1 つのビットストリームからカラー・ピクチャを復号する方法 400 のステップの図が概略的に示されている。図示した実施形態は、実質的には、図 3 に例示されている復号方法を修正したものであり、ここでは、第 2 の成分が図 3 に示された

40

$$\widehat{S}$$

に対応し、結果的に、虚数値となるかどうかを追加的に確かめている。対応する画素に関連付けられた、表示される色に視認可能な歪みが生ずることを回避するために、例外が正しく取り扱われる。実施形態の変更点のみ、詳細に説明する。

【0 0 8 9】

マッピングは、S が虚数でないという意味において、復号可能な $L' U' V'$ を提供す

50

るものと想定される。しかしながら、 $L'U'V'$ は、圧縮、解凍されるため、符号化損失が、

【数 1 5】

$$1 - \hat{T} := 1 + k_0 \hat{U}_r^2 + k_1 \hat{V}_r^2 + k_2 \hat{U}_r \hat{V}_r$$

が負であり、

【数 1 6】

$$\hat{S} = \sqrt{1 - \hat{T}}$$

が実数とならない入力トリプレット (L', U', V') を生じさせることがある。1つの解法は、1によって閾値

10

$$\hat{T}$$

を定め、

$$\hat{S} = 0$$

を導くことである。しかしながら、これは、復号された RGB に対する限界を逸脱させる。虚数値を

$$\hat{S} = 0$$

20

で置き換えることは、 Y を増加することに相当する。例えば、

$$\hat{T} = 2$$

となれば、 Y を 2 倍にすることで

【数 1 7】

$$\hat{S} = \sqrt{2 - 2} = 0$$

が導かれる。しかしながら、この場合、RGB に対する輝度限界 Y も 2 倍になる。これにより、さらなる処理を行うことなく、

$$\hat{S}$$

30

が零に設定されているように見える、極めて輝度の高い画素が生成されることとなる。

【0 0 9 0】

ステップ 4 2 0 に示されているように、解法を見つける一方で、限界を維持するために、以下の処理が追加的に行われる。

【0 0 9 1】

第 2 の成分

$$\hat{S}$$

は、別個のサブステップにおいて求められる。サブステップ 4 2 1 において、

40

$$\hat{T}$$

のみ、すなわち、2つの色度成分の積の値および平方値の線形結合が求められる。次のサブステップ 4 2 2 において、

$$1 - \hat{T}$$

が正の値となるか負の値となるかがチェックされる。

【0 0 9 2】

$$\hat{T} \leq 1$$

50

であれば、

$$\hat{S}$$

は実数であり、この

$$\hat{S}$$

を用いて復号が進められ（サブステップ 4 2 3）、これは、図 3 に示された処理に対応する。

$$\hat{T} > 1$$

10

であれば、S は虚数であり、サブステップ 4 2 4 を用いて処理が続けられる。ここで、以下のことを行うことによって、実数解が得られるように、変数

$$\hat{U}_r$$

および

$$\hat{V}_r$$

が再スケール化される。

・

20

$$\check{U}_r = \hat{U}_r / \sqrt{\hat{T}}$$

および

$$\check{V}_r = \hat{V}_r / \sqrt{\hat{T}}$$

を設定する

・復号の残りの処理において、

$$\hat{U}_r \hat{V}_r$$

30

を

$$\check{U}_r \check{V}_r$$

に置き換える

・

$$\hat{S} = 0$$

を設定する

記載されている処理は、適切な解を提供し、これは、問題を幾何学的に分析することによって明らかとなる。

40

式

【数 1 8】

$$Y = A_1 \begin{bmatrix} R^{\#2} \\ G^{\#2} \\ B^{\#2} \end{bmatrix}$$

は、R # G # B # 空間における楕円体を規定し、

【数 19】

$$\begin{bmatrix} A_2 \\ A_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R^\# \\ G^\# \\ B^\# \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_r \\ V_r \end{bmatrix}$$

は、同一空間における 2 つの平面の交差部分、即ち、線を規定する。従って、解は、楕円体と線との交差部分となる。この交差部分は、

- ・ S が虚数である場合には空であり、
- ・ S = 0 である場合には、1 つの点であり、線は、楕円体に対する接線である。
- ・ S > 0 である場合には、2 つの点であり、R # G # B # が正であると規定されているため、正の値が取られなければならない。

【0093】

図 5 において、楕円体および線は、R # G # B # 空間において示されている。図 5 において、楕円体は、球によって表されている。解が存在しない場合には、線は、（左側の）球と交差しない。S = 0 に設定することは、増加に相当し、これ自体は、Y の半径を有する楕円体を膨張させることと同等である。図 5 に例示されている、選択された解法は、（右側の）楕円体と接触する点まで線を動かすことである。そして、この構成では、解 R # G # B # は、半径 Y の楕円体上にあり、限界が維持される。

【0094】

図 1 ~ 図 4 において、ステップおよびサブステップは、モジュールまたは機能ユニットであるとも考えることもでき、区別可能な物理的ユニットに関連している場合もあるし、物理的ユニットに関連していない場合もある。例えば、これらのモジュールまたはモジュールうちの幾らかが、ユニークな成分または回路にまとめられていることもあれば、ソフトウェアの機能に寄与することもある。これとは逆に、モジュールの中には、物理的に別体で構成されるものが存在することもある。本開示に準拠した装置は、純粋なハードウェア、例えば、特定用途向け集積回路（ASIC: Application Specific Integrated Circuit）、フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ（FPGA: Field-Programmable Gate Array）、超大規模集積回路（VLSI: Very Large Scale Integration）のような専用のハードウェアを使用して実施してもよいし、装置に埋め込まれた幾つかの集積された電子部品によって実施してもよいし、ハードウェアおよびソフトウェアのコンポーネントを組み合わせることによって実施してもよい。

【0095】

図 6 は、図 1 ~ 図 4 との関連で説明された方法を実施するように構成された装置 600 の例示的なアーキテクチャを表している。

【0096】

装置 600 は、データおよびアドレス・バス 601 によって互いにリンクされた要素として、

- ・例えば DSP (Digital Signal Processor) である、マイクロプロセッサ 602（または CPU）と、
 - ・ROM (Read Only Memory) 603 と、
 - ・RAM (Random Access Memory) 604 と、
 - ・アプリケーションに対してデータを送信および / または受信する I/O インタフェース 605 と、
 - ・バッテリー 606 と、
- を含む。

【0097】

変形例によれば、バッテリー 606 は、装置の外部に存在する。図 6 のこれらの要素の各々は、当業者によって良く知られたものであるため、さらなる開示内容についての説明を行わない。上述したメモリの各々において、明細書中で「レジスタ」という用語が使用さ

れている場合には、これは、小さな容量の領域（幾らかのビット）に対応することもある。ROM 603は、少なくともプログラムおよびパラメータを含む。本開示内容に従った方法のアルゴリズムは、ROM 603に記憶される。電源が投入されると、CPU 602は、RAM内のプログラムをアップロードし、対応する命令を実行する。

【0098】

RAM 604は、レジスタ内のCPU 602によって実行され、装置600の電源が投入された後にアップロードされたプログラム、レジスタ内の入力データ、レジスタ内の本方法の様々な状態での中間データ、さらに、レジスタ内の本方法の実行のために使用される他の変数を含む。

10

【0099】

本明細書中で記載されている実施態様は、例えば、方法またはプロセス、装置、ソフトウェア・プログラム、データストリーム、または信号の形態で実施することができる。実施態様が単一の形態の文脈でのみ説明されている場合であっても（例えば、1つの方法または1つの装置としてのみ説明されている場合であっても）、説明した特徴事項を他の形態（例えば、プログラム）で実施することもできる。装置は、例えば、適切なハードウェア、ソフトウェア、およびファームウェアで実施することができる。本方法は、例えば、一般的には、例えば、コンピュータ、マイクロプロセッサ、集積回路、または、プログラマブル・ロジック・デバイスを含む、処理装置と呼ばれる、プロセッサなどの装置で実施

20

【0100】

符号化または符号化器の特定の実施形態によれば、カラー・ピクチャIがソースから取得される。例えば、ソースは、

例えば、ビデオ・メモリまたはRAM（またはRandom Access Memory）、フラッシュ・メモリ、ROM（またはRead Only Memory）、ハードディスクである、ローカル・メモリ（603または604）と、

例えば、大容量記憶装置、RAM、フラッシュ・メモリ、ROM、光学ディスクまたは磁気サポートとのインタフェースである、ストレージ・インタフェースと、

30

例えば、有線インタフェース（例えば、バス・インタフェース、広域ネットワーク・インタフェース、ローカルエリア・ネットワーク・インタフェース）または無線インタフェース（IEEE 802.11インタフェースまたはBluetooth（商標）インタフェースなど）である、通信インタフェース（605）と、

ピクチャ取り込み回路（例えば、CCD（Charge-Coupled Device）またはCMOS（Complementary Metal-Oxide-Semiconductor）などのセンサ）と、を含む組に属する。

【0101】

40

復号および復号器の別の実施形態によれば、復号されたピクチャは、送信先に送信される。具体的には、送信先は、

・ 例えば、ビデオ・メモリまたはRAM（またはRandom Access Memory）、フラッシュ・メモリ、ROM（またはRead Only Memory）、ハードディスクである、ローカル・メモリ（603または604）と、

・ 例えば、大容量記憶装置、RAM、フラッシュ・メモリ、ROM、光学ディスクまたは磁気サポートとのインタフェースである、ストレージ・インタフェースと、

・ 例えば、有線インタフェース（例えば、バス・インタフェース、広域ネットワーク・インタフェース、ローカルエリア・ネットワーク・インタフェース）または無線インタフェース（IEEE 802.11インタフェースまたはBluetooth（商標）インタフ

50

エースなど)である、通信インタフェース(605)と、
・ディスプレイと、
を含む組に属する。

【0102】

符号化または符号化器の別の実施形態によれば、ビットストリームBFおよび/またはFが送信先に送信される。例として、ビットストリームFおよびビットストリームBFの一方、またはビットストリームFおよびビットストリームBFの両方がローカル・メモリまたはリモート・メモリ、例えば、ビデオ・メモリ(604)またはRAM(604)、ハードディスク(603)に記憶される。変形例においては、一方または両方のビットストリームがストレージ・インタフェース、例えば、大容量ストレージ、フラッシュ・メモリ、ROM、光学ディスクまたは磁気サポートとのインタフェースに送信され、且つ/または通信インタフェース(605)、例えば、ポイントトゥポイント・リンク、通信バス、ポイントトゥマルチポイント・リンク、またはブロードキャスト・ネットワークとのインタフェースを介して送信される。

10

【0103】

復号または復号器の異なる実施形態によれば、ビットストリームBFおよび/またはFが送信元から取得される。例示的には、ビットストリームは、ローカル・メモリ、例えば、ビデオ・メモリ(604)、RAM(604)、ROM(603)、フラッシュ・メモリ(603)、またはハードディスク(603)から読み出される。変形例においては、ビットストリームは、ストレージ・インタフェース、例えば、大容量ストレージ、RAM、ROM、フラッシュ・メモリ、光学ディスク、または磁気サポートとのインタフェース、且つ/または、通信インタフェース(605)、例えば、ポイント・トゥ・ポイント・リンク、バス、ポイント・トゥ・マルチポイント・リンク、またはブロードキャスト・ネットワークとのインタフェースから受信される。

20

【0104】

別の実施形態によれば、装置600は、図1～図4との関連で説明された復号方法を実施するように構成され、

- ・モバイル・デバイスと、
- ・通信デバイスと、
- ・ゲーム・デバイスと、
- ・セットトップ・ボックスと、
- ・TVセットと、
- ・タブレット(すなわちタブレット・コンピュータ)と、
- ・ラップトップと、
- ・ディスプレイと、
- ・復号チップと、

を含む組に属する。

30

【0105】

本明細書中で記載された様々な処理および特徴事項の実施態様は、様々な異なる機器やアプリケーションで実施することができる。このような機器の例は、符号化器、復号器、復号器からの出力を処理するポストプロセッサ、符号化器に入力を提供するプリプロセッサ、ビデオ符号化器、ビデオ復号器、ビデオコーデック、ウェブサーバ、セットトップ・ボックス、ラップトップ、パーソナル・コンピュータ、携帯電話、PDA、さらに、ビデオまたはピクチャを処理する他の装置、または他の通信装置を含む。機器は、携帯機器でもよく、移動車両に据え付けられるものでさえよいことは明らかであろう。

40

【0106】

さらに、方法は、プロセッサによって実行される命令によって実施されていてもよく、このような命令(および/または実施態様によって生成されるデータ)は、コンピュータ可読記憶媒体に記憶することができる。コンピュータ可読記憶媒体は、1つ以上のコンピュータ可読媒体上で実施され、コンピュータによって実行可能な、コンピュータ可読プロ

50

グラム・コードが実装されたコンピュータ可読プログラム製品の形態をとることができる。本明細書中で使用されるコンピュータ可読記憶媒体は、情報を記憶する固有の機能とともに、記憶した情報を取得する固有の機能を与えられた非一時的記憶媒体であると考えられる。コンピュータ可読記憶媒体は、例えば、限定するものではないが、電子的、磁氣的、光学的、電磁的、赤外線、または、半導体システム、装置、デバイスとすることができる。上記に挙げたものを任意に適宜組み合わせることができる。本発明の原理を適用可能なコンピュータ可読記憶媒体のより具体的な例を以下に提供するが、列挙されている例は、例示的なものに過ぎず、網羅的なものではないことが、当業者であれば容易に理解できるであろう。ポータブル・コンピュータ・ディスク、ハードディスク、読み出し専用メモリ（ROM）、消去可能プログラマブル読み出し専用メモリ（EPROMまたはフラッシュ・メモリ）、ポータブル・コンパクト・ディスク読み出し専用メモリ（CD-ROM）、光学記憶装置、磁気記憶装置、または、上記に挙げたものを任意に適宜組み合わせたもの。

10

【0107】

命令は、プロセッサ可読媒体上に現実的に実装されるアプリケーション・プログラムの形態をとることができる。

【0108】

例えば、命令は、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、またはこれらを組み合わせたものとすることができる。命令は、例えば、オペレーティング・システム、別個のアプリケーション、またはこの2つを組み合わせたものに存在させることができる。よって、プロセッサは、例えば、処理を実行するように構成された装置と、処理を実行する命令を有する（記憶装置などの）プロセッサ可読媒体を含む装置の両方として特徴付けられる。さらに、プロセッサ可読媒体は、命令に追加して、または、命令の代わりに、実施態様により生成されるデータ値を記憶することができる。

20

【0109】

実施態様により、例えば、記憶、送信可能な情報を保持するようにフォーマットされた様々な信号を生成できることは当業者によって自明であろう。情報には、例えば、方法を実行する命令、または、上記の実施態様のうちの1つによって生成されたデータを含めることができる。例えば、信号は、データとして、記載した実施形態のシンタックスの読み書きのためのルールを保持するように、または、記載した実施形態によって記述された実際のシンタックス値をデータとして保持するようにフォーマットすることができる。このような信号は、例えば、（例えば、スペクトルの無線周波数部分を使用した）電磁波として、または、ベースバンド信号としてフォーマットすることができる。フォーマット化には、例えば、データストリームを符号化することおよび符号化されたデータストリームを用いてキャリアを変調することを含めることができる。信号が保持する情報は、例えば、アナログ情報またはデジタル情報である。信号は、公知である様々な有線リンクまたは無線リンクを介して送信することができる。信号は、プロセッサ可読媒体に記憶することができる。

30

【0110】

幾つかの実施態様について説明を行った。しかしながら、様々な改変を施すことができることが理解できよう。例えば、複数の異なる実施態様を組み合わせたり、補ったり、変更したり、除去したりすることで他の実施態様を生み出すことができる。さらに、当業者であれば、開示した内容を他の構造や処理で置き換えることができ、結果として得られる実施態様が、少なくとも実質的に同一の方法で、少なくとも実質的に同一の機能を実行し、少なくとも開示した実施態様と実質的に同一の効果を生み出すことが理解できよう。したがって、本願によってこれらの実施態様およびその他の実施態様が企図される。

40

上記実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

（付記1）

ビットストリームからカラー・ピクチャを復号する方法において、

50

前記ビットストリームから取得された輝度成分に対して非線形ダイナミック拡張関数を適用することによって、拡張されたレンジの輝度を第1の成分として取得することであって、前記非線形ダイナミック拡張関数は、前記カラー・ピクチャを符号化する際に取得された元の輝度成分に適用されたダイナミック減少関数の逆関数に依存して求められる、該取得することと、

前記第1の成分によって求められる値と、前記ビットストリームから取得された2つの色度成分を乗算した積および前記2つの色度成分の平方値の線形結合Tとして算出される別の値との差分の平方根を算出することによって、第2の成分Sを取得することと、

前記少なくとも1つの色成分を前記第2の成分および前記2つの色度成分の線形結合として求めることによって、少なくとも前記第2の成分Sおよび前記2つの色度成分から、復号される前記カラー・ピクチャの少なくとも1つの色成分を取得することと、を含むことを特徴とする、前記方法。

10

(付記2)

前記第2の成分Sは、前記第1の成分によって求められる値が前記線形結合以上である場合のみ、前記第1の成分によって求められる値と前記線形結合Tとの前記差分の前記平方根を算出することによって取得され、

前記第1の成分によって求められる値が前記線形結合以上でない場合には、前記第2の成分は零に設定され、前記2つの色度成分は共通のファクタFによって乗算される、付記1に記載の方法。

(付記3)

前記共通のファクタFは、前記線形結合の平方根に対する前記第1の成分の比である、付記2に記載の方法。

20

(付記4)

前記共通のファクタFは、前記線形結合の平方根の逆数である、付記2に記載の方法。

(付記5)

前記非線形ダイナミック拡張関数は、前記カラー・ピクチャを符号化する際に取得された元の輝度成分に対して適用されたダイナミック減少関数の逆関数であり、前記第1の成分によって求められる前記値は、前記元の輝度成分と等しい、付記2または3に記載の方法。

(付記6)

前記非線形ダイナミック拡張関数は、前記カラー・ピクチャを符号化する際に取得された元の輝度成分に対して適用されたダイナミック減少関数の逆関数の平方根であり、

前記第1の成分によって求められる前記値は1であり、

前記復号される前記カラー・ピクチャの少なくとも1つの色成分を取得することは、前記少なくとも1つの色成分に前記第1の成分を乗算することを含む、付記1または4に記載の方法。

30

(付記7)

前記2つの色度成分を取得することは、前記第1の成分に依存するファクタによって前記2つの色度成分の各々をスケール化することを含む、付記6に記載の方法。

(付記8)

前記スケール化することは、前記線形結合Tを求める前に前記第1の成分によって前記2つの色度成分を除算することを含む、付記7に記載の方法。

40

(付記9)

前記ファクタは、前記元の輝度成分から取得されるバックライト値にさらに依存する、付記7または8に記載の方法。

(付記10)

前記第2の成分は、ルックアップ・テーブルを用いて求められる、付記6～9のいずれか1に記載の方法。

(付記11)

ビットストリームからカラー・ピクチャを復号する装置において、

50

前記ビットストリームから取得された輝度成分に対して非線形ダイナミック拡張関数を適用することによって、拡張されたレンジの輝度を第1の成分として取得することによって、前記非線形ダイナミック拡張関数は、前記カラー・ピクチャを符号化する際に取得された元の輝度成分に適用されたダイナミック減少関数の逆関数に依存して求められる、該取得することと、

前記第1の成分によって求められる値と、前記ビットストリームから取得された2つの色度成分を乗算した積および前記2つの色度成分の平方値の線形結合Tとして算出される別の値との差分の平方根を算出することによって、第2の成分Sを取得することと、

前記少なくとも1つの色成分を前記第2の成分および前記2つの色度成分の線形結合として求めることによって、少なくとも前記第2の成分Sおよび前記2つの色度成分から、復号されるカラー・ピクチャの少なくとも1つの色成分を取得することと、
を行うように構成されているプロセッサを含むことを特徴とする、前記装置。

10

(付記12)

プログラムがコンピュータ上で実行されたときに付記1に記載の方法のステップを実行するプログラム・コード命令を含む、コンピュータ・プログラム製品。

(付記13)

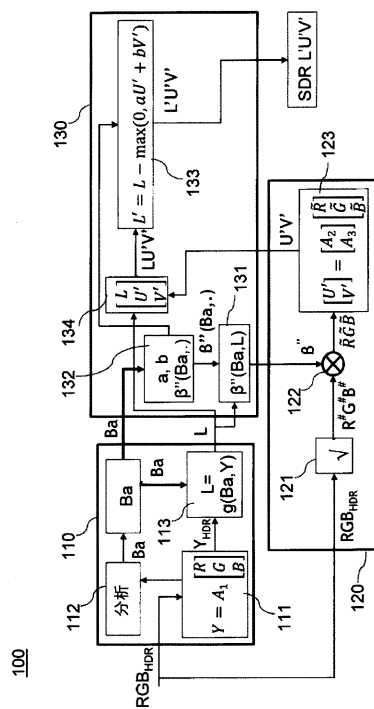
少なくとも付記1に記載の方法のステップをプロセッサに実行させる命令を記憶した、プロセッサ可読媒体。

(付記14)

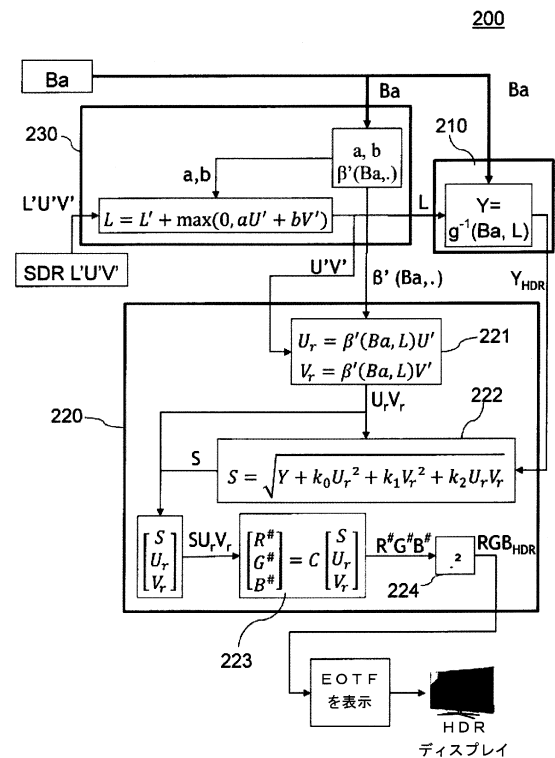
プログラムがコンピュータ上で実行されたときに付記1～11のいずれか1に記載の方法のステップを実行するプログラム・コードを担持する、非一時的記憶媒体。

20

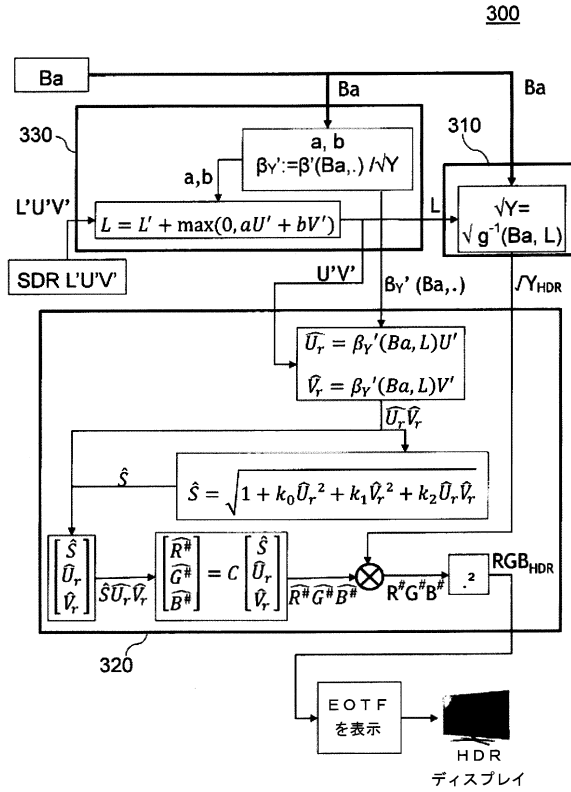
【図1】



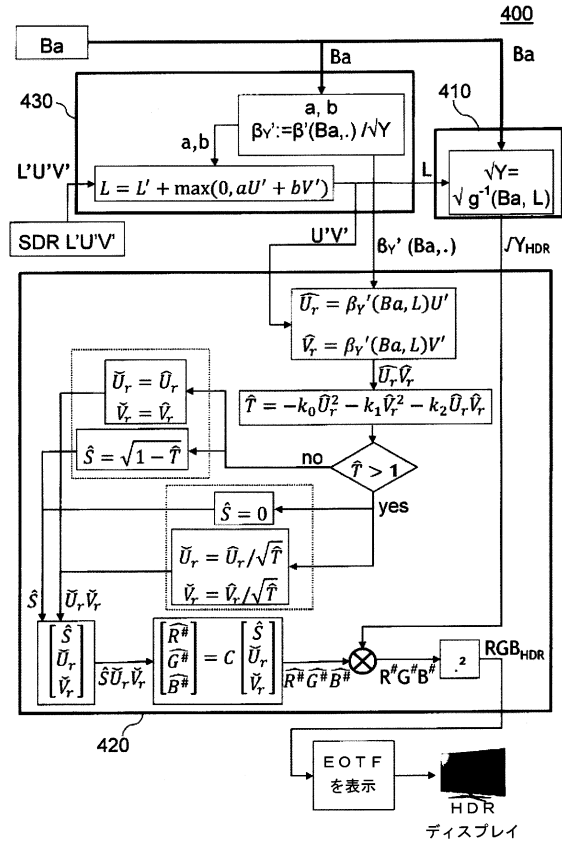
【図2】



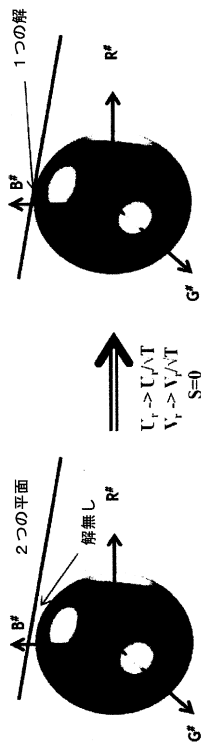
【図3】



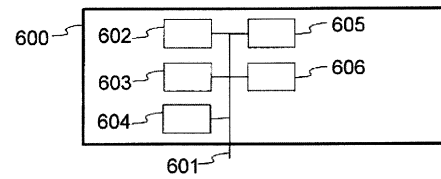
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(74)代理人 100108213

弁理士 阿部 豊隆

(72)発明者 ラセル, セバスチアン

フランス国 エフ - 3 5 5 7 6 セゾン - セビニエ セーエス 1 7 6 1 6 アベニユー・デ・シ
ヤン - ブラン 9 7 5 テクニカラー・アール・アンド・デイー フランス

(72)発明者 ルローネ, ファブリス

フランス国 エフ - 3 5 5 7 6 セゾン - セビニエ セーエス 1 7 6 1 6 アベニユー・デ・シ
ヤン - ブラン 9 7 5 テクニカラー・アール・アンド・デイー フランス

(72)発明者 オリビエ, ヤニック

フランス国 エフ - 3 5 5 7 6 セゾン - セビニエ セーエス 1 7 6 1 6 アベニユー・デ・シ
ヤン - ブラン 9 7 5 テクニカラー・アール・アンド・デイー フランス

審査官 坂東 大五郎

(56)参考文献 特表 2 0 1 2 - 5 2 0 6 1 9 (J P , A)

特表 2 0 1 5 - 5 0 3 8 7 3 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

H 0 4 N 1 9 / 0 0 - 1 9 / 9 8