

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7106273号
(P7106273)

(45)発行日 令和4年7月26日(2022.7.26)

(24)登録日 令和4年7月15日(2022.7.15)

(51)国際特許分類

H 04 N	19/70 (2014.01)	H 04 N	19/70
H 04 N	19/463 (2014.01)	H 04 N	19/463
H 04 N	19/85 (2014.01)	H 04 N	19/85

F I

請求項の数 14 (全73頁)

(21)出願番号	特願2017-557494(P2017-557494)	(73)特許権者	319002876
(86)(22)出願日	平成28年1月26日(2016.1.26)		インターデジタル マディソン パテント
(65)公表番号	特表2018-506938(P2018-506938)		ホールディングス, エスアーエス
	A)		フランス国, 75017 パリ, ル デュ
(43)公表日	平成30年3月8日(2018.3.8)		コロネル モル 3
(86)国際出願番号	PCT/EP2016/051552	(74)代理人	100079108
(87)国際公開番号	WO2016/120261		弁理士 稲葉 良幸
(87)国際公開日	平成28年8月4日(2016.8.4)	(74)代理人	100109346
審査請求日	平成31年1月15日(2019.1.15)		弁理士 大貫 敏史
審判番号	不服2020-15700(P2020-15700/J 1)	(74)代理人	100117189
審判請求日	令和2年11月13日(2020.11.13)	(74)代理人	弁理士 江口 昭彦
(31)優先権主張番号	15305092.7		100134120
(32)優先日	平成27年1月27日(2015.1.27)	(74)代理人	弁理士 内藤 和彦
(33)優先権主張国・地域又は機関	最終頁に続く		100108213
			弁理士 阿部 豊隆
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像及びビデオを電気光変換及び光電気変換するための方法、システム、及び機器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ピクチャを符号化する方法であつて、
ピクチャを受信すること、
結果として生じる変換済みの輝度 $V(L)$ を求めるために、前記ピクチャの画素の輝度 L にパラメータ化された伝達関数を適用すること、
前記結果として生じる変換済みの輝度 $V(L)$ を符号化することを含み、
前記パラメータ化された伝達関数は、

【数1】

$$V(L) = k \frac{sL^n + c}{L^n + st} + m$$

に基づき、前記パラメータ化された伝達関数をモデリングするために s のパラメータ s、n、c、t、k 及び m に基づいて調節され、s、n、c、及び t はゼロとは異なり、前記パラメータ k 及び m は、前記パラメータ化された伝達関数が、前記輝度 L の最小値及び前記輝度 L の最大値から選択される少なくとも 1 つに基づいて、 $V(L)$ の所望の値を決定することを可能にする、方法。

【請求項2】

前記パラメータ化された伝達関数が

【数2】

$$V(L) = k \frac{s \left(\frac{L-b}{a} \right)^n + c}{\left(\frac{L-b}{a} \right)^n + st} + m$$

に基づき、2つの他のパラメータ a 及び b に基づいて調整される、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記輝度 L をトーンマッピングすることを更に含む、請求項1又は2に記載の方法。 10

【請求項4】

前記パラメータ化された関数が非線形のエンドツーエンド挙動を有する、請求項1乃至3の何れか一項に記載の方法。

【請求項5】

前記パラメータを符号化し、前記符号化済みのパラメータをビットストリーム内でシグナリングすることを更に含む、請求項1乃至4の何れか一項に記載の方法。

【請求項6】

前記シグナリングが、ピクチャパラメータセット (PPS)、シーケンスパラメータセット (SPS)、付加拡張情報 (SEI) メッセージ、ビデオユーザビリティ情報 (VUI)、全米家電協会 (CEA) メッセージ、及びヘッダの少なくとも1つに含まれる少なくとも1つの構文要素を使用して行われる、請求項5に記載の方法。 20

【請求項7】

少なくともピクチャを符号化する機器であって、

結果として生じる変換済みの輝度 V (L) を求めるために前記ピクチャの輝度 L にパラメータ化された伝達関数を適用し、前記結果として生じる変換済みの輝度 V (L) を符号化するように構成された符号器

を含み、

前記パラメータ化された伝達関数は、

【数3】

$$V(L) = k \frac{sL^n + c}{L^n + st} + m$$

に基づき、前記パラメータ化された伝達関数をモデリングするために6つのパラメータ s、n、c、t、k 及び m に基づいて調節され、s、n、c、及び t はゼロとは異なり、前記パラメータ k 及び m は、前記パラメータ化された伝達関数が、前記輝度 L の最小値及び前記輝度 L の最大値から選択される少なくとも1つに基づいて、V (L) の所望の値を決定することを可能にする、機器。

【請求項8】

符号化ピクチャを復号する方法であって、

前記符号化ピクチャを受信することと、

復号済みのピクチャを求めるために、前記符号化ピクチャを復号することと、

輝度 L を求めるために前記復号済みのピクチャにパラメータ化された伝達関数を適用すること

を含み、

前記パラメータ化された伝達関数は、

【数4】

$$L(V) = \left(\frac{c - \left(\frac{V-m}{k} \right) st}{\frac{V-m}{k} - s} \right)^{\frac{1}{n}}$$

に基づき、前記パラメータ化された伝達関数をモデリングするために6つのパラメータ s、n、c、t、k、及びmに基づいて調節され、s、n、c、及びtはすべてゼロとは異なり、

前記パラメータ k 及び m は、前記パラメータ化された伝達関数が、前記輝度 L の最小値及び前記輝度 L の最大値から選択される少なくとも 1 つに基づいて、V (L) の所望の値を決定することを可能にする、方法。 10

【請求項 9】

前記パラメータ化された伝達関数が、

【数 5】

$$L(V) = a \left(\frac{c - \left(\frac{V-m}{k} \right) st}{\frac{V-m}{k} - s} \right)^{\frac{1}{n}} + b$$

に基づき、2 つの他のパラメータ a、及び b に基づいて調整される、請求項 8 に記載の方法。 20

【請求項 10】

前記パラメータ化された関数が非線形のエンドツーエンド挙動を有する、請求項 8 又は 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記パラメータ化された関数が逆トーンマッピングを行う、請求項 8 乃至 10 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 12】

前記パラメータ化された伝達関数を表す情報を受信することを更に含む、請求項 8 乃至 1 1 の何れか一項に記載の方法。 30

【請求項 13】

前記受信される情報が、ピクチャパラメータセット (PPS)、シーケンスパラメータセット (SPS)、付加拡張情報 (SEI) メッセージ、ビデオユーザビリティ情報 (VUI)、全米家電協会 (CEA) メッセージ、及びヘッダの少なくとも 1 つに含まれる、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

少なくとも符号化ピクチャを復号する機器であって、

復号済みのピクチャを求めるために前記符号化ピクチャを復号し、輝度 L を求めるために前記復号済みのピクチャにパラメータ化された伝達関数を適用するように構成された復号器を含み、 40

前記パラメータ化された伝達関数は、

【数 6】

$$L(V) = \left(\frac{c - \left(\frac{V-m}{k} \right) st}{\frac{V-m}{k} - s} \right)^{\frac{1}{n}}$$

に基づき、前記パラメータ化された伝達関数をモデリングするために6つのパラメータ s、n、c、t、k、及びmに基づいて調節され、s、n、c、及びtはすべてゼロとは異なり、

10

20

30

40

50

前記パラメータ k 及び m は、前記パラメータ化された伝達関数が、前記輝度 L の最小値及び前記輝度 L の最大値から選択される少なくとも 1 つに基づいて、 $V(L)$ の所望の値を決定することを可能にする、機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は画像及びビデオの処理に関する。具体的には本開示は、画像又はビデオデータを変換して捕捉済みの光情報を人間が見るために最適化することに関する。

【背景技術】

【0002】

高ダイナミックレンジ (HDR) のイメージングパイプライン又はビデオ分配システムでは、画像 (ピクチャ又はフレームとしても知られる) が典型的には符号化の前に前処理され、復号後に後処理される。このことは、既存の符号化規格に対する重要な修正を必要とすることなしに且つ分配のためのより高いビット深度 (典型的には 10 ビット) を必要とすることなしに、HDR ビデオに作用するために従来の画像又はビデオの符号化及び復号規格 (JPEG、AVC、HEVC 等) を使用することを可能にする。

10

【0003】

ビデオ画像の前処理は、線形光 RGB 成分及び / 又は輝度成分に対して一次元の色成分変換を適用することを含み得る。かかる変換は、多くの場合人間の視覚の側面をモデリングすることによって捕捉済みの光情報の定量化を最適化する。そのような変換の 1 つは光電気伝達関数 (OETF) としても知られている。OETF の一例は (例えば ITU-R Rec. BT.709 の中で記載されている) ガンマ関数である。

20

【0004】

後処理又はレンダリング段階の間、ディスプレイレンダリングプロセスが OETF 及びディスプレイの照明環境を補償する。ビデオフレームをレンダリングする前に復号済みのビデオが電気光伝達関数 (EOTF) を使用して処理される。EOTF は、復号済みの信号内の (符号語としても知られる) デジタル符号値をディスプレイの光レベルに変換する。EOTF は多くの場合 OETF の数学的反転だが、ディスプレイの要件次第で OETF の反転と異なる場合もある。例えば、標準ダイナミックレンジ (SDR) のビデオ信号の OETF は ITU-R Rec. BT.709 の中で 2 つの部分から成る関数 (線形部分及び幕関数部分) として述べられているが、対応する EOTF は ITU-R Rec. BT.1886 の中で、逆 OETF と異なる 1 つの部分から成る関数 (幕関数) として述べられている。

30

【0005】

現在存在する OETF / EOTF は、デジタル符号語に対する輝度値の単一マッピング (OETF)、及びデジタル符号語から輝度値に戻す単一マッピング (EOTF) しか行わない固定された提案である。相互排他的な固定マッピングの使用を提唱する多くの異なる単一マッピングの提案を様々な目標及び目的が引き起こしている。例えば、規格化が提案されている幾つかの EOTF / OETF の対がある (例えば ITU-R SG6/W6-C group, Working Party 6C (WP 6C) - Programme production and quality assessment, <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg6/rwp6c/Pages/default.aspx>)。しかし、様々な EOTF / OETF の提案は異なる二次目標を有し、又は異なる市場区分 (劇場公演、ブロードキャスト、又はパッケージメディア) に応える。従って、既存の OETF / EOTF 関数は様々な状況に照らして最適化されていない。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従って、OETF / EOTF 関数を改善する必要がある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

50

本発明は、様々なO E T F / E O T F 曲線間の適応修正を可能にする解決策を提供することにより、従来技術の不便さの一部を軽減することを提案する。従来の方法のそれぞれが様々な不都合を有するのでかかる解決策が必要である。例えばBBCは、より小さい輝度値域を対象として含むが、旧来のITU-R Recommendation BT.709 (Rec. 709) とほぼ後方互換性を与えることを目標とするO E T F 曲線を提案した (Borer, T., Non-linear Opto-Electrical Transfer Functions for High Dynamic Range Television. -: BBC, 2013)。他方でDolbyは、0.005から104 cd/m²までの非常に広い輝度値域を対象として含むO E T F / E O T F (PQ_E O T F) 曲線を提案した (米国特許出願公開第2014/0363093号、Scott Miller, M.N., ビットコードをより効率的に使用するための知覚的信号符号化 (Perceptual Signal Coding for More Efficient Usage of Bit Codes)。SMPTE Motion Imaging Journal, 122, 52-59, 2013)。Dolbyが提案した曲線は、人間のコントラスト感度の精巧なモデルの逆数 (reciprocal) である変調伝達関数に対してマッチングされる (Barten, P. G., Contrast Sensitivity of the Human Eye and its Effects on Image Quality (Vol. 72), Bellingham: SPIE Optical Engineering Press, 1999)。更にPhilipsは、様々なデータの目視検査に基づくO E T F 曲線を提案した (Vleuten, R. v., Philips' High Dynamic Range Proposal. Joint DVB-EBU HDR Workshop, 2014)。提案されたO E T F / E O T F 曲線の一部は固定されたビット深度を必要とするのに対し、他のものは10ビット又は12ビットのビデオ信号のビット深度に適合され得る。

【0008】

更に、新たなビデオフォーマットの特性、サービス、及びレンダリング装置の多様性が高まることにより、あり得るO E T F / E O T F 曲線の量が増える可能性があるので、異なるO E T F / E O T F 曲線間の適応修正の需要がある。例えば、特定の種類のビデオを対象にする新たなアプリケーション又はレンダリング装置にO E T F / E O T F 曲線の新たな定義が必要になる可能性がある。ビット深度、ピーク輝度、及び最低輝度の選択が依然として検討中であることを所与とし、どのO E T F / E O T F が消費者、ディスプレイ製造業者、及びコンテンツ制作者の需要を最も満たすのかは依然として不確かである。そのため、現在提案されている又は新たなO E T F / E O T F 曲線の挙動を模倣することができる適応型のO E T F / E O T F の需要がある。

【0009】

更に、相互運用性問題を回避するために異なるO E T F / E O T F 曲線間の適応修正が求められている。様々なO E T F / E O T F 曲線の提案が様々な規格化組織によって検討されている (例えばITU-R、BDA、CEA、HDMI (登録商標)、SMPTE)。これらの様々な組織は、様々なO E T F / E O T F の提案に基づいて独自のHDRビデオ信号をそれぞれ規定している。これらの組織は異なるE O T F / O E T F の提案を採用し、目標とされるアプリケーション及び技術の成熟に応じた様々な技術的解決策をもたらし得る。異なるE O T F / O E T F 曲線を採用することは、市場の分断、相互運用性問題、(例えば異なる市場区分向けのシステムオンチップ (SoC)、異なるO E T F / E O T F を実装する必要があるOTT / VOD / Blu-ray (登録商標)、プロードキャストによる)シリコンの無駄の原因になり得る。従って、様々な規格を横断し且つ異なるO E T F / E O T F 曲線と共に機能する適応型の解決策が必要である。

【0010】

著しいビットストリームオーバヘッドなしにO E T F / E O T F 曲線をシグナリングするためのメカニズムも求められている。例えばHEVC規格内で定められているknee function information SEI等、O E T F / E O T F 曲線は既存の様々な構文を使用して符号化ビデオストリーム内でシグナリングされ得る。knee関数は、その二ーポイント座標が符号化され、ビットストリーム内で伝送される区分線形曲線として関数を記述する。しかし、誤り耐性を考慮してこの情報がビットストリーム内に定期的に挿入されるべきなので、かかる情報は著しいビットストリームオーバヘッドを引き起こし得る。

【0011】

10

20

30

40

50

本原理は、ピクチャを符号化するための方法であって、ピクチャの輝度（L）信号にパラメータ化された伝達関数を適用して結果として生じるV（L）変換済み信号を求めるこ¹⁰と、及び結果として生じるV（L）を符号化することを含み、複数の伝達関数の1つをモデリングするためにパラメータ化された伝達関数が複数のパラメータに基づいて調節される、方法を提供する。

【0012】

本発明の特定の態様によれば、この方法は、パラメータ化された伝達関数を表す情報をシグナリングすることを含む。本発明の特定の態様によれば、この方法は、パラメータを符号化し、符号化済みのパラメータをビットストリーム内でシグナリングすることを含み、改変形態によれば、この方法は、1組の規定値に基づくパラメータのインジケータをビットストリーム内でシグナリングすることを更に含む。

【0013】

特定の態様によれば、この方法は、パラメータが明示的にシグナリングされるのか、1組の規定値に基づいて暗示的にシグナリングされるのかに基づく指示をシグナリングすることを含む。様々な態様によれば、ピクチャパラメータセット（PPS）、シーケンスパラメータセット（SPS）、付加拡張情報（SEI）メッセージ、（例えばAVCやHEVC等のビデオ圧縮規格内で定められる）ビデオユーザビリティ情報（VUI）、全米家電協会（CEA）メッセージ、及びヘッダの少なくとも1つに含まれる少なくとも1つの構文要素を使用してシグナリングが行われる。

【0014】

本発明の様々な態様によれば、輝度は、RGB、Y、線形RGBの線形結合、非線形RGBの線形結合であるルマ、及び非線形輝度の群から選択される少なくとも1つである。本発明の態様によれば、輝度は相対輝度及び絶対輝度の少なくとも一方である。

【0015】

本発明の特定の態様によれば、パラメータ化された伝達関数が、関数

【数1】

$$V(L) = \frac{sL^n + c}{L^n + st} + m$$

で表わされる関数モデルに基づいて決定され、s、t、c、n、及びmはパラメータであり、Lはピクチャの輝度値である。

【0016】

本発明の特定の態様によれば、パラメータ化された伝達関数が、関数

【数2】

$$V(L) = \frac{sL^n + c}{L^n + st}$$

で表わされる関数モデルに基づいて決定され、s、t、c、及びnはパラメータであり、Lはピクチャの輝度値である。

【0017】

本発明の特定の態様によれば、パラメータ化された伝達関数が、関数

【数3】

$$V(L) = \frac{sL + c}{L + st} + m$$

で表わされる関数モデルに基づいて決定され、s、t、c、及びmはパラメータであり、Lはピクチャの輝度値である。

10

20

30

40

50

【0018】

本発明の特定の態様によれば、結果として生じる $V(L)$ を符号化することは、ピクチャ又はビデオ符号器を使って $V(L)$ を圧縮することを含む。本発明の特定の態様によれば、結果として生じる $V(L)$ を符号化することは、結果として生じる $V(L)$ をデジタル化すること又は量子化することを含む。本発明の特定の態様によれば、パラメータは、情報源から受信される複数のパラメータ、ローカルに記憶されるパラメータ、複数組の定義済みのパラメータから選択される 1 組の定義済みのパラメータの群から選択される少なくとも 1 つに基づいて決定される。

【0019】

本発明の様々な態様によれば、ピクチャはピクチャのビデオストリーム内にある。本発明の特定の態様によれば、ピクチャが高ダイナミックレンジ (HDR) ピクチャである。本発明の別の態様によれば、ピクチャが非高ダイナミックレンジ (非HDR) ピクチャである。

10

【0020】

本発明の様々な態様によれば、パラメータ化された伝達関数が

【数4】

$$V(L) = \frac{s \left(\frac{L-b}{a} \right)^n + c}{\left(\frac{L-b}{a} \right)^n + st} + m$$

20

に基づき、 c 、 m 、 s 、 n 、 t 、 a 、 b はパラメータであり、 V は符号語である。

【0021】

本発明の様々な態様によれば、パラメータ化された伝達関数が

【数5】

$$V(L) = k \frac{sL^n + c}{L^n + st} + m$$

に基づき、 c 、 m 、 k 、 s 、 n 、 t はパラメータであり、 V は符号語である。

30

【0022】

本発明の様々な態様によれば、パラメータ化された伝達関数が

【数6】

$$V(L) = k \frac{s \left(\frac{L-b}{a} \right)^n + c}{\left(\frac{L-b}{a} \right)^n + st} + m$$

に基づき、 s 、 t 、 c 、 n 、 m 、 k 、 a 、及び b はパラメータであり、 V は符号語である。

【0023】

本発明の様々な態様によれば、輝度 (L) のトーンマッピングが更に含まれる。本発明の様々な態様によれば、パラメータ化された関数が非線形のエンドツーエンド挙動を有する。本発明の様々な態様によれば、少なくとも或るカラーチャネルを決定することが更に含まれ、その少なくとも或るカラーチャネルについて輝度が決定される。輝度は、 N 個のカラーチャネルの 1 つ又は複数について決定される。

40

【0024】

本原理は、上記のようにピクチャを符号化する方法を実行するための機器も提供する。とりわけ本発明はピクチャを符号化するための機器に関し、その機器は、ピクチャを受信するように構成される受信機と、パラメータ化された伝達関数をピクチャの輝度 (L) 信号に適用し、結果として生じる $V(L)$ 変換済み信号を求めるように構成されるプロセッサ

50

と、結果として生じる V (L) に合わせて構成される符号器とを含み、複数の伝達関数の 1 つをモデリングするために、パラメータ化された伝達関数が複数のパラメータに基づいて調節される。

【 0 0 2 5 】

本原理は符号化ピクチャを復号するための方法を提供し、その方法は、符号化ピクチャを受信することと、符号化ピクチャにパラメータ化された伝達関数を適用して符号化ピクチャの輝度 (L) 信号を求めることがあって、パラメータ化された伝達関数は複数のパラメータに基づく、輝度 (L) 信号を求めることが含み、複数の伝達関数の 1 つをモデリングするために、パラメータ化された伝達関数が複数のパラメータに基づいて調節される。

【 0 0 2 6 】

本発明の特定の態様によれば、この方法は、符号化ピクチャに関連するパラメータ化された伝達関数を表す情報を復号することを含む。このことは、復号方法がパラメータ化された伝達関数を識別すること又は決定することを可能にする。

【 0 0 2 7 】

一態様によれば、この方法は、パラメータ及び / 又はパラメータのインジケータをビットストリームから復号することを含む。

【 0 0 2 8 】

一態様によれば、この方法は、ビットストリームから指示を復号することを含み、指示はパラメータが明示的にシグナリングされるのか、1組の規定値に基づいて暗示的にシグナリングされるのかに基づく。

【 0 0 2 9 】

一態様によれば、ビットストリームが、ピクチャパラメータセット (PPS)、シーケンスパラメータセット (SPS)、付加拡張情報 (SEI) メッセージ、(例えば AVC や H264 等のビデオ圧縮規格内で定められる) ビデオユーザビリティ情報 (VUI)、全米家電協会 (CEA) メッセージ、及びヘッダの少なくとも 1 つに含まれる少なくとも 1 つの構文要素に基づくパラメータのシグナリングを含む。

【 0 0 3 0 】

一態様によれば、パラメータ化された伝達関数が、関数

【 数 7 】

$$L(V) = \left(\frac{c - (V - m)st}{V - m - s} \right)^{1/n}$$

で表わされる関数モデルに基づいて決定され、 s 、 t 、 c 、 n 、及び m はパラメータであり、 V は符号語である。

【 0 0 3 1 】

一態様によれば、パラメータ化された伝達関数が、関数

【 数 8 】

$$L(V) = \left(\frac{c - (V - m)st}{\min(V - m - s, M)} \right)^{1/n}$$

で表わされる関数モデルに基づいて決定され、 s 、 t 、 c 、 n 、及び m はパラメータであり、 M は定数関数であり、 V は符号語である。

【 0 0 3 2 】

一態様によれば、パラメータ化された伝達関数が、関数

【 数 9 】

10

20

30

40

50

$$L(V) = \left(\frac{c - (V)st}{V - s} \right)^{1/n}$$

で表わされる関数モデルに基づいて決定され、s、t、c、及びnはパラメータであり、Vは符号語である。

【0033】

— 態様によれば、パラメータ化された伝達関数が、関数

【数10】

$$L(V) = \left(\frac{c - Vst}{\min(V - s, M)} \right)^{1/n}$$

10

で表わされる関数モデルに基づいて決定され、s、t、c、及びnはパラメータであり、Mは定数関数であり、Vは符号化ピクチャを表す符号語である。

【0034】

— 態様によれば、パラメータ化された伝達関数が

【数11】

$$L(V) = a \left(\frac{c - (V - m)st}{V - m - s} \right)^{1/n} + b$$

20

に基づき、c、m、s、n、t、a、bはパラメータであり、Vは符号語である。

【0035】

— 態様によれば、パラメータ化された伝達関数が

【数12】

$$L(V) = \left(\frac{c - \left(\frac{V-m}{k} \right) st}{\frac{V-m}{k} - s} \right)^{\frac{1}{n}}$$

30

に基づき、c、m、k、s、n、tはパラメータであり、Vは符号語である。

【0036】

— 態様によれば、パラメータ化された伝達関数が

【数13】

$$L(V) = a \left(\frac{c - \left(\frac{V-m}{k} \right) st}{\frac{V-m}{k} - s} \right)^{\frac{1}{n}} + b$$

40

に基づき、s、t、c、n、m、k、a、及びbはパラメータであり、Vは符号語である。

【0037】

— 態様によれば、パラメータ化された伝達関数が

【数14】

$$L(V) \approx \left(\frac{-Vu}{V - V_{max}(1+u)} \right)^{1/n}$$

に基づき、V_{max}、u、及びnはパラメータである。

50

【0038】

本発明の様々な態様によれば、パラメータ u 及び n を決定するために最適化アルゴリズムが利用される。パラメータ u 及び n の値は、輝度 / 符号語の対 (L_i, V_i) に基づく基準曲線に基づいて決定され得る。パラメータ u 及び n の値は、輝度 / 符号語の対 (L_i, V_i) に不均一な重みを加えることによって決定され得る。

【0039】

本発明の様々な態様によれば、パラメータ化された関数が逆トーンマッピングを行う。本発明の様々な態様によれば、パラメータ化された関数が非線形のエンドツーエンド挙動を有する。本発明の様々な態様によれば、少なくとも或るカラーチャネルを決定することが更に含まれ、その少なくとも或るカラーチャネルについて輝度が決定される。輝度は、 N 個のカラーチャネルの 1 つ又は複数について決定され得る。

10

【0040】

本原理は、上記のように符号化ピクチャを復号する方法を実行するための機器も提供する。本発明の一態様によれば、符号化ピクチャを復号するための機器、この機器は、符号化ピクチャを受信するように構成される受信機と、符号化ピクチャを復号済みのピクチャに復号し、復号済みのピクチャにパラメータ化された伝達関数を適用して符号化ピクチャの輝度 (L) 信号を求めるように構成されるプロセッサであって、パラメータ化された伝達関数は複数のパラメータに基づく、プロセッサとを含み、複数の伝達関数の 1 つをモデリングするために、パラメータ化された伝達関数が複数のパラメータに基づいて調節される。

20

【0041】

符号化若しくは復号のための方法、又は符号化若しくは復号のための機器の一態様によれば、モデリングされる識別済みの伝達関数を用いて、パラメータ化された伝達関数を最適化することによってパラメータが生成される。

【0042】

一態様によれば、パラメータ化された伝達関数が、符号語 V の最小値に基づいて輝度 L の所望の値を決定することを可能にするパラメータがある。一態様によれば、パラメータ化された伝達関数が、符号語 V の最大値に基づいて輝度 L の所望の値を決定することを可能にするパラメータがある。一態様によれば、パラメータ化された伝達関数が、輝度 L の最小値に基づいて $V(L)$ の所望の値を決定することを可能にするパラメータがある。

30

【0043】

一態様によれば、パラメータ化された伝達関数が、輝度 L の最大値に基づいて $V(L)$ の所望の値を決定することを可能にするパラメータがある。

【0044】

本原理は、上記の方法に従って画像を前処理又は後処理するための命令を記憶したコンピュータ可読記憶媒体も提供する。

【0045】

本原理は、上記の方法に従って生成されるビットストリームを記憶したコンピュータ可読記憶媒体も提供する。

【0046】

以下に記載の図面と共に解説するとき、本発明の特徴及び利点が以下の詳細な説明から明らかになり得る。

40

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】捕捉及び分配ワークフロー内で O E T F を使用してピクチャを符号化する一例示的方法を示す図である。

【図2】本原理による、パラメータ化された O E T F を使用してピクチャを符号化するための一例示的方法を示す図である。

【図3】本原理による、パラメータ化された O E T F のパラメータを符号化するための一例示的方法を示す図である。

【図4】分配及びレンダリングシステム内で E O T F 又はパラメータ化された逆 O E T F

50

を使用して符号化ピクチャを復号するための一例示的方法を示す図である。

【図5】本原理による、パラメータ化されたEOTF又はパラメータ化された逆OETFのパラメータを復号するための一例示的方法を示す図である。

【図6】本原理による、パラメータ化されたOETFを使用してピクチャを符号化する一例示的スキームを示す図である。

【図7】本原理による、パラメータ化されたEOTF又はパラメータ化された逆OETFを使用して符号化ピクチャを復号する一例示的スキームを示す図である。

【図8】図1～図7に関して説明する方法を実施するように構成され得る装置の一例示的アーキテクチャを示す。

【図9】既存の他のOETFに対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたOETFの性能結果を例示するグラフの一例を示す。

【図10A】SMPTE ST 2084 OETF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたOETFの結果の性能を例示するグラフの一例を示す。

【図10B】Barten MTF(変調伝達関数)曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたOETFの結果の性能を例示するグラフの一例を示す。

【図10C】BBC OETF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたOETFの結果の性能を例示するグラフの一例を示す。

【図11A】SMPTE ST 2084 OETF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたEOTF(又は逆OETF)の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。

【図11B】Barten MTF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたEOTF(又は逆OETF)の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。

【図11C】BBC OETF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたEOTF(又は逆OETF)の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。

【図12A】SMPTE ST 2084 OETF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたOETFの結果の性能を例示するグラフの一例を示す。

【図12B】Barten MTF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたEOTFの結果の性能を例示するグラフの一例を示す。

【図12C】BBC OETF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたEOTFの結果の性能を例示するグラフの一例を示す。

【図13A】SMPTE ST 2084 OETF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたEOTF(又は逆OETF)の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。

【図13B】Barten MTF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたEOTF(又は逆OETF)の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。

【図13C】BBC OETF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたEOTF(又は逆OETF)の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0048】

本原理は、画像及びビデオを処理するためのパラメータ化されたOETF及びEOTFを対象とする。とりわけ本原理は、現行規格の被選択OETF/EOTFの提案、将来の規格のOETF/EOTFの提案、又はカスタムOETF/EOTFの提案の挙動をOETF/EOTF曲線がモデリングすることを可能にする複数のパラメータに基づく1対のOETF/EOTF曲線を対象とする。

10

20

30

40

50

【0049】

本原理は、様々な市場、事例、及び／又は用途に適応可能なOETF/EOTFを提供することを対象とする。OETF/EOTFは、OETF/EOTFがコンテンツに動的に適応することを可能にするために変更され又は調節され得る複数のパラメータに基づいて適応できる。パラメータ設定は、例えばコンテンツごとに、動画ごとに、又はフレームごとに得ることができ、それらのパラメータ設定はディスプレイ側で復号するためのメタデータとして（例えばHDMIリンクによるメタデータチャネルを使用して）伝達され得る。

【0050】

本原理は、一連の連続した規格化に適応可能であり、従ってアップグレード経路を提供し又は前方互換性を可能にする適応型のOETF/EOTFの対を対象とする。パラメータは、所要の任意のビット深度、ピーク輝度、及び黒レベルについて導出され得る。従って、変化のないシナリオでは、現在の市場の需要にマッチするように1組のパラメータを現時点で規格化することができ、将来は将来の市場動向にマッチするようにビット深度、ピーク輝度、及び黒レベルに関して異なるパラメータの組を規格化することができる。

10

【0051】

本原理は、パラメータを適切に選択することによって既存の提案と互換性がある適応型のOETF/EOTFの対を対象とする。

【0052】

本原理は、人間の視覚をモデリングする変調伝達関数及び参照表に対して最適化されるOETF/EOTFを対象とする。

20

【0053】

本原理は、OTTストリーミング、ブロードキャスト、Blu-rayディスクやDVDによる配布等のためにグレーディングされるコンテンツ等、様々な使用事例の性能にマッチするためのパラメータも提供する。分配メカニズムごとに最適な符号化を可能にするように適応型のOETF/EOTFの対のパラメータが設定され得る。これらのパラメータは、既存のOETF/EOTFの提案にマッチするようにも設定され得る。

【0054】

本原理は、HDR画像及びビデオデータの量子化レベルを決定するための、Naka-Rushtonの式の新規の改変形態を対象とする。一例では、提案されるOETFが

【数15】

30

$$\text{等式番号1} \quad V(L) = \frac{sL^n + c}{L^n + st} + m$$

である。

【0055】

等式番号1への入力は、絶対的な又は相対的な輝度値Lによって与えられる一方、出力Vは所望のビット深度に量子化され得る。一例では、輝度値Lが $0 \leq L \leq 1$ であり得る。一例では、輝度値Lが $0 \leq L \leq 4$ であり得る。一例では、輝度値Lが $0.005 \leq L \leq 10^4$ であり得る。一例では、所望のビット深度が10ビットであり得る。

40

【0056】

輝度はRGB、Y（YはCIE Yxy、CIE Yuv、EBU Y'U'V'、NTSC Y' I' Q'、ITU-R BT.601 Y'PbPr、ITU-R BT.709 Y'CbCr、SECAM Y'DbDr、及びKodak Y'CCの少なくとも1つを含む色空間内の輝度を表すカラー・チャネルである）、L（LはCIE Lab及びCIE Luvの少なくとも1つを含む色空間内の輝度チャネルである）、I（IはIPT色空間内の輝度関連チャネルである）、V（VはHSV色空間内の値である）、B（BはHSB色空間内の輝度である）、及びI（IはHSI色空間内の強度チャネルである）であり得る。輝度は、線形RGBの線形結合、又は非線形RGBの線形結合であるルマとすることもできる。

輝度は、SMPTE ST 2084規格によって定められる線形色値（Linear Color Val

50

ue)、ITU-R、例えばBT.709-5によって定められる輝度、又は例えば画素値にトーンマッピングを適用した後の非線形輝度とすることもできる。

【0057】

等式番号1のパラメータs、t、c、n、及びmは、提案されるOETF/EOTFの提案ごとに、又は特に予見される使用シナリオ若しくはワークフローごとに設定され得る。或いは、パラメータはビデオコンテンツに基づいて（例えばフレームごとに又はシーケンスごとに）動的に設定され得る。その場合、受信機による適切な復号を可能にするためにパラメータがビデオストリームと共にメタデータとして送信される必要がある。等式番号1のパラメータs、t、c、n、及びmは、等式番号1の出力V(L)が所望の範囲に正規化されるように設定され得る。一例では、V(L)が取る値域が0 <= V(L) <= 1である。一例では、V(L)が取る値域が0 <= V(L) <= 4096であり、12ビットの全範囲の符号化に対応する。一例では、V(L)が取る値域が64 <= V(L) <= 960であり、10ビットの正規範囲に対応する。パラメータは情報源（例えばネットワーク、リンク（例えばHDMI）、アプリケーション、マン／マシンインターフェース）から受信され得る。パラメータはローカルに記憶され得る（例えば予め決められた1組の定義済みのパラメータ）。パラメータは、複数組の既定のパラメータから選択される1組の既定のパラメータとすることもでき、各組はビデオコンテンツの特性又は応用（例えばBlu-ray、DVB、HDMI、CEA、ATSC）に関係し得るパラメータ化された伝達関数に関係し得る。

【0058】

次いで、元の輝度レベルを回復するために、提案されるOETFの逆方程式が復号後に使用され得る。逆方程式はEOTFであり得る。従って、提案されるEOTF又は逆OETFは

【数16】

$$\text{等式番号2} \quad L(V) = \left(\frac{c - (V-m)st}{V-m-s} \right)^{1/n}$$

であり、Vはビデオ符号語に対応し得る。Vは、SMPTE ST 2084規格によって定められるように非線形の色値とことができ、又はITU-R、例えばBT.709-5によって定められるように電気信号であり得る。Vは等式番号1の出力とすることもできる。

【0059】

パラメータs、t、c、n、及びmは、等式番号1によって利用されるパラメータと、等式番号2によって利用される同じパラメータである。これらのパラメータは、ビデオストリームと共にメタデータとして送信されても良く、又はビットストリーム内でシグナリングされ得る。

【0060】

一例では、負値又はゼロ除算を回避するために、等式番号2を

【数17】

$$\text{等式番号3} \quad L(V) = \left(\frac{c - (V-m)st}{\min(V-m-s, M)} \right)^{1/n}$$

のように修正することができ、Mは定数であり、例えば(-10-4)に等しい。一例では、定数Mが、再現する必要があり得る妥当な最小輝度値を1桁下回る値の負であるように選択され、V-m-sは通常負になる。関係する入力と共に等式番号3が使用される場合、この定数は使用事例に応じてより大きいように又はより小さいように選択され得る。

【0061】

上記の等式番号1～3は、様々な目標を実現するためにパラメータ化され得る。つまり、

10

20

30

40

50

等式番号 1 ~ 3 及び特定の目標を実現するためにパラメータに与えられる値を用いて画像及びビデオの処理が行われ得る。様々なパラメータセット（例えばパラメータ（s、t、c、n、及びm）の様々な組）はそれぞれ異なる目標を実現し得る。例えば、様々なパラメータセットによって実現され得る一部の目標は、

- ・任意の妥当な輝度範囲及びビット深度についてBartenのコントラスト感度測定をマッチング／モデリングすること、
- ・SMPTE ST 2084曲線をマッチング／モデリングすること、
- ・提案されたPhilipsのOETF/EOTFをマッチング／モデリングすること、及び
- ・ARIB STD-B67曲線（本明細書ではBBC/NHK又はBBC曲線と呼ぶ）をマッチング／モデリングすること

を含み得る。

【0062】

OETFの等式は解析的に可逆なので、OETFを適用し、その後で二重逆OETF（dual inverse OETF）（この事例ではEOTF）を適用することは、量子化アーティファクトによって生じ得る小さな変化の例外はあるが元の入力値を返す。特定のパラメータ設定では、OETFが二回適用されることは、元と同じ形式の関数をもたらすことも示し得る。従ってそれらのパラメータでは、以下で更に説明するように等式が幕等である。

【0063】

最後に、トーンマッピング又はトーン再現に同じ等式が使用され得る。つまり、符号器側でOETFを適用することは旧来の装置上で表示するのに適した、見るに耐える画像をもたらす。ターゲットディスプレイが（例えばBT.709 OETFに応答しBT.1886 EOTFを使用する）旧来のSDR装置である場合、結果として生じるデータを提案される逆OETF関数に通すことなしにビデオストリームを復号することができる。提案される逆OETF関数を使用することは、ターゲットディスプレイがHDR装置である場合にのみ必要である。

【実施例】

【0064】

実施例 1

本原理の一態様は、汎用モデル及び1組のパラメータを利用して記述される1対のOETF/EOTF曲線を対象とする。パラメータを調節することは、複数の規格の又はカスタムのOETF/EOTFの対のうちの1つと同様に汎用モデルが機能し得るようにOETF/EOTF曲線の汎用モデルを調節する。復号器／レンダリング装置が逆OETF又はEOTFを再構築できるようにするために、パラメータは（例えばMPPEG分配規格によって定められる、又はATSC、BDA、DVB等の応用規格化委員会によって定められる）ビットストリーム内で、又はビデオ信号の標準仕様（例えばITU-R、SMPTE、CEA、HDMI）内でシグナリングされ得る。

【0065】

実施例 2

本原理による一例では、OETF/EOTFの汎用モデルが上記の等式番号1~3に基づき得る。

【0066】

汎用モデルOETFの一例は等式番号1：

【数18】

$$\text{等式番号1} \quad V(L) = \frac{st^n + c}{L^n + st} + m$$

に基づき得る。

【0067】

汎用モデル逆OETF又はEOTFの一例は等式番号2：

10

20

30

40

50

【数19】

等式番号2
$$L(V) = \left(\frac{c - (V-m)st}{V-m-s} \right)^{1/n}$$

に基づき得る。

【0068】

汎用モデル逆OETF又はEOTFの一例は等式番号3:

【数20】

等式番号3
$$L(V) = \left(\frac{c - (V-m)st}{\min(V-m-s, M)} \right)^{1/n}$$

10

に基づくことができ、Mは定数であり、例えば(-10-4)に等しい。

【0069】

実施例3

本原理による一例では、パラメータを4つしか含まない汎用OETFモデルの代替形態が

【数21】

等式番号4
$$V(L) = \frac{sL^n + c}{L^n + st}$$

20

のように構築され得る。

【0070】

パラメータを4つしか含まず、等式番号4に対応する汎用逆OETF又はEOTFモデルの代替形態を

【数22】

等式番号5
$$L(V) = \left(\frac{c - Vst}{\min(V - s, M)} \right)^{1/n}$$

30

のように構築することができ、Mは定数であり、例えば(-10-4)に等しい。本発明の別の実装形態によれば、等式番号5ではnが変数パラメータであり又は例えば1に等しい固定値を有する。

【0071】

実施例4

パラメータを4つしか含まず、等式番号4に対応する汎用逆OETF又はEOTFモデルの代替形態を

【数23】

等式番号6
$$L(V) = \left(\frac{c - Vst}{V - s} \right)^{1/n}$$

40

のように構築することができる。

【0072】

実施例5

本原理による一例では、汎用OETF/EOTFの対の代替形態が以下のように生じ得るトーンマッピングの使用事例に使用され得る。

【0073】

一例では、制作後に撮影監督及びカラリストが何らかのコンテンツのHDRグレードを作

50

り出すことができる。ピクチャ（又はビデオ）のグレーディングとは、目標とする所与の用途（例えば劇場公演、ホームエンターテインメント、ブロードキャスト）に芸術的意図を吹き込むためにピクチャ（又はビデオ）の色を変える／向上させるプロセスである。このH D R ビデオ信号の特定場面を符号化するためにO E T Fが直接使用されても良く、O E T Fは等式番号1及び4に記載したものに基づき得る。

【0074】

次いで、特定のトーンマッピング又はトーン再現オペレータ（T M O）を使用して低ダイナミックレンジグレードが導出され得る。T M Oは、典型的にはピクチャ又は画像の元の輝度値域を、ディスプレイによって再現され得るより低い輝度値域にマップする。例えばT M Oは、H D R グレードのダイナミックレンジを標準ダイナミックレンジ（S D R）グレードにマップし得る。常にではないが多くの場合、トーンマッピング又はトーン再現は元のカラーピクチャ又は画像から導出される輝度チャネルに対して行われる。

10

【0075】

一例では、任意のT M Oが使用され得る。別の例ではT M Oが以下の等式に基づき得る。

【数24】

$$\text{等式番号7} \quad T(L) = \frac{sL^n + c}{L^n + st} + m$$

これは提案されるO E T Fと同じ形式のT M Oである。

20

【0076】

次いで、結果として生じるトーンマッピング済みのコンテンツT（L）が（例えばA V CやH E V C等のM P E Gビデオ符号化規格、又は単一ピクチャでは例えばJ P E Gを使用して）分配のために符号化され得る。次いで、分配のために符号化する前に、トーンマッピング済みのコンテンツT（L）に対してO E T Fの僅かな改変形態が適用され得る。このO E T Fの改変形態は次式の通りである。

【数25】

$$\text{等式番号8} \quad V(L) = \frac{aL + u}{L + ab} + k$$

30

【0077】

指数nがO E T F内で除去されていることを除き、O E T F及びT M Oは同じ形式のものであることに留意されたい。T M Oが最初に適用され、次いでO E T Fが適用される場合、最終結果がトーンマッピング済みのコンテンツと同じ形式を有することを示すことができ、即ち次式が成立する。

【数26】

$$\text{等式番号9} \quad V(T(L)) = \frac{\frac{as+am+u}{s+m+ab}L^n + \frac{ac+stam+stu}{s+m+ab}}{L^n + \frac{c+stm+stab}{s+m+ab}} + k$$

40

【0078】

L以外の全ての変数は定数なので、この等式は下記の形式のものである。

【数27】

$$\text{等式番号10} \quad V(T(L)) = \frac{a'L^n + u'}{L^n + ab'} + k$$

【0079】

このシナリオでは、パラメータs、t、c、及びmが創作的意図を吹き込むためにカラリ

50

ストによって設定され得る。O E T F を適用した後の結果、即ち V (T (L)) が T (L) と同じ関数形式を有するので、O E T F を適用することによって監督の意図が影響を受けることがないことが見て取れる。

【 0 0 8 0 】

カラリストは指数 n を利用できないが、指数 n は T M O の一部である。信号 T (L) の最適な符号化及び伝送を可能にするためにパラメータ a、b、u、k、並びに n が与えられる。

【 0 0 8 1 】

このシナリオでは、監督の意図と一致するように、等式 10 の中のパラメータ a'、b'、及び u' が等式 9 の中の対応する定数にマッチするように設定される。このことは、3 つの未知数、つまり a、b、及び u を有する 3 つの等式をもたらす。この 3 つの方程式系を解くと下記が得られる。

【 数 2 8 】

$$a = \frac{s^2 t (u' - a' s t)}{u' - s^3 t^2 - a' b' c - a' s t - c s t + a' b' s^2 t}$$

$$b = \frac{-(m u' + s u' - a' s^2 t - m s^3 t^2 - a' m s t + c m s t + a' b' s^3 t - a' b' c m - a' b' c s + a' b' m s^2 t)}{s^2 t (u' - a' s t)}$$

$$u = \frac{s^2 t (a' c - m u' - s u' + a' m s t)}{u' - s^3 t^2 - a' b' c - a' s t + c s t + a' b' s^2 t}$$

【 0 0 8 2 】

a、b、及び u (並びに k) のこれらの値は、トーンマッピング済みのコンテンツ T (L) に適切な O E T F を適用するために等式 8 の中で使用することができる。

【 0 0 8 3 】

実施例 6

本原理による一例では、O E T F / E O T F パラメータが明示的にシグナリングされるのか、マッチする / 既存の O E T F / E O T F の対に対応するパラメータの 1 組の既定値に対応するインデックス値又はインジケータから導出されたのかを示すために、フラグが有利にシグナリングされ得る。一例では、かかるシグナリングのための構文が以下で構成され得る。

【 0 0 8 4 】

【表 1】

transfer_function_bit_depth_minus8	u(4)
transfer_function_type_flag	u(1)
transfer_function_predefined_flag	u(1)
if transfer_function_predefined_flag)	
transfer_function_predefined_idc	u(8)
else {	
tf_log2_denom	u(10)
tf_param_s	u(10)
tf_param_t	u(10)
tf_param_c	u(10)
tf_param_n	u(10)
tf_param_m	u(10)
}	

表 1:汎用 OETF/EOTF パラメータを符号化するための構文の例

【 0 0 8 5 】

10

20

30

40

50

関連するセマンティクスを以下のように定めることができる。

【0086】

transfer_function_bit_depth_minus8 プラス 8 は、伝達関数メタデータを解釈するための、関連ピクチャのルマ及びクロマ成分又は輝度成分若しくは R G B 成分のビット深度を指定する：

bit_depth = transfer_function_bit_depth_minus8 + 8

【0087】

0 に等しい transfer_function_type_flag は、曲線モデル / 伝達関数が EOTF を特徴付けることを示す。1 に等しい transfer_function_type_flag は、曲線モデル / 伝達関数が OETF を特徴付けることを示す。transfer_function_type_flag がない場合、transfer_function_type_flag は 0 に等しいと推論される。 10

【0088】

1 に等しい transfer_function_predefined_flag は、構文要素 transfer_function_predefined_idc があることを示す。0 に等しい transfer_function_predefined_flag は、構文要素 transfer_function_predefined_idc がないことを示す（伝達関数モデルのパラメータが明示的に符号化される）。

【0089】

transfer_function_predefined_idc のセマンティクスは Error! Reference source not found. の中に定義され得る。

【0090】

【表 2】

transfer_function_predefined_idc	既定の伝達関数モデル
0	Bartenの曲線
1	SMPTE ST 2084 TF (PQ TF)
2	BBC TF
3	Philips TF
4..255	ITU-T ISO/IECが将来使用するためのもの

表 2: transfer_function_predefined_idc のセマンティック

【0091】

transfer_function_predefined_idc 及び transfer_function_type_flag の関連付けは、どの EOTF 又は OETF がモデリングされるのかを明らかにすることを可能にし得る。 30

【0092】

tf_log2_denom は、全てのパラメータ (tf_param_s, tf_param_t, tf_param_c, tf_param_n, tf_param_m) の分母の 2 を底とする対数を指定する。tf_log2_denom の値は 0 から 15 の範囲内にあるべきである。ない場合、tf_log2_denom の値は 0 に等しいと推論される。

【0093】

或いは、規格（例えば H E V C / H . 2 6 5、A V C / H . 2 6 4、M P E G - 2、J P E G、又は任意の現在の若しくは将来の修正案）によるシグナリングが V U I / S P S / P P S / S E I 構文 / 構造内に挿入されても良い。 40

【0094】

実施例 7

一例では、本原理の一態様が、ピクチャのビット深度に応じて変わり得る汎用伝達関数 (TF) モデルのパラメータを対象とする。その場合、

・ 例えば以下の「Bartenの曲線」及び SMPTE ST 2084 伝達関数等、表 2 の中に項目を追加して以下の表 3 をもたらすことにより、

【0095】

10

20

30

40

50

【表 3】

transfer_function_predefined_idc	既定の伝達関数モデル
0	Bartenの曲線 (10ビット)
1	Bartenの曲線 (12ビット)
2	SMPTE ST_2084 TF (10ビット)
3	SMPTE ST 2084 TF (12ビット)
4	BBC EOTF
5	Philips EOTF
6..255	ITU-T ISO/IECが将来使用するためのもの

表 3 transfer_function_predefined_idc のセマンティック(改変形態)

10

【0096】

・又はbit_depth及びtransfer_function_predefined_idcの組合せとして既定のパラメータを選択することにより、パラメータの既定値をシグナリングすることができる。

【0097】

有利には、パラメータを符号化するために使用される構文要素のサイズが一部のパラメタについて異なり得る。

【0098】

有利には、パラメータの数が調節可能であり、構文内で示され得る(表4に示されている例の中のtf_num_param_minus1を参照されたい)。

20

【0099】

有利には、パラメータtf_log2_denomがパラメータごとに指定され得る。

【0100】

【表 4】

transfer_function_bit_depth_minus8	u(4)
transfer_function_type_flag	u(1)
transfer_function_predefined_flag	u(1)
if(transfer_function_predefined_flag)	
transfer_function_predefined_idc	u(8)
else {	
tf_num_param_minus1	u(3)
for (i=0 ; i<= tf_num_param_minus1; i++) {	
tf_log2_denom[i]	u(10)
tf_param_value[i]	se(v)
}	
}	

表 4:汎用 TF パラメータを符号化するための構文の例

30

【0101】

tf_num_param_minus1のセマンティクスは以下のように定義され得る。

【0102】

tf_num_param_minus1プラス1は、伝達関数を定めるパラメータ値の数を指定する。

40

【0103】

有利には、パラメータtf_log2_denomはパラメータごとにシグナリングされないが、セマンティクス内に存在する(表5)。

【0104】

有利には、各パラメータの構文要素のサイズが固定されず、構文要素によって指示されても、可変長符号(例えばAVC/H.264やHEVC/H.265内で定められるu(v)、se(v)、ue(v)、ae(v)等)によって符号化されても良い。

【0105】

50

【表 5】

transfer_function_bit_depth_minus8	u(4)
transfer_function_type_flag	u(1)
transfer_function_predefined_flag	u(1)
if(otransfer_function_predefined_flag)	
transfer_function_predefined_idc	u(8)
else {	
tf_num_param_minus1	u(3)
for (i=0 ; i<= tf_num_param_minus1; i++)	
tf_param_value[i]	se(v)
}	

表 5:汎用 TF パラメータを符号化するための構文の例

10

【0 1 0 6】

実施例 8

一例では、本原理の一態様がビデオビットストリームにおいて、HEVC 又はAVC ビデオ符号化規格の SEI 内のパラメータを定めることを対象とする（表 6）。一例として構文は表 4 に基づくが、表 1、表 5、又は他の派生構文構造に直接拡張されても良い。

【0 1 0 7】

【表 6】

transfer_function_info(payloadSize) {	
transfer_function_id	ue(v)
transfer_function_cancel_flag	u(1)
if(!transfer_function_cancel_flag) {	
transfer_function_persistence_flag	u(1)
transfer_function_bit_depth_minus8	u(4)
transfer_function_type_flag	u(1)
transfer_function_predefined_flag	u(1)
if(transfer_function_predefined_flag)	
transfer_function_predefined_idc	u(8)
else {	
tf_num_param_minus1	u(3)
for (i=0 ; i<= tf_num_param_minus1; i++) {	
tf_log2_denom[i]	u(10)
tf_param_value[i]	se(v)
}	
}	
}	

表 6:SEI メッセージ内の汎用 TF パラメータを符号化するための構文の例

20

30

【0 1 0 8】

表 6 に関する新たな構文要素に関連する補足的なセマンティクスを以下のように定める。

【0 1 0 9】

transfer_function_id は、伝達関数情報の目的を識別するために使用され得る識別番号を含む。transfer_function_id の値は 0 から 232 - 2 の範囲内にあるべきである。

40

【0 1 1 0】

1 に等しい transfer_function_cancel_flag は、伝達関数情報 SEI メッセージが、現在のレイヤに当たる出力オーダ (output order) 内の過去の如何なる伝達関数 SEI メッセージの持続性も取り消すことを示す。0 に等しい transfer_function_cancel_flag は伝達関数情報が続くことを示す。

【0 1 1 1】

transfer_function_persistence_flag は、現在のレイヤにわたる伝達関数情報 SEI メッセージの持続性を指定する。0 に等しい transfer_function_persistence_flag は、伝達関数情報が現在のピクチャにしか適用されないことを指定する。

50

【 0 1 1 2 】

一例では、picAを現在のピクチャと仮定されたい。1に等しいtransfer_function_persistence_flagは、以下の条件の何れかが真であるまで出力オーダ内で伝達関数情報が現在のレイヤにわたって持続することを指定する。

- 現在のレイヤの新たなCLV Sが始まる。

- ビットストリームが終わる。

- transfer_function_idの同じ値を有し、現在のレイヤに適用できる伝達関数情報SEIメッセージを含むアクセスユニット内の現在のレイヤ内のピクチャpicBが出力され、picBのピクチャオーダカウントの復号プロセスの呼び出し直後にPicOrderCnt(picB)がPicOrderCnt(picA)を上回り、PicOrderCnt(picB)及びPicOrderCnt(picA)はpicB及びpicAそれぞれのPicOrderCntVal値である。

10

【 0 1 1 3 】

表6の中のtransfer_function_cancel_flag及びtransfer_function_persistence_flagの補足的な構文要素は、そのパラメータが(シーケンスやピクチャごとに)経時変化し得る又は(シーケンスやピクチャごとに)持続したままであり得る伝達関数の動的適応に対応できるようにする。別の実施形態では、それらの構文要素が存在しない場合がある(持続性がセマンティクス内で直接管理される)。

【 0 1 1 4 】

実施例 9

一例では、本原理の一様がビットストリームにおいて、ピクチャパラメータセット(PPS)内のパラメータを定めることを対象とする。一例として構文は表4に基づくが、表1、表5、又は他の派生構文構造に直接拡張されても良い。***を有するフィールドは、HEVCの既存の構文と比較して新しい。

20

【 0 1 1 5 】

【表7】

記述子
ue(v)
ue(v)
...
u(1)
if(pps_extension_present_flag) {
pps_range_extension_flag
pps_multilayer_extension_flag
*** pps_hdr_extension_flag
*** pps_extension_5bits
}
if(pps_range_extension_flag)
pps_range_extension()
if(pps_multilayer_extension_flag)
pps_multilayer_extension() /* Annex Fの中で明示されている*/
*** if(pps_hdr_extension_flag)
*** pps_hdr_extension() /* Annex Xの中で明示されている*/
if(pps_extension_5bits)
while(more_rbsp_data())
pps_extension_data_flag
rbsp_trailing_bits()
}

30

40

表7:PPS内の汎用TFパラメータを追加するための構文の例

【 0 1 1 6 】

新たな構文要素のセマンティクスは下記の通りである。

【 0 1 1 7 】

1に等しいpps_hdr_extension_flagは、PPS RBSP構文構造内にpps_hdr_extension()構文構造があることを指定する。0に等しいpps_hdr_extension_flagはこの構文構造

50

がないことを指定する。ない場合、`pps_hdr_extension_flag`の値は0に等しいと推論される。

【 0 1 1 8 】

`pps_extension_5bits` : `pps_hdr_extension_flag`のために1ビット追加されるので、バイト境界を合わせるためにH.265 / HEVC仕様内の`pps_extension_6bit`を`pps_extension_5bits`に変更する。

【 0 1 1 9 】

pps_extension_5bits等の拡張フラグは、規格の旧バージョンを実装する装置のための後方互換性を保ちながら、規格が拡張するための柔軟性を与えることに留意されたい。拡張部分内に追加される新たな機能は、新たな規格を実装する新たな装置によって読み取られる一方、以前の規格のバージョンを実装する旧来の装置はそれらのフラグを単に破棄する。

【 0 1 2 0 】

【表8】

***pps_hdr_extension()	記述子
***transfer_function_bit_depth_minus8	u(4)
***transfer_function_type_flag	u(1)
***transfer_function_predefined_flag	u(1)
***jft_transfer_function_predefined_flag()	
*** transfer_function_predefined_idc	u(8)
***else {	
*** tf_num_param_minus1	u(3)
*** for (i=0 ; i<= tf_num_param_minus1; i++) {	
*** tf_log2_denom[i]	u(10)
*** tf_param_value[i]	se(y)
*** }	
*** }	

表 8: PPS 内の汎用 TF パラメータを符号化するための構文の例

【 0 1 2 1 】

実施例 1 0

一例では、本原理の一態様がビデオビットストリームにおいて、シーケンスパラメータセット（S P S）内のパラメータを定めることを対象とする。一例として構文は表 4 に基づくが、表 1、表 5、又は他の派生構文構造に直接拡張されても良い。

【 0 1 2 2 】

【表 9】

記述子
sps_video_parameter_set_id
sps_max_sub_layers_minus1
sps_temporal_id_nesting_flag
profile_tier_level(1, sps_max_sub_layers_minus1)
sps_seq_parameter_set_id
chroma_format_idc
...
sps_extension_present_flag
if(sps_extension_present_flag) {
sps_range_extension_flag
sps_multilayer_extension_flag
*** sps_hdr_extension_flag
*** sps_extension_5bits
}
if(sps_range_extension_flag)
sps_range_extension()
if(sps_multilayer_extension_flag)
sps_multilayer_extension() /* Annex Fの中で明示されている*/
*** if(sps_hdr_extension_flag)
*** sps_hdr_extension() /* Annex Xの中で明示されている*/
if(sps_extension_5bits)
while(more_rbsp_data())
sps_extension_data_flag
rbsp_trailing_bits()
}

表 9: SPS 内の汎用 TF パラメータを追加するための構文の例

10

20

【0 1 2 3】

【表 10】

記述子
***sps_hdr_extension() {
***transfer_function_bit_depth_minus8
***transfer_function_type_flag
***transfer_function_predefined_flag
***if(transfer_function_predefined_flag)
*** transfer_function_predefined_idc
***else {
***tf_num_param_minus1
*** for (i=0 ; i<= tf_num_param_minus1; i++) {
*** tf_log2_denom[i]
*** tf_param_value[i]
*** }
*** }

表 10: SPS 内の汎用 TF パラメータを符号化するための構文の例

30

40

【0 1 2 4】

実施例 1 1

一例では、本原理の一態様がビデオビットストリームにおいて、パラメータを指示し、そのパラメータをビデオユーザビリティ情報（VUI）内で定めることを対象とする。一例として構文は表 4 に基づくが、表 1、表 5、又は他の派生構文構造に直接拡張されても良い。

【0 1 2 5】

【表 1 1】

vui_parameters() {	記述子
<u>aspect_ratio_info_present_flag</u>	u(1)
if(aspect_ratio_info_present_flag) {	
<u>aspect_ratio_idc</u>	u(8)
if(aspect_ratio_idc == EXTENDED_SAR) {	
<u>sar_width</u>	u(16)
<u>sar_height</u>	u(16)
}	
}	
...	
<u>bitstream_restriction_flag</u>	u(1)
if(bitstream_restriction_flag) {	
<u>tiles_fixed_structure_flag</u>	u(1)
<u>motion_vectors_over_pic_boundaries_flag</u>	u(1)
<u>restricted_ref_pic_lists_flag</u>	u(1)
<u>min_spatial_segmentation_idc</u>	ue(v)
<u>max_bytes_per_pic_denom</u>	ue(v)
<u>max_bits_per_min_cu_denom</u>	ue(v)
<u>log2_max_mv_length_horizontal</u>	ue(v)
<u>log2_max_mv_length_vertical</u>	ue(v)
}	
*** <u>transfer_function_present_flag</u>	u(1)
*** if(transfer_function_present_flag) {	
*** <u>transfer_function_bit_depth_minus8</u>	u(4)
*** <u>transfer_function_type_flag</u>	u(1)
*** <u>transfer_function_predefined_flag</u>	u(1)
*** if(transfer_function_predefined_flag)	
*** <u>transfer_function_predefined_idc</u>	u(8)
*** else {	
*** <u>tf_num_param_minus1</u>	u(3)
*** for (i=0 ; i<= tf_num_param_minus1; i++) {	
*** <u>tf_log2_denom[i]</u>	u(10)
*** <u>tf_param_value[i]</u>	sc(v)
*** }	
*** }	
*** }	
*** }	

表 11:VUI 内の汎用 TF パラメータを符号化するための構文の例

【 0 1 2 6 】

別の例として、伝達特性セマンティクスが更新され得る。典型的には、以下のように (I T U - R 又は S M P T E 規格内で参照され又は固定され得る) 汎用 E O T F / O E T F の固定パラメータの一実施形態を組み込むために H E V C / H . 2 6 5 の表 E . 4 が更新され得る。

【 0 1 2 7 】

10

20

30

40

50

【表 1 2】

値	伝達特性	注記
0	確保済み	ITU-T ISO/IECが将来使用するためのもの
1	$V = \alpha * L_c * 0.45 - (\alpha - 1)$ $V = 4,500 * L_c$	$1 \geq L_c \geq \beta$ の場合 $\beta > L_c \geq 0$ の場合
2	本指定	画像特性が未知であり、又は アプリケーションによって決定される
3	確保済み	ITU-T ISO/IECが将来使用するためのもの
4	想定されるディスプレイガンマ2.2	Rec. ITU-R BT.470-6 System M (史料) 米国テレビジョン方式委員会 1953 カラーテレビの為の 伝送規格の為の推奨 米国連邦通信 委員会 Title 47 Code of Federal Regulations (2003) 73.682 (a) (20) Rec. ITU-R BT.1700 (2007 revision) 625 PAL及び625 SECAM
5	想定されるディスプレイガンマ2.8	Rec. ITU-R BT.470-6 System B, G (史料)
6	$V = \alpha * L_c * 0.45 - (\alpha - 1)$ $V = 4,500 * L_c$	$1 \geq L_c \geq \beta$ の場合 $\beta > L_c \geq 0$ の場合
7	$V = \alpha * L_c * 0.45 - (\alpha - 1)$ $V = 4,0 * L_c$	$1 \geq L_c \geq \beta$ の場合 $\beta > L_c \geq 0$ の場合
8	$V = L_c$	L_c の全ての値について 線形伝達特性
9	$V = 1.0 + \log_{10}(L_c) / 2$ $V = 0.0$	$1 \geq L_c \geq 0.01$ の場合 $0.01 > L_c \geq 0$ の場合
10	$V = 1.0 + \log_{10}(L_c) / 2.5$ $V = 0.0$	$1 \geq L_c \geq \sqrt{10} / 1000$ の場合 $\sqrt{10} / 1000 > L_c \geq 0$ の場合
11	$V = \alpha * L_c * 0.45 - (\alpha - 1)$ $V = 4,500 * L_c$ $V = -\alpha * (-L_c) * 0.45 + (\alpha - 1)$	$L_c \geq \beta$ の場合 $\beta > L_c \geq \beta$ の場合 $\beta > L_c$ の場合
12	$V = \alpha * L_c * 0.45 - (\alpha - 1)$ $V = 4,500 * L_c$ $V = -\alpha * (-L_c) * 0.45 - (\alpha - 1) / 4$	$1.33 > L_c \geq \beta$ の場合 $\beta > L_c \geq -\gamma$ の場合 $\gamma > L_c \geq -0.25$ の場合
13	$V = \alpha * L_c * (1 / 2.4) - (\alpha - 1)$ $V = 12.92 * L_c$	$1 \geq L_c \geq \beta$ の場合 $\beta > L_c \geq 0$ の場合
14	$V = \alpha * L_c * 0.45 - (\alpha - 1)$ $V = 4,500 * L_c$	$1 \geq L_c \geq \beta$ の場合 $\beta > L_c \geq 0$ の場合
15	$V = \alpha * L_c * 0.45 - (\alpha - 1)$ $V = 4,500 * L_c$	$1 \geq L_c \geq \beta$ の場合 $\beta > L_c \geq 0$ の場合

10

【0 1 2 8】

【表 1 3】

値	伝達特性	注記
16	L_c の全ての値について $V = ((c_1 + c_2 * L_c^n) + (1 + c_3 * L_c^n))m$ $c_1 = c_1 * c_2 + 1 \approx 3424 - 4096 = 0.8359375$ $c_2 = 32 * 2413 / 4096 = 18.8515625$ $c_3 = 32 * 2392 / 4096 = 18.6875$ $n = 128 * 2523 - 4096 = 78.84375$ $m = 0.25 * 2610 / 4096 = 0.1593017578125$ ビーグ白色に関して1に等しいL _c は10 000カンデラ/m ² の表示輝度レベルに対応することが通常意図される	10, 12, 14, 及び 16ビットシステムのための 映画テレビ技術者協会ST 2084
17	L_c の全ての値について $V = (48 * L_c + 52.37) / (1 + 2.6)$ ビーグ白色に関して1に等しいL _c は48カンデラ/m ² の表示輝度レベルに対応することが通常意図される	映画テレビ技術者協会 ST 428-1
18	$V = (8L_c^n + c) / (L_c^n + s) + m$ $c = X$ $n = X$ $s = X$ $t = X$ $m = X$	固定値を有する1組のパラメータについて 提案される汎用OETF
19.255	確保済み	ITU-T ISO/IECが将来使用するためのもの

表 12 伝達特性の更新例

30

【0 1 2 9】

上記のセマンティクスは等式番号1に基づくが、このバージョンのOETFの定義に限定されず、本明細書に記載の任意の等式及び/又は本明細書の等式から導出される任意の等式、例えば等式番号1から導出される等式に拡張され得る。様々な固定パラメータについて幾つかの項目(行)が追加され得る。

【0 1 3 0】

上記は、一例としてH.265/H.265を使用して様々な構文構造内に変調値を挿入して論じられた。本原理は他の規格にも適用され得る。VUIの実装例(実施例11)を除き、既存の又は展開済みのSDRワークフローとの完全な後方互換性が保たれる。

【0 1 3 1】

実施例12

40

50

一例では、本原理の一態様が（例えば C E A - 8 6 1 . 3 の拡張又は修正案の中の） C E A (全米家電協会) 規格に関する実装を対象とする。この規格は、パラメータ化された E O T F (P - E O T F) のパラメータをレンダリング装置（例えばディスプレイ）に伝えるために例えば H D M I によって使用され得る。例えば、 C E A - 8 6 1 . 3 の InfoFrame である Dynamic Range and Mastering InfoFrame は、以下のように更新され得る Static Metadata Descriptor 及び E O T F (表 1 3 、表 1 4) を定める。

【 0 1 3 2 】

【表 1 4 】

InfoFrame コード種類	InfoFrame 種類 = 0x07				
InfoFrame バージョン番号	Version=0x01				
Info Frame の長さ	次に続く HDR Metadata InfoFrame の長さ				
データバイト 1	F17=0	F16=0	F15=0	F14=0	F13=0 EOTF (3 ビット)
データバイト 2	F27=0	F26=0	F25=0	F24=0	F23=0 Static_Metadata_Descriptor_ID (3 ビット)
データバイト 3	Static_Metadata_Descriptor				
...	...				
データバイト n	...				

表 13 Dynamic Range and Mastering InfoFrame

10

【 0 1 3 3 】

データバイト 1 の E O T F は、ストリーム内で使用される電気光伝達関数 (E O T F) を識別する。

20

【 0 1 3 4 】

【表 1 5 】

EOTF	ストリームの EOTF
0	従来のガンマ - SDR 輝度範囲
1	従来のガンマ - HDR 輝度範囲
2	SMPTE ST 2084 [エラー! 参照元が見つかりません。]
***3	パラメータ化された EOTF
4- 7	将来使用するために確保済み

表 14 データバイト 1 - 電気光伝達関数

30

【 0 1 3 5 】

データバイト 2 の Static_Metadata_Descriptor_ID は、データバイト 3 以上で使用される構造を識別する。

【 0 1 3 6 】

【表 1 6 】

Static_Metadata_Descriptor_ID	メタデータ記述子
0	Static Metadata Type 1
***1	Static Metadata Type 2 (P-EOTF パラメータ)
2 - 7	将来使用するために確保済み

表 15 データバイト 2 - Static_Metadata_ID

40

【 0 1 3 7 】

Static_Metadata_Descriptor_ID=1 の場合、Static_Metadata_Descriptor は、パラメータ化された E O T F のパラメータを識別するために定められた、表 1 6 内に定められる構造を使用する。

50

【0138】

Static Metadata Type 2は以下のようにP-EOTFのパラメータを定め得る。

【0139】

【表17】

データバイト番号	内容
***データバイト3	peotf_param_s, LSB
***データバイト4	peotf_param_s, MSB
***データバイト5	peotf_param_t, LSB
***データバイト6	peotf_param_t, MSB
***データバイト7	peotf_param_c, LSB
***データバイト8	peotf_param_c, MSB
***データバイト9	peotf_param_n, LSB
***データバイト10	peotf_param_n, MSB
***データバイト11	peotf_param_m, LSB
***データバイト12	peotf_param_m, MSB

表16 Static Metadata Descriptor Type 2 (P-EOTF)

10

20

30

【0140】

セマンティクスは表1で提案されたのと同じである。

【0141】

実施例13

一例では、本原理の一様がパラメータ（例えばパラメータ（s、t、c、n、m））の既定値を対象とする。一例では、OETF曲線のパラメータが様々な既存のOETF並びにBartenのCSFに対して最適化され、提案される1組の既定のパラメータを（誤差測定と共に）もたらし得る。例えば図9は、既存のOETF規格又は規格の提案に対して最適化された本原理によるTCH関数を示す結果を示す。

【0142】

図9に示す数学モデルのパラメータは、黒レベルとピーク輝度との間で対数的に間隔を空けられる1000個のデータ点に基づいて生成された（以下の表17～20に示す；PhilipsのOETFに対するマッチの線形間隔）。一例では、データ点の数が1000個を上回っても下回っても良い。一例、黒レベル付近及び/又はピーク輝度付近に追加のデータ点が挿入された状態で、データ点の間隔が対数的であり得る。このことは、曲線の極値付近で十分正確な解を最適化プロセスが見つけるのを助け得る。

【0143】

本原理による汎用OETF $V(L)$ の出力と、適合が行われた曲線 $LUT_Ve(L)$ との平均二乗差として誤差が計算される：

【数29】

$$\text{等式番号11} \quad \text{誤差} = \frac{1}{n} \sum_n (V(L) - V_e(L))^2$$

40

【0144】

誤差とは、本原理によるパラメータ化されたOETFモデルと、マッチされ又はモデリングされているOETF（規格、提案された規格、将来の規格又はカスタム）との間の近さの指標である。等式11で計算される誤差は適切な誤差測度の一例である。一例は、 $V(L)$ 及び $V_e(L)$ に対して L_1 ノルムを使用し得る。

50

【0 1 4 5】

【表 1 8】

試験条件:			
ピーク: $10^4 \text{ cd}/\text{m}^2$			
黒: $10^{-3} \text{ cd}/\text{m}^2$			
符号語: 4096 (12 ビットの全範囲)			
パラメータ	Barten の曲線 ($f = 0.9078$)	SMPTE ST 2084	Philips EOTF
s	1.5000	1.4417	1.0667
t	3.8408	4.4059	21.245
c	-1.1103	-1.1146	-9.7546
n	0.25451	0.27182	0.46363
m	0.097763	0.10817	0.2885
誤差	5.10×10^{-6}	2.697×10^{-6}	5.2488×10^{-5}

表 17

10

【0 1 4 6】

【表 1 9】

20

試験条件:			
ピーク: $10^4 \text{ cd}/\text{m}^2$			
黒: $0.005 \text{ cd}/\text{m}^2$			
符号語: 4096 (12 ビットの全範囲)			
パラメータ	Barten の曲線 ($f = 0.89222$)	SMPTE ST 2084	Philips EOTF
s	1.5312	1.4598	1.0695
t	3.6965	4.2899	21.0024
c	-1.1959	-1.1213	-9.6815
n	0.24959	0.2681	0.46248
m	0.09586	0.10526	0.28698
誤差	3.8983×10^{-6}	1.913×10^{-6}	5.1925×10^{-5}

表 18

30

【0 1 4 7】

40

50

【表 2 0】

試験条件:			
ピーク:	$10^4 cd/m^2$ モデルからオフセット m を除去		
黒:	$10^{-3} cd/m^2$		
符号語: 4096 (12 ビットの全範囲)			
パラメータ	Barten の曲線 ($f = 0.9078$)	SMPTE ST 2084	Philips EOTF
s	1.4707	1.5475	1.2465
t	4.3636	4.1120	32.9662
c	-0.28519	-0.42305	-2.3399
n	0.28557	0.27237	0.55642
m	0	0	0
誤差	1.0021×10^{-5}	2.7011×10^{-6}	5.3659×10^{-5}

表 19

10

【0 1 4 8】

【表 2 1】

試験条件:			
ピーク:	$10^4 cd/m^2$ モデルからオフセット m を除去		
黒:	$0.005 cd/m^2$		
符号語: 4096 (12 ビットの全範囲)			
パラメータ	Barten の曲線 ($f = 0.89222$)	SMPTE ST 2084	Philips EOTF
s	1.4768	1.5624	1.2466
t	4.3301	4.0159	32.9224
c	-0.35758	-0.45706	-2.3493
n	0.28497	0.2687	0.55628
m	0	0	0
誤差	9.8265×10^{-6}	1.9174×10^{-6}	5.3517×10^{-5}

表 20

20

30

【0 1 4 9】

実施例 1 4

本原理による一例では、パラメータ化された汎用 O E T F / E O T F モデルのパラメータが本原理に従って以下のように生成され得る。

【0 1 5 0】

O E T F の最適化

本原理に従って上記で説明した汎用曲線は幾つかのパラメータを必要とする。それらのパラメータは、使用事例又は既存のどの曲線がモデリングされなければならないのに依存する。本原理に従ってこれらのパラメータの値を決定するために最適化手順を使用することができる。その後、同じパラメータが対応する E O T F (又は逆 O E T F)に使用される。

【0 1 5 1】

(目標の O E T F 曲線に対して) 最適化される O E T F 曲線は、参照表 (L U T) として又は関数として与えられ得る。O E T F V (L) が既存の O E T F V e (L) にマッチすることが望ましい輝度値域があると仮定すると、以下の最適化問題

40

50

【数30】

$$\text{等式番号12} \quad \arg \min_{\text{パラメータ}(e.g., s, t, c, n, m)} \|V_e(L) - V(L; \text{パラメータ}(e.g., s, t, c, m, n))\|^2$$

が解け、 $V_e(L)$ は既存の任意の所与の O E T F とすることができる、又はコントラスト感度関数から導出される L U T であり得る。L は、或る値域内の値の数（例えば調査中の輝度範囲にわたって対数的に間隔を空けられる 1000 個の値）であり得る。

【0152】

各変数又は各パラメータは個々に最適化され得る。この最適化について得られる誤差が過去の誤差を下回る場合、その変数のための新たな値が記憶される。さもなければ古い値が記憶される。

【0153】

各変数 / パラメータを 1 回最適化したらこの手順を繰り返す。このプロセスは、決まった回数（例えば 10000 回）又は誤差が減らなくなるまで繰り返される。この反復スキームの各反復中、誤差がより小さくなる場合にのみ、最適化によって決定された値にパラメータが更新される。さもなければ以前の反復のパラメータが保持される。過去に決定した 1 組の最適なパラメータを用いて各ループを開始し、最適化をループ状に繰り返すことにより、最適化が行われる曲線の平滑且つ良好な性質によって大域的最適解への収束がある。

【0154】

参照表

一例では、それ自体がコントラスト感度関数から導出される変調伝達関数がマッチされ得る。この手順では、輝度レベル及び空間周波数の関連する全ての組合せについて Barten のコントラスト感度関数を評価する。各輝度レベルについて、全ての空間周波数にわたって最大コントラスト感度が見つけられる。このことは、輝度レベルに応じたコントラスト感度関数 C S F (L) を作り出す。

【0155】

変調伝達関数はコントラスト感度の逆数であり、以下の等式によって与えられる。

【数31】

$$\text{等式番号13} \quad m_t(L) = \frac{1}{\text{CSF}(L)}$$

【0156】

本質的に変調伝達は、可視閾値を僅かに下回る所与の輝度レベルにおいて最大コントラストを与える。つまり、符号化スキーム内の後続の輝度レベルは最大限でもこの量のコントラストを有すべきである。

【0157】

2 つの輝度レベル L_1 と L_2 との間のコントラストは、

【数32】

$$\text{等式番号14} \quad C = \frac{L_1 - L_2}{L_1 + L_2}$$

によって与えられるマイケルソンコントラスト C として定められることが多い。

【0158】

これらの 2 つの等式を組み合わせると次式が得られる。

【数33】

10

20

30

40

50

等式番号15 $m_t(L) = \frac{L_1 - L_2}{L_1 + L_2}$

【0159】

L_1 又は L_2 について解くことで次式が得られる。

【数34】

等式番号16 $L_1 = L_2 \frac{1-m_t(L_2)}{1+m_t(L_2)}$
 $L_2 = L_1 \frac{1+m_t(L_1)}{1-m_t(L_1)}$

10

【0160】

この結果の解釈は、特定の輝度レベルを所与とし、厳密に1丁度可知差異 (JND) 異なる新たな輝度レベルが計算され得ることである。この一事例では、新たな輝度レベルが前の値よりも1JND高く、他の事例では新たな輝度レベルが1JND低い。

【0161】

一例では、所望のピーク輝度及びビット深度が選択され、それぞれ前の値と1JND異なる輝度値の参照表を、等式16を使って計算する。例えば12ビットのビット深度と共に10,000cd/m²のピーク輝度が選択される場合、参照表の中の最後の項目は10,000の値を含む。最後から二番目の項目が、等式16を用いて最後の項目から計算される。最後から三番目の項目が最後から二番目の項目から計算され、その後も同様に続く。

20

【0162】

その結果生じる参照表は、符号語（即ち表項目）を輝度値に変換するのでEOTFを表す。所望の最小輝度値が与えられる場合、最大輝度と最低輝度との間に割って入るのに符号語が幾つ必要になるのかの計算が行われ得る。かかる計算は、その輝度範囲について使用可能なJNDの数を与える。

【0163】

結果として生じるこの参照表を逆引きすることはOETFを実施することになる。この1対の関数は、EOTF及びOETFのそれぞれについてLBarteen(V)及びVBarteen(L)で示される。

30

【0164】

この参照表に対するOETFのパラメータは、

【数35】

等式番号17 $\arg \min_{\text{パラメータ}(e.g., s, t, c, m, n)} \|V_{\text{Barten}}(L) - V(L; \text{パラメータ}(e.g., s, t, c, m, n))\|^2$

を解くことで最適化することができ、任意の数のパラメータが選択され得る。

【0165】

慎重な(conservative)参照表

40

先の節の中で生成される参照表は、正確に1JND間隔を空けられる値を作成する。開始輝度及び参照表内の項目数の組合せは終了輝度を決定し得る。終了輝度は、そのようなやり方で予測するのが困難であり、所望の黒レベルよりも高い又は低い可能性があるのでかかる決定は望ましくない。このことは、表内の項目数が所与のビット深度に関する場合に特に当てはまる（一例では、10ビットのビット深度が1024項目の表を含意する）。黒レベル、ピーク輝度、及びビット深度の組合せが許す場合、連続する各刻みの間隔を1JND未満ずつ空けた方が良い。

【0166】

1未満の値を有するパラメータfを以下のように上記の公式に適用することができる。

【数36】

50

$$\begin{aligned} \text{等式番号18} \quad L_1 &= L_2 \frac{1-f m_t(L_2)}{1+f m_t(L_2)} \\ L_2 &= L_1 \frac{1+f m_t(L_1)}{1-f m_t(L_1)} \end{aligned}$$

【0167】

一例では、10, 000 c d / m² のピーク輝度、0.001 c d / m² の黒レベル、及び12のビット深度（従って2¹² = 4096 項目のLUTを作り出す）を有するシステムについて $f = 0.9$ が選択され得る。一例では、 $f = 0.918177$ である。固定されたピーク輝度、黒レベル、及びビット深度では、 f の値を変えることは曲線族をもたらす。

【0168】

概して、ピーク輝度、黒レベル、及びビット深度を選択し、そこから f の最適値を導出することが望ましい。それを実現するために、最適化手順を使用することができる。ここでは、原理の一様が以下の最適化問題を解く。

【数37】

$$\text{等式番号19} \quad \arg \min_f \|L_{min} - L(0; L_{max}, f)\|^2$$

10

20

【0169】

式中、 L_{min} は所望の黒レベルであり、 $L(0; L_{max}, f)$ は所与のピーク輝度 L_{max} 、参照表の所与のサイズ、並びに最適化されているパラメータ f から生成される参照表の中の最初の項目である。この技法の核心部は、所望の黒レベル L_{min} に可能な限り近い黒レベルを有する LUT をピーク輝度及びビット深度の所与の仕様下で作り出す f の値を見つけることである。

【0170】

この手順の結果は、本原理のOETF 及びEOTF 曲線のパラメータがマッチされ得る LUT を作成するために等式18 内で使用され得る f の値である。このLUT は等式17 内の V Bart en (L) を表す。次いで、等式17 の最適化スキームを適用することによってOETF のパラメータを決定する。OETF 及び対応するEOTF (逆OETF) の両方に対し、結果として生じる同じパラメータ s 、 t 、 c 、 m 、及び n が利用される。

30

【0171】

実施例 15

本原理による一例では、パラメータを 6 つ含む汎用 EOTF モデルの代替形態を以下のように構築することができる。

【数38】

$$\text{等式番号20} \quad L(V) = \left(\frac{c - (V - m)st}{V - m - s} \right)^{1/n} + b$$

40

40

【0172】

等式番号20 では、 c 、 m 、 s 、 n 、 t 、 b がパラメータであり、 V が符号語である。

【0173】

パラメータを 6 つ含み、等式20 に対応する汎用逆 EOTF 又はOETF の代替形態を以下のように構築することができる。

【数39】

$$\text{等式番号21} \quad V(L) = \frac{s(L-b)^n + c}{(L-b)^n + st} + m$$

50

【0174】

典型的には0であるVの最小値が所望の出力値Lにマップされるように曲線を修正するために、等式番号20内のオフセットbを使用することができる。一例では、パラメータc、m、s、t、及びnと組み合わせて入力V=0がL(0)=0にマップされるようにbが選択される。一例では、パラメータc、m、s、t、及びnと組み合わせて入力V=0がL(0)=0.001にマップされるようにbが選択される。

【0175】

パラメータs、t、c、n、及びmの値は、典型的には最適化プロセス（例えば実施例14の最適化プロセス）によって決定される。bの値も、所与の曲線に対する等式番号20の最適化によって見つけることができる。

10

【0176】

或いは、bの値は以下のように計算することができる。L_{min}は、意図される表示システムの所望の黒レベルであり得る。V_{min}は、L_{min}によって表わされる意図される黒レベルを所与とし、符号化されるべき最低符号語値であり得る。次いで、等式番号20に基づいて値bがL_{min}=L(V_{min})の決定に関与し得る。オフセットbがない場合、このマッピングは保証できない。

【数40】

$$\text{等式番号22} \quad L_{min} \neq \left(\frac{c - (V_{min} - m)st}{V - m - s} \right)^{1/n}$$

20

【0177】

しかし、等式番号20を利用し、1つの未知数（パラメータb）を有する等式を定めることができる。

【数41】

$$\text{等式番号23} \quad L_{min} = \left(\frac{c - (V_{min} - m)st}{V - m - s} \right)^{1/n} + b$$

30

【0178】

等式番号23では、パラメータs、t、c、n、及びmが最適化によって決定され得る。符号語V_{min}及び輝度値L_{min}を指定することができる。bの値は以下のように計算することができる。

【数42】

$$\text{等式番号24} \quad b = L_{min} - \left(\frac{c - (V_{min} - m)st}{V - m - s} \right)^{1/n}$$

40

【0179】

最適化によってではなく等式番号24に基づいてパラメータbを決定することは、ディスプレイヤやBlu-Rayプレーヤ等の特定のシステムがパラメータbを伝送しないことを可能にし、それはパラメータbがパラメータs、t、c、n、及びmから計算され得るからである。等式番号20のパラメータs、t、c、n、及びmは受信者に伝送され得る。

【0180】

実施例16

本原理による一例では、パラメータを7つ含む汎用EOTFモデルの代替形態を以下のように構築することができる。

【数43】

50

$$\text{等式番号25} \quad L(V) = a \left(\frac{c - (V - m)st}{V - m - s} \right)^{1/n} + b$$

【0181】

等式番号25では、c、m、s、n、t、a、bがパラメータであり、Vが符号語である。

【0182】

パラメータを7つ含み、等式番号25に対応する汎用逆EOTF又はOETFモデルの代替形態を以下のように構築することができる。

【数44】

10

$$\text{等式番号26} \quad V(L) = \frac{s \left(\frac{L-b}{a} \right)^n + c}{\left(\frac{L-b}{a} \right)^n + st} + m$$

【0183】

典型的には0であるVの最小値が所望の出力値 L_{min} にマップされるように曲線を修正するために、等式番号25に投入されたオフセットbを使用することができる。かかるマッピングを行う能力は、出力をその所望の最小出力値 L_{min} にシフトするためにbの値を変えることによって実現され得る。同時に、典型的には1であるVの最大値が所望の出力値 L_{max} にマップされる。かかるマッピングを行う能力は、出力をその所望の範囲に修正するためにaの値を変えることによって実現され得る。

20

【0184】

一例では、パラメータc、m、s、t、及びnと組み合わせて入力 $V = 1$ が $L(1) = 10,000$ にマップされるようにaが選択される。一例では、 $V = 1$ が $L(1) = 1$ にマップされる。一例では、 $V = 1$ が $L(1) = 4$ にマップされる。一例では、パラメータc、m、s、t、及びnと組み合わせて入力 $V = 0$ が $L(0) = 0$ にマップされるようにbが選択される。一例では、パラメータc、m、s、t、及びnと組み合わせて入力 $V = 0$ が $L(0) = 0,001$ にマップされるようにbが選択される。一例では、 $V = 1$ を

【数45】

30

$$\left(\frac{c - (1-m)st}{1-m-s} \right)^{1/n} + b$$

にマップするためにa = 1が選択される。一例では、入力 $V = 0$ が

【数46】

$$a \left(\frac{c - (-m)st}{-m-s} \right)^{1/n}$$

にマップされるようにb = 0が選択される。

40

【0185】

パラメータs、t、c、n、及びmの値は最適化プロセスによって決定され得る。所与の曲線に対する最適化により、a及びbの値も見つけることができる。

【0186】

或いは、a及びbの値は以下のように計算することができる。 L_{min} は、意図される表示システムの所望の黒レベルであり得る。この意図される黒レベルを符号化すべき最低符号語値が V_{min} によって与えられ得る。 L_{max} は、意図される表示システムの所望の黒レベルであり得る。意図されるピーク輝度を符号化すべき最大符号語値が V_{max} によって与えられ得る。すると等式番号25による所望のマッピングが次式のようになる。

等式番号27 a $L_{min} = L(V_{min})$

50

等式番号 27b $L_{max} = L(V_{max})$

【0187】

ゲイン a 及びオフセット b がない場合、このマッピングは保証できず、即ち概して次式が成立する。

【数47】

$$\text{等式番号28a } L_{min} \neq \left(\frac{c - (V_{min} - m)st}{V_{min} - m - s} \right)^{1/n}$$

及び

$$\text{等式番号28b } L_{max} \neq \left(\frac{c - (V_{max} - m)st}{V_{max} - m - s} \right)^{1/n}$$

10

【0188】

しかし、等式番号 25 の助けにより、2 つの未知数（パラメータ a 及び b）を有する 2 つの等式を定めることができる。

【数48】

$$\text{等式番号29a } L_{min} = a \left(\frac{c - (V_{min} - m)st}{V_{min} - m - s} \right)^{1/n} + b = aL'(V_{min}) + b$$

$$\text{等式番号29b } L_{max} = a \left(\frac{c - (V_{max} - m)st}{V_{max} - m - s} \right)^{1/n} + b = aL'(V_{max}) + b$$

20

【0189】

これらの等式では、パラメータ s、t、c、n、及び m が最適化によって決定され得る。符号語 V_{min} 及び V_{max} 並びに所望の輝度値 L_{min} 及び L_{max} が指定され得る。これにより、等式番号 29a 及び等式番号 29b の L' (V_{min}) 及び L' (V_{max}) の定義を使用し、a 及び b の値が以下のように計算できるようになる。

【数49】

$$\text{等式番号30 } a = \frac{L_{max} - L_{min}}{L'(V_{max}) - L'(V_{min})}$$

30

$$\text{等式番号31 } b = L_{min} - L'(V_{min}) \frac{L_{max} - L_{min}}{L'(V_{max}) - L'(V_{min})}$$

【0190】

最小の及び最大の輝度 L 及び符号語 V の値に基づいてパラメータ a 及び b を、最適化によってではなく上記の等式 30 及び 31 等によって決定することは、一部のパラメータが受信者に伝送されるディスプレイヤや Blu-Ray プレーヤ等のシステムにおいて、パラメータ a 及び b を伝送しなくても良くし、それはパラメータ a 及び b がパラメータ s、t、c、n 及び m に基づいて計算され得るからである。

40

【0191】

実施例 17

本原理による一例では、パラメータを 6 つ含む汎用 OETF モデルの代替形態を以下のように構築することができる。

【数50】

$$\text{等式番号32 } V(L) = k \frac{sL^n + c}{L^n + st} + m$$

【0192】

50

等式番号 32 では、c、m、k、s、n、t がパラメータであり、V が符号語である。

【0193】

パラメータを 6 つ含み、等式番号 32 に対応する汎用逆 O E T F 又は E O T F の代替形態を以下のように構築することができる。

【数 5 1】

等式番号33

$$L(V) = \left(\frac{c - \left(\frac{V-m}{k} \right) st}{\frac{V-m}{k} - s} \right)^{\frac{1}{n}}$$

10

【0194】

L の最小値が所望の符号語 V_{min} にマップされるように O E T F 曲線を修正するために、等式番号 32 に投入されたオフセット m を使用することができる。同時に、L の最大値が所望の出力値 V_{max} にマップされる。これは出力をその所望の範囲に修正するために k の値を変えることによって実現される。

【0195】

正規化された出力が所望の場合、V_{min} = 0 であり、V_{max} = 1 である。正規化されない使用事例では、符号語の範囲が所与のビット深度によって決定されても良く、「全」又は「正規」の形容詞によって更に修飾され得る。これらの範囲のそれぞれは、V_{min} 及び V_{max} の適切な値を指定することによって調整され得る。一例では、10 ビットの全範囲が V_{min} = 0 と V_{max} = 1023 との間の符号値を有する。一例では、10 ビットの正規範囲が V_{min} = 64 と V_{max} = 940 との間で定められる符号値を有する。一例では、12 ビットの全範囲が V_{min} = 0 と V_{max} = 4095 との間の値を有する。一例では、8 ビットの正規範囲が V_{min} = 16 と V_{max} = 235 との間の値を有する。

20

【0196】

パラメータ m 及び k は、最小の及び最大の輝度 L 及び符号語 V に基づいて決定され得る。パラメータ m 及び k は、上記の実施例 16 に関して論じたのと同様に計算することができる。対応する所望の符号値 V_{min} 及び V_{max} に加えて最小輝度値 L_{min} 及び最大輝度値 L_{max} を指定することができる。等式番号 32 から、2 つの未知数における 2 つの等式が導出される。

30

【数 5 2】

等式番号34a $V_{min} = k \frac{sL_{min}^n + c}{L_{min}^n + st} + m$

等式番号34b $V_{max} = k \frac{sL_{max}^n + c}{L_{max}^n + st} + m$

【0197】

次いで、これらの 2 つの等式をパラメータ k 及び m について同時に解いて次式が得られる。

40

【数 5 3】

等式番号35 $k = \frac{V_{max} - V_{min}}{V'(L_{max}) - V'(L_{min})}$

等式番号36 $m = V_{min} - V'(L_{min}) \frac{V_{max} - V_{min}}{V'(L_{max}) - V'(L_{min})}$

【0198】

等式番号 35 及び等式番号 36 では、V' (1) を以下のように求めることができる。

【数 5 4】

50

等式番号37 $V'(l) = \frac{sl^n+c}{l^n+st}$

【0199】

実施例 1 8

本原理による一例では、パラメータを 8 つ含む汎用 EOTF モデルの代替形態を以下のように構築することができる。

【数 5 5】

等式番号38
$$L(V) = a \left(\frac{c - \left(\frac{V-m}{k} \right) st}{\frac{V-m}{k} - s} \right)^{\frac{1}{n}} + b$$

10

【0200】

等式番号 38 では、c、m、k、s、n、t、a、b がパラメータであり、V が符号語である。

【0201】

パラメータを 8 つ含み、等式番号 38 に対応する汎用逆 EOTF 又は OETF モデルの代替形態を以下のように構築することができる。

20

【数 5 6】

等式番号39
$$V(L) = k \frac{s \left(\frac{L-b}{a} \right)^n + c}{\left(\frac{L-b}{a} \right)^n + st} + m$$

30

【0202】

典型的には 0 である V の最小値が所望の出力値 L_{min} にマップされるように曲線を修正するために、等式番号 38 に投入されたオフセット b を使用することができる。かかるマッピングを行う能力は、出力をその所望の最小出力値 L_{min} にシフトするために b の値を変えることによって実現され得る。同時に、典型的には 1 である V の最大値が所望の出力値 L_{max} にマップされる。これは出力をその所望の範囲に修正するために a の値を変えることによって実現される。同様に、パラメータ k 及び m は、パラメータ a 及び b が等式番号 38 内でするのと同じ役割を等式番号 39 内で果たし、つまりこれらのパラメータは、符号語の所望の範囲が L_{min} と L_{max} との間の入力値域に及ぶように、ゲイン k 及びオフセット m が等式番号 39 の OETF に適用されることを可能にする。

【0203】

パラメータ s、t、c、n、m、k、a、及び b は、典型的には最適化プロセスによって決定される。或いは、パラメータ s、t、c、及び n は最適化によって決定することができ、実施例 1 6 と同様に、パラメータ m、k、a、及び b は 4 つの未知数における 4 つの方程式系によって同時に計算することができる。所望の最低符号語 V_{max} 及び最大符号語 V_{min} が指定され得る。同様に、所望の表現可能な最低輝度値 L_{min} 及び表現可能な最大輝度値 L_{max} を伴う輝度範囲があり得る。未知数 m、k、a、及び b を有する 4 つの等式は以下の通りである。

40

【数 5 7】

50

$$\text{等式番号40} \quad L_{min} = a \left(\frac{c - \left(\frac{V_{min} - m}{k} \right) st}{\frac{V_{min} - m}{k} - s} \right)^{\frac{1}{n}} + b$$

$$\text{等式番号41} \quad L_{max} = a \left(\frac{c - \left(\frac{V_{max} - m}{k} \right) st}{\frac{V_{max} - m}{k} - s} \right)^{\frac{1}{n}} + b$$

$$\text{等式番号42} \quad L_{i1} = a \left(\frac{c - \left(\frac{V_{i1} - m}{k} \right) st}{\frac{V_{i1} - m}{k} - s} \right)^{\frac{1}{n}} + b$$

$$\text{等式番号43} \quad L_{i2} = a \left(\frac{c - \left(\frac{V_{i2} - m}{k} \right) st}{\frac{V_{i2} - m}{k} - s} \right)^{\frac{1}{n}} + b$$

10

【0204】

決定される必要があり得る以下の情報：輝度値 L_{i1} 及び L_{i2} 並びに符号語 V_{i1} 及び V_{i2} 。上記の 4 つの等式が一次独立であることを保証する（従って 4 つの未知数 m 、 k 、 a 、及び b に対する解を可能にする）ために、これらの輝度値及び符号語は L_{min} 、 L_{max} 、 V_{min} 、及び V_{max} と必ず異ならなければならない。原則的に以下の関係が成立しなければならない。

等式番号 44 a $L_{min} < L_{i1} < L_{max}$

20

等式番号 44 b $L_{min} < L_{i2} < L_{max}$

等式番号 44 c $L_{i1} < L_{i2}$

等式番号 44 d $V_{min} < V_{i1} < V_{max}$

等式番号 44 e $V_{min} < V_{i2} < V_{max}$

等式番号 44 f $V_{i1} < V_{i2}$

【0205】

最後に、(L_{i1} , V_{i1}) 及び (L_{i2} , V_{i2}) の両方の対が所望の曲線上にあるべきである。かかる対を識別できる使用事例では、等式 40 から 43 に基づいてパラメータ m 、 k 、 a 、及び b を決定することができる。

【0206】

30

実施例 1 9

本原理による一例では、パラメータを 6 つ含む汎用 OETF モデルの代替形態を以下のように構築することができる。

【数 5 8】

$$\text{等式番号45a} \quad V(L) = \frac{sL^n + c}{L^n + st}$$

等式番号 45 b $V'(L) = kV(L) + m$

【0207】

40

式中、 s 、 t 、 c 、及び n が、典型的には最適化によって決定される等式番号 45 a にとってのパラメータであり、 L は入力輝度値である。 L が取り得る入力値域は (L_{min} , L_{max}) として指定され得る。次いで、等式番号 45 a の出力が符号語の範囲 ($V(L_{min})$, $V(L_{max})$) に結合される。所望の符号語の範囲が (V_{min} , V_{max}) として指定され得る。等式番号 45 b は、等式番号 45 a の出力を所望の符号語の範囲にマップし得る。

【0208】

(V_{min} , V_{max}) の対は、多岐にわたる符号範囲を有し得る。一例では、所望の符号語の範囲は (V_{min} , V_{max}) = (0, 255) とすることができます、8 ビットの全範囲に対応する。一例では、所望の符号語の範囲が、10 ビットの全範囲に対応する (V

50

$\min, \max = (0, 1023)$ であり得る。一例では、所望の符号語の範囲が、10ビットの正規範囲に対応する ($\min, \max = (69, 940)$) であり得る。一例では、所望の符号語の範囲が、10ビットの拡張範囲に対応する ($\min, \max = (4, 1019)$) であり得る。一例では、所望の符号語の範囲が、12ビットの拡張範囲に対応する ($\min, \max = (0, 4095)$) であり得る。一例では、所望の符号語の範囲が、正規化された範囲に対応する ($\min, \max = (0, 1)$) であり得る。

【0209】

パラメータ k 及び m は、指定された最小輝度値及び最大輝度値 (L_{min}, L_{max}) 並びに所望の最小符号語値及び最大符号語値 (V_{min}, V_{max}) から以下のように計算することができる。

【数59】

$$\text{等式番号46a} \quad k = \frac{V_{max} - V_{min}}{V(L_{max}) - V(L_{min})}$$

$$\text{等式番号46b} \quad m = V_{max} - V(L_{max}) \frac{V_{max} - V_{min}}{V(L_{max}) - V(L_{min})}$$

【0210】

等式番号 46a 及び 46b に従ってパラメータ k 及び m を計算した状態で、等式 45b によって作成される信号が符号化され伝送され得る。

【0211】

伝送及び復号後、逆 EOTF 又は EOTF を適用して適切な輝度値を再構築することができる。一例ではこの計算を以下のように行う。

【数60】

$$\text{等式番号47a} \quad V''(L) = \frac{V'(L) - m}{k}$$

$$\text{等式番号47b} \quad L'(V'') = \left(\frac{c - V''st}{V'' - s} \right)^{1/n}$$

等式番号 47c $L''(L') = aL' + b$

【0212】

等式番号 47a 及び 47b は等式番号 45a 及び 45b の逆に対応し、同じパラメータ s 、 t 、 c 、 n 、 m 、及び k を使用する。輝度値 L はこの EOTF への入力信号を構成し得る。

【0213】

代替的な一例では、EOTF の適用が以下のように行われる。

【数61】

$$\text{等式番号48a} \quad L'(V') = \left(\frac{c - V'ist}{V' - s} \right)^{1/n}$$

等式番号 48b $L''(L') = aL' + b$

【0214】

等式番号 47a、47b と等式番号 48a との違いは、等式 45b の正規化ステップが反転されていないことである。等式番号 48a 及び 48b の基礎を成す原理を使用することは、パラメータ k 及び m の知識を必要としないプロセス中に EOTF を適用するための計算をより少なくし得る。等式番号 47a 及び 47b を使用することは、元の輝度信号 L が

幾らか高い精度レベルで概算されることを可能にする。

【0215】

等式番号47c及び48bは最終的なスケーリングステップを示し、このスケーリングステップは、等式番号46a及び46b内で使用される指定の入力範囲(L_{min} , L_{max})と同じであり得る指定の表示範囲(L'_{min} , L'_{max})に再構築済みの輝度値 L' をマップするために使用され得る。指定の表示範囲は、例えば指定のターゲットディスプレイの表示範囲に対応するように異なるように選択されても良い。

【0216】

等式番号47c及び48bで使用されるパラメータa及びbは、等式番号47b内の符号語 V' 及び等式番号48a内の符号語 V' に関連する最小符号語及び最大符号語(V_{min} , V_{max})並びに指定の表示範囲(L_{min} , L_{max})から以下のように計算され得る。

【数62】

$$\text{等式番号49} \quad a = \frac{L_{max} - L_{min}}{L'(V_{max}) - L'(V_{min})}$$

$$\text{等式番号50} \quad b = L_{max} - L'(V_{max}) \frac{L_{max} - L_{min}}{L'(V_{max}) - L'(V_{min})}$$

【0217】

出力 L' は、ディスプレイに使用され得る又は記憶し若しくは表示する前に更に処理するために使用され得る信号を構成する。

【0218】

一例では、非線形性を生ぜしめることなしに L' が L に変換され得るように、等式番号45a、45b、47a、47b、及び47cによって記述したプロセスを反転させることができる。一例では、非線形性を生ぜしめることなしに L' が L に変換され得るように、等式番号45a、45b、48a、及び48bによって記述したプロセスを反転させることができる。

【0219】

実施例20

本原理によれば、1組のパラメータs、t、c、n、m、k、a、b又はその一部と共にOETFが使用される全ての例において、同じパラメータを使用して対応するEOTFを構築することができる。このことは、輝度信号が適切に選ばれたOETFによって処理され、且つ(ことによると符号化、伝送、及び復号後に)結果として生じる信号が対応するEOTFによって後で処理されるシステムにおいて、出力輝度値が入力輝度値に密にマッチすることを確実にする。

【0220】

従って、OETFによって使用されるパラメータがEOTFに使用されるパラメータと同じ場合、このエンドツーエンド拳動(輝度から符号語から輝度へ、光光伝達関数(OOTF)又はシステムガンマとしても知られる)が線形である。

【0221】

一部の事例では非線形のエンドツーエンド拳動があり得る。例えば、Rec.I TU-R BT 709をRec.I TU-R BT 1886と共に使用し、非線形のエンドツーエンドの結果をもたらし得る。同様に、Philipsは互いの厳密な逆ではないOETF及びEOTF関数を提案し、やはり非線形のシステムガンマを作り出す。

【0222】

本原理によれば、これらの例のそれぞれにおけるOETFはパラメータs、t、c、n、m、k、a、b又はその一部と共に実行し得る一方、対応するEOTFでは1組の別のパラメータs'、t'、c'、n'、m'、k'、a'、b'(又はその一部)が指定され得る。

【0223】

10

20

30

40

50

一例では、PhilipsのO E T Fに対する最適化によってパラメータ s 、 t 、 c 、 n 、 m 、 k 、 a 、 b が決定され得る。それとは別に、PhilipsのE O T Fに対する最適化によってパラメータ s' 、 t' 、 c' 、 n' 、 m' 、 k' 、 a' 、 b' が決定され得る。

【0224】

実施例 2 1

この例では、本原理の一態様が、パラメータ化されたO E T F、E O T F / 逆O E T F 曲線のパラメータ数を少なくとも 5 つのパラメータから 2 つのパラメータに減らすことを対象とする。

【0225】

等式番号 1 及び 2 の 5 つのパラメータの関数は非凸である。等式番号 1 及び 2 の最適化曲線に特定の制約を加えることにより、指數又は除算が残らないようにそれらの関数を書き換えることができる。このことはひいては大域的最適、又は少なくとも大域的最適にはるかに近い局所最適を見つける能力を改善する。

【0226】

一例では、提案されるB B C / N H K のE O T F / 逆O E T Fに対する最適化として決定されるパラメータと共に、2つのパラメータのE O T F / 逆O E T F 関数の導出が示される。但し、最適化は 1 つ又は複数の任意の曲線に対して行われ得る。

【0227】

曲線の制約

本原理のP - E O T F、逆O E T Fのパラメータを最適化する複雑な非凸問題について単純化を行う。この問題を解くために、最適化問題のパラメータ数を減らす目的でアルゴリズムの制約が設けられる。

【0228】

最小符号語が、表現可能な最小輝度値 L_{min} にマップされる。例えばB B C / N H K の脈絡では、表現可能な最小輝度値はゼロに等しい（例えば $L_{min} = 0$ ）。

【0229】

等式番号 2 の P - E O T F、逆O E T F はオフセット L_{min} によって拡張され得る。その結果生じる P - E O T F、逆O E T F は以下のように書くことができる。

【数 6 3】

等式番号51
$$L(V) = \left(\frac{c - (V - m)st}{V - m - s} \right)^{1/n} + L_{min}$$

【0230】

上記の等式番号 (51) に $L_{min} = 0$ 及び $V = 0$ を代入すると次式が得られる。

等式番号 52 $c = -mst$

【0231】

その結果、等式番号 51 の P - E O T F を以下のように単純化することができる。

【数 6 4】

等式番号53
$$L(V) = \left(\frac{-stV}{V - m - s} \right)^{1/n} + L_{min}$$

【0232】

最大符号語値 V_{max} が、表現可能な最大輝度値にマップされる。表現可能な最大輝度値が正規化され、例えば表現可能な輝度値が 1 に設定される（例えば $L_{max} = 1$ ）。十分高い輝度値に関して、以下の関係を書くことができる。

【数 6 5】

10

20

30

40

50

$$\text{等式番号54} \quad \left(\frac{-stV}{V-m-s} \right)^{1/n} + L_{min} \approx \left(\frac{-stV}{V-m-s} \right)^{1/n}$$

【0233】

従って、最大符号語値 V について、EOTF、逆OETF を以下のように推定することができる。

【数6】

$$\text{等式番号55} \quad L(V) \approx \left(\frac{-stV}{V-m-s} \right)^{1/n}$$

10

【0234】

$V = V_{max}$ 及び $L(V_{max}) = 1$ に設定すると以下の表現が得られる。

$$\text{等式番号56} \quad m = V_{max} (1 + s t) - s$$

【0235】

その結果、最小符号語値及び最大符号語値をマッピングすることは、最適化問題から 2 つのパラメータをなくすことを可能にする。従って、提案される EOTF、逆OETF、又は P-EOTF を以下のように書くことができる。

【数6】

20

$$\text{等式番号57} \quad L(V) \approx \left(\frac{-stV}{V-V_{max}(1+st)} \right)^{1/n}$$

【0236】

これにより、等式番号57のP-EOTF 又はOETFには 3 つのパラメータ、即ち s 、 t 、及び n しかない。パラメータ s 及び t は等式番号57内の乗算でしか現れないで、パラメータ数を 2 に減らすためにパラメータの変更を加えることができ、

【数6】

$$\text{等式番号58} \quad L(V) \approx \left(\frac{-Vu}{V-V_{max}(1+u)} \right)^{1/n}$$

30

但し $u = s t$ である。指數 $1/n$ は、最適化アルゴリズムが極小に下降 (descent) することを依然として引き起こし得る。このリスクは対数空間内の最適化によって減らすことができ、即ち次式が成立する。

【数6】

$$\text{等式番号59a} \quad \log(L(V)) \approx \frac{1}{n} \log \left(\frac{Vu}{V_{max}(1+u)-V} \right)$$

40

【0237】

L_{min} が省略されたので等式番号59aは概算である。この最低輝度を再び投入すると次式がもたらされる。

【数7】

$$\text{等式番号59b} \quad \log(L(V) - L_{min}) = \frac{1}{n} \log \left(\frac{Vu}{V_{max}(1+u)-V} \right)$$

【0238】

50

等式番号 5 9 b は、2 つの未知の変数 n 及び u によって関数を示し、このことは最適化アルゴリズムがそれらの2つのパラメータについてのみ最適化する必要があることを意味する。 $1/n$ の除算は実現可能な結果が、 n が 0 を上回ることを必要とすることを意味する。同様に、 $V_{max}(1+u) - V$ による除算は、 $u < 1$ が成立する要件をもたらす。これらの境界は、オプティマイザの出力に対する検査として使用され得る。但し、境界は制約として明確に指定されなくても良い。

【 0 2 3 9 】

最適化戦略

パラメータ u 及び n の値を決定するために、基準輝度 / 符号語の対 (L_i, V_i) , $i = 0, \dots, N$ を使用する表現によって基準曲線が概算され、但し $N = 2^B - 1$ は使用可能なビット数 B によって決定される。この記号式では $V_N = V_{max}$ であることに留意されたい。輝度、符号語の対は、マッチ対象の目標曲線を表す。

【 0 2 4 0 】

輝度 / 符号語の対は、選ばれる任意の曲線をサンプリングすることによって決定され得る。一例では、これは BBC / NHK EOTF 曲線のサンプリングである。

【 0 2 4 1 】

選択される輝度、符号語の対について、パラメータ u 及び n の値を決定するために最適化アルゴリズムが利用される。最適化アルゴリズムは、等式番号 5 9 b に挿入される u 及び n の候補値を評価する。次いで、この等式が符号語値 V_i について評価される。かかる評価は、サンプリングされる輝度値 L_i に可能な限り近くあるべき 1 組の輝度値 $L(V_i)$ をもたらす。

【 0 2 4 2 】

結果として生じる 2 つの値、 $L(V_i)$ と L_i との間の誤差は、二乗差 ($L(V_i) - L_i$)² 等の標準的な測度で評価され得る。標準的な測度は、この誤差を全ての符号語値 V_i について評価し、等式番号 5 9 b に基づく以下の最適化公式

【 数 7 1 】

$$\text{等式番号60a} \quad \underset{u,n}{\operatorname{argmin}} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \log \left(\frac{V_i u}{V_{max}(1+u) - V_i} \right) - n \log (L_i - L_{min}) \right|_p^p$$

をもたらし、 $L_{min} = L_0$ 、 $V_{max} = 1$ 、及び $\|\cdot\|_p$ は $p = 1$ 又は $p = 2$ の

【 数 7 2 】

$$\ell_p$$

ノルムである。等式番号 (6 0 a) で示したノルム計算は、最適化対象の (1 組の (L_i, V_i) の対によって表わされる) 曲線に対する (現在のパラメータ u 及び n を有する) P - EOTF の誤差を表す。選択される最適化アルゴリズムは、この誤差測度を使用して u 及び n の最適値を決定する。等式番号 6 0 a は

【 数 7 3 】

$$\text{等式番号60b} \quad \underset{u,n}{\operatorname{argmin}} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \log(V_i u) - \log(V_{max}(1+u) - V_i) - n \log (L_i - L_{min}) \right|_p^p$$

のように拡張することができ、 $L_{min} = L_0$ 及び $V_{max} = 1$ が成立する。等式番号 (6 0 b) 内の合計は、最適化アルゴリズムが最小化する平均誤差を表す。

【 0 2 4 3 】

一例では、平均誤差がより大きくなることを意味しても最大誤差が制御される。この例では、以下の最大誤差を最小化する必要がある。

10

20

30

40

50

【数74】

$$\begin{aligned} \text{等式番号60c} \quad & \operatorname{argmin}_{u,n} \max |\log(V_i u) - \log(V_{max}(1+u) - V_i) - \\ & n \log(L_i - L_{min})|_p^p \end{aligned}$$

【0244】

別の例では、平均誤差及び最大誤差の両方が加重平均へと組み合わせられる。この例は、平均誤差と最大誤差との間のトレードオフが必要とされる状況に利点をもたらす。この例では、以下の費用関数

【数75】

$$\begin{aligned} \text{等式番号60d} \quad & \operatorname{argmin}_{u,n} a \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\log(V_i u) - \log(V_{max}(1+u) - V_i) - n \log(L_i - L_{min})|_p^p + \\ & b \max |\log(V_i u) - \log(V_{max}(1+u) - V_i) - n \log(L_i - L_{min})|_p^p \end{aligned}$$

を最小化する必要があり、但し $a > 0$ 及び $b > 0$ は、平均誤差及び最大誤差タイプの相対的な重要度を決定する2つの重みである。

【0245】

加重データ点

別の例では、データ点 (L_i ; V_i) のそれぞれの評価に不均一な重みを加えることにより、本原理のP-EOTF、逆OETF曲線を最適化する結果をより正確に制御することができる。このことは、より少ない又はより大きい重みを特定の輝度、符号語のデータ点に与えることを可能にし、例えば暗値により大きい重みを与えることを可能にする。

【0246】

例えば、黒点付近（即ち L_i 及び V_i の低い値）の輝度、符号語のデータ点の値に追加の重みを与えることができる。この例は以下の公式によって表わすことができる。

【数76】

$$\begin{aligned} \text{等式番号61a} \quad & \operatorname{argmin}_{u,n} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i |\log(V_i u) - \log(V_{max}(1+u) - V_i) - \\ & n \log(L_i - L_{min})|_p^p \end{aligned}$$

【0247】

別の例では、最大誤差の評価を含めるように等式番号61aを修正することができる。

【数77】

$$\begin{aligned} \text{等式番号61b} \quad & \operatorname{argmin}_{u,n} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i |\log(V_i u) - \log(V_{max}(1+u) - V_i) - \\ & n \log(L_i - L_{min})|_p^p + \\ & b \max |\log(V_i u) - \log(V_{max}(1+u) - V_i) - n \log(L_i - L_{min})|_p^p \end{aligned}$$

【0248】

等式番号61a及び61bの両方について、 a_i , $i \in [1 \dots N]$ は、N個のデータ点 (L_i , V_i) ごとの1組の重みである。

【0249】

複数の目標曲線

本発明のP-EOTF、逆OETFを複数の目標曲線に対して最適化することが望ましい場合がある。例えば、本原理のP-EOTF、逆OETF曲線を既存の高ダイナミックレンジEOTFに対して最適化し、拡張輝度範囲にわたる所望の挙動を得ることができる。

十分な後方互換性を有する新たなP-EOTF、逆OETF曲線を作成するために、本原理の同じP-EOTF、逆OETF曲線を現行規格の曲線（例えばITU-R Rec. BT.1886）に対して同時に最適化することもできる。

【0250】

本原理の一態様は、P-OETF、逆OETFが2つ以上の曲線に対して最適化される状況の欠点を克服することを可能にする。具体的には、最適化対象の曲線のそれぞれについて輝度／符号語の対の組を定めることができ、最適化対象の全ての曲線について得られる誤差の加重平均として最終的な最適化を公式化することができる。

【0251】

例えば一例では、高ダイナミックレンジ機能並びに規格の後方互換性間の適切なトレードオフを見つけるために、以下の2組の輝度／符号語の対を定める。

【数78】

$$\begin{array}{ll} \text{等式番号62} & (L_i^1, V_i^1) \quad i = 0, \dots, N^1 \\ & (L_i^2, V_i^2) \quad i = 0, \dots, N^2 \end{array}$$

【0252】

等式番号62は、2組の輝度／符号語の対を、2つの目標EOTFのそれぞれにつき1組定める。この例では、1組の第1の輝度／符号語の対が目標EOTF、例えばBBC/NHKによって定められるEOTFを表し、N¹+1の輝度／符号語の対

【数79】

$$(L_i^1, V_i^1)$$

で構成され得る。1組の第2の輝度／符号語の対が別の目標EOTF、例えばITU-R Recommendation BT.1886によって定められるEOTFを表し、N²+1の対

【数80】

$$(L_i^2, V_i^2)$$

を有し得る。どちらの組の輝度／符号語の対も、上記の「最適化戦略」の節の中で記載した技法によって生成することができる。P-EOTFのパラメータu及びnを決定するために、等式番号59内で定めた逆EOTFを

【数81】

$$\begin{array}{ll} \text{等式番号63a} & \\ \text{argmin}_{u,n} & a \frac{1}{N^1} \sum_{i=1}^{N^1} |\log(V_i^1 u) - \log(V_{max}(1+u) - V_i^1) - n \log(L_i^1 - L_{min})|_p^p + \\ & b \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^{N^2} |\log(V_i^2 u) - \log(V_{max}(1+u) - V_i^2) - n \log(L_i^2 - L_{min})|_p^p \end{array}$$

のように公式化することができ、但し a > 0 及び b > 0 は、2つの曲線の寄与の相対的な重要度を決定する2つの重みである。平均誤差の代わりに、

【数82】

$$\ell_p$$

ノルムの最大誤差を使用することもできる。

【数83】

10

20

30

40

50

等式番号63b

$$\operatorname{argmin}_{u,n} \begin{aligned} & a \max |\log(V_i^1 u) - \log(V_{max}(1+u) - V_i^1) - n \log(L_i^1 - L_{min})|_p^p + \\ & b \max |\log(V_i^2 u) - \log(V_{max}(1+u) - V_i^2) - n \log(L_i^2 - L_{min})|_p^p \end{aligned}$$

【0253】

等式番号63a～63bは2つの曲線の一例を示すが、この手法は任意の数の曲線に拡張され得る。例えば、以下はJ数の所望の曲線に関する最適化を示す。

【数84】

10

$$\text{等式番号64a} \quad \operatorname{argmin}_{u,n} \begin{aligned} & \sum_{j=1}^J a_j \frac{1}{N^j} \sum_{i=1}^{N^j} |\log(V_i^j u) - \log(V_{max}(1+u) - V_i^j) - \\ & n \log(L_i^j - L_{min})|_p^p \end{aligned}$$

【0254】

等式番号64aの公式化は、以下のように最大誤差と組み合わせて使用することができ、最大誤差が平均誤差よりも結果として生じるP-EOTFの所望の性能を示す場合に有用であり得る。

【数85】

20

$$\text{等式番号64b} \quad \operatorname{argmin}_{u,n} \begin{aligned} & \sum_{j=1}^J a_j \max |\log(V_i^j u) - \log(V_{max}(1+u) - V_i^j) - \\ & n \log(L_i^j - L_{min})|_p^p \end{aligned}$$

【0255】

パラメータ

一例では、上記の等式番号1及び2のパラメータ化された汎用OETF、EOTF関数の最適化を本原理に従って最適化することができる。例えば、提案されるBBC/NHK EOTFに対して等式番号59bのパラメータ化された曲線を最適化して以下のパラメータをもたらすことができる。

30

等式番号65a $u = 1.2961604455878200$ 等式番号65b $n = 0.4820036148084646$ 等式番号65c $V_{max} = 2.0009775171065494$ 等式番号65d $L_{min} = 0.0$

【0256】

等式番号65a～dのパラメータに基づき、パラメータs、t、c、n、及びmを以下の等式を適用することによって決定することができる。

等式番号66a $s = 1.0$

40

等式番号66b $t = u$ 等式番号66c $n = n$ 等式番号66d $V_{max}(1+s t) - s$ 等式番号66e $c = -m s t$

【0257】

等式番号65a～65dの上記の例では以下のパラメータがもたらされる。

等式番号67a $s = 1.0$ 等式番号67b $u = 1.2961604455878200$ 等式番号67c $n = 0.4820036148084646$ 等式番号67d $m = 3.5945654272905836$ 等式番号67e $c = -4.6591335259315354$

50

【0258】

等式番号 67a ~ 67d に定めたパラメータ値を等式番号 1 及び 2 に適用することによって生じる OETF 及び EOTF 曲線は、10 ビット及び 11 ビットのシナリオ内で動作させることができる。10 ビットの事例のピーク輝度は約 1214 ニットである一方、11 ビットの事例のピーク輝度は 10,000 ニットである。

【0259】

OETF 及び EOTF の入出力は、これらの OETF 及び EOTF が使用されるに応じてスケーリングする必要がある。このことは、これらの OETF 及び EOTF 曲線が絶対曲線として又は相対曲線として使用されることを可能にする。

【0260】

一例として、10 ビットの OETF / EOTF 曲線の対は絶対値と共に使用すべきである。その場合、OETF 曲線に対する入力輝度値の範囲は $L [0, 1214]$ である。これにより、OETF 曲線の出力をスケーリングして 0 から 1023 までの符号語を生成する必要がある。この操作は 1 対のスケール係数をもたらし、 $L_{スケール} = 10000$ 及び $V_{スケール} = 1023$ である。

【0261】

等式番号 67a ~ e のパラメータを使用し、P - OETF 曲線が次式によって得られる。

【数86】

等式番号68

$$V = V_{スケール} \frac{\left(\frac{L-L_{min}}{L_{スケール}}\right)^n + c}{\left(\frac{L-L_{min}}{L_{スケール}}\right)^n + t} + m$$

10

20

【0262】

対応する P - EOTF 曲線が次式によって得られる。

【数87】

等式番号69

$$L = L_{スケール} \left(\frac{c - \left(\frac{V}{V_{スケール}} - m \right) t}{\frac{V}{V_{スケール}} - m - 1} \right)^{1/n} + L_{min}$$

30

【0263】

等式番号 68 及び 69 の OETF 及び EOTF 曲線は、正規化済みの入出力値と共に使用することができる。かかる形態は、パラメータ $L_{スケール}$ 及び $V_{スケール}$ を以下のように調節することを必要とする。

等式番号 70a $L_{スケール} = 10000 / 1214 = 8.2372$

等式番号 70b $V_{スケール} = 1023 / 1023 = 1$

【0264】

エンドツーエンドガンマ

等式番号 1 及び 2、更には等式番号 68 及び 69 に示した曲線は互いの真の反転である。つまり、線形光が等式番号 1 に入れられる場合、等式番号 1 とその後に続く等式番号 2 とを適用することによって線形光を再現することができる。従って、システムの挙動が線形であり、つまり等式番号 1 への入力が等式番号 2 の出力とほぼ同一である。言い換えればシステムが線形である。

【0265】

しかし、コンテンツ制作業者、例えばスタジオは、消費者が利用できる環境照明よりも暗い照明下で画像をカラーグレーディングすることが多い。従って、本原理の一態様が、非線形の挙動を有するパラメータ化された OETF、EOTF / 逆 OETF 曲線を提供するこ

40

50

とが望ましい場合がある。これは、等式番号 2 又は等式番号 6 9 内の E O T F、逆 O E T F 曲線の出力にガンマ関数を適用し、以下の E O T F 曲線をもたらすことによって最も有用にシミュレートされる。

【数 8 8】

$$\text{等式番号71} \quad L = L_{\text{スケール}} \left(\frac{c - \left(\frac{v}{v_{\text{スケール}}} - m \right) t}{\frac{v}{v_{\text{スケール}}} - m - 1} \right)^{1/n}$$

【0 2 6 6】

等式 6 9 について、等式番号 7 1 からパラメータ L_{min} を省くために、 $L_{\text{min}} = 0$ であることが必要であることに留意されたい。その結果、等式番号 6 8 内でも $L_{\text{min}} = 0$ であることを条件に、この場合は等式番号 6 8 の O E T F 曲線を使用することができる。

【0 2 6 7】

消費者の自宅でビデオを視聴する例等の一例では、ガンマ の値が 1 . 2 であり得る。別の例では、例えば消費者の自宅でビデオを高ダイナミックレンジ表示装置上で視聴する場合、ガンマ の値が 1 . 4 であり得る。 $1/n$ は $1/n$ と異なる定数になるので、この追加のガンマ値を適用する計算コストはゼロである。

【0 2 6 8】

本原理の一例は、適切なパラメータ設定に基づいて O E T F 及び E O T F をパラメータ化された曲線として表現することを可能にする。パラメータ化された曲線のパラメータ設定は、多岐にわたる既存の O E T F 及び E O T F から O E T F / E O T F の対を選択することを可能にする。

【0 2 6 9】

本原理の一例は、本原理の他のパラメータ、O E T F / E O T F 曲線が、様々な輝度範囲及びビット深度について Barten のコントラスト感度モデルに対してマッチされることを可能にする。そのため、有意義の曲線族を容易に導出することができる。

【0 2 7 0】

本原理の一例は、特定のパラメータ設定下では幕等である Naka-Rushton の式の新規の公式化を含む。

【0 2 7 1】

本原理の別の例は、有意義のパラメータを有する単一曲線の表現を可能にし、H D R ビデオ及び S D R ビデオの両方の統一表現を可能にする。

【0 2 7 2】

本原理の別の例は、L U T 又は全曲線を伝送するのではなく、信号の再構築を操縦するためのパラメータの小セットを伝送することを可能にする。

【0 2 7 3】

本原理の別の例は、特定の S D R ターゲットディスプレイ装置に対する E O T F の適用を省く復号を可能にする。提案される O E T F による符号化は、十分なトーンマッピング又はトーン再現オペレータの役割を果たし得る。

【0 2 7 4】

本原理の別の例は、提案されるパラメータ化された伝達関数が、単一の汎用で適応性があり且つパラメータ化された O E T F / E O T F モデルの下で異なる O E T F / E O T F を調整することにより、市場の分断を回避し、相互運用性及び実装可能性を改善することを可能にする。

【0 2 7 5】

本原理の別の例は、提案されるパラメータ化された伝達関数が、所望の最小黒レベル輝度及び最大ピーク輝度を含む所望の出力輝度にマップすることを可能にする。

【0 2 7 6】

本原理の別の例は、パラメータ化された O E T F 、 E O T F / 逆 O E T F 曲線のパラメー

10

20

30

40

50

タを2つのパラメータに減らすことにより、OETF、EOTF / 逆OETF曲線を他の任意の曲線に対して最適化する能力を提供する。2つのパラメータのOETF、EOTF / 逆OETF曲線は凸である目的関数をもたらす。このことは、これらの関数を最適化することが極小を生成しにくくし、従ってマッチの質を高める。2つのパラメータの曲線は直接実装することができる。2つの制約を含めることは、パラメータ数を減らしてマッチの質を高めるだけでなく、曲線上の2つの重要な点を所望の値（例えば最小輝度値及び最大輝度値）に固定もする。例えば、最低値の符号語（符号語0）を指定の黒レベルに固定することができ、このことは表現可能な最低輝度が指定の通りであることが保証されることを意味する。別の例では、最も高い符号語を指定の白点に関連付け、それにより、保証された表現可能な高い方の輝度をもたらす。

10

【0277】

本原理の別の例は、BBC / NHK EOTF曲線等の特定の曲線に対して最適化する能力をもたらす。例えば、BBC / NHK EOTF曲線に関する本原理による最適化された曲線は、曲線に対する他の修正を必要とすることなしに、0ニットから10,000ニットまでの入力範囲を11ビット信号に直接量子化することを同時に可能にしながら0ニットから1214ニットまでの入力範囲を10ビット信号に直接量子化することを一意的に可能にする。その結果、1200ニットまでの信号をサポートする現在のインフラと共に曲線が10ビットモードで操作され得る。極めて重要なことに、更なる変更なしに、この曲線は11ビットサポートすることになる将来のインフラと共に10,000ニットに届き得る超高ダイナミックレンジ信号に適する。更に、提案されるOETFを用いて信号が10ビットモードで符号化されても良い。ITU-R Rec. BT 1886の中で定められている表示装置のEOTFと共に使用して動作する旧来の表示装置にこの信号が伝送される場合、そのディスプレイは見るに耐える画像を作り出す。最後に、提案されるEOTFは、マスタリングスイートと自宅の視聴環境との視聴条件の差を考慮するためにシステムガンマで増強され得る。重要なことに、システムガンマを追加するための計算コストは皆無である。

20

【0278】

上記の例は以下に記載の図面内で実装され得る。

【0279】

図1は、捕捉及び分配システム内でOETFを使用して画像を符号化するための一例示的方法100を示す図である。この方法100では、ピクチャが受信され、任意の符号化技法（例えばHEVCやAVC）を使用してビットストリーム内に符号化され得る。方法100は、DVB又はATSC規格に基づく分配ワークフロー、制作又はオーサリングワークフロー、デジタルビデオカムコーダ内で実行され得る。

30

【0280】

一例では、方法100がブロック101でピクチャを受信することを含む。ピクチャは、例えばHDRビデオの1つの画像（ピクチャ）、ビデオ画像、又は複数のピクチャであり得る。ブロック101は、線形光RGB情報を含むピクチャの特性に関する情報を受信し得る。ピクチャは、三色カメラを使用し、3つの成分（赤色、緑色、及び青色）で構成されるRGB色値へと捕捉され得る。RGB色値はセンサの三色特性（原色）に依存する。ピクチャは、センサの原色、捕捉シーンの最大輝度ピークや最小輝度ピーク等の画像側の情報を含み得る。次いでブロック101は、受信ピクチャに関する任意の情報を提供することを含め、ブロック102に制御を渡すことができる。

40

【0281】

ブロック102は、ブロック101で受信したピクチャに対してOETFを適用し得る。ブロック102は、ピクチャの輝度L信号に対してOETFを適用してV(L)を求めることができ、V(L)は結果として生じる電気信号又は符号語であり得る。輝度L信号は、本原理に従って本明細書に記載した種類の任意とすることができます。V(L)信号は、本原理に従って本明細書に記載した種類の任意とすることができます。受信ピクチャの各画素の輝度にOETFを適用し、受信ピクチャの画素ごとにV(L)を求めることができる

50

。例えばブロック 102 は、受信ピクチャの各画素の最初の R G B 値に O E T F を適用し、受信ピクチャの画素ごとに新たな R ' G ' B 値を計算し得る。結果は、R ' G ' B ' 画素で構成される R ' G ' B ' ピクチャであり得る。次いで、従来の一定でない輝度のワークフローを考慮するとき、結果として生じる R ' G ' B ' ピクチャが R ' G ' B ' ピクチャから Y ' C b C r ピクチャへと変換され得る。Y ' C b C r 信号は、Y ' C b C r 信号を導出するために使用される輝度ワークフローに応じて一定の輝度又は一定でない輝度だと言われる。Y ' C b C r は、R ' G ' B ' (非線形光原色) から直接導出される場合は一定でない輝度信号であるのに對し、クロマ又はクロミナンス成分について Y 及び Y ' R ' B ' によって R G B (線形光原色) から導出される場合は一定の輝度信号である。以前の I T U 勧告 (アナログ H D T V 信号では I T U - R B T . 7 0 9 及びデジタル H D T V 信号では I T U - R B T . 1 3 6 10) は一定でない輝度のワークフローに限定される。新たな I T U - R B T . 2 0 2 0 は、広色域ビデオ信号に関する両方の輝度ワークフローを定める。或いはブロック 102 は、受信ピクチャの各画素の最初の Y 値に O E T F を適用し、受信ピクチャの画素ごとに新たな Y ' 値を計算し得る (一定の輝度のワークフロー) 。従ってブロック 102 は、人間がるために捕捉光情報を最適化し得る。次いでブロック 102 は、ブロック 103 に制御を渡すことができる。

【 0 2 8 2 】

ブロック 103 は、受信される V (L) 信号を符号化し得る。一例では、ブロック 103 が既存の任意の符号化 / 復号規格に従って V (L) 信号を符号化し得る。例えばブロック 103 は、国際電気通信 (I T U) 及び組織 M P E G (Moving Picture Experts Group 20) によって編成される高効率ビデオ符号化 (H E V C) 規格に従って符号化を行うことができる。或いはブロック 103 は、国際標準化機構 / 国際電気標準会議 (I S O / I E C) の M P E G - 4 (Moving Picture Experts Group-4) によって編成される H . 2 6 4 又は M P E G - 4 A V C (M P E G - 4 P a r t 1 0 , A d v a n c e d V i d e o C o d i n g) に従って符号化を行うことができる。或いはブロック 103 は、他の任意の知られている符号化技法を用いて符号化を行うことができる。次いでブロック 103 は、ブロック 104 に制御を渡すことができる。ブロック 104 は、結果として生じるビットストリーム (例えば H E V C ビットストリーム) を出力し得る。

【 0 2 8 3 】

図 2 は、本原理による、パラメータ化された O E T F を使用してピクチャを符号化するための一例示的方法 200 を示す図である。一例では、方法 200 がブロック 201 を含む。ブロック 201 は、O E T F 曲線を適応選択するためのパラメータを受信し得る。一例では、ブロック 201 が、符号化されているコンテンツに最も適した O E T F 曲線の適応選択を可能にする 1 つ又は複数のパラメータの値を受信し得る。一例では、ブロック 201 が複数のパラメータ (例えば上記のパラメータ (s 、 t 、 c 、 m 、 n)) の値を受信し得る。別の例では、ブロック 201 が、目下のコンテンツを符号化するのに望ましい可能性がある特定の O E T F 曲線に対応する 1 組の固定パラメータの識別情報 (例えばインジケータ) を受信し得る。パラメータは、本原理に従って本明細書で論じられる任意のパラメータとすることができます。次いでブロック 201 は、ブロック 202 に制御を渡すことができる。

【 0 2 8 4 】

ブロック 202 は、ブロック 201 から受信されるパラメータに基づいて O E T F 曲線 (例えば Barten 曲線、 S M P T E S T 2 0 8 4 O E T F 、 B B C O E T F) をモデリングすることができる。例えばブロック 202 は、受信されるパラメータに基づいて Barten O E T F 曲線をモデリングし得る。或いはブロック 202 は、 Dolby によって提案される O E T F 曲線と性能面で同様の S M P T E S T 2 0 8 4 O E T F をモデリングし得る。或いはブロック 202 は、 B B C によって提案される O E T F 曲線と性能面で同様の O E T F 曲線をモデリングし得る。或いはブロック 202 は、既存の他の又は将来の提案と同様の O E T F をモデリングし得る。ブロック 202 は、ブロック 201 からパラメータを受信し、それらのパラメータに基づいて O E T F 曲線を作り出し得る。一例では、

10

20

30

40

50

複数のO E T F 曲線（例えば規格のO E T F 曲線の提案又はカスタムO E T F 曲線）のうちの何れか1つの挙動を模倣し又はモデリングするために、ブロック202が汎用O E T F モデル（例えば等式番号1、4、8～10、68を含む上記のモデル）にパラメータを適用し得る。従って、受信されるパラメータに応じて、ブロック202は任意のO E T F 曲線の挙動を有利にモデリングするために汎用O E T F モデルの1つだけを利用し得る。一例では、ブロック202が、結果として生じるO E T F 曲線を参照表（L U T）へと符号化し得る。L U TはO E T F 公式の表形式値から導出することができ、L U T内にない場合は所要の中間値を補間することができる。補間は線形とすることができます。別の例では、補間が非線形であり得る。次いでブロック202は、ブロック204に制御を渡すことができる。

10

【0285】

方法200は、例えばH D Rビデオのビデオ画像フレーム等のピクチャを受信し得るブロック203を更に含むことができる。次いでブロック203は、ブロック204に制御を渡すことができる。

【0286】

ブロック204は、ブロック203からピクチャを、ブロック204から（例えばL U Tによって表わされ得る）モデリング済みのO E T F 曲線を受信し得る。ブロック204は、ブロック203からの受信ピクチャにO E T F を適用し、図1に関して説明したものを含む本原理に従ってV（L）を求めることができる。V（L）は、輝度信号Lを変換することから生じる電気信号であり得る。V（L）は符号語であり得る。V（L）は、本明細書に記載の本原理に従って定められ得る。ブロック204は、図1に関して論じた原理に従ってV（L）を求めることができる。例えばブロック204は、上記の任意の等式（例えば等式番号1、4、8～10、68）を含む、ブロック202でモデリングされたO E T F 曲線を適用し得る。O E T F 曲線は、上記の任意の等式（例えば等式番号1、4、8～10、68）に適用される受信パラメータに基づいて表わされ得る。ブロック204は、本原理に従ってO E T F 曲線を適用し、絶対的な若しくは相対的な修正輝度/R G B 値又はR G B 値の線形結合である修正輝度Yを求めることができる。一例では、ブロック204は上記のL U Tを使用してO E T F 曲線を適用し得る。次いでブロック204は、ブロック205に制御を渡すことができる。

20

【0287】

ブロック205は、ブロック204から受信されるV（L）を符号化し得る。ブロック205は、図1に関して論じた原理に従って修正V（L）を符号化し得る。次いでブロック205は、ブロック207に制御を渡すことができる。

30

【0288】

方法200はブロック206を更に含むことができる。ブロック206は、モデリング済みのO E T F 曲線を表すパラメータを直接符号化することができ、又はパラメータのインジケータ（例えばインデックス）を符号化することができる。例えばブロック206は、受信されるパラメータの値（例えばパラメータ（s、t、c、m、n）のパラメータ値）を符号化し得る。或いはブロック206は、1組の既定の受信パラメータの値に対応する（例えばS E Iメッセージ内の）既定のインジケータを符号化し得る。次いでブロック206は、ブロック207に制御を渡すことができる。

40

【0289】

ブロック207は、ブロック205からの符号化済みの修正輝度ピクチャ、及びブロック206からの符号化済みのパラメータの識別情報を含むビットストリームを出力し得る。ブロック207は、ブロック206から受信される符号化済みのパラメータをビットストリーム内に挿入することができる。例えばブロック207は、既定の構文構造内に（例えばS E Iメッセージ、P P S、S P S、V U I等の中に）符号化済みのインジケータを挿入することができる。

【0290】

図3は、本原理による、パラメータ化されたO E T F のパラメータを符号化するための一

50

例示的方法 300 を示す図である。方法 300 は、本原理に従ってパラメータ構文要素を符号化するためのプロセスを提供する。方法 300 はブロック 301 を含む。

【0291】

ブロック 301 は、OETF 曲線（例えばカスタム OETF、Barten のコントラスト感度関数から導出される変調伝達関数、SMPTE ST 2084 OETF、BBC OETF）を識別するパラメータを受信し得る。パラメータは、本原理に従って本明細書で論じられる任意のパラメータとすることができます。ブロック 301 は、この符号化のために、モデリング済みの曲線を表す情報の種類についての情報（パラメータの明示的な符号化又は固定パラメータを表すインジケータの符号化）を受信し得る。次いでブロック 301 は、ブロック 302 に制御を渡すことができる。

10

【0292】

ブロック 302 は、OETF モデルのパラメータがどのように定められているのかを明らかにすることができます。ブロック 302 は、パラメータ（例えばパラメータ（s、t、c、m、n））が、ブロック 301 で識別された OETF について予め定められているかどうかを判定し得る。一例では、ブロック 302 は、識別された OETF 曲線が既知のパラメータ（例えば $s \ c \ t \ m \ n$ が分かっている）= インジケータを有するかどうか（パラメータが予め定められていることを意味する）を判定することができ、又はパラメータが明示的に与えられるのかどうかを判定することができる（ $s \ c \ t \ m \ n$ ）。一例では、ブロック 302 は、パラメータが予め定められている（例えばパラメータが特定のパラメータセットについて予め定められている）ことを示すインジケータがあるのか、パラメータが明示的にシグナリングされる必要があるのかを判定し得る。パラメータが予め定められないとブロック 302 が判定する場合、ブロック 302 はブロック 303 に制御を渡すことができる。或いは、パラメータが予め定められていないとブロック 302 が判定する場合、ブロック 302 はブロック 305 に制御を渡すことができる。

20

【0293】

ブロック 303 は、ブロック 301 によって識別された OETF モデルのパラメータ情報（例えばインジケータ）を識別し得る。例えばブロック 303 は、識別された OETF モデルの既定のパラメータに対応するインジケータ（例えば Barten の曲線、SMPTE ST 2084 OETF、BBC OETF 等の挙動をモデリングするためのパラメータを示すインジケータ）を識別し得る。従ってブロック 303 は、パラメータの暗示的な識別情報を符号化し得る。ブロック 303 はブロック 304 に制御を渡すことができる。

30

【0294】

ブロック 304 は、パラメータ情報をビットストリーム内に符号化し得る。例えばブロック 304 は、OETF モデルのための既定のパラメータを識別するインジケータを符号化し得る。ブロック 304 はブロック 308 に制御を渡すことができる。

【0295】

ブロック 305 は、識別された OETF 曲線のパラメータを決定することができる。例えばブロック 305 は、上記の等式番号 1、4、8 ~ 10、68 のパラメータ（例えばパラメータ（s、t、c、m、n））を識別し得る。ブロック 305 はブロック 306 に制御を渡すことができる。

40

【0296】

ブロック 306 は、ブロック 305 によって決定されたパラメータを量子化することができる。等式から導出されるパラメータ値が浮動小数点であり得るので、ブロック 306 はパラメータを量子化することができる。この場合、復号器の処理アーキテクチャを活用するために、整数値しか許容しない可能性があるビットストリーム内で運ぶために値を量子化しなければならない（例えば AVC や HEVC）。ブロック 306 はブロック 307 に制御を渡すことができる。

【0297】

ブロック 307 は、決定されたパラメータを符号化し得る。例えばブロック 307 は、明示的に決定されたパラメータの値を符号化し得る。或いはブロック 307 は、OETF モ

50

デルの決定されたパラメータを識別するインジケータを符号化し得る。

【0298】

ブロック308は、符号化データをビットストリーム内に挿入し得る。一例ではブロック308は、ブロック304又は307から受信される符号化済みのパラメータを用いてメタデータフォーマット（例えばS E Iパラメータ）にデータ投入することができる。

【0299】

図4は、例えば分配及びレンダリングシステム内でE O T F又は逆O E T Fを使用して符号化ピクチャを復号するための一例示的方法400を示す図である。この方法400では、符号化ビットストリームを受信し、任意の復号技法（例えばH E V CやA V C）を使用して復号することができる。方法400は、モバイル装置、通信装置、ゲーム機、タブレット（又はタブレットコンピュータ）、ラップトップ、ディスプレイ、静止画像カメラ、ビデオカメラ、復号チップ、静止画像サーバ、Blu-rayプレーヤ、及びビデオサーバ（例えばブロードキャストサーバ、ビデオオンデマンドサーバ、ウェブサーバ）によって実行され得る。方法400は、他の任意の同様の装置又はシステムによっても実行され得る。

10

【0300】

方法400はブロック401を含む。ブロック401は、符号化ピクチャのビデオシーケンス又は符号化ピクチャに対応するビットストリームを受信し得る。ビットストリームは、（例えばA V CやH E V C等の符号化に基づいて使用して）符号化され得る。一例では、符号化ピクチャが（例えばJ P E G、A V C、H E V C符号器を使用して）符号化されている圧縮ピクチャであり得る。別の例では、符号化ピクチャが圧縮なしのデジタル化された又は量子化されたピクチャでも良く、ブロック401はブロック403に制御を渡すことができる。次いでブロック401はブロック402に制御を渡すことができる。

20

【0301】

ブロック402は、ブロック401から受信されるビットストリームを復号し得る。一例では、ブロック402はH E V Cベースの復号を使用してビットストリームを復号し得る。一例では、ブロック402は符号化ピクチャを復号し得る。一例では、ブロック402はY' C b C rピクチャを復号し得る。次いでブロック402は、Y' C b C rピクチャからR₁' G₁' B₁'ピクチャを導出し得る。別の例では、ブロック402がR₁' G₁' B₁'ピクチャを復号し得る。次いでブロック402はブロック403に制御を渡すことができる。

30

【0302】

次いでブロック403は、ブロック402内でビットストリームから復号されるピクチャを表すV(L)信号に対し、第1のE O T F (E O T F 1)又は第1の逆O E T F (O E T F 1)を適用し得る。V(L)は、本明細書に記載の本原理に従って定められ得る。一例では、E O T F 1又は逆O E T F 1が各画素に適用され得る。一例では、E O T F 1又は逆O E T F 1が各画素のY'値に適用され得る。一例では、E O T F 1又は逆O E T F 1が各画素のR₁' G₁' B₁'に適用され得る。結果として生じるピクチャは、第1の線形化輝度ピクチャ（例えばR₁ G₁ B₁ピクチャやY R₁ B₁ピクチャ）として知られ得る。一例では、（例えば等式番号2、3、5、6、又は69に基づき）表形式値を用いて参照表(L U T)を作成し、マップされる/デマップされるコンテンツにそのL U Tを適用することにより、E O T F 1又は逆O E T F 1が実行され得る。

40

【0303】

次いでブロック403は任意選択的なブロック404に制御を渡すことができる。任意選択的なブロック404は、ブロック403から受信される第1の線形化輝度ピクチャに対して任意選択的に実行され得る。ブロック404は、第1の線形化輝度ピクチャ1をピクチャ2に変換し得る。一例では、ブロック404はピクチャR₁ G₁ B₁をピクチャR₂ G₂ B₂に変換し得る。ピクチャ2は、レンダラの原色によって決定される色空間内で表現され得る（例えばS M P T E R P 177はレンダラの原色と共にこの変換を計算するやり方について記載し、結果がB T . 7 0 9やB T . 2 0 2 0等の中で与えられている）。次いでブロック404は、O E T F 2又は逆E O T F 2をピクチャ2に適用し得る。そ

50

の結果は、レンダラの機能に一致したレンダライズピクチャ 2 であり得る。次いでブロック 404 はブロック 405 に制御を渡すことができる。

【0304】

ブロック 405 は、ブロック 404 が実行される場合はブロック 404 からのレンダライズピクチャ 2 を出力し、又はブロック 404 が実行されない場合はブロック 403 からの線形化輝度ピクチャを出力し得る。一例ではブロック 405 は、画像及び / 又は画像を含むビデオを表示する画像処理パイプラインにピクチャを出力し得る。

【0305】

図 5 は、本原理による、パラメータ化された EOTF 又はパラメータ化された逆 OETF のパラメータを復号するための一例示的方法 500 を示す図である。方法 500 は、本原理に従ってパラメータ構文要素を復号するためのプロセスを提供する。パラメータは、本原理に従って本明細書で論じられる任意のパラメータとすることができます。方法 500 はブロック 501 を含む。

10

【0306】

ブロック 501 は、ビデオシーケンスに対応するビットストリームを受信し得る。受信されるビットストリームは（例えば AVC や HEVC 等の符号化を使用して）符号化される。次いでブロック 502 はブロック 502 に制御を渡すことができる。

【0307】

ブロック 502 は、ブロック 501 から受信されるビットストリームを構文解析して復号し得る。一例ではブロック 502 は、HEVC ベースの復号を使用してビットストリームを構文解析し、復号し得る。次いでブロック 502 はブロック 503 及び 504 に制御を渡すことができる。

20

【0308】

ブロック 503 は、ブロック 502 内の復号済みのビットストリームから EOTF 又は逆 OETF パラメータを求める。一例では、パラメータ (s, t, c, m, n) が、ビットストリーム（例えば SEI メッセージ）内に含まれる構文に基づいて求められる。次いでブロック 503 はブロック 505 に制御を渡すことができる。

【0309】

ブロック 504 は、ブロック 502 内で復号されるビデオ信号を処理し得る。一例では、ブロック 504 が復号済みの Y'CbCr ビデオ信号を処理し得る。一例では、ブロック 504 が Y'CbCr ビデオ信号を R'G'B' ビデオ信号に変換し得る。別の例では、ブロック 504 が R'G'B' ビデオ信号を処理し得る。次いでブロック 504 はブロック 505 に制御を渡すことができる。

30

【0310】

次いでブロック 505 は、ブロック 503 から受信されたパラメータに基づき、ブロック 504 からのビデオ信号 V(L) に対して EOTF 又は逆 OETF を適用し得る。V(L) は、本明細書に記載の本原理に従って定められ得る。一例では、ブロック 505 はビデオ信号を R'G'B' から線形光 RGB に変換し得る。一例では、ブロック 505 は等式番号 2、3、5、6、又は 69 に基づいて EOTF 又は逆 EOTF を適用し得る。一例では、ブロック 505 は（例えば等式番号 2、3、5、6、又は 69 に基づき）表形式値を用いて参照表 (LUT) を作成し、マップされる / デマップされるコンテンツにその LUT を適用することができる。

40

【0311】

図 6 は、本原理による、パラメータ化された OETF を使用してピクチャを符号化する一例示的スキーム 600 を示す図である。図 6 は、ピクチャを提供するブロック 601 を含む。一例では、ピクチャは RGB 線形光ピクチャであり得る。別の例では、ピクチャは YRB ピクチャであり得る。ブロック 602 は、本原理によるパラメータ化された OETF にパラメータ（例えば (s, t, c, n, m) ）を与える。ブロック 602 は、パラメータ化された OETF を生成し得る。ブロック 603 は、図 1 ~ 図 3 に関するものを含む上記の本原理に従い、ブロック 601 から受信されるピクチャに対し、ブロック 602 から

50

のパラメータに基づくパラメータ化されたO E T Fを適用し得る。一例ではブロック603の結果が、ブロック604における結果として生じるV(L)電気信号であり得る。一例では、V(L)がR'G'B'ピクチャであり得る。別の例では、V(L)がY'C b C r ピクチャであり得る。スキーム600は、R'G'B'ピクチャをY'C b C r ピクチャに変換し得る任意選択的なコンバータ605を含み得る。コンバータ605の出力は、ビデオ符号器606(例えばH E V C 符号器)に与えられ得る。ブロック607で、符号器606がピクチャを符号化してビットストリームを出力し得る。

【0312】

図7は、本原理による、パラメータ化されたE O T F又は逆O E T Fを使用して符号化ピクチャを復号する一例示的スキーム700を示す図である。図7は、復号を行い、本原理によるパラメータ化されたE O T F(又は逆O E T F)のためのパラメータをブロック702において出力し得る復号器701を含む。復号器701は更に復号を行い、ブロック703で復号済みのピクチャを出力し得る。一例では、ピクチャがY'C b C r ピクチャであり得る。別の例では、ピクチャがR'G'B'ピクチャであり得る。任意選択的なコンバータ704がY'C b C r ピクチャをR'G'B'ピクチャへと変換し、ブロック705でR'G'B'ピクチャを出力し得る。ブロック706は、図1～図3に関するものを含む上記の本原理に従い、ブロック702から受信されるパラメータに基づきブロック705からのピクチャに対してパラメータ化されたE O T F(又は逆O E T F)を適用し得る。ブロック706は、結果として生じる線形化ピクチャをブロック707で出力し得る。一例では、線形化光ピクチャが線形光R G B ピクチャであり得る。別の例では、線形化光ピクチャが線形光Y R B ピクチャであり得る。

【0313】

図8は、図1～図7に関して説明した方法を実施するように構成され得る装置800の一例示的アーキテクチャを示す。一例では図8は、図1～図3及び図6に関して説明した原理を含む、本原理による符号化方法を実施するように構成され得る機器を表す。一例では図8は、図4～図5及び図7に関して説明した原理を含む、本原理による復号方法を実施するように構成され得る機器を表す。

【0314】

装置800は、データ及びアドレスバス801によって結合される以下の要素、つまり

- 例えばD S P(即ちデジタル信号プロセッサ)であるマイクロプロセッサ802(又はC P U)、
- R O M(即ち読み専用メモリ)803、
- R A M(即ちランダムアクセスメモリ)804、
- 例えばユーザインターフェース装置からデータを送受信するためのI/Oインターフェース805、
- 電池806(又は他の適切な電源)、及び
- ディスプレイ807

を含む。

【0315】

改変形態によれば、電池806は装置の外部にある。言及したメモリのそれぞれにおいて、本明細書で使用する<<レジスタ>>という用語は小容量(数ビット)の領域又は非常に大きい領域(例えば全プログラムや大量の受信データ又は復号データ)に対応し得る。R O M803は、少なくともプログラム及びパラメータを含む。本発明による方法のアルゴリズムがR O M803内に記憶される。オンにされるとき、C P U802がプログラムをR A M内にアップロードし、対応する命令を実行する。

【0316】

R A M804はレジスタ内に、C P U802によって実行され、装置800をオンにした後でアップロードされるプログラム、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の中間データ、及びレジスタ内の本方法の実行に使用される他の変数を含む。

【0317】

10

20

30

40

50

本明細書に記載の実装形態は、例えば方法又はプロセス、機器、ソフトウェアプログラム、データストリーム、又は信号によって実装することができる。单一形式の実装形態の脈絡でしか論じられなくても（例えば方法又は装置としてしか論じられない）、論じられた特徴の実装形態は他の形式（例えばプログラム）でも実装することができる。機器は、例えば適切なハードウェア、ソフトウェア、及びファームウェアによって実装することができる。方法は、例えばプロセッサ等の機器によって実施することができ、プロセッサは例えばコンピュータ、マイクロプロセッサ、集積回路、プログラム可能論理デバイスを含む処理装置全般を指す。プロセッサは、例えばコンピュータ、携帯電話、ポータブル／携帯情報端末（「PDA」）、エンドユーザ間の情報の通信を助ける他の装置等の通信装置も含む。

10

【0318】

符号化又は符号器の特定の例によれば、画像又はピクチャが情報源から得られる。例えば情報源は、

- ローカルメモリ（803又は804）、例えばビデオメモリやRAM（即ちランダムアクセスメモリ）、フラッシュメモリ、ROM（即ち読み専用メモリ）、ハードディスク、
- 記憶域インターフェース（805）、例えば大容量記憶域、RAM、フラッシュメモリ、ROM、光ディスク、又は磁気支持とのインターフェース、
- 通信インターフェース（805）、例えば有線インターフェース（例えばバスインターフェース、広域ネットワークインターフェース、ローカルエリアネットワークインターフェース）や無線インターフェース（IEEE 802.11インターフェースやBluetooth（登録商標）インターフェース等）、及び
- 画像捕捉回路（例えばCCD（即ち電荷結合素子）やCMOS（即ち相補型金属酸化膜半導体）等のセンサ）

20

を含む組に属する。

【0319】

復号又は復号器の別の実施形態によれば、復号画像

【数89】

†

30

が宛先に送信され、とりわけその宛先は

- ローカルメモリ（803又は804）、例えばビデオメモリやRAM、フラッシュメモリ、ハードディスク、
- 記憶域インターフェース（805）、例えば大容量記憶域、RAM、フラッシュメモリ、ROM、光ディスク、又は磁気支持とのインターフェース、
- 通信インターフェース（805）、例えば有線インターフェース（例えばバスインターフェース（例えばUSB（即ちユニバーサルシリアルバス））、広域ネットワークインターフェース、ローカルエリアネットワークインターフェース、HDMI（高精細度マルチメディアインターフェース）インターフェース）や無線インターフェース（IEEE 802.11インターフェース、Wi-Fi（登録商標）インターフェース、Bluetooth（登録商標）インターフェース等）、及び
- ディスプレイ（807）

40

を含む組に属する。

【0320】

符号化又は符号器の別の例によれば、ビットストリームBF及び／又はFが宛先に送信される。一例として、ビットストリームF及びBFの一方、又は両方のビットストリームF及びBFがローカルメモリ若しくはリモートメモリ、例えばビデオメモリ（804）、RAM（804）、ハードディスク（803）内に記憶される。改変形態では、一方又は両方のビットストリームが記憶域インターフェース（805）、例えば大容量記憶域、フラッシュメモリ、ROM、光ディスク、若しくは磁気支持とのインターフェースに送信され、且

50

つ／又は通信インターフェース(805)、例えば二地点間リンク、通信バス、一地点対多地点リンク、若しくはブロードキャストネットワークへのインターフェース上で伝送される。

【0321】

復号又は復号器の別の例によれば、ビットストリームB/F及び／又はFが情報源から得られる。例示的には、ビットストリームがローカルメモリ、例えばビデオメモリ(804)、RAM(804)、ROM(803)、フラッシュメモリ(803)、又はハードディスク(803)から読み取られる。改変形態では、ビットストリームが記憶域インターフェース(805)、例えば大容量記憶域、RAM、ROM、フラッシュメモリ、光ディスク、若しくは磁気支持とのインターフェースから受信され、且つ／又は通信インターフェース(805)、例えば二地点間リンク、バス、一地点対多地点リンク、若しくはブロードキャストネットワークへのインターフェースから受信される。

10

【0322】

別の例によれば、本原理による符号化方法を実施するように構成される装置800が、

- モバイル装置、
- 通信装置、
- ゲーム機、
- タブレット(又はタブレットコンピュータ)、
- ラップトップ、
- 静止画像カメラ、
- ビデオカメラ、
- 符号化チップ、
- 静止画像サーバ、及び
- ビデオサーバ(例えばブロードキャストサーバ、ビデオオンデマンドサーバ、ウェブサーバ)

20

を含む組に属する。

【0323】

別の例によれば、本原理による復号方法を実施するように構成される装置800が、

- モバイル装置、
- 通信装置、
- ゲーム機、
- セットトップボックス、
- TV受像機、
- タブレット(又はタブレットコンピュータ)、
- ラップトップ、
- ディスプレイ、及び
- 復号チップ

30

を含む組に属する。

【0324】

図9は、既存の他のOETFに対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたOETFの性能結果を例示するグラフの一例を示す。このグラフは等式1に基づいて求めることができる。X軸は、ピクチャの正規化輝度値に関する。Y軸は、ビットストリームの正規化符号語値に関する。

40

【0325】

図10Aは、SMPTE ST 2084 OETF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたOETFの結果の性能を例示するグラフの一例を示す。このグラフは上記の等式1に基づいて求めることができる。X軸は、ピクチャの正規化輝度に関する。Y軸は、ビットストリームの正規化符号語値に関する。

【0326】

図10Bは、Barten MTF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたOETFの結果の性能を例示するグラフの一例を示す。このグラフは上

50

記の等式 1 に基づいて求めることができる。X 軸は、ピクチャの正規化輝度に関する。Y 軸は、ビットストリームの正規化符号語値に関する。図 10 B は、パラメータの参照表を更に含む。

【0327】

図 10 C は、BBC_OETF 曲線に対する、本原理による (TCH とラベル付けした) パラメータ化された OETF の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。このグラフは上記の等式 1 に基づいて求めることができる。X 軸は、ピクチャの正規化輝度に関する。Y 軸は、ビットストリームの正規化符号語値に関する。図 10 C は、パラメータの参照表を更に含む。

【0328】

図 10 A、図 10 B、及び図 10 C は、TCH とラベル付けした曲線を生成するために使用されたパラメータ s、t、c、n、及び m の値を更に示す。加えてこれらの図面は、これらのパラメータ値の概算を整数比として示す。

【0329】

図 11 A は、SMPTE ST 2084 OETF 曲線に対する、本原理による (TCH とラベル付けした) パラメータ化された EOTF (又は逆 OETF) の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。このグラフは上記の等式 2 に基づいて求めることができる。X 軸は、ビットストリームの正規化符号語値に関する。Y 軸は、ピクチャの正規化輝度に関する。

【0330】

図 11 B は、Barten MTF 曲線に対する、本原理による (TCH とラベル付けした) パラメータ化された EOTF (又は逆 OETF) の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。このグラフは上記の等式 2 に基づいて求めることができる。X 軸は、ビットストリームの正規化符号語値に関する。Y 軸は、ピクチャの正規化輝度に関する。

【0331】

図 11 C は、BBC_OETF 曲線に対する、本原理による (TCH とラベル付けした) パラメータ化された EOTF (又は逆 OETF) の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。このグラフは上記の等式 2 に基づいて求めることができる。X 軸は、ビットストリームの正規化符号語値に関する。Y 軸は、ピクチャの正規化輝度に関する。

【0332】

図 11 A、図 11 B、及び図 11 C は、TCH とラベル付けした曲線を生成するために使用されたパラメータ s、t、c、n、及び m の値を更に示す。加えてこれらの図面は、これらのパラメータ値の概算を整数比として示す。

【0333】

図 12 A は、SMPTE ST 2084 OETF 曲線に対する、本原理による (TCH とラベル付けした) パラメータ化された OETF の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。このグラフは 4 つのパラメータに基づき上記の等式 4 に基づいて求めることができる。X 軸は、ピクチャの正規化輝度に関する。Y 軸は、ビットストリームの正規化符号語値に関する。

【0334】

図 12 B は、Barten MTF 曲線に対する、本原理による (TCH とラベル付けした) パラメータ化された OETF の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。このグラフは 4 つのパラメータに基づき上記の等式 4 に基づいて求めることができる。X 軸は、ピクチャの正規化輝度に関する。Y 軸は、ビットストリームの正規化符号語値に関する。

【0335】

図 12 C は、BBC_OETF 曲線に対する、本原理による (TCH とラベル付けした) パラメータ化された OETF の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。このグラフは 4 つのパラメータに基づき上記の等式 4 に基づいて求めることができる。X 軸は、ピクチャの正規化輝度に関する。Y 軸は、ビットストリームの正規化符号語値に関する。

【0336】

10

20

30

40

50

図12A、図12B、及び図12Cは、TCHとラベル付けした曲線を生成するために使用されたパラメータs、t、c、n、及びmの値を更に示す。加えてこれらの図面は、これらのパラメータ値の概算を整数比として示す。

【0337】

図13Aは、SMPTE ST 2084 OETF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたEOTF(又は逆OETF)の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。このグラフは4つのパラメータに基づき上記の等式6に基づいて求めることができる。X軸は、ビットストリームの正規化符号語値に関する。Y軸は、ピクチャの正規化輝度に関する。

【0338】

図13Bは、Barten MTF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたEOTF(又は逆OETF)の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。このグラフは4つのパラメータに基づき上記の等式6に基づいて求めることができる。X軸は、ビットストリームの正規化符号語値に関する。Y軸は、ピクチャの正規化輝度に関する。

10

【0339】

図13Cは、BBC OETF曲線に対する、本原理による(TCHとラベル付けした)パラメータ化されたEOTF(又は逆OETF)の結果の性能を例示するグラフの一例を示す。このグラフは4つのパラメータに基づき上記の等式6に基づいて求めることができる。X軸は、ビットストリームの正規化符号語値に関する。Y軸は、ピクチャの正規化輝度に関する。

20

【0340】

図13A、図13B、及び図13Cは、TCHとラベル付けした曲線を生成するために使用されたパラメータs、t、c、n、及びmの値を更に示す。加えてこれらの図面は、これらのパラメータ値の概算を整数比として示す。

【0341】

本明細書に記載した様々なプロセス及び特徴の実装形態は、多岐にわたる異なる機器又はアプリケーションによって具体化することができる。かかる機器の例は、符号器、復号器、復号器からの出力を処理する後処理系、符号器への入力を与える前処理系、ビデオ符号器、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、及び他の通信装置を含む。明白であるように、機器は可搬式とすることができる、移動車両内に設置することさえできる。

30

【0342】

加えて、これらの方法はプロセッサによって実行される命令によって実装されても良く、かかる命令(及び/又は実装形態によって作り出されるデータ値)は例えばハードディスク、コンパクトディスク(「CD」)、光ディスク(例えばデジタル多用途ディスクやデジタルビデオディスクとしばしば呼ばれるDVD等)、ランダムアクセスメモリ('RAM')、読み専用メモリ('ROM')等、例えば集積回路、ソフトウェア媒体、又は他の記憶装置等のプロセッサ可読媒体上に記憶され得る。命令は、プロセッサ可読媒体上で有形に具体化されるアプリケーションプログラムを形成し得る。命令は、例えばハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、又は組合せの中にあり得る。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、又はその2つの組合せの中で見つけることができる。従ってプロセッサは、例えばプロセスを実行するように構成される装置及びプロセスを実行するための命令を有するプロセッサ可読媒体(記憶装置等)を含む装置の両方として特徴付けることができる。更に、プロセッサ可読媒体は、実装形態によって作り出されるデータ値を命令に加えて又は命令の代わりに記憶し得る。

40

【0343】

当業者に明らかなように、実装形態は、例えば記憶され又は伝送され得る情報を運ぶようにフォーマットされる多岐にわたる信号を作り出し得る。かかる情報は、例えば方法を実行するための命令、又は記載した実装形態の1つによって作り出されるデータを含み得る

50

。例えば信号は、記載した例の構文を読み書きするための規則をデータとして運ぶよう に、又は記載した例によって書かれる実際の構文値をデータとして運ぶようにフォーマットされ得る。かかる信号は、例えば電磁波として（例えばスペクトルの無線周波数部分を用いて）、又はベースバンド信号としてフォーマットされ得る。フォーマットすることは、例えばデータストリームを符号化し、符号化データストリームで担体を変調することを含み得る。信号が運ぶ情報は、例えばアナログ情報又はデジタル情報とすることができる。信号は、知られているように様々な異なる有線リンク又は無線リンク上で伝送され得る。信号はプロセッサ可読媒体上に記憶され得る。

【 0 3 4 4 】

幾つかの実装形態を記載してきた。それでもなお、様々な修正が加えられ得ることが理解されよう。例えば、他の実装形態を作り出すために別の実装形態の要素が組み合わせられ、補われ、修正され、又は除去され得る。更に、開示した構造及びプロセスを他の構造及びプロセスが置換しても良く、その結果生じる実装形態が開示した実装形態と少なくともほぼ同じ結果を実現するために、少なくともほぼ同じ機能を少なくともほぼ同じやり方で実行することを当業者なら理解されよう。従って、これらの及び他の実装形態も本願によつて予期される。

【 0 3 4 5 】

本発明の完全な理解を与えるために数多くの具体的な詳細を本明細書に記載してきた。但し、上記の例がそれらの具体的な詳細なしに実施されても良いことが当業者によって理解されよう。他の例では、本発明を不明瞭にしないために良く知られている操作、コンポーネント、及び回路を詳しくは説明していない。本明細書で開示した特定の構造上の及び機能上の詳細は代表的なものである可能性があり、必ずしも本発明の範囲を限定しないことが理解され得る。

【 0 3 4 6 】

本発明の様々な例は、ハードウェア要素、ソフトウェア要素、又はその両方の組合せを用いて実装することができる。一部の例は、例えばマシンによって実行される場合にそれらの例による方法及び／又は操作をマシンに実行させ得る命令又は1組の命令を記憶し得る、コンピュータ可読媒体又は製品を用いて実装され得る。かかるマシンは、例えば任意の適切な処理プラットフォーム、計算プラットフォーム、計算装置、処理装置、計算システム、処理システム、コンピュータ、プロセッサ等を含むことができ、ハードウェア及び／又はソフトウェアの任意の適切な組合せを用いて実装することができる。コンピュータ可読媒体又は製品は、例えば任意の適切な種類のメモリユニット、メモリ装置、メモリ製品、メモリ媒体、記憶装置、記憶域製品、記憶媒体、及び／又は記憶ユニットを含み得る。命令は、任意の適切な高水準、低水準、オブジェクト指向、ビジュアル、コンパイラ型、及び／又はインターフリタ型のプログラミング言語を用いて実装される、ソースコード、コンパイル済みコード、解釈済みコード、実行可能コード、静的コード、動的コード、暗号化コード等の任意の適切な種類のコードを含み得る。

【 0 3 4 7 】

本明細書に記載した実装形態は、例えば方法又はプロセス、機器、ソフトウェアプログラム、データストリーム、又は信号によって実装することができる。单一形式の実装形態の脈絡でしか論じられなくても（例えば方法としてしか論じられない）、論じられた特徴の実装形態は他の形式（例えば機器やプログラム）でも実装することができる。機器及びその中に含まれる構成要素、例えばプロセッサ、符号器、及び復号器は、例えば適切なハードウェア、ソフトウェア、及びファームウェアによって実装することができる。方法は、例えばプロセッサ等の機器によって実施することができ、プロセッサは例えばコンピュータ、マイクロプロセッサ、集積回路、プログラム可能論理デバイスを含む処理装置全般を指す。プロセッサは、例えばコンピュータ、携帯電話、ポータブル／携帯情報端末（「PDA」）、エンドユーザ間の情報の通信を助ける他の装置等の通信装置も含む。

【 0 3 4 8 】

加えて本願又は本願の特許請求の範囲は、様々な情報片を「決定すること」に言及する場

10

20

30

40

50

合がある。情報を決定することは、例えば情報を推定すること、情報を計算すること、情報を予測すること、又は情報をメモリから取り出すことの1つ又は複数を含み得る。

【0349】

更に本願又は本願の特許請求の範囲は、様々な情報片に「アクセスすること」に言及する場合がある。情報にアクセスすることは、例えば情報を受信すること、(例えばメモリから)情報を取り出すこと、情報を記憶すること、情報を処理すること、情報を伝送すること、情報を移動すること、情報を複製すること、情報を消去すること、情報を計算すること、情報を決定すること、情報を予測すること、又は情報を推定することの1つ又は複数を含み得る。

【0350】

加えて本願又は本願の特許請求の範囲は、様々な情報片を「受信すること」に言及する場合がある。受信することは、「アクセスすること」と同様に広義語であることを意図する。情報を受信することは、例えば情報にアクセスすること、又は情報を(例えばメモリから)取り出すことの1つ又は複数を含み得る。更に、「受信すること」は、典型的には例えば情報を記憶する操作、情報を処理する操作、情報を伝送する操作、情報を移動する操作、情報を複製する操作、情報を消去する操作、情報を計算する操作、情報を決定する操作、情報を予測する操作、又は情報を推定する操作等の操作中に何らかの形で関与する。

10

【0351】

別の実施形態によれば、パラメータ化された伝達関数が、本発明に従って符号化され若しくは復号されるピクチャ内、又はピクチャを含むストリーム内でシグナリングされる。一部の実施形態では、パラメータ化された伝達関数を表す情報が、ピクチャ内又はピクチャを含むストリーム内でシグナリングされる。この情報は、本発明に従って適用されるパラメータ化された伝達関数を識別するために復号方法又は復号器によって使用される。一実施形態ではこの情報は、符号化及び復号側において知られている識別情報を含む。他の実施形態によれば、この情報はパラメータ化された伝達関数の基礎として用いられるパラメータを含む。本発明の改変形態によれば、この情報は、1組の規定値に基づく、ピクチャ又はピクチャを含むビットストリーム内のパラメータのインジケータを含む。本発明の改変形態によれば、この情報はパラメータが明示的にシグナリングされるのか、1組の規定値に基づいて暗示的にシグナリングされるのかに基づく指示を含む。本発明の別の改変形態によれば、この情報は、ピクチャパラメータセット(PPS)、シーケンスパラメータセット(SPS)、付加拡張情報(SEI)メッセージ、ビデオユーザビリティ情報(VUI)、全米家電協会(CEA)メッセージ、及びヘッダの少なくとも1つに含まれる少なくとも1つの構文要素に含まれる。

20

【0352】

本発明の別の実施形態によれば、結果として生じるV(L)を符号化することは、例えばJPEG、AVC、又はHEVC圧縮規格を用いてピクチャ又はビデオ符号器でV(L)を圧縮することを含む。復号することは、パラメータ化された伝達関数を適用する前に受信ピクチャに対応する逆圧縮を行うことを含む。

30

【0353】

本発明の別の実施形態によれば、結果として生じるV(L)を符号化することは、結果として生じるV(L)をデジタル化すること又は量子化することを含む。復号することは、パラメータ化された伝達関数を適用する前に受信ピクチャに対応する逆圧縮を行うことを含む。

40

【0354】

本発明は、符号化及び復号の上記の方法をそれぞれ実行するように適合される符号化及び復号のための機器にも関する。

【付記1】

ピクチャを符号化するための方法であって、

ピクチャを受信すること、

前記ピクチャの輝度(L)にパラメータ化された伝達関数(102、204、603)

50

を適用し、結果として生じる変換済みの V (L) を求めること、

前記結果として生じる V (L) を符号化すること

を含み、

複数の伝達関数の 1 つをモデリングするために前記パラメータ化された伝達関数が複数のパラメータに基づいて調節される、

方法。

【付記 2】

前記パラメータ化された伝達関数が

【数 1】

10

$$V(L) = \frac{s \left(\frac{L-b}{a} \right)^n + c}{\left(\frac{L-b}{a} \right)^n + st} + m$$

に基づき、c、m、s、n、t、a、b はパラメータであり、V は符号語である、付記 1 に記載の方法。

【付記 3】

前記パラメータ化された伝達関数が

【数 2】

20

$$V(L) = k \frac{sL^n + c}{L^n + st} + m$$

に基づき、c、m、k、s、n、t はパラメータであり、V は符号語である、付記 1 に記載の方法。

【付記 4】

前記パラメータ化された伝達関数が

【数 3】

30

$$V(L) = k \frac{s \left(\frac{L-b}{a} \right)^n + c}{\left(\frac{L-b}{a} \right)^n + st} + m$$

に基づき、s、t、c、n、m、k、a、及び b はパラメータであり、V は符号語である、付記 1 に記載の方法。

【付記 5】

前記パラメータ化された伝達関数が

【数 4】

40

$$V(L) = \frac{sL^n + c}{L^n + st} + m$$

に基づき、s、n、c、t、及び m はパラメータである、付記 1 に記載の方法。

【付記 6】

前記パラメータ化された伝達関数が

【数 5】

50

$$V(L) = \frac{sL^n + c}{L^n + st}$$

に基づき、 s 、 n 、 c 、及び t はパラメータである、付記 1 に記載の方法。

[付記 7]

前記複数のパラメータの或るパラメータは、前記パラメータ化された伝達関数が、前記輝度 L の最小値及び前記輝度 L の最大値の群から選択される少なくとも 1 つに基づいて $V(L)$ の所望の値を決定することを可能にする、付記 1 に記載の方法。

10

[付記 8]

前記輝度 (L) をトーンマッピングすることを更に含む、付記 1 乃至 7 の何れか一項に記載の方法。

[付記 9]

前記パラメータ化された関数が非線形のエンドツーエンド挙動を有する、付記 1 に記載の方法。

[付記 10]

前記パラメータ化された伝達関数を表す情報をシグナリングすることを更に含む、付記 1 に記載の方法。

[付記 11]

前記パラメータを符号化し、前記符号化済みのパラメータをビットストリーム内でシグナリングすることを更に含む、付記 1 に記載の方法。

20

[付記 12]

1 組の規定値に基づく前記パラメータのインジケータをビットストリーム内でシグナリングすることを更に含む、付記 1 に記載の方法。

[付記 13]

前記シグナリングが、ピクチャパラメータセット (PPS)、シーケンスパラメータセット (SPS)、付加拡張情報 (SEI) メッセージ、ビデオユーザビリティ情報 (VUI)、全米家電協会 (CEA) メッセージ、及びヘッダの少なくとも 1 つに含まれる少なくとも 1 つの構文要素を使用して行われる、付記 1 乃至 12 の何れか一項に記載の方法。

30

[付記 14]

前記輝度が、RGB、Y、線形 RGB の線形結合、非線形 RGB の線形結合であるルマ及び非線形輝度の群から選択される少なくとも 1 つである、付記 1 に記載の方法。

[付記 15]

少なくとも或るカラー・チャネルを決定することを更に含み、前記少なくとも或るカラー・チャネルについて前記輝度が決定される、付記 1 に記載の方法。

[付記 16]

N 個のカラー・チャネルの 1 つ又は複数について前記輝度が決定される、付記 1 に記載の方法。

40

[付記 17]

少なくともピクチャを符号化するための機器であって、

前記ピクチャの輝度 (L) にパラメータ化された伝達関数を適用し、結果として生じる変換済みの $V(L)$ を求め、前記結果として生じる $V(L)$ を符号化するように構成される符号器 (600, 800)

を含み、

複数の伝達関数の 1 つをモデリングするために前記パラメータ化された伝達関数が複数のパラメータに基づいて調節される、

機器。

[付記 18]

符号化ピクチャを復号するための方法であって、

50

前記符号化ピクチャを受信することと、

前記符号化ピクチャを復号して復号済みのピクチャを求ることと、

前記復号済みのピクチャにパラメータ化された伝達関数(403、505、706)を適用して輝度(L)を求めることがあって、前記パラメータ化された伝達関数は複数のパラメータに基づく、輝度(L)を求めることが

を含み、

複数の伝達関数の1つをモデリングするために前記パラメータ化された伝達関数が前記複数のパラメータに基づいて調節される、

方法。

【付記19】

前記パラメータ化された伝達関数が

【数6】

$$L(V) = a \left(\frac{c - (V - m)st}{V - m - s} \right)^{1/n} + b$$

に基づき、c、m、s、n、t、a、bはパラメータであり、Vは符号語である、付記18に記載の方法。

【付記20】

前記パラメータ化された伝達関数が

【数7】

$$L(V) = \left(\frac{c - \left(\frac{V-m}{k} \right) st}{\frac{V-m}{k} - s} \right)^{1/n}$$

に基づき、c、m、k、s、n、tはパラメータであり、Vは符号語である、付記18に記載の方法。

【付記21】

前記パラメータ化された伝達関数が

【数8】

$$L(V) = a \left(\frac{c - \left(\frac{V-m}{k} \right) st}{\frac{V-m}{k} - s} \right)^{1/n} + b$$

に基づき、s、t、c、n、m、k、a及びbはパラメータであり、Vは符号語である、付記18に記載の方法。

【付記22】

前記パラメータ化された伝達関数が

【数9】

$$L(V) \approx \left(\frac{-Vu}{V - V_{max}(1+u)} \right)^{1/n}$$

に基づき、V_{max}、u、及びnはパラメータである、付記18に記載の方法。

【付記23】

10

20

30

40

50

前記パラメータ u 及び n を決定するために最適化アルゴリズムが利用される、付記 1.8 に記載の方法。

【付記 2.4】

前記パラメータ u 及び n の値が、輝度 / 符号語の対 (L_i, V_i) に基づく基準曲線に基づいて決定される、付記 2.3 に記載の方法。

【付記 2.5】

前記パラメータ u 及び n の前記値が、前記輝度 / 符号語の対 (L_i, V_i) に不均一な重みを加えることによって決定される、付記 2.4 に記載の方法。

【付記 2.6】

前記パラメータ化された伝達関数が

【数 1.0】

$$L(V) = \left(\frac{c - (V - m)st}{V - m - s} \right)^{1/n}$$

10

に基づき、 c 、 m 、 s 、 t 、及び n はパラメータである、付記 1.8 に記載の方法。

【付記 2.7】

前記パラメータ化された伝達関数が

【数 1.1】

$$L(V) = \left(\frac{c - (V - m)st}{\min(V - m - s, M)} \right)^{1/n}$$

20

に基づき、 c 、 m 、 s 、 t 、及び n はパラメータであり、 M は定数である、付記 1.8 に記載の方法。

【付記 2.8】

前記パラメータ化された伝達関数が

【数 1.2】

$$L(V) = \left(\frac{c - (V)st}{V - s} \right)^{1/n}$$

30

に基づき、 c 、 s 、 t 、及び n はパラメータである、付記 1.8 に記載の方法。

【付記 2.9】

前記パラメータ化された伝達関数が

【数 1.3】

$$L(V) = \left(\frac{c - Vst}{\min(V - s, M)} \right)^{1/n}$$

40

に基づき、 c 、 s 、 t 、及び n はパラメータであり、 M は定数である、付記 1.8 に記載の方法。

【付記 3.0】

前記複数のパラメータの或るパラメータは、前記パラメータ化された伝達関数が、符号語 V の最小値及び前記符号語 V の最大値の群から選択される少なくとも 1 つに基づいて前記輝度 L の所望の値を決定することを可能にする、付記 1.8 に記載の方法。

【付記 3.1】

50

前記パラメータ化された関数が非線形のエンドツーエンド挙動を有する、付記 1 8 に記載の方法。

[付記 3 2]

前記パラメータ化された関数が逆トーンマッピングを行う、付記 1 8 に記載の方法。

[付記 3 3]

前記パラメータ化された伝達関数を表す情報を受信することを更に含む、付記 1 8 に記載の方法。

[付記 3 4]

前記受信される情報が、ピクチャパラメータセット (P P S) 、シーケンスパラメータセット (S P S) 、付加拡張情報 (S E I) メッセージ、ビデオユーザビリティ情報 (V U I) 、全米家電協会 (C E A) メッセージ、及びヘッダの少なくとも 1 つに含まれる、付記 1 8 に記載の方法。

10

[付記 3 5]

前記輝度が、 R G B 、 Y 、線形 R G B の線形結合、非線形 R G B の線形結合であるルマ、及び非線形輝度の群から選択される少なくとも 1 つである、付記 1 8 に記載の方法。

[付記 3 6]

少なくとも或るカラー・チャネルを決定することを更に含み、前記少なくとも或るカラー・チャネルについて前記輝度が決定される、付記 1 8 に記載の方法。

[付記 3 7]

少なくとも符号化ピクチャを復号するための機器であって、

20

前記符号化ピクチャを復号して復号済みのピクチャを求める、前記復号済みのピクチャにパラメータ化された伝達関数を適用して輝度 (L) を求めるように構成される復号器 (6 0 0 、 8 0 0) であって、前記パラメータ化された伝達関数は複数のパラメータに基づく、復号器 (6 0 0 、 8 0 0) を含み、

複数の伝達関数の 1 つをモデリングするために前記パラメータ化された伝達関数が複数のパラメータに基づいて調節される、

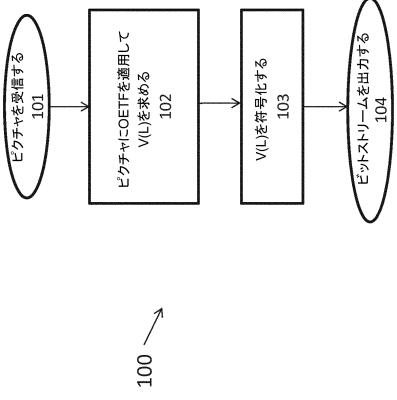
機器。

30

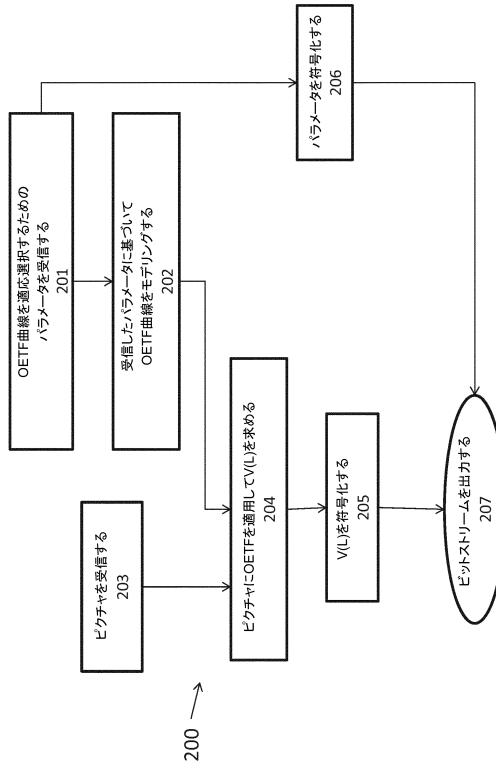
40

50

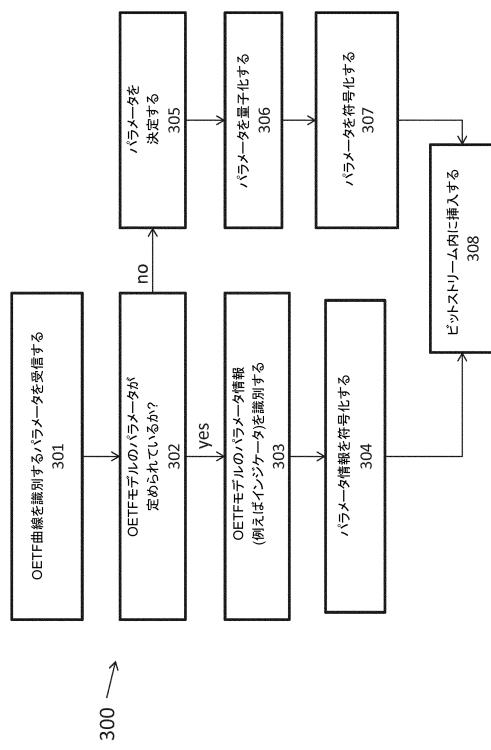
【図面】
【図 1】



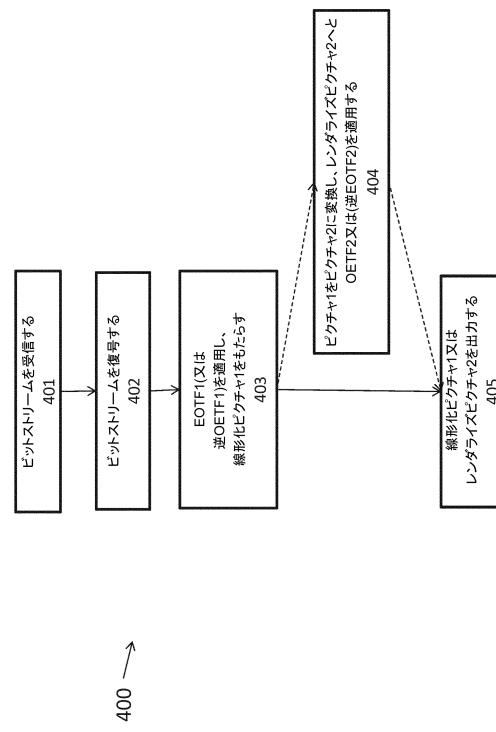
【図 2】



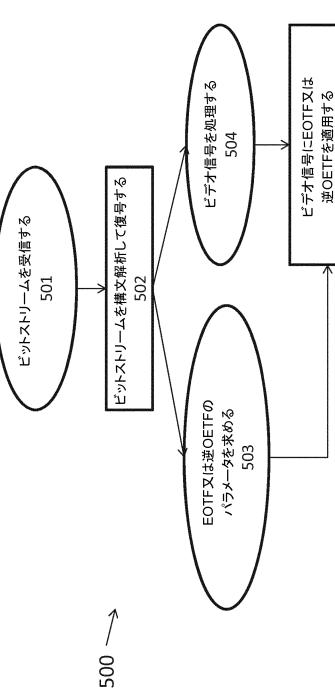
【図 3】



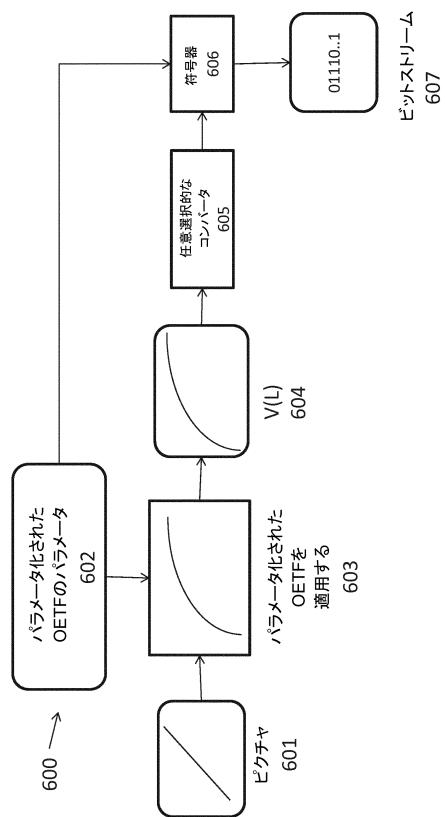
【図 4】



【図 5】



【図 6】



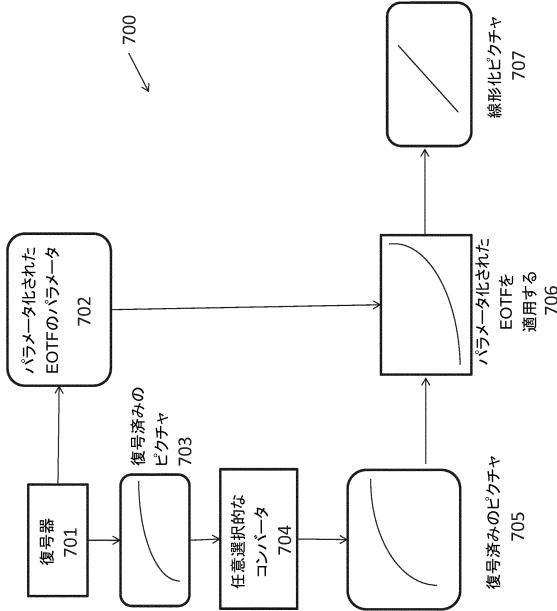
10

20

30

40

【図 7】



【図 8】

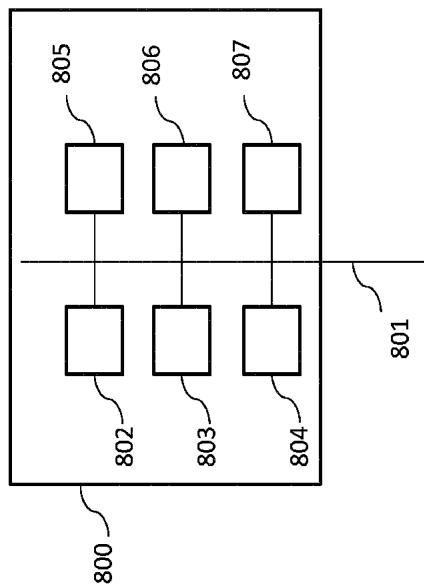
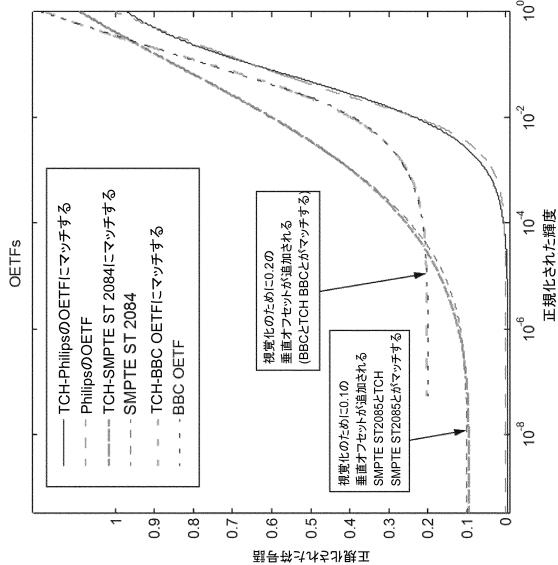


Figure 8

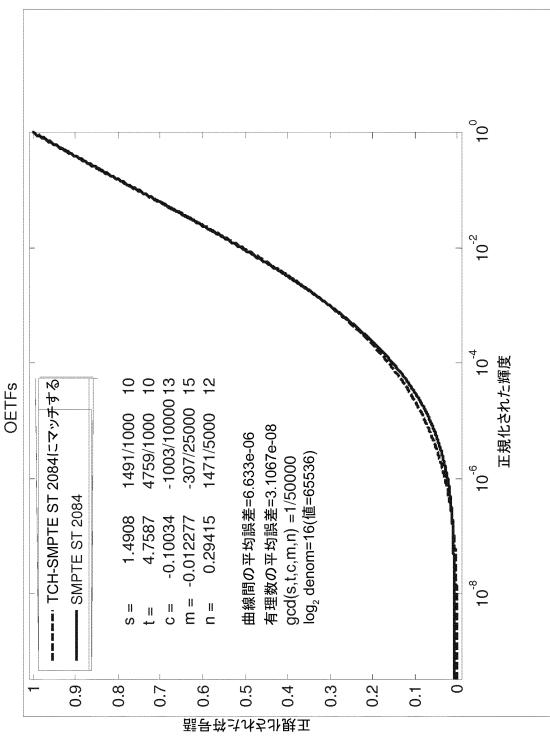
50

【図 9】



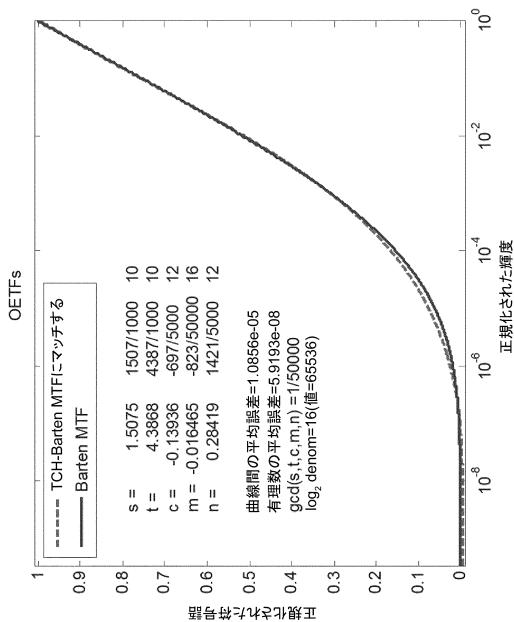
10

【図 10 A】



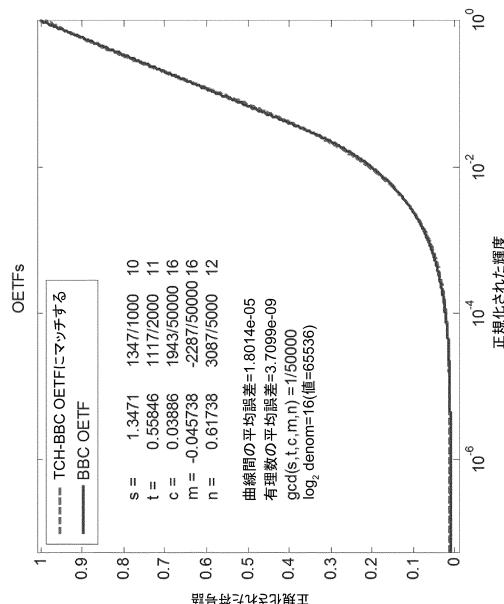
20

【図 10 B】



30

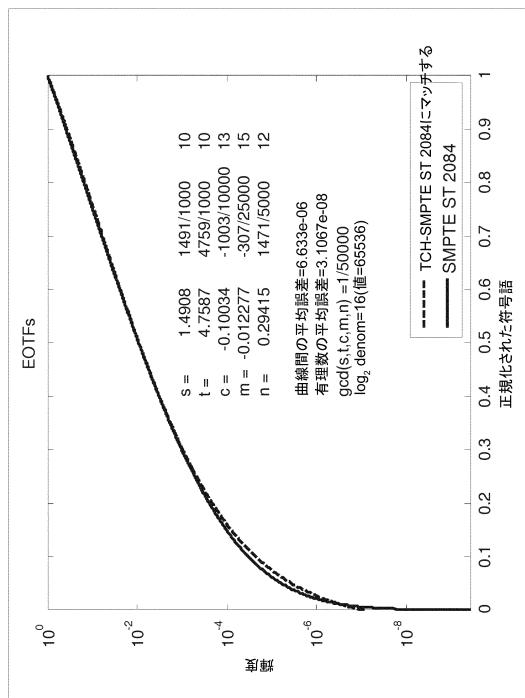
【図 10 C】



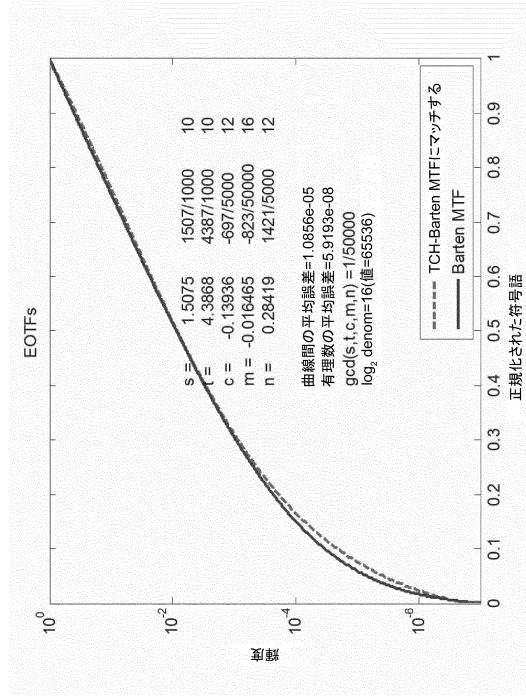
40

50

【図 1 1 A】



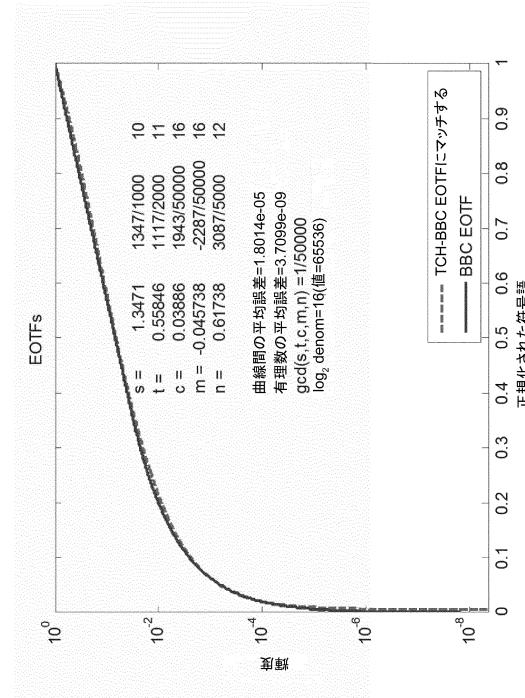
【図 1 1 B】



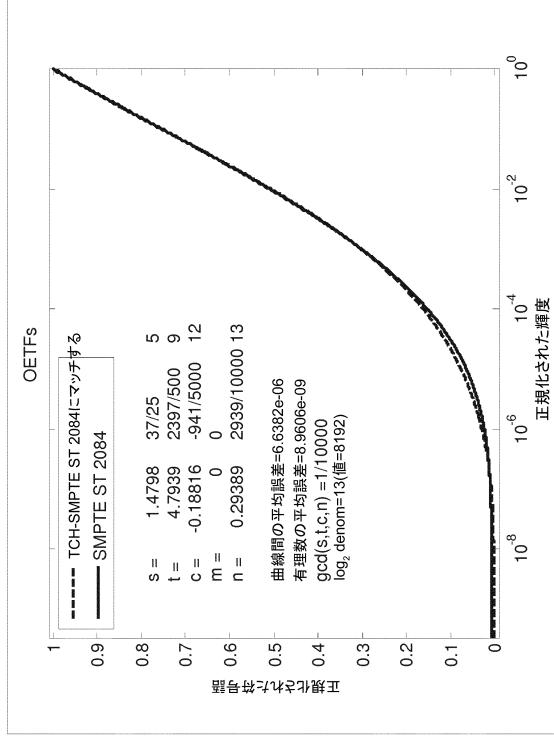
10

20

【図 1 1 C】



【図 1 2 A】

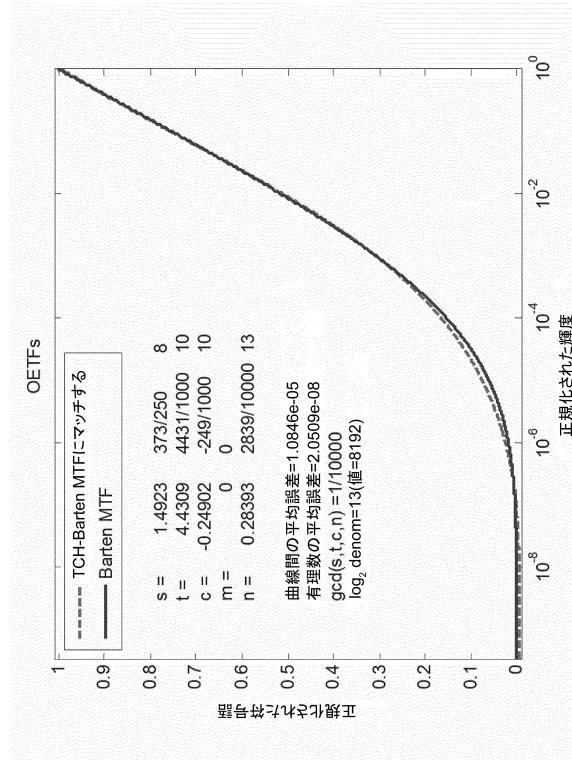


30

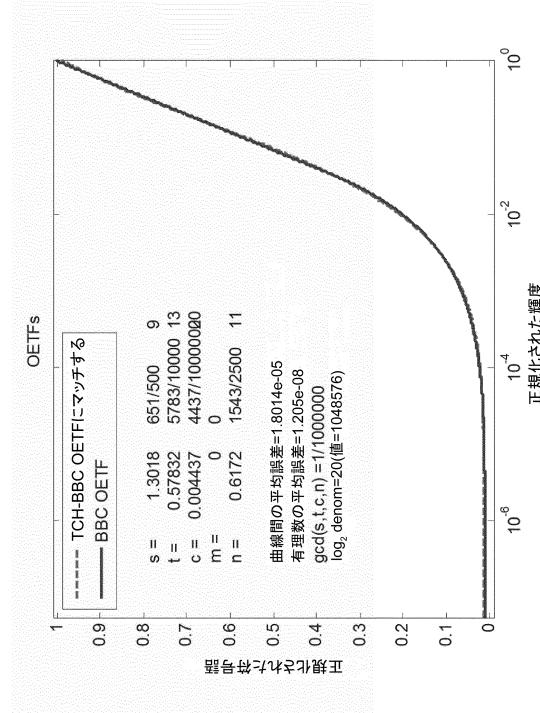
40

50

【図 1 2 B】



【図 1 2 C】



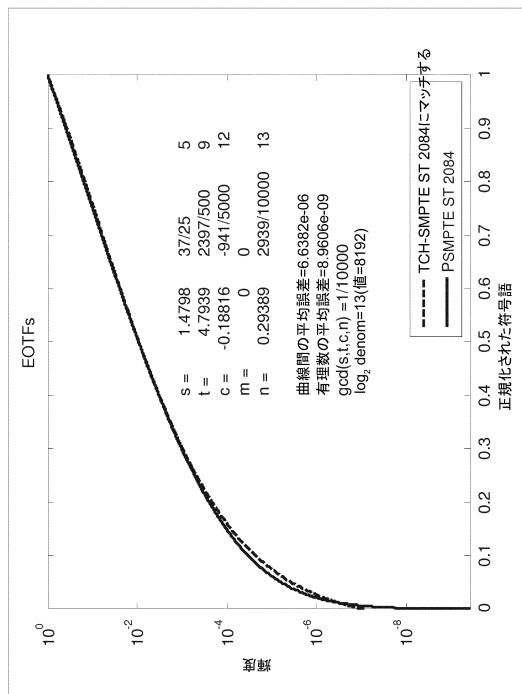
10

20

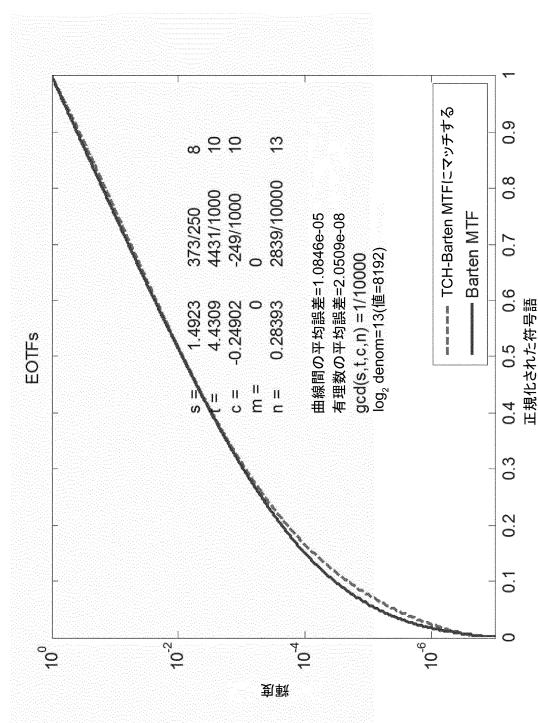
30

40

【図 1 3 A】

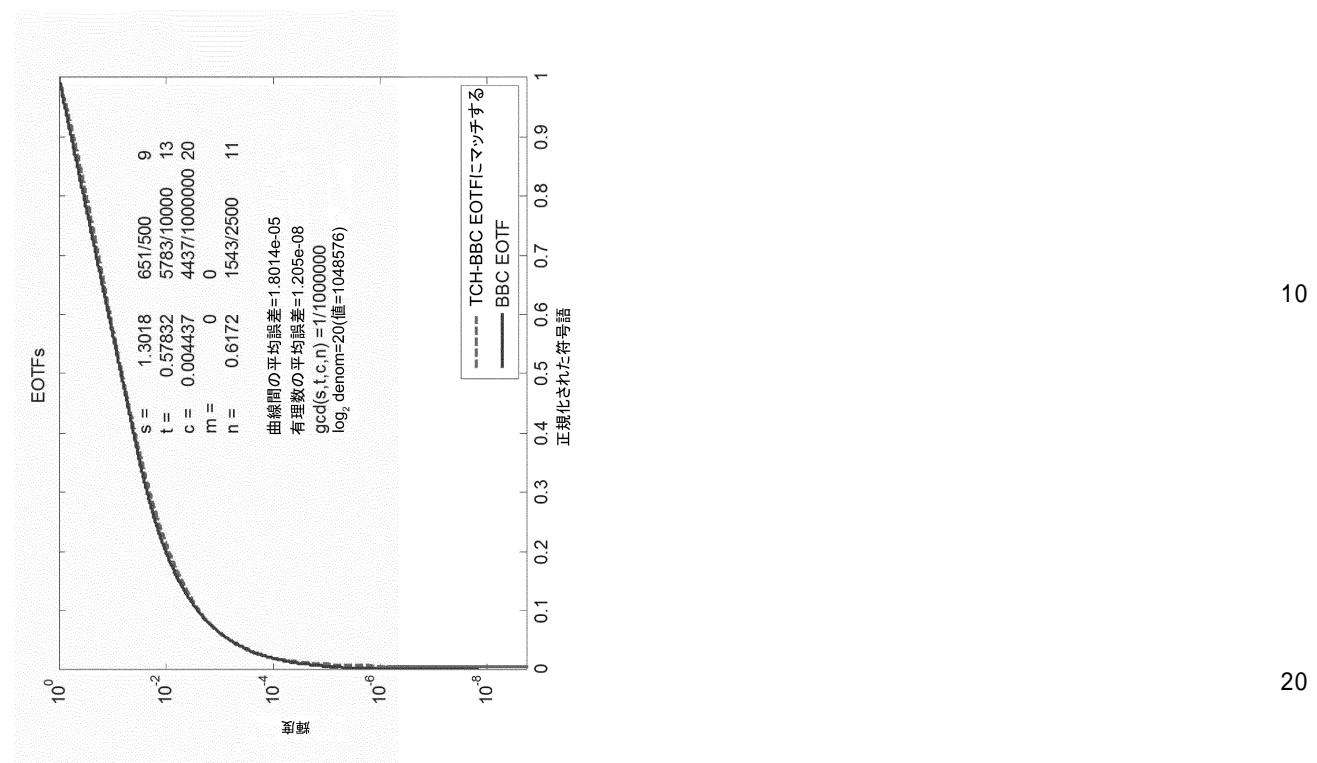


【図 1 3 B】



50

【図 1 3 C】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

欧州特許庁(EP)

(31)優先権主張番号 15305172.7

(32)優先日 平成27年2月6日(2015.2.6)

(33)優先権主張国・地域又は機関

欧州特許庁(EP)

(31)優先権主張番号 15305690.8

(32)優先日 平成27年5月6日(2015.5.6)

(33)優先権主張国・地域又は機関

欧州特許庁(EP)

(72)発明者 ラインハルト, エリック

フランス国, 35576 セソン セビニエ, セーエス176 16, ザック デ シャン ブラン, アベニュー デ シャン ブラン 975, テクニカラー・アール・アンド・ディー フランス

(72)発明者 アンドリヴィオン, ピエール

フランス国, 35576 セソン セビニエ, セーエス176 16, ザック デ シャン ブラン, アベニュー デ シャン ブラン 975, テクニカラー・アール・アンド・ディー フランス

(72)発明者 ボルデ, フィリップ

フランス国, 35576 セソン セビニエ, セーエス176 16, ザック デ シャン ブラン, アベニュー デ シャン ブラン 975, テクニカラー・アール・アンド・ディー フランス

(72)発明者 ゼペダ サルバティエラ, ホアキン

フランス国, 35576 セソン セビニエ, セーエス176 16, ザック デ シャン ブラン, アベニュー デ シャン ブラン 975, テクニカラー・アール・アンド・ディー フランス

(72)発明者 シエヴァンス, クリストフ

フランス国, 35576 セソン セビニエ, セーエス176 16, ザック デ シャン ブラン, アベニュー デ シャン ブラン 975, テクニカラー・アール・アンド・ディー フランス

(72)発明者 シュタウダー, ユルゲン

フランス国, 35576 セソン セビニエ, セーエス176 16, ザック デ シャン ブラン, アベニュー デ シャン ブラン 975, テクニカラー・アール・アンド・ディー フランス

(72)発明者 モルバン, パトリック

フランス国, 35576 セソン セビニエ, セーエス176 16, ザック デ シャン ブラン, アベニュー デ シャン ブラン 975, テクニカラー・アール・アンド・ディー フランス

(72)発明者 フランソワ, エドワール

フランス国, 35576 セソン セビニエ, セーエス176 16, ザック デ シャン ブラン, アベニュー デ シャン ブラン 975, テクニカラー・アール・アンド・ディー フランス

合議体

審判長 畑中 高行

審判官 横本 剛

審判官 川崎 優

(56)参考文献 国際公開第2013/086169 (WO, A1)

Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange, Recommendation ITU-R BT.709-5, 2002年4月、20頁

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H04N 19/00 - 19/98

H04N 21/00 - 21/858