

明 細 書

発明の名称：

予測画像生成装置、動画像復号装置、動画像符号化装置、および、予測画像生成方法

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、予測画像生成装置、動画像復号装置、動画像符号化装置、および、予測画像生成方法に関する。

背景技術

[0002] 動画像を効率的に伝送または記録するために、動画像を符号化することによって符号化データを生成する動画像符号化装置、および、当該符号化データを復号することによって復号画像を生成する動画像復号装置が用いられている。

[0003] 具体的な動画像符号化方式としては、例えば、H.264/AVCやHEVC (High-Efficiency Video Coding) 方式などが挙げられる。

[0004] このような動画像符号化方式においては、動画像を構成する画像（ピクチャ）は、画像を分割することにより得られるスライス、スライスを分割することにより得られる符号化ツリーユニット（CTU：Coding Tree Unit）、符号化ツリーユニットを分割することで得られる符号化単位（符号化ユニット（Coding Unit：CU）と呼ばれることもある）、及び、符号化単位を分割することにより得られる変換ユニット（TU：Transform Unit）からなる階層構造により管理され、CU毎に符号化／復号される。

[0005] また、このような動画像符号化方式においては、通常、入力画像を符号化／復号することによって得られる局所復号画像に基づいて予測画像が生成され、当該予測画像を入力画像（原画像）から減算して得られる予測誤差（「差分画像」または「残差画像」と呼ぶこともある）が符号化される。予測画像の生成方法としては、画面間予測（インター予測）、および、画面内予測（イントラ予測）が挙げられる。近年の動画像符号化及び復号の技術として

非特許文献 1 が挙げられる。

- [0006] また、近年の動画画像符号化及び復号技術においては、輝度画像から色差画像の予測画像を生成するCCLM (CCLM、Cross-Component Linear Model) 予測が知られている。CCLM予測では、対象ブロックに隣接する復号済み画像を用いて線形予測パラメータを導出し、当該線形予測モデル (CCLMモデル) から対象ブロックの色差を予測する (非特許文献 2)。

先行技術文献

非特許文献

- [0007] 非特許文献1: "Versatile Video Coding (Draft 3)", JVET-L1001, Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, 2018-11-08 17:06:06
- 非特許文献2: "CE3-5.1: On cross-component linear model simplification", JVET-L0191, Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, 2018-10-03

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] 上述したように、CCLM処理では、線形予測パラメータを導出し、線形予測モデルを用いて予測画像を生成する。線形予測パラメータの導出には、整数演算およびテーブル参照を用いているが、このテーブルのメモリ使用量が多いという課題がある。
- [0009] また、線形予測パラメータの傾き項 (CCLM予測パラメータa) と画素値の積を用いて、予測値を導出する際に、非特許文献 1 の方法では、CCLM予測パラメータaのビット幅が大きくなるため、積の複雑度が多いという課題がある。また、非特許文献 1 は、線形予測パラメータの傾き項 (CCLM予測パラメータa) 及び線形予測パラメータのオフセット項 (CCLM予測パラメータb) の導出にも積を用いるが、この積も、ビット幅の大きい値同士の積となるため複雑である。なお、ビット幅の大きい値の積は、ハード規模が増大する。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するために、本発明の一態様に係るCCLM予測部は、CCLM予測により予測画像を生成するCCLM予測部であって、輝度の差分値と、色差の差分値と、テーブルを用いてCCLM予測パラメータ(a, b)を導出するCCLM予測パラメータ導出部と、輝度参照画像とCCLM予測パラメータ(a, b)を用いて色差予測画像を生成するCCLM予測フィルタ部とを備え、上記CCLM予測パラメータ導出部は、輝度の差分値を用いて参照される逆数テーブルの値と色差の差分値を乗算した値を第1のシフト値shift_aにより右シフトすることによってCCLM予測パラメータaを導出し、上記CCLM予測フィルタ部は、上記パラメータaと輝度の積を第2の所定のシフト値shiftAにより右シフトすることにより、上記色差予測画像を導出することを特徴とする。

発明の効果

[0011] 本発明の一態様によれば、CCLM予測において、線形予測パラメータとの乗算が簡略化される効果がある。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本実施形態に係る画像伝送システムの構成を示す概略図である。

[図2]本実施形態に係る動画像符号化装置を搭載した送信装置、および、動画像復号装置を搭載した受信装置の構成について示した図である。(a)は動画像符号化装置を搭載した送信装置を示しており、(b)は動画像復号装置を搭載した受信装置を示している。

[図3]本実施形態に係る動画像符号化装置を搭載した記録装置、および、動画像復号装置を搭載した再生装置の構成について示した図である。(a)は動画像符号化装置を搭載した記録装置を示しており、(b)は動画像復号装置を搭載した再生装置を示している。

[図4]符号化ストリームのデータの階層構造を示す図である。

[図5]CTUの分割例を示す図である。

[図6]イントラ予測モードの種類（モード番号）を示す概略図である。

[図7]動画像復号装置の構成を示す概略図である。

[図8]イントラ予測パラメータ復号部の構成を示す概略図である。

[図9]イントラ予測に使用される参照領域を示す図である。

[図10]イントラ予測画像生成部の構成を示す図である。

[図11] (a) は、本発明の一実施形態に係るCCLM予測部の構成の一例を示したブロック図であり、(b)は、IntraPredModeCの導出方法を示す図である。

[図12]本発明の一実施形態に係るCCLM予測フィルタ部の構成例を示すブロック図である。

[図13] (a) ～(e)は、本発明の一実施形態に係るCCLM予測パラメータの導出の際に参照する画素を説明する図である。

[図14]本実施形態に係るCCLM予測で用いる（輝度，色差）の組み合わせの例を示す図である。

[図15]動画像符号化装置の構成を示すブロック図である。

[図16]イントラ予測パラメータ符号化部の構成を示す概略図である。

[図17]テーブルに保持されていない要素の値を算出する例を説明するための図である。

[図18]テーブルに保持されていない要素の値を算出する例を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0013] (第1の実施形態)

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。

[0014] 図1は、本実施形態に係る画像伝送システム1の構成を示す概略図である。

[0015] 画像伝送システム1は、符号化対象画像を符号化した符号化ストリームを送信し、送信された符号化ストリームを復号し画像を表示するシステムである。画像伝送システム1は、動画像符号化装置（画像符号化装置）11、ネットワーク21、動画像復号装置（画像復号装置）31、及び動画像表示装置（画像表示装置）41を含んで構成される。

[0016] 動画像符号化装置11には画像Tが入力される。

[0017] ネットワーク21は、動画像符号化装置11が生成した符号化ストリームTeを

動画像復号装置31に伝送する。ネットワーク21は、インターネット（Internet）、広域ネットワーク（WAN:Wide Area Network）、小規模ネットワーク（LAN:Local Area Network）またはこれらの組み合わせである。ネットワーク21は、必ずしも双方向の通信網に限らず、地上デジタル放送、衛星放送等の放送波を伝送する一方向の通信網であっても良い。また、ネットワーク21は、DVD（Digital Versatile Disc:登録商標）、BD（Blue-ray Disc:登録商標）等の符号化ストリームTeを記録した記憶媒体で代替されても良い。

- [0018] 動画像復号装置31は、ネットワーク21が伝送した符号化ストリームTeのそれぞれを復号し、復号した1または複数の復号画像Tdを生成する。
- [0019] 動画像表示装置41は、動画像復号装置31が生成した1または複数の復号画像Tdの全部または一部を表示する。動画像表示装置41は、例えば、液晶ディスプレイ、有機EL（Electro-luminescence）ディスプレイ等の表示デバイスを備える。ディスプレイの形態としては、据え置き、モバイル、HMD等が挙げられる。また、動画像復号装置31が高い処理能力を有する場合には、画質の高い画像を表示し、より低い処理能力しか有しない場合には、高い処理能力、表示能力を必要としない画像を表示する。
- [0020] <演算子>
本明細書で用いる演算子を以下に記載する。
- [0021] >>は右ビットシフト、<<は左ビットシフト、&はビットワイズAND、|はビットワイズOR、|=はOR代入演算子であり、||は論理和を示す。
- [0022] x?y:zは、xが真（0以外）の場合にy、xが偽（0）の場合にzをとる3項演算子である。
- [0023] Clip3(a,b,c) は、cをa以上b以下の値にクリップする関数であり、c<aの場合にはaを返し、c>bの場合にはbを返し、その他の場合にはcを返す関数である（ただし、a<=b）。
- [0024] abs(a)はaの絶対値を返す関数である。
- [0025] Int(a)はaの整数値を返す関数である。
- [0026] floor(a)はa以下の最大の整数を返す関数である。

[0027] $\text{ceil}(a)$ は a 以上の最小の整数を返す関数である。

[0028] a/d は d による a の除算（小数点以下切り捨て）を表す。

[0029] a^b は、 a の b 乗を表す。

[0030] <符号化ストリームTeの構造>

本実施形態に係る動画像符号化装置11および動画像復号装置31の詳細な説明に先立って、動画像符号化装置11によって生成され、動画像復号装置31によって復号される符号化ストリームTeのデータ構造について説明する。

[0031] 図4は、符号化ストリームTeにおけるデータの階層構造を示す図である。符号化ストリームTeは、例示的に、シーケンス、およびシーケンスを構成する複数のピクチャを含む。図4の(a)～(f)は、それぞれ、シーケンスSEQを既定する符号化ビデオシーケンス、ピクチャPICTを規定する符号化ピクチャ、スライスSを規定する符号化スライス、スライスデータを規定する符号化スライスデータ、符号化スライスデータに含まれる符号化ツリーユニット、符号化ツリーユニットに含まれる符号化ユニットを示す図である。

[0032] (符号化ビデオシーケンス)

符号化ビデオシーケンスでは、処理対象のシーケンスSEQを復号するために動画像復号装置31が参照するデータの集合が規定されている。シーケンスSEQは、図4(a)に示すように、ビデオパラメータセット (Video Parameter Set)、シーケンスパラメータセットSPS (Sequence Parameter Set)、ピクチャパラメータセットPPS (Picture Parameter Set)、ピクチャPICT、及び、付加拡張情報SEI (Supplemental Enhancement Information) を含んでいる。

[0033] ビデオパラメータセットVPSは、複数のレイヤから構成されている動画像において、複数の動画像に共通する符号化パラメータの集合および動画像に含まれる複数のレイヤおよび個々のレイヤに関連する符号化パラメータの集合が規定されている。

[0034] シーケンスパラメータセットSPSでは、対象シーケンスを復号するために動画像復号装置31が参照する符号化パラメータの集合が規定されている。例えば、ピクチャの幅や高さが規定される。なお、SPSは複数存在してもよい。そ

の場合、PPSから複数のSPSの何れかを選択する。

[0035] ピクチャパラメータセットPPSでは、対象シーケンス内の各ピクチャを復号するために動画復号装置31が参照する符号化パラメータの集合が規定されている。例えば、ピクチャの復号に用いられる量子化幅の基準値 (pic_init_qp_minus26) や重み付き予測の適用を示すフラグ (weighted_pred_flag) が含まれる。なお、PPSは複数存在してもよい。その場合、対象シーケンス内の各ピクチャから複数のPPSの何れかを選択する。

[0036] (符号化ピクチャ)

符号化ピクチャでは、処理対象のピクチャPICTを復号するために動画復号装置31が参照するデータの集合が規定されている。ピクチャPICTは、図4(b)に示すように、スライス0～スライスNS-1を含む (NSはピクチャPICTに含まれるスライスの総数)。

[0037] なお、以下、スライス0～スライスNS-1のそれぞれを区別する必要が無い場合、符号の添え字を省略して記述することがある。また、以下に説明する符号化ストリームTeに含まれるデータであって、添え字を付している他のデータについても同様である。

[0038] (符号化スライス)

符号化スライスでは、処理対象のスライスSを復号するために動画復号装置31が参照するデータの集合が規定されている。スライスは、図4(c)に示すように、スライスヘッダ、および、スライスデータを含んでいる。

[0039] スライスヘッダには、対象スライスの復号方法を決定するために動画復号装置31が参照する符号化パラメータ群が含まれる。スライスタイプを指定するスライスタイプ指定情報 (slice_type) は、スライスヘッダに含まれる符号化パラメータの一例である。

[0040] スライスタイプ指定情報により指定可能なスライスタイプとしては、(1) 符号化の際にイントラ予測のみを用いるIスライス、(2) 符号化の際に単方向予測、または、イントラ予測を用いるPスライス、(3) 符号化の際に単方向予測、双方向予測、または、イントラ予測を用いるBスライスなど

が挙げられる。なお、インター予測は、単予測、双予測に限定されず、より多くの参照ピクチャを用いて予測画像を生成してもよい。以下、P、Bスライスと呼ぶ場合には、インター予測を用いることができるブロックを含むスライスを指す。

[0041] なお、スライスヘッダは、ピクチャパラメータセットPPSへの参照 (pic_parameter_set_id) を含んでいても良い。

[0042] (符号化スライスデータ)

符号化スライスデータでは、処理対象のスライスデータを復号するために動画復号装置31が参照するデータの集合が規定されている。スライスデータは、図4(d)に示すように、CTUを含んでいる。CTUは、スライスを構成する固定サイズ (例えば64x64) のブロックであり、最大符号化単位 (LCU: Largest Coding Unit) と呼ぶこともある。

[0043] (符号化ツリーユニット)

図4(e)には、処理対象のCTUを復号するために動画復号装置31が参照するデータの集合が規定されている。CTUは、再帰的な4分木分割 (QT (Quad Tree) 分割)、2分木分割 (BT (Binary Tree) 分割) あるいは3分木分割 (TT (Ternary Tree) 分割) により符号化処理の基本的な単位である符号化ユニットCUに分割される。BT分割とTT分割を合わせてマルチツリー分割 (MT (Multi Tree) 分割) と呼ぶ。再帰的な4分木分割により得られる木構造のノードのことを符号化ノード (Coding Node) と称する。4分木、2分木、及び3分木の間ノードは、符号化ノードであり、CTU自身も最上位の符号化ノードとして規定される。

[0044] CTは、CT情報として、QT分割を行うか否かを示すQT分割フラグ (qt_split_cu_flag)、MT分割の有無を示すMT分割フラグ (mtt_split_cu_flag)、MT分割の分割方向を示すMT分割方向 (mtt_split_cu_vertical_flag)、MT分割の分割タイプを示すMT分割タイプ (mtt_split_cu_binary_flag) を含む。qt_split_cu_flag、mtt_split_cu_flag、mtt_split_cu_vertical_flag、mtt_split_cu_binary_flagは符号化ノード毎に伝送される。

- [0045] 図5は、CTUの分割例を示す図である。qt_split_cu_flagが1の場合、符号化ノードは4つの符号化ノードに分割される（図5(b)）。
- [0046] qt_split_cu_flagが0の時、mtt_split_cu_flagが0の場合に符号化ノードは分割されず1つのCUをノードとして持つ（図5(a)）。CUは符号化ノードの末端ノードであり、これ以上分割されない。CUは、符号化処理の基本的な単位となる。
- [0047] mtt_split_cu_flagが1の場合に符号化ノードは以下のようにMT分割される。mtt_split_cu_vertical_flagが0、かつmtt_split_cu_binary_flagが1の場合に符号化ノードは2つの符号化ノードに水平分割され（図5(d)）、mtt_split_cu_vertical_flagが1、かつmtt_split_cu_binary_flagが1の場合に符号化ノードは2つの符号化ノードに垂直分割される（図5(c)）。また、mtt_split_cu_vertical_flagが0、かつmtt_split_cu_binary_flagが0の場合に符号化ノードは3つの符号化ノードに水平分割され（図5(f)）、mtt_split_cu_vertical_flagが1、かつmtt_split_cu_binary_flagが0の場合に符号化ノードは3つの符号化ノードに垂直分割される（図5(e)）。これらを図5(g)に示す。
- [0048] また、CTUのサイズが64x64画素の場合には、CUのサイズは、64x64画素、64x32画素、32x64画素、32x32画素、64x16画素、16x64画素、32x16画素、16x32画素、16x16画素、64x8画素、8x64画素、32x8画素、8x32画素、16x8画素、8x16画素、8x8画素、64x4画素、4x64画素、32x4画素、4x32画素、16x4画素、4x16画素、8x4画素、4x8画素、及び、4x4画素の何れかをとり得る。
- [0049] （符号化ユニット）
- 図4(f)に示すように、処理対象の符号化ユニットを復号するために動画像復号装置31が参照するデータの集合が規定されている。具体的には、CUは、CUヘッダCUH、予測パラメータ、変換パラメータ、量子化変換係数等から構成される。CUヘッダでは予測モード等が規定される。
- [0050] 予測処理は、CU単位で行われる場合と、CUをさらに分割したサブCU単位で行われる場合がある。CUとサブCUのサイズが等しい場合には、CU中のサブCU

は1つである。CUがサブCUのサイズよりも大きい場合、CUは、サブCUに分割される。たとえばCUが8x8、サブCUが4x4の場合、CUは水平2分割、垂直2分割からなる、4つのサブCUに分割される。

[0051] 予測の種類（予測モード）は、イントラ予測と、インター予測の2つがある。イントラ予測は、同一ピクチャ内の予測であり、インター予測は、互いに異なるピクチャ間（例えば、表示時刻間）で行われる予測処理を指す。

[0052] 変換・量子化処理はCU単位で行われるが、量子化変換係数は4x4等のサブブロック単位でエントロピー符号化してもよい。

[0053] （予測パラメータ）

予測画像は、ブロックに付随する予測パラメータによって導出される。予測パラメータには、イントラ予測とインター予測の予測パラメータがある。

[0054] 以下、イントラ予測の予測パラメータについて説明する。イントラ予測パラメータは、輝度予測モードIntraPredModeY、色差予測モードIntraPredModeCから構成される。図6は、イントラ予測モードの種類（モード番号）を示す概略図である。図に示すように、イントラ予測モードは、例えば67種類（0～66）が存在する。例えば、プレーナ予測（0）、DC予測（1）、Angular予測（2～66）である。さらに、色差ではCCLMモード（81～83）を追加してもよい。

[0055] イントラ予測パラメータを導出するためのシンタックス要素には、例えば、intra_luma_mpm_flag、mpm_idx、mpm_remainder等がある。

[0056] （MPM）

intra_luma_mpm_flagは、対象ブロックの輝度予測モードIntraPredModeYとMPM（Most Probable Mode）とが一致するか否かを示すフラグである。MPMは、MPM候補リストmpmCandList[]に含まれる予測モードである。MPM候補リストは、隣接ブロックのイントラ予測モードおよび所定のイントラ予測モードから、対象ブロックに適用される確率が高いと推定される候補を格納したリストである。intra_luma_mpm_flagが1の場合、MPM候補リストとインデックスmpm_idxを用いて、対象ブロックの輝度予測モードIntraPredModeYを導出する。

[0057] IntraPredModeY = mpmCandList[mpm_idx]

(REM)

intra_luma_mpm_flagが0の場合、mpm_remainderを用いて輝度予測モードIntraPredModeYを導出する。具体的には、イントラ予測モード全体からMPM候補リストに含まれるイントラ予測モードを除いた残りのモードRemIntraPredModeからイントラ予測モードを選択する。

[0058] (動画復号装置の構成)

本実施形態に係る動画復号装置31 (図7) の構成について説明する。

[0059] 動画復号装置31は、エントロピー復号部301、パラメータ復号部(予測画像復号装置) 302、ループフィルタ305、参照ピクチャメモリ306、予測パラメータメモリ307、予測画像生成部308、逆量子化・逆変換部311、及び加算部312を含んで構成される。なお、後述の動画符号化装置11に合わせ、動画復号装置31にループフィルタ305が含まれない構成もある。

[0060] パラメータ復号部302は、さらに、ヘッダ復号部3020、CT情報復号部3021、及びCU復号部3022(予測モード復号部) を備えており、CU復号部3022はさらにTU復号部3024を備えている。これらを総称して復号モジュールと呼んでもよい。ヘッダ復号部3020は、符号化データからVPS、SPS、PPSなどのパラメータセット情報、スライスヘッダ(スライス情報) を復号する。CT情報復号部3021は、符号化データからCTを復号する。CU復号部3022は符号化データからCUを復号する。TU復号部3024は、TUに予測誤差が含まれている場合に、符号化データからQP更新情報(量子化補正值) と量子化予測誤差(residual_coding) を復号する。

[0061] また、パラメータ復号部302は、インター予測パラメータ復号部303及びイントラ予測パラメータ復号部304を含んで構成される。予測画像生成部308は、インター予測画像生成部309及びイントラ予測画像生成部310を含んで構成される。

[0062] また、以降では処理の単位としてCTU、CUを使用した例を記載するが、この例に限らず、サブCU単位で処理をしてもよい。あるいはCTU、CU、をブロック

、サブCUをサブブロックと読み替え、ブロックあるいはサブブロック単位の処理としてもよい。

[0063] エントロピー復号部301は、外部から入力された符号化ストリームTeに対してエントロピー復号を行って、個々の符号（シンタックス要素）を分離し復号する。分離された符号には、予測画像を生成するための予測情報および、差分画像を生成するための予測誤差などがある。エントロピー復号部301は、分離した符号をパラメータ復号部302に出力する。

[0064] （イントラ予測パラメータ復号部304の構成）

イントラ予測パラメータ復号部304は、エントロピー復号部301から入力された符号に基づいて、予測パラメータメモリ307に記憶された予測パラメータを参照してイントラ予測パラメータ、例えば、イントラ予測モードIntraPred Modeを復号する。イントラ予測パラメータ復号部304は、復号したイントラ予測パラメータを予測画像生成部308に出力し、また予測パラメータメモリ307に記憶する。イントラ予測パラメータ復号部304は、輝度と色差で異なるイントラ予測モードを導出しても良い。

[0065] 図8は、パラメータ復号部302のイントラ予測パラメータ復号部304の構成を示す概略図である。図に示すように、イントラ予測パラメータ復号部304は、パラメータ復号制御部3041と、輝度イントラ予測パラメータ復号部3042と、色差イントラ予測パラメータ復号部3043とを含んで構成される。

[0066] パラメータ復号制御部3041は、エントロピー復号部301にシンタックス要素の復号を指示し、エントロピー復号部301からシンタックス要素を受け取る。その中のintra_luma_mpm_flagが1の場合、パラメータ復号制御部3041は、輝度イントラ予測パラメータ復号部3042内のMPMパラメータ復号部30422にmpm_idxを出力する。また、intra_luma_mpm_flagが0の場合、パラメータ復号制御部3041は、輝度イントラ予測パラメータ復号部3042の非MPMパラメータ復号部30423にmpm_remainderを出力する。また、パラメータ復号制御部3041は、色差イントラ予測パラメータ復号部3043に色差のイントラ予測パラメータintra_chroma_pred_modeを出力する。

- [0067] 輝度イントラ予測パラメータ復号部3042は、MPM候補リスト導出部30421と、MPMパラメータ復号部30422と、非MPMパラメータ復号部30423（復号部、導出部）とを含んで構成される。
- [0068] MPMパラメータ復号部30422は、MPM候補リスト導出部30421によって導出されたMPM候補リストmpmCandList[]とmpm_idxを参照して、輝度予測モードIntraPredModeYを導出し、イントラ予測画像生成部310に出力する。
- [0069] 非MPMパラメータ復号部30423は、MPM候補リストmpmCandList[]とmpm_remainderからIntraPredModeYを導出し、イントラ予測画像生成部310に出力する。
- [0070] 色差イントラ予測パラメータ復号部3043は、intra_chroma_pred_modeから色差予測モードIntraPredModeCを導出し、イントラ予測画像生成部310に出力する。
- [0071] ループフィルタ305は、符号化ループ内に設けたフィルタで、ブロック歪やリングング歪を除去し、画質を改善するフィルタである。ループフィルタ305は、加算部312が生成したCUの復号画像に対し、デブロッキングフィルタ、サンプル適応オフセット（SAO）、適応ループフィルタ（ALF）等のフィルタを施す。
- [0072] 参照ピクチャメモリ306は、加算部312が生成したCUの復号画像を、対象ピクチャ及び対象CU毎に予め定めた位置に記憶する。
- [0073] 予測パラメータメモリ307は、復号対象のCTUあるいはCU毎に予め定めた位置に予測パラメータを記憶する。具体的には、予測パラメータメモリ307は、パラメータ復号部302が復号したパラメータ及びエントロピー復号部301が分離した予測モードpredMode等を記憶する。
- [0074] 予測画像生成部308には、予測モードpredMode、予測パラメータ等が入力される。また、予測画像生成部308は、参照ピクチャメモリ306から参照ピクチャを読み出す。予測画像生成部308は、予測モードpredModeが示す予測モードで、予測パラメータと読み出した参照ピクチャ（参照ピクチャブロック）を用いてブロックもしくはサブブロックの予測画像を生成する。ここで、参照ピクチャブロックとは、参照ピクチャ上の画素の集合（通常矩形であるので

ブロックと呼ぶ)であり、予測画像を生成するために参照する領域である。

[0075] (イントラ予測画像生成部310)

予測モードpredModeがイントラ予測モードを示す場合、イントラ予測画像生成部310は、イントラ予測パラメータ復号部304から入力されたイントラ予測パラメータと参照ピクチャメモリ306から読み出した参照画素を用いてイントラ予測を行う。

[0076] 具体的には、イントラ予測画像生成部310は、対象ピクチャ上の、対象ブロックから予め定めた範囲にある隣接ブロックを参照ピクチャメモリ306から読み出す。予め定めた範囲とは、対象ブロックの左、左上、上、右上の隣接ブロックであり、イントラ予測モードによって参照する領域は異なる。

[0077] イントラ予測画像生成部310は、読み出した復号画素値とIntraPredModeが示す予測モードを参照して、対象ブロックの予測画像を生成する。イントラ予測画像生成部310は生成したブロックの予測画像を加算部312に出力する。

[0078] イントラ予測モードに基づく予測画像の生成について以下で説明する。Planar予測、DC予測、Angular予測では、予測対象ブロックに隣接（近接）する復号済みの周辺領域を参照領域Rとして設定する。そして、参照領域R上の画素を特定の方向に外挿することで予測画像を生成する。例えば、参照領域Rは、予測対象ブロックの左と上（あるいは、さらに、左上、右上、左下）を含むL字型の領域（例えば図9(a)の斜線の丸印の画素で示される領域）として設定してもよい。

[0079] (予測画像生成部の詳細)

次に、図10を用いてイントラ予測画像生成部310の構成の詳細を説明する。イントラ予測画像生成部310は、予測対象ブロック設定部3101、未フィルタ参照画像設定部3102（第1の参照画像設定部）、フィルタ済参照画像設定部3103（第2の参照画像設定部）、予測部3104、および、予測画像補正部3105（予測画像補正部、フィルタ切替部、重み係数変更部）を備える。

[0080] 参照領域R上の各参照画素（未フィルタ参照画像）、参照画素フィルタ（第1のフィルタ）を適用して生成したフィルタ済参照画像、イントラ予測モ

ードに基づいて、予測部3104は予測対象ブロックの仮予測画像（補正前予測画像）を生成し、予測画像補正部3105に出力する。予測画像補正部3105は、イントラ予測モードに応じて仮予測画像を修正し、予測画像（補正済予測画像）を生成し、出力する。

[0081] 以下、イントラ予測画像生成部310が備える各部について説明する。

[0082] （予測対象ブロック設定部3101）

予測対象ブロック設定部3101は、対象CUを予測対象ブロックに設定し、予測対象ブロックに関する情報（予測対象ブロック情報）を出力する。予測対象ブロック情報には、予測対象ブロックのサイズ、位置、輝度か色差かを示すインデックスが少なくとも含まれる。

[0083] （未フィルタ参照画像設定部3102）

未フィルタ参照画像設定部3102は、予測対象ブロックのサイズと位置に基づいて、予測対象ブロックの隣接周辺領域を参照領域Rとして設定する。続いて、参照領域R内の各画素値（未フィルタ参照画像、境界画素）に、参照ピクチャメモリ306上で対応する位置の各復号画素値をセットする。図9(a)に示す予測対象ブロック上辺に隣接する復号画素のライン $r[x][-1]$ 、および、予測対象ブロック左辺に隣接する復号画素の列 $r[-1][y]$ が未フィルタ参照画像である。

[0084] （フィルタ済参照画像設定部3103）

フィルタ済参照画像設定部3103は、イントラ予測モードに応じて、未フィルタ参照画像に参照画素フィルタ（第1のフィルタ）を適用して、参照領域R上の各位置 (x, y) のフィルタ済参照画像 $s[x][y]$ を導出する。具体的には、位置 (x, y) とその周辺の未フィルタ参照画像にローパスフィルタを適用し、フィルタ済参照画像（図9(b)）を導出する。なお、必ずしも全イントラ予測モードにローパスフィルタを適用する必要はなく、一部のイントラ予測モードに対してローパスフィルタを適用してもよい。なお、フィルタ済参照画素設定部3103において参照領域R上の未フィルタ参照画像に適用するフィルタを「参照画素フィルタ（第1のフィルタ）」と呼称するのに対し、後述の予測

画像補正部3105において仮予測画像を補正するフィルタを「バウンダリフィルタ（第2のフィルタ）」と呼称する。

[0085] (イントラ予測部3104の構成)

イントラ予測部3104は、イントラ予測モードと、未フィルタ参照画像、フィルタ済参照画素値に基づいて予測対象ブロックの仮予測画像（仮予測画素値、補正前予測画像）を生成し、予測画像補正部3105に出力する。予測部3104は、内部にPlanar予測部31041、DC予測部31042、Angular予測部31043、およびCCLM予測部（予測画像生成装置）31044を備えている。予測部3104は、イントラ予測モードに応じて特定の予測部を選択して、未フィルタ参照画像、フィルタ済参照画像を入力する。イントラ予測モードと対応する予測部との関係は次の通りである。

- ・ Planar予測 ・ ・ ・ Planar予測部31041
- ・ DC予測 ・ ・ ・ DC予測部31042
- ・ Angular予測 ・ ・ ・ Angular予測部31043
- ・ CCLM予測 ・ ・ ・ CCLM予測部31044

(Planar予測)

Planar予測部31041は、予測対象画素位置と参照画素位置との距離に応じて、複数のフィルタ済参照画像を線形加算して仮予測画像を生成し、予測画像補正部3105に出力する。

[0086] (DC予測)

DC予測部31042は、フィルタ済参照画像 $s[x][y]$ の平均値に相当するDC予測値を導出し、DC予測値を画素値とする仮予測画像 $q[x][y]$ を出力する。

[0087] (Angular予測)

Angular予測部31043は、イントラ予測モードの示す予測方向（参照方向）のフィルタ済参照画像 $s[x][y]$ を用いて仮予測画像 $q[x][y]$ を生成し、予測画像補正部3105に出力する。

[0088] (CCLM (Cross-Component Linear Model) 予測)

CCLM予測部31044は、輝度の画素値に基づいて色差の画素値を予測する。具

体的には、復号した輝度画像をもとに、線形モデルを用いて、色差画像（Cb、Cr）の予測画像を生成する方式である。

[0089] （予測画像補正部3105の構成）

予測画像補正部3105は、イントラ予測モードに応じて、予測部3104から出力された仮予測画像を修正する。具体的には、予測画像補正部3105は、仮予測画像の各画素に対し、参照領域Rと対象予測画素との距離に応じて、未フィルタ参照画像と仮予測画像を重み付け加算（加重平均）することで、仮予測画像を修正した予測画像（補正済予測画像）Predを導出する。なお、一部のイントラ予測モード（例えば、Planar予測、DC予測等）では、予測画像補正部3105で仮予測画像を補正せず、予測部3104の出力をそのまま予測画像としてもよい。

[0090] 逆量子化・逆変換部311は、エントロピー復号部301から入力された量子化変換係数を逆量子化して変換係数を求める。この量子化変換係数は、符号化处理において、予測誤差に対してDCT（Discrete Cosine Transform、離散コサイン変換）、DST（Discrete Sine Transform、離散サイン変換）等の周波数変換を行い量子化して得られる係数である。逆量子化・逆変換部311は、求めた変換係数について逆DCT、逆DST等の逆周波数変換を行い、予測誤差を算出する。逆量子化・逆変換部311は予測誤差を加算部312に出力する。

[0091] 加算部312は、予測画像生成部308から入力されたブロックの予測画像と逆量子化・逆変換部311から入力された予測誤差を画素毎に加算して、ブロックの復号画像を生成する。加算部312はブロックの復号画像を参照ピクチャメモリ306に記憶し、また、ループフィルタ305に出力する。

[0092] （動画像符号化装置の構成）

次に、本実施形態に係る動画像符号化装置11の構成について説明する。図14は、本実施形態に係る動画像符号化装置11の構成を示すブロック図である。動画像符号化装置11は、予測画像生成部101、減算部102、変換・量子化部103、逆量子化・逆変換部105、加算部106、ループフィルタ107、予測パラメータメモリ（予測パラメータ記憶部、フレームメモリ）108、参照ピクチャメモリ

(参照画像記憶部、フレームメモリ) 109、符号化パラメータ決定部110、パラメータ符号化部111、エントロピー符号化部104を含んで構成される。

[0093] 予測画像生成部101は画像Tの各ピクチャを分割した領域であるCU毎に予測画像を生成する。予測画像生成部101は既に説明した予測画像生成部308と同じ動作であり、説明を省略する。

[0094] 減算部102は、予測画像生成部101から入力されたブロックの予測画像の画素値を、画像Tの画素値から減算して予測誤差を生成する。減算部102は予測誤差を変換・量子化部103に出力する。

[0095] 変換・量子化部103は、減算部102から入力された予測誤差に対し、周波数変換によって変換係数を算出し、量子化によって量子化変換係数を導出する。変換・量子化部103は、量子化変換係数をエントロピー符号化部104及び逆量子化・逆変換部105に出力する。

[0096] 逆量子化・逆変換部105は、動画像復号装置31における逆量子化・逆変換部311(図7)と同じであり、説明を省略する。算出した予測誤差は加算部106に出力される。

[0097] エントロピー符号化部104には、変換・量子化部103から量子化変換係数が入力され、パラメータ符号化部111から符号化パラメータが入力される。符号化パラメータには、例えば、参照ピクチャインデックスrefIdxLX、予測ベクトルインデックスmvp_LX_idx、差分ベクトルmvdLX、動きベクトル精度モードamvr_mode、予測モードpredMode、及びマージインデックスmerge_idx等の符号がある。

[0098] エントロピー符号化部104は、分割情報、予測パラメータ、量子化変換係数等をエントロピー符号化して符号化ストリームTeを生成し、出力する。

[0099] パラメータ符号化部111は、図示しないヘッダ符号化部1110、CT情報符号化部1111、CU符号化部1112(予測モード符号化部)、およびインター予測パラメータ符号化部112とイントラ予測パラメータ符号化部113を備えている。CU符号化部1112はさらにTU符号化部1114を備えている。

[0100] (イントラ予測パラメータ符号化部113の構成)

イントラ予測パラメータ符号化部113は、符号化パラメータ決定部110から入力されたイントラ予測モードIntraPredModeから、符号化するための形式（例えばmpm_idx、mpm_remainder等）を導出する。イントラ予測パラメータ符号化部113は、イントラ予測パラメータ復号部304がイントラ予測パラメータを導出する構成と、一部同一の構成を含む。

- [0101] 図15は、パラメータ符号化部111のイントラ予測パラメータ符号化部113の構成を示す概略図である。イントラ予測パラメータ符号化部113は、パラメータ符号化制御部1131、輝度イントラ予測パラメータ導出部1132、色差イントラ予測パラメータ導出部1133とを含んで構成される。
- [0102] パラメータ符号化制御部1131には、符号化パラメータ決定部110から輝度予測モードIntraPredModeYおよび色差予測モードIntraPredModeCが入力される。パラメータ符号化制御部1131は参照候補リスト導出部30421のMPM候補リストmpmCandList[]を参照して、intra_luma_mpm_flagを決定する。そして、intra_luma_mpm_flagとIntraPredModeYを、輝度イントラ予測パラメータ導出部1132に出力する。また、IntraPredModeCを色差イントラ予測パラメータ導出部1133に出力する。
- [0103] 輝度イントラ予測パラメータ導出部1132は、MPM候補リスト導出部30421（候補リスト導出部）と、MPMパラメータ導出部11322と、非MPMパラメータ導出部11323（符号化部、導出部）とを含んで構成される。
- [0104] MPM候補リスト導出部30421は、予測パラメータメモリ108に格納された隣接ブロックのイントラ予測モードを参照して、MPM候補リストmpmCandList[]を導出する。MPMパラメータ導出部11322は、intra_luma_mpm_flagが1の場合に、IntraPredModeYとmpmCandList[]からmpm_idxを導出し、エントロピー符号化部104に出力する。非MPMパラメータ導出部11323は、intra_luma_mpm_flagが0の場合に、IntraPredModeYとmpmCandList[]からmpm_remainderを導出し、エントロピー符号化部104に出力する。
- [0105] 色差イントラ予測パラメータ導出部1133は、IntraPredModeYとIntraPredModeCからintra_chroma_pred_modeを導出し、出力する。

- [0106] 加算部106は、予測画像生成部101から入力されたブロックの予測画像の画素値と逆量子化・逆変換部105から入力された予測誤差を画素毎に加算して復号画像を生成する。加算部106は生成した復号画像を参照ピクチャメモリ109に記憶する。
- [0107] ループフィルタ107は加算部106が生成した復号画像に対し、デブロッキングフィルタ、SAO、ALFを施す。なお、ループフィルタ107は、必ずしも上記3種類のフィルタを含まなくてもよく、例えばデブロッキングフィルタのみの構成であってもよい。
- [0108] 予測パラメータメモリ108は、符号化パラメータ決定部110が生成した予測パラメータを、対象ピクチャ及びCU毎に予め定めた位置に記憶する。
- [0109] 参照ピクチャメモリ109は、ループフィルタ107が生成した復号画像を対象ピクチャ及びCU毎に予め定めた位置に記憶する。
- [0110] 符号化パラメータ決定部110は、符号化パラメータの複数のセットのうち、1つのセットを選択する。符号化パラメータとは、上述したQT、BTあるいはT分割情報、予測パラメータ、あるいはこれらに関連して生成される符号化の対象となるパラメータである。予測画像生成部101は、これらの符号化パラメータを用いて予測画像を生成する。
- [0111] 符号化パラメータ決定部110は、複数のセットの各々について情報量の大きさと符号化誤差を示すRDコスト値を算出する。RDコスト値は、例えば、符号量と二乗誤差に係数 λ を乗じた値との和である。符号化パラメータ決定部110は、算出したコスト値が最小となる符号化パラメータのセットを選択する。これにより、エントロピー符号化部104は、選択した符号化パラメータのセットを符号化ストリーム T_e として出力する。符号化パラメータ決定部110は決定した符号化パラメータを予測パラメータメモリ108に記憶する。
- [0112] なお、上述した実施形態における動画像符号化装置11、動画像復号装置31の一部、例えば、エントロピー復号部301、パラメータ復号部302、ループフィルタ305、予測画像生成部308、逆量子化・逆変換部311、加算部312、予測画像生成部101、減算部102、変換・量子化部103、エントロピー符号化部104

、逆量子化・逆変換部105、ループフィルタ107、符号化パラメータ決定部110、パラメータ符号化部111をコンピュータで実現するようにしても良い。その場合、この制御機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによって実現しても良い。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、動画像符号化装置11、動画像復号装置31のいずれかに内蔵されたコンピュータシステムであって、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含んでも良い。また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良く、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであっても良い。

[0113] また、上述した実施形態における動画像符号化装置11、動画像復号装置31の一部、または全部を、LSI (Large Scale Integration) 等の集積回路として実現しても良い。動画像符号化装置11、動画像復号装置31の各機能ブロックは個別にプロセッサ化しても良いし、一部、または全部を集積してプロセッサ化しても良い。また、集積回路化の手法はLSIに限らず専用回路、または汎用プロセッサで実現しても良い。また、半導体技術の進歩によりLSIに代替する集積回路化の技術が出現した場合、当該技術による集積回路を用いても良い。

[0114] 以上、図面を参照してこの発明の一実施形態について詳しく説明してきたが、具体的な構成は上述のものに限られることはなく、この発明の要旨を逸

脱しない範囲内において様々な設計変更等を行うことが可能である。

[0115] 〔応用例〕

上述した動画像符号化装置11及び動画像復号装置31は、動画像の送信、受信、記録、再生を行う各種装置に搭載して利用することができる。なお、動画像は、カメラ等により撮像された自然動画像であってもよいし、コンピュータ等により生成された人工動画像（CGおよびGUIを含む）であってもよい。

[0116] まず、上述した動画像符号化装置11及び動画像復号装置31を、動画像の送信及び受信に利用できることを、図2を参照して説明する。

[0117] 図2(a)は、動画像符号化装置11を搭載した送信装置PROD_Aの構成を示したブロック図である。図に示すように、送信装置PROD_Aは、動画像を符号化することによって符号化データを得る符号化部PROD_A1と、符号化部PROD_A1が得た符号化データで搬送波を変調することによって変調信号を得る変調部PROD_A2と、変調部PROD_A2が得た変調信号を送信する送信部PROD_A3と、を備えている。上述した動画像符号化装置11は、この符号化部PROD_A1として利用される。

[0118] 送信装置PROD_Aは、符号化部PROD_A1に入力する動画像の供給源として、動画像を撮像するカメラPROD_A4、動画像を記録した記録媒体PROD_A5、動画像を外部から入力するための入力端子PROD_A6、及び、画像を生成または加工する画像処理部A7を更に備えていてもよい。図においては、これら全てを送信装置PROD_Aが備えた構成を例示しているが、一部を省略しても構わない。

[0119] なお、記録媒体PROD_A5は、符号化されていない動画像を記録したものであってもよいし、伝送用の符号化方式とは異なる記録用の符号化方式で符号化された動画像を記録したものであってもよい。後者の場合、記録媒体PROD_A5と符号化部PROD_A1との間に、記録媒体PROD_A5から読み出した符号化データを記録用の符号化方式に従って復号する復号部（不図示）を介在させるとよい。

[0120] 図2(b)は、動画像復号装置31を搭載した受信装置PROD_Bの構成を示したブロック図である。図に示すように、受信装置PROD_Bは、変調信号を受信する

受信部PROD_B1と、受信部PROD_B1が受信した変調信号を復調することによって符号化データを得る復調部PROD_B2と、復調部PROD_B2が得た符号化データを復号することによって動画像を得る復号部PROD_B3と、を備えている。上述した動画像復号装置31は、この復号部PROD_B3として利用される。

[0121] 受信装置PROD_Bは、復号部PROD_B3が出力する動画像の供給先として、動画像を表示するディスプレイPROD_B4、動画像を記録するための記録媒体PROD_B5、及び、動画像を外部に出力するための出力端子PROD_B6を更に備えていてもよい。図においては、これら全てを受信装置PROD_Bが備えた構成を例示しているが、一部を省略しても構わない。

[0122] なお、記録媒体PROD_B5は、符号化されていない動画像を記録するためのものであってもよいし、伝送用の符号化方式とは異なる記録用の符号化方式で符号化されたものであってもよい。後者の場合、復号部PROD_B3と記録媒体PROD_B5との間に、復号部PROD_B3から取得した動画像を記録用の符号化方式に従って符号化する符号化部（不図示）を介在させるとよい。

[0123] なお、変調信号を伝送する伝送媒体は、無線であってもよいし、有線であってもよい。また、変調信号を伝送する伝送態様は、放送（ここでは、送信先が予め特定されていない送信態様を指す）であってもよいし、通信（ここでは、送信先が予め特定されている送信態様を指す）であってもよい。すなわち、変調信号の伝送は、無線放送、有線放送、無線通信、及び有線通信の何れによって実現してもよい。

[0124] 例えば、地上デジタル放送の放送局（放送設備など）／受信局（テレビジョン受像機など）は、変調信号を無線放送で送受信する送信装置PROD_A／受信装置PROD_Bの一例である。また、ケーブルテレビ放送の放送局（放送設備など）／受信局（テレビジョン受像機など）は、変調信号を有線放送で送受信する送信装置PROD_A／受信装置PROD_Bの一例である。

[0125] また、インターネットを用いたVOD（Video On Demand）サービスや動画共有サービスなどのサーバ（ワークステーションなど）／クライアント（テレビジョン受像機、パーソナルコンピュータ、スマートフォンなど）は、変調

信号を通信で送受信する送信装置PROD_A／受信装置PROD_Bの一例である（通常、LANにおいては伝送媒体として無線または有線の何れかが用いられ、WANにおいては伝送媒体として有線が用いられる）。ここで、パーソナルコンピュータには、デスクトップ型PC、ラップトップ型PC、及びタブレット型PCが含まれる。また、スマートフォンには、多機能携帯電話端末も含まれる。

[0126] なお、動画共有サービスのクライアントは、サーバからダウンロードした符号化データを復号してディスプレイに表示する機能に加え、カメラで撮像した動画像を符号化してサーバにアップロードする機能を有している。すなわち、動画共有サービスのクライアントは、送信装置PROD_A及び受信装置PROD_Bの双方として機能する。

[0127] 次に、上述した動画像符号化装置11及び動画像復号装置31を、動画像の記録及び再生に利用できることを、図3を参照して説明する。

[0128] 図3(a)は、上述した動画像符号化装置11を搭載した記録装置PROD_Cの構成を示したブロック図である。図に示すように、記録装置PROD_Cは、動画像を符号化することによって符号化データを得る符号化部PROD_C1と、符号化部PROD_C1が得た符号化データを記録媒体PROD_Mに書き込む書込部PROD_C2と、を備えている。上述した動画像符号化装置11は、この符号化部PROD_C1として利用される。

[0129] なお、記録媒体PROD_Mは、（１）HDD（Hard Disk Drive）やSSD（Solid State Drive）などのように、記録装置PROD_Cに内蔵されるタイプのものであってもよいし、（２）SDメモリカードやUSB（Universal Serial Bus）フラッシュメモリなどのように、記録装置PROD_Cに接続されるタイプのものであってもよいし、（３）DVD（Digital Versatile Disc:登録商標）やBD（Blu-ray Disc:登録商標）などのように、記録装置PROD_Cに内蔵されたドライブ装置（不図示）に装填されるものであってもよい。

[0130] また、記録装置PROD_Cは、符号化部PROD_C1に入力する動画像の供給源として、動画像を撮像するカメラPROD_C3、動画像を外部から入力するための入力

端子PROD_C4、動画像を受信するための受信部PROD_C5、及び、画像を生成または加工する画像処理部PROD_C6を更に備えていてもよい。図においては、これら全てを記録装置PROD_Cが備えた構成を例示しているが、一部を省略しても構わない。

[0131] なお、受信部PROD_C5は、符号化されていない動画像を受信するものであってもよいし、記録用の符号化方式とは異なる伝送用の符号化方式で符号化された符号化データを受信するものであってもよい。後者の場合、受信部PROD_C5と符号化部PROD_C1との間に、伝送用の符号化方式で符号化された符号化データを復号する伝送用復号部（不図示）を介在させるとよい。

[0132] このような記録装置PROD_Cとしては、例えば、DVDレコーダ、BDレコーダ、HDD（Hard Disk Drive）レコーダなどが挙げられる（この場合、入力端子PROD_C4または受信部PROD_C5が動画像の主な供給源となる）。また、カムコーダ（この場合、カメラPROD_C3が動画像の主な供給源となる）、パーソナルコンピュータ（この場合、受信部PROD_C5または画像処理部C6が動画像の主な供給源となる）、スマートフォン（この場合、カメラPROD_C3または受信部PROD_C5が動画像の主な供給源となる）なども、このような記録装置PROD_Cの一例である。

[0133] 図3(b)は、上述した動画像復号装置31を搭載した再生装置PROD_Dの構成を示したブロックである。図に示すように、再生装置PROD_Dは、記録媒体PROD_Mに書き込まれた符号化データを読み出す読出部PROD_D1と、読出部PROD_D1が読み出した符号化データを復号することによって動画像を得る復号部PROD_D2と、を備えている。上述した動画像復号装置31は、この復号部PROD_D2として利用される。

[0134] なお、記録媒体PROD_Mは、（１）HDDやSSDなどのように、再生装置PROD_Dに内蔵されるタイプのものであってもよいし、（２）SDメモリカードやUSBフラッシュメモリなどのように、再生装置PROD_Dに接続されるタイプのものであってもよいし、（３）DVDやBDなどのように、再生装置PROD_Dに内蔵されたドライブ装置（不図示）に装填されるものであってもよい。

[0135] また、再生装置PROD_Dは、復号部PROD_D2が出力する動画像の供給先として、動画像を表示するディスプレイPROD_D3、動画像を外部に出力するための出力端子PROD_D4、及び、動画像を送信する送信部PROD_D5を更に備えていてもよい。図においては、これら全てを再生装置PROD_Dが備えた構成を例示しているが、一部を省略しても構わない。

[0136] なお、送信部PROD_D5は、符号化されていない動画像を送信するものであってもよいし、記録用の符号化方式とは異なる伝送用の符号化方式で符号化された符号化データを送信するものであってもよい。後者の場合、復号部PROD_D2と送信部PROD_D5との間に、動画像を伝送用の符号化方式で符号化する符号化部（不図示）を介在させるとよい。

[0137] このような再生装置PROD_Dとしては、例えば、DVDプレイヤー、BDプレイヤー、HDDプレイヤーなどが挙げられる（この場合、テレビジョン受像機等が接続される出力端子PROD_D4が動画像の主な供給先となる）。また、テレビジョン受像機（この場合、ディスプレイPROD_D3が動画像の主な供給先となる）、デジタルサイネージ（電子看板や電子掲示板等とも称され、ディスプレイPROD_D3または送信部PROD_D5が動画像の主な供給先となる）、デスクトップ型PC（この場合、出力端子PROD_D4または送信部PROD_D5が動画像の主な供給先となる）、ラップトップ型またはタブレット型PC（この場合、ディスプレイPROD_D3または送信部PROD_D5が動画像の主な供給先となる）、スマートフォン（この場合、ディスプレイPROD_D3または送信部PROD_D5が動画像の主な供給先となる）なども、このような再生装置PROD_Dの一例である。

[0138] （色差イントラ予測モード）

次に、図11～14を参照してCCLM予測について説明する。

[0139] イントラ予測パラメータ復号部304は、上述の色差予測モードIntraPredModeCの導出にあたり、輝度予測モードIntraPredModeY、intra_chroma_pred_mode、および、図11(b)の表を参照する。図はIntraPredModeCの導出方法を示す。intra_chroma_pred_modeが0～3、および7の場合、IntraPredModeYの値に依存してIntraPredModeCが導出される。例えば、intra_chroma_pred_modeが0、

IntraPredModeYが0の場合、IntraPredModeCは66である。また、intra_chroma_pred_modeが3、IntraPredModeYが50の場合、IntraPredModeCは1である。なお、IntraPredModeY、IntraPredModeCの値は図6のイントラ予測モードを表す。intra_chroma_pred_modeが4～6の場合、IntraPredModeYの値に依存せずIntraPredModeCが導出される。intra_chroma_pred_mode=81 (INTRA_LT_CCLM)、82 (INTRA_L_CCLM)、83 (INTRA_T_CCLM) は各々、上および左隣接ブロックの輝度画像をもとに色差画像の予測画像を生成するモード、左隣接ブロックの輝度画像をもとに色差画像の予測画像を生成するモード、上隣接ブロックの輝度画像をもとに色差画像の予測画像を生成するモードである。

[0140] 以下では、CCLM予測について説明する。図では、輝度画像の対象ブロックおよび隣接ブロックを、 $pY[][]$ と $pRefY[][]$ で表す。対象ブロックは幅 bW 、高さ bH である。

[0141] CCLM予測部31044 (未フィルタ参照画像設定部3102) は、図13(a)～(c)の輝度隣接画像 $pRefY[][]$ および図13(e)の色差隣接画像 $pRefC[][]$ を参照領域として用いてCCLM予測パラメータを導出する。CCLM予測部31044は、輝度対象画像 $pRef[]$ を用いて、色差の予測画像を導出する。

[0142] CCLM予測部31044は、intra_chroma_pred_modeが81 (INTRA_LT_CCLM) の場合、(a)に示すように対象ブロックの上および左隣接ブロックの画素値を用いてCCLM予測パラメータを導出し、intra_chroma_pred_modeが82 (INTRA_L_CCLM) の場合、(b)に示すように左隣接ブロックの画素値を用いてCCLM予測パラメータを導出し、intra_chroma_pred_modeが83 (INTRA_T_CCLM) の場合、(c)に示すように上隣接ブロックの画素値を用いてCCLM予測パラメータを導出する。各領域のサイズは以下でもよい。(a)では、対象ブロックの上側は幅 bW 、高さ $refH$ ($refH > 1$) であり、対象ブロックの左側は高さ bH 、幅 $refW$ ($refW > 1$) である。(b)では高さは $2 * bH$ 、幅は $refW$ である。(c)では幅は $2 * bW$ であり、高さ $refH$ である。ダウンサンプリング処理を実施するため、 $refW$ 、 $refH$ はダウンサンプリングフィルタのタップ数に合わせて1より大きい値に設定してもよい。また、(e)では色差画像 (Cb 、 Cr) の対象ブロックおよび隣接ブロック

クを、 $pC[][]$ と $pRefC[][]$ で表す。対象ブロックは幅 bWC 、高さ bHC である。

[0143] (CCLM予測部)

CCLM予測部31044について図11に基づいて説明する。図11は、CCLM予測部31044の構成の一例を示したブロック図である。CCLM予測部31044には、ダウンサンプリング部310441とCCLM予測パラメータ導出部（パラメータ導出部）310442と、CCLM予測フィルタ部310443とが含まれている。

[0144] ダウンサンプリング部310441は、色差画像のサイズに合わせるために $pRefY[][]$ および $pY[][]$ をダウンサンプリングする。色差フォーマットが4:2:0の場合、 $pRefY[][]$ と $pY[][]$ の水平、垂直方向の画素数を2:1にサンプリングし、結果を図13(d)の $pRefDsY[][]$ 、 $pDsY[][]$ に格納する。なお、 $bW/2$ 、 $bH/2$ は各々 bWC 、 bHC と等しい。色差フォーマットが4:2:2の場合、 $pRefY[][]$ と $pY[][]$ の水平方向の画素数を2:1にサンプリングし、結果を $pRefDsY[][]$ 、 $pDsY[][]$ に格納する。色差フォーマットが4:4:4の場合、サンプリングを実施せず、 $pRefY[][]$ と $pY[][]$ を $pRefDsY[][]$ 、 $pDsY[][]$ に格納する。サンプリングの一例を下式で示す。

$$[0145] \quad pDsY[x][y] = (pY[2*x-1][2*y] + pY[2*x-1][2*y+1] + 2*pY[2*x][2*y] + 2*pY[2*x][2*y+1] + pY[2*x+1][2*y] + pY[2*x+1][2*y+1] + 4) >> 3$$

$$pRefDsY[x][y] = (pRefY[2*x-1][2*y] + pRefY[2*x-1][2*y+1] + 2*pRefY[2*x][2*y] + 2*pRefY[2*x][2*y+1] + pRefY[2*x+1][2*y] + pRefY[2*x+1][2*y+1] + 4) >> 3$$

CCLM予測フィルタ部310443は、参照画像 $refSamples[][]$ を入力信号とし、CCLM予測パラメータ (a, b) を用いて予測画像 $predSamples[][]$ を出力する。

$$[0146] \quad predSamples[][] = ((a * refSamples[]) >> shiftA) + b \quad (CCLM-1)$$

ここで、 $refSamples$ は図13(d)の $pDsY$ であり、 (a, b) はCCLM予測パラメータ導出部310442で導出されたCCLM予測パラメータであり、 $predSamples[][]$ は色差予測画像（図13(e)の pC ）である。なお、 (a, b) はCb、Cr用に各々導出される。また、 $shiftA$ は a 値の精度を示す正規化シフト数であり、小数精度の傾きを af とおくと $a = af \ll shiftA$ である。例えば $shiftA=16$ 。

[0147] 図12は、輝度から色差を予測するCCLM予測フィルタ部310443の構成を示している。図12に示すようにCCLM予測フィルタ部310443は、線形予測部310444を備えている。線形予測部310444は、refSamples[][]を入力信号とし、CCLM予測パラメータ (a, b) を用いてpredSamples[][]を出力する。

[0148] より詳細には、線形予測部310444は、CCLM予測パラメータ (a, b) を用いた下記の式により輝度Yから色差CbまたはCrを導出し、これを用いてpredSamples[][]を出力する。

[0149] $C_b \text{ (または } C_r) = aY + b$

CCLM予測パラメータ導出部310442は、輝度のダウンサンプリングされた隣接ブロックpRefY (図13(d)のpRefDsY[]) と色差の隣接ブロックpRefC[] (図13(e)のpRefC[]) を入力信号としてCCLM予測パラメータを導出する。CCLM予測パラメータ導出部310442は、導出したCCLM予測パラメータ (a, b) をCCLM予測フィルタ部310443に出力する。

[0150] (CCLM予測パラメータ導出部)

CCLM予測パラメータ導出部310442は、対象ブロックの予測ブロックpredSamples[][]を参照ブロックrefSamples[][]から線形予測する場合のCCLM予測パラメータ (a, b) を導出する。

[0151] CCLM予測パラメータ (a, b) の導出において、CCLM予測パラメータ導出部310442は、隣接ブロック (輝度値Y, 色差値C) の組から輝度値Yが最大(Y_MAX)となる点(x1, y1)と最小(Y_MIN)となる点(x2, y2)を導出する。次にpRefDsY上の(x1, y1)、(x2, y2)に対応するpRefC上の(x1, y1)、(x2, y2)の画素値を各々C_MAX (あるいはC_Y_MAX)、C_MIN (あるいはC_Y_MIN)とする。そして、図14に示すように、YとCをそれぞれx, y軸にとったグラフ上で(Y_MAX, C_MAX)と(Y_MIN, C_MIN)を結ぶ直線を求める。この直線のCCLM予測パラメータ (a, b) は以下の式で導出できる。

[0152] $a = (C_MAX - C_MIN) / (Y_MAX - Y_MIN)$

$b = C_MIN - (a * Y_MIN)$

この(a, b)を使用する場合、式(CCLM-1)のshiftA=0である。

ここで、色差がCbの場合は(C_MAX, C_MIN)はCbの隣接ブロックpRefCb[][(x1, y1)、(x2, y2)の画素値であり、色差がCrの場合は(C_MAX, C_MIN)はCrの隣接ブロックpRefCr[][(x1, y1)、(x2, y2)の画素値である。

[0153] なお、除算は計算コストが高いため、除算に代えて、整数演算及びテーブル参照によりCCLM予測パラメータ(a, b)を導出する。具体的には以下の式により求める。なお、下記の実施形態では、1/dの除算に必要な逆数テーブルにおいて、d = 0の場合を除外したテーブル (d=diff-1を引数とするテーブル) を利用しているが、当然、d=diffを引数とするテーブルを用いてもよい。

```
[0154]   ChromaDelta = C_MAX-C_MIN
          low=(ChromaDelta*LMDivTableLow[diff-1]+2^15)>>16
          a=(ChromaDelta*LMDivTable[diff-1]+low+add)>>shiftB
          b=C_MIN-((a*Y_MIN)>>shiftA)
          diff=(Y_MAX-Y_MIN+add)>>shiftB
          shiftB =(BitDepthC>8)?(BitDepthC-9):0
          add= (shiftB > 0) ? 1<<(shiftB-1) : 0
```

ただし、diff=0の場合、a=0にセットする。ここで、LMDivTableLow[]、LMDivTable[]は除算をテーブル参照で実行するためのテーブル（逆数、逆数テーブル）であり、下式であらかじめ導出する。換言すれば、テーブルに保持されている値が導出値（除数の逆数に対応する値）である。すなわちテーブルには差分値と導出値とが対応付けて保持されている。また、shiftBはビットデプスに応じて異なるdiffの値域を、 $2^9=512$ 以下になるよう量子化するために用いられるシフト値である。なお、色差画像のビットデプスBitDepthCが10bit以上の場合はdiffが0から512の範囲になるように、あらかじめ量子化する。shiftBは上記に限定されない。たとえば所定の定数Q(たとえば2や6など)を用いて、以下のようにしてもよい。他の実施例でも同様である。

```
[0155]   shiftB = BitDepthC-Q
          LMDivTable[diff-1]=floor(2^16/diff)
          LMDivTableLow[diff-1]= floor((2^16*2^16)/diff)-floor(2^16/diff)*2
```

16

LMDivTable[diff-1]は $(1/\text{diff} * 2^{16})$ の整数部を表す。LMDivTableLow[diff-1]は、 $(1/\text{diff} * 2^{16})$ の小数部の 2^{16} 倍を表す。また、aとbとは、上述した式 $(C=a*Y+b)$ の値の 2^{16} 倍（2の16乗）となる。

[0156] 例えば、diff=7であれば、以下の通りである。

[0157] $\text{LMDivTable}[7-1] = \text{floor}(2^{16}/7)=9362$

$\text{LMDivTableLow}[7-1] = \text{floor}((2^{16}*2^{16})/7)-\text{floor}(2^{16}/7)*2^{16}=1872$

4

上記で導出した(a, b)を用いる場合、式(CCLM-1)のshiftAは16である。

[0158] (CCLM予測部における具体的な処理)

(処理例1)

上述した実施形態では、CCLM予測パラメータ導出部310442はCCLM予測パラメータを導出するために、 $1/\text{diff}$ の整数部分を表現するテーブルLMDivTable、および $1/\text{diff}$ の小数部分を表現するテーブルLMDivTableLowを用いていた。ここで、テーブルLMDivTableの最大値は65536 (17bit) であり、テーブルLMDivTableLowの最大値は65140 (16bit) である。テーブルの要素数は各々512要素であるため、テーブルLMDivTable、および、テーブルLMDivTableLowを格納するためには、 $17*512+16*512=16896$ (bit) という非常に大きなメモリサイズが必要になる。

[0159] 本処理例では、CCLM予測パラメータ導出部310442は、2つのテーブルのうち、 $1/\text{diff}$ の小数部分を表現するテーブルLMDivTableLowを用いずにCCLM予測パラメータを導出する。すなわち、CCLM予測パラメータ導出部310442は、以下の式によりCCLM予測パラメータ(a, b)を導出する。

[0160] $a = (\text{ChromaDelta} * \text{LMDivTable}[\text{diff}-1] + \text{add}) \gg \text{shiftB}$

$b = C_MIN - ((a * Y_MIN) \gg \text{shiftA})$

$\text{add} = (\text{shiftB} > 0) ? 1 \ll (\text{shiftB}-1) : 0$

発明者らは実験により、CCLM予測に関しては1つのテーブルLMDivTableのみで十分な性能があることを確認した。

[0161] これにより、テーブルLMDivTableLowを格納する必要がなくなるのでテーブルを格納するために必要なメモリ量をおよそ半分にすることができる。また、divを導出するための演算が不要となるので処理負荷も軽減することができる。

[0162] 以上のように、本処理に係るCCLM予測部31044は、CCLM予測により予測画像を生成するものであって、複数の輝度参照画素の差分値、および当該差分値からCCLM予測パラメータを導出するための導出値とが対応付けられたテーブルLMDivTableを用いてCCLM予測パラメータを導出するCCLM予測パラメータ導出部310442を備え、上記テーブルLMDivTableは、差分値の逆数に所定数を乗算した値の整数部分を保持する。

[0163] これにより、CCLM予測パラメータの導出に必要なテーブルのメモリ量を削減することができる。

[0164] (処理例2)

本処理例では、CCLM予測パラメータ導出部310442が用いるテーブルLMDivTableのビット数（ビット幅）を減少させる。

[0165] 上述した実施形態では、テーブルLMDivTableの値は、 $(1/\text{diff}) * 65536$ の整数部分となるので、以下の通りとなる。

65536, 32768, 21845, 16384, 13107, 10922, 9362, 8192, 7281, 6553, 5957, 5461, 5041, 4681, 4369, 4096, 3855, 3640, 3449, 3276, 3120, 2978, 2849, 2730, 2621, 2520, 2427, 2340, 2259, 2184, 2114, 2048, ...

本処理例では、上記の各値の仮数部(mantissa, m)をPビットで表した指数表現($m * 2^{\text{exp}}$)で近似し、仮数部のみをテーブルDivTableMで保持する。例えば、P=5とした場合、逆数テーブルの値は以下の通りとなる。

$16 * 2^{12}$, $16 * 2^{11}$, $21 * 2^{10}$, $16 * 2^{10}$, $26 * 2^9$, $21 * 2^9$, $18 * 2^9$, $16 * 2^9$, $28 * 2^8$, $26 * 2^8$, $23 * 2^8$, $21 * 2^8$, $20 * 2^8$, $18 * 2^8$, $17 * 2^8$, $16 * 2^8$, $30 * 2^7$, $28 * 2^7$, $27 * 2^7$, $26 * 2^7$, $24 * 2^7$, $23 * 2^7$, $22 * 2^7$, $21 * 2^7$, $20 * 2^7$, $20 * 2^7$, $19 * 2^7$, $18 * 2^7$, $18 * 2^7$, $17 * 2^7$, $17 * 2^7$, $16 * 2^7$, ...

テーブルDivTableMでは、これらの値の仮数部のみを保持する。すなわち、

DivTableM[] = {16, 16, 21, 16, 26, 21, 18, 16, 28, 26, 23, 21, 20, 18, 17, 16, 30, 28, 27, 26, 24, 23, 22, 21, 20, 20, 19, 18, 18, 17, 17, 16, ... }

これにより、上記実施形態では最大17bit必要であった各値を5bitで表現でき、テーブルDivTableMを格納するために必要なメモリ量を削減することができる。

[0166] なお、保持する個数を、テーブルの先頭から 2^N 個とした場合、テーブルDivTableMの最小値は $2^{(P-1)}$ となるので、各値から $2^{(P-1)}$ を引いた値をテーブルDivTableMで保持し、このテーブルから得た値に $2^{(P-1)}$ を足して上記値を導出してもよい。この場合、値毎に、さらに1bit分、必要なメモリを減少させることができる。以下、保持する個数をテーブルの先頭から 2^N 個とした場合のテーブルDivTableMのオフセット値をoffsetMと呼ぶ。オフセットを引いたテーブルを用いる場合offsetM = $2^{(P-1)}$ 。それ以外の場合、offsetM= 0である。

[0167] また、 $(1/\text{diff}) \times (2^{16})$ の整数部分を指数表現し、逆数テーブルの仮数部のみ保持する場合、指数部の値を導出する必要がある。本処理例では、CCLM予測パラメータ導出部310442は、以下の式に従って指数部の値を導出する。

[0168] $\text{exp} = \text{clz}(d, N) + (16 - N - (P - 1))$

ここで、 $d = \text{diff} - 1$ （輝度の差分）、expは指数部分（exponent）を表し、Nはテーブルとして保持する要素の数を表す。例えば、 $N=9$ であれば512要素、 $N=5$ であれば32要素を保持する。また、「16」は、 $1/\text{diff}$ の精度、すなわち、 $1/\text{diff}$ を整数表現に変換するための乗数のビット数である。上述した実施形態では、 $1/\text{diff}$ の値を整数精度で導出するために65536 ($=2^{16}$) を掛けて計算していた。なお、 $1/\text{diff}$ の精度は任意であり、他の値を用いる場合は、それに対応させて「16」も変更する必要がある。

[0169] $\text{clz}(\text{count leading zeros})$ 関数は、2つの引数(d, mw)からなる関数であり、2進数で表現された第1引数 d の上位ビット(MSB)から連続する0の個数を返す。第2引数 mw は最大桁数(ビット数)を表す。例えば、 $P=5$ であれば、 $d=1$ (0b00

001, diff=2) の場合(0bは二進数を示す接頭辞)、 $\text{clz}(1, \text{mw})=4$ となり、 $d=2$ (0b00010, diff=3) の場合、 $\text{clz}(2, \text{mw})=3$ となる。また、 $d=16$ (0b10000, diff=17) の場合、 $\text{clz}(16, \text{mw})=0$ となる。なお、第1引数 d が0の場合は第2引数 mw を返す。つまり、 $d=0$ (0b00000, diff=1) の場合、 $\text{clz}(0, \text{mw})=\text{mw}$ である。

[0170] なお、 clz 関数は、多くのCPUに専用命令が搭載されている。専用命令では、最大桁数の指定は8, 16, 32などの値に限定される場合があるが、例えば $\text{mw} \leq 8$ の場合には $\text{clz}(d, \text{mw}) = \text{clz}(d, 8) - (8 - \text{mw})$ である。また、専用命令は必須ではなく、例えば、 $\text{clz}(d, 4)$ の場合、以下の式によって代替してもよい。

[0171] $\text{clz}(d, 4) = (d \& 0x08) ? 1 : (d \& 0x04) ? 2 : (d \& 0x02) ? 3 : (d \& 0x01) ? 4 : 5$

CCLM予測部31044は、輝度の差 d ($= \text{diff} - 1$) で参照される $\text{DivTableM}[d]$ と、色差の差分 ChromaDelta の乗算した値を、 d から導出される exp を用いてシフトすることによりCCLM予測パラメータ a を導出する。

[0172] $a = (\text{ChromaDelta} * \text{DivTableM}[d] \ll \text{exp} + \text{add}) \gg \text{shiftB}$

$b = C_MIN - ((a * Y_MIN) \gg \text{shiftA})$

ここで $\text{exp} = \text{clz}(d, N) + (16 - N - (P - 1)) = 16 - (P - 1) - (N - \text{clz}(d, N))$

(処理例1) の $\text{LMDivTable}[d]$ と $\text{DivTableM}[d]$ 、 exp は以下の関係が成り立つ。

[0173] $\text{LMDivTable}[d] = \text{DivTableM}[d] \ll \text{exp}$

なお以下のように指数部 exp を用いてシフト数($\text{shiftB} - \text{exp}$)を導出した上で、CCLM予測パラメータ a を導出してもよい。ただし、以下では簡単のため、右ビットシフト演算および左ビットシフト演算のシフト値が負になる場合には、シフト値の符号およびシフト方向を反転するものとする。これは他の例についても同様である。

[0174] $a = (\text{ChromaDelta} * \text{DivTableM}[d] + \text{add}) \gg (\text{shiftB} - \text{exp})$

ここで $\text{add} = (\text{shiftB} - \text{exp} > 0) ? 1 \ll (\text{shiftB} - \text{exp} - 1) : 0$

あるいは、CCLM予測パラメータ導出部310442は、以下の式にしたがって指数部の値を導出してもよい。

[0175] $\text{exp} = 16 - (P - 1) - \text{ceil}(\log_2(\text{diff}))$

また、指数部分のみをテーブルShiftTableEとして保持してもよい。例えば、P=5とした場合、テーブルShiftTableE[]は、

$$\text{ShiftTableE}[] = \{12, 11, 10, 10, 9, 9, 9, 9, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, \dots\}$$

となる。あるいは、次のようなテーブルShiftTableE' []を用いて、

$$\text{ShiftTableE}' [] = \{0, 1, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, \dots\}$$

指数部分を

$$\text{exp} = 16 - (P - 1) - \text{ShiftTableE}' [d]$$

として求めてもよい。

[0176] テーブルShiftTableEおよびテーブルShiftTableE' は、最大桁数mwがN以下であればclz関数の代わりに用いることもできる。

[0177] $\text{clz}(d, mw) = mw - \text{ShiftTableE}' [d] = mw - (16 - (P - 1) - \text{ShiftTableE}[d])$

CCLM予測部31044は、テーブルDivTableMと、シフトテーブルShiftTableEを用いて以下で、CCLMパラメータを導出する。

[0178]
$$\begin{aligned} a &= (\text{ChromaDelta} * \text{DivTableM}[d] \ll \text{ShiftTableE}[d] + \text{add}) \gg \text{shiftB} \\ b &= C_MIN - ((a * Y_MIN) \gg \text{shiftA}) \end{aligned}$$

なお以下のように指数部expを用いてシフト数(shiftB-exp)を導出した上で、CCLM予測パラメータaを導出してもよい。

[0179]
$$a = (\text{ChromaDelta} * \text{DivTableM}[d] + \text{add}) \gg (\text{shiftB} - \text{exp})$$

 ここで $\text{add} = (\text{shiftB} - \text{exp} > 0) ? 1 \ll (\text{shiftB} - \text{exp} - 1) : 0$ 、 $\text{exp} = \text{ShiftTableE}[d]$

以上のように本処理例に係るCCLM予測部31044は、CCLM予測により予測画像を生成するものであって、輝度の差分値(d)と色差の差分値(ChromaDelta)と逆数テーブルDivTableMを用いてCCLM予測パラメータaを導出するCCLM予測パラメータ導出部310442を備え、CCLM予測パラメータ導出部310442は、輝度の差分値(d)の逆数に対応する指数部expを導出し、テーブルDivTableMの要素と

色差の差分値を乗算し、指数部expで導出されるシフト数だけシフトすることによってCCLM予測パラメータを導出する。

[0180] 上記構成により、CCLM予測パラメータの導出に必要な逆数テーブルに保持する値のビット数を減らし必要なメモリ量を削減することができる。なお、処理例1に説明したように、テーブルLMDivTableLowは用いなくてもよいが、テーブルLMDivTableLowを保持する場合も同様に、LMDivTableLowの各要素を仮数部と指数部に分けたテーブルを作成してもよい。

[0181] (積のビット量について補足)

上記のように、CCLMではCCLM予測パラメータa, bの導出と、aとbを用いた予測画像の生成においてChromaDelta*LMDivTable[diff-1]と、a*Y_MINと、a*refSamples[][]の積が必要である。

[0182]
$$a = (\text{ChromaDelta} * \text{LMDivTable}[\text{diff}-1] + \text{low} + \text{add}) \gg \text{shiftB} \quad // \quad 11\text{bit} * 17\text{bit} = 28$$

$$b = C_MIN - ((a * Y_MIN) \gg \text{shiftA}) \quad // \quad 27\text{bit} * 10\text{bit} = 37$$

$$\text{predSamples}[][] = ((a * \text{refSamples}[][])) \gg \text{shiftA} + b \quad // \quad 27\text{bit} * 10\text{bit} = 37$$

(パラメータaのビット幅)

例えば、上記、処理例1までの計算では、10bit画像において、ChromaDelta、a、Y_MIN、refSamples[][]のビット幅は各々11 bit, 10 bit, 10 bit, 10 bitであり、shiftA=16においてLMDivTable[diff-1]とaのビット幅は各々16 bitと27bit(=11bit * 16bit)である。結果、aの導出、bの導出、aを用いた予測における積は、各々、11bit*17bit, 27bit*10bit, 27bit*10bitと大きなビット幅同士の積となり、ハードが複雑となる。

[0183] 処理例2では、aの導出におけるChromaDelta*DivTableM[d]の積が、処理例1に比べexp(=ShiftTableE[d])だけ小さいビット幅に低減されるため積が簡略化される効果を奏する。

[0184] (処理例3)

上述した実施形態では、CCLM予測を行うために必要なテーブルLMDivTable

(およびLMDivTableLow) には、輝度の差分値diffの取り得る範囲である1～512の512要素分の値を格納した。本処理例では、テーブルに格納する要素数を減らし、保持しない要素については計算で導出することにより必要なメモリを削減する。

[0185] 例えば、CCLM予測パラメータ導出部310442は、要素数が 2^N 個のテーブルLMDivTable_2Nを用いてCCLM予測パラメータ(a, b)を導出する。そして、CCLM予測パラメータ導出部310442は、テーブルLMDivTable_2Nに格納されていない要素は格納されている値を $1/k$ することにより値を算出する。LMDivTable_2N[]はLMDivTable[]の先頭の 2^N 個の要素を格納したテーブルである。

[0186] 具体的に、図17を参照して説明する。図17はテーブルに保持されていない要素の値を算出する例を説明するための図である。この例では $N=3$ である。図17に示すように、CCLM予測パラメータ導出部310442は、テーブルLMDivTable_2Nの値が保持するdの区間D0[0.. 2^N-1] (eg. 0.. 7) については、テーブルLMDivTable_2Nの値をそのまま用い、次の区間D1[2^N .. $2^{(N+1)}-1$] (eg. 8.. 15) については、テーブルLMDivTable_2NのD0の後半の区間D0' [$2^N/2$.. $2^{(N+1)}-1$] (eg. 4.. 7) の値を $1/2$ した値を用い、さらに次の区間D2[$2^{(N+1)}$.. $2^{(N+2)}-1$] (eg. 16.. 31) については、テーブルLMDivTable_2Nの区間D0' (eg. 4.. 7) の値を $1/4$ した値を用い、そのさらに次の区間D3[$2^{(N+2)}$.. $2^{(N+3)}-1$] (eg. 32.. 63) についても、テーブルLMDivTable_2Nの区間D0' (eg. 4.. 7) の値を $1/8$ した値を用いる。また、区間D1は区間D0' の幅を2倍にした幅であり、区間D2は区間D0' の幅を4倍にした幅であり、区間D3は区間D0' の幅を8倍にした幅である。つまり、区間Dsc[$2^{(N+sc-1)}$.. $2^{(N+sc)}-1$]の各値は区間D0' [$2^N/2$.. $2^{(N+1)}-1$]の値を $1/k$ 倍した値(ここで $k=2^{sc}$)であり、区間Dscの先頭からk個ずつに同じ値が格納される。ただし、 $1 \leq sc \leq 6$ である。6は9-3から導出され、9はdiffの精度、3はD1が8($=2^3$)から始まることから定められる。

[0187] 例えば、 $N=3$ であれば、d(=diff-1)=8以降は、区間D0' [4.. 7]の値を以下の通り $1/k$ 倍することにより算出する。

- [0188] 区間[8..15]→1/2
 区間[16..31]→1/4
 区間[32..63]→1/8
 区間[64..127]→1/16
 区間[128..255]→1/32
 区間[256..511]→1/64

[0189] [表1]

表1

区間	dの範囲	k	sc
D1	[8..15]	1/2	1
D2	[16..31]	1/4	2
D3	[32..63]	1/8	3
D4	[64..127]	1/16	4
D5	[128..255]	1/32	5
D6	[256..511]	1/64	6

より詳細には、図18に示すように、 $d=8, 9$ は $d=4$ の $1/2$ 、 $d=10, 11$ は $d=5$ の $1/2$ 、 $d=12, 13$ は $d=6$ の $1/2$ 、 $d=14, 15$ は $d=7$ の $1/2$ 、 $d=16, 17, 18, 19$ は $d=4$ の $1/4$ 、 $d=20, 21, 22, 23$ は $d=5$ の $1/4$ …（以下同様に続く）というように、値を $1/k$ する範囲では同じ値が k 個続くようにLMDivTable_2Nを参照して算出する。すなわち、 d/k を用いてLMDivTable_2Nを参照する。以下 k をスケール、 $sc=\log_2(k)$ をスケールシフト値と呼ぶ。

[0190] 具体的に、式として表現すれば以下により、導出した k を用いて逆数テーブルLMDivTable_2NをLMDivTable_2N[d/k]/k (=LMDivTable_2N[d>>sc]>>sc)で参照する。

[0191] $sc=(9-N)-clz(d>>N, 9-N)$
 $k=2^{(sc)}$

なお、「9」はdiffの精度（ビット数）が512要素（9bit）であるためであり、精度が異なれば異なる値が割り当てられる。

[0192] CCLM予測部31044は、輝度の差 d ($=diff-1$) を d に依存する所定のスケール

シフト値 sc でシフトして得られる値 $(d \gg sc)$ で参照されるテーブル $DivTableM$ の値をさらに sc でシフトした値と、色差の差分 $ChromaDelta$ を用いて、CCLM予測パラメータ a を導出する。

[0193] $a = (ChromaDelta * (LMDivTable_2N[d \gg sc] \gg sc) + add) \gg shiftB$
 $b = C_MIN - ((a * Y_MIN) \gg shiftA)$

ここで $add = (shiftB > 0) ? 1 \ll (shiftB - 1) : 0$

あるいは、以下のようにラウンド用補正項 add の導出で常に1ビット右シフトを行う構成を用いると、シフト数が正であるか否かの分岐を無くす簡略化効果がえられる。

[0194] $add = (1 \ll shiftB) \gg 1$

なお sc によるシフトの適用位置は上記によらない。以下のようにCCLM予測パラメータ a を導出してもよい。

[0195] $a = (ChromaDelta * (LMDivTable_2N[d \gg sc] + add) \gg (shiftB + sc))$
 $b = C_MIN - ((a * Y_MIN) \gg shiftA)$

ここで $add = (shiftB + sc > 0) ? 1 \ll (shiftB + sc - 1) : 0$

あるいは

$add = (1 \ll (shiftB + sc)) \gg 1$

なお、上記では $1/d$ の除算において $d=0$ の場合を除外して考え、 $d \geq 1$ 以上のテーブルのみを用いた。つまり、 $d=diff$ ではなく、 $d=diff-1$ のテーブルを利用したが、 $d=diff$ のテーブルを用いてもよい。

[0196] 言い換えると、上記 $LMDivTable_2N[d \gg sc]$ で示すように、シフトによって値の大きさを低減したインデックス $(d \gg sc)$ で、逆数テーブル $LMDivTable_2N$ を参照することにより、 $LMDivTable_2N$ の要素数を低減させ、テーブルサイズを削減する効果を奏する。また、逆数テーブルの値 $LMDivTable_2N$ をさらに、 $LMDivTable_2N[d \gg sc] \gg sc$ や、 $(LMDivTable_2N[d \gg sc] + add) \gg (shiftB + sc)$ のように右シフトすることにより、大きさを調整することで、性能を低減させずに、テーブルサイズを削減する効果を奏する。

[0197] (処理例3の変形例)

上述した実施形態では、 $d = \text{diff} - 1$ に対するテーブルを設定し、テーブルに格納する要素数を減らし、保持しない要素については計算で導出することにより必要なメモリを削減した。本変形例では、 diff ($0 \leq \text{diff} \leq 511$) に対するテーブルを設定し、必要なメモリを削減する例を説明する。以下では、処理例 3 に対する差分を述べる。

[0198] 例えば、テーブルの要素数 2^N 、 $N=5$ の場合、表 1 は表 2 のように対応付けられる。

[0199] [表2]

表2

区間	diff	k	sc	range (diff/32)	idx	exp	iShift (16-exp)
D0	0..31	1	0	0	0..31	13..18	3..8
D1	32..63	1/2	1	1	16..31	9,8	7,8
D2	64..127	1/4	2	2..3	16..31	9,8	7,8
D3	128..255	1/8	3	4..7	16..31	9,8	7,8
D4	256..511	1/16	4	8..15	16..31	9,8	7,8
D5	512	1/32	5	16	16	9	7

具体的に、式として表現すれば以下により、導出した k を用いて逆数テーブル LMDivTable_2N' を $\text{LMDivTable_2N'}[d/k]/k$ ($=\text{LMDivTable_2N'}[d \gg \text{sc}] \gg \text{sc}$) で参照する。 $\text{LMDivTable_2N'}[]$ は $\text{LMDivTable_2N}[]$ の先頭に "0" を挿入し、末尾の要素を削除したテーブルである。

[0200] $\text{range} = \text{diff} \gg N$

$\text{sc} = \text{ShiftTableE'}_2\text{N}[\text{range}+1]$

$k = 2^{(\text{sc})}$

$\text{ShiftTableE'}_2\text{N}[]$ は $\text{ShiftTableE'}_2\text{N}[]$ の先頭に "0" を挿入したテーブルである。

[0201] $\text{ShiftTableE'}_2\text{N}[] = \{ 0, 0, 1, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 4, 4,$

4, 4, 4, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, ...}

CCLM予測部31044は、輝度の差diffを、diffに依存する所定のスケールシフト値scでシフトして得られる値(diff>>sc)で参照されるテーブルLMDivTable_2N'の値を、さらにscでシフトした値と、色差の差分ChromaDeltaを用いて、CCLM予測パラメータaを導出する。

[0202] a=(ChromaDelta*(LMDivTable_2N'[diff>>sc]>>sc)+add)>>shiftB
 b=C_MIN-((a*Y_MIN)>>shiftA)

ここで

add = (shiftB>0) ? 1<<(shiftB-1) : 0

あるいは

add = (1 << shiftB) >> 1

LMDivTable_2N'[]はLMDivTable_2N'[]の先頭に"0"を挿入し、末尾の要素を削除したテーブルである。

[0203] 処理例3の効果とこの変形例の効果は同じである。

[0204] (処理例4)

CCLM予測パラメータ導出部310442は、上述した処理例1～3を組み合わせ処理を行ってもよい。この場合、CCLM予測パラメータ導出部310442は、輝度の差分値(d)に対応するスケールシフト値scを導出し、scで輝度の差分値(d)を右シフトして得られる値d>>scをインデックス(要素位置)として参照したテーブルDivTableM_2Nの値(DivTableM_2N[d>>sc])を導出し、さらに、上記d>>scに対応する指数部分に対応する値expとscを用いてシフトして得られる値rと色差の差分値を乗算することによってCCLM予測パラメータを導出する。以下の式に従って、CCLM予測パラメータ(a, b)を導出する。

[0205] a=(ChromaDelta*r+add)>>shiftB
 b=MinChromaValue-((a*MinLumaValue)>>shiftA)
 d=diff-1
 sc=(D-N)-clz(d>>N, D-N)
 exp=clz(d>>sc, N)+(16-N-P-1))

$$r = (\text{DivTableM_2N}[d \gg \text{sc}] + \text{offsetM}) \ll \text{exp} \gg \text{sc}$$

$$\text{add} = (\text{shiftB} > 0) ? 1 \ll (\text{shiftB} - 1) : 0$$

オフセットを用いる場合（保持する個数をテーブルの先頭から 2^N 個とする場合）には、 $\text{offsetM} = 2^{(P-1)}$ 。用いない場合には $\text{offsetM} = 0$ 。

ここで、

D : diff の値の範囲を示す($1..2^D$)、（処理例1）～（処理例3）では $D=9$ を使用

N : DivTable の要素数の $\log_2$ を示す整数、 $0 < N \leq D$

P : $1/\text{diff}$ を整数倍(2^{16})した値を指数表現した値の仮数部のビット数、 $0 < P-1 \leq 16-N$ なお、スケールシフト値 sc と、指数シフト値 exp の適用順は上記に限定されない。例えばCCLM予測パラメータ導出部310442は、輝度の差分値(d)に対応する sc を導出し、 sc で輝度の差分値(d)を右シフトして得られる値 $d \gg \text{sc}$ をインデックス（要素位置）としてテーブル参照した $\text{DivTableM_2N}[d \gg \text{sc}]$ と色差の差分値を乗算した値を、 exp と sc から導出されるシフト値($\text{shiftB} + \text{sc} - \text{exp}$)を用いてシフトすることによって、CCLM予測パラメータを導出する。

```
[0206]  a = (ChromaDelta * r + add) >> (shiftB + sc - exp)
        b = MinChromaValue - ((a * MinLumaValue) >> shiftA)
        d = diff - 1
        sc = (D - N) - clz(d >> N, D - N)
        exp = clz(d >> sc, N) + (16 - N - (P - 1))
        r = (DivTableM_2N[d >> sc] + offsetM)
        add = (shiftB + sc - exp > 0) ? 1 << (shiftB + sc - exp - 1) : 0
        offsetM = 2^(P-1)、もしくは 0
```

また、シフト値 shiftB を先に用いて ChromaDelta の値を正規化しても構わない。

```
[0207]  a = ( (ChromaDelta + add) >> shiftB ) * r >> (sc - exp)
        (テーブル値の例)
```

以下にテーブル値の例を示す。

<例 1> $N=6, P=5, 2^{(P-1)}$ のオフセット offsetM ありの場合

DivTableM_2N[64] = { 0, 0, 5, 0, 10, 5, 2, 0, 12, 10, 7, 5, 4, 2, 1, 0, 14, 12, 11, 10, 8, 7, 6, 5, 4, 4, 3, 2, 2, 1, 1, 0, 15, 14, 13, 12, 12, 11, 10, 10, 9, 8, 8, 7, 7, 6, 6, 5, 5, 4, 4, 4, 3, 3, 3, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 0, 0 }

ShiftTableE_2N[64] = { 12, 11, 10, 10, 9, 9, 9, 9, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 6 }

<例 1 変形例> 整数に丸める方法が異なる場合、以下のようなテーブルでもよい。

[0208] DivTableM_2N[64] = { 0, 0, 5, 0, 10, 5, 2, 0, 12, 10, 7, 5, 4, 2, 1, 0, 14, 12, 11, 10, 8, 7, 6, 5, 4, 4, 3, 2, 2, 1, 1, 0, 15, 14, 14, 13, 12, 11, 11, 10, 9, 9, 8, 8, 7, 7, 6, 6, 5, 5, 4, 4, 4, 3, 3, 3, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 0 }

ShiftTableE_2Nは<例 1>と共通である。

[0209] $N=6, P=5$ であれば、テーブルを格納するために必要なメモリ量は、 $(5-1)*2^6=4*64=256$ (bit) となる。上述した実施形態の場合と比較すると $256/16896=1.515\%$ となり、大幅にメモリ量を削減できる。

<例 2> $N=5, P=5, 2^{(P-1)}$ のオフセットありの場合

DivTableM_2N[32] = { 0, 0, 5, 0, 10, 5, 2, 0, 12, 10, 7, 5, 4, 2, 1, 0, 14, 12, 11, 10, 8, 7, 6, 5, 4, 4, 3, 2, 2, 1, 1, 0 }

ShiftTableE_2N[32] = { 12, 11, 10, 10, 9, 9, 9, 9, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7 }

このとき ($N=5, P=5, D=9$, オフセットあり)、aおよびbの導出式についてまとめると、次のようになる。

[0210] $d = \text{diff} - 1$

$sc = (D-N) - \text{clz}(d \gg N, D-N) = (9-5) - \text{clz}(d \gg 5, 9-5) = 4 - \text{clz}(d \gg 5, 4)$

$$\text{exp} = \text{clz}(d \gg \text{sc}, N) + (16 - N - (P - 1)) = \text{clz}(d \gg \text{sc}, 5) + (16 - 5 - (5 - 1)) = \text{clz}(d \gg \text{sc}, 5) + 7$$

$$\text{offsetM} = 2^{(P-1)} = 2^{(5-1)} = 16$$

$$r = (\text{DivTableM_2N}[d \gg \text{sc}] + \text{offsetM}) = \text{DivTableM_2N}[d \gg \text{sc}] + 16$$

$$\text{add} = (\text{shiftB} + \text{sc} - \text{exp} > 0) ? 1 \ll (\text{shiftB} + \text{sc} - \text{exp} - 1) : 0$$

として、

$$a = (\text{ChromaDelta} * r + \text{add}) \gg (\text{shiftB} + \text{sc} - \text{exp})$$

$$b = \text{MinChromaValue} - ((a * \text{MinLumaValue}) \gg \text{shiftA})$$

このとき、clzではなくShiftTableE_2Nを用いれば、a, bは次のように求められる。

[0211] $d = \text{diff} - 1$

$$\text{sc} = (D - N) - \text{clz}(d \gg N, D - N) = (D - N) - ((D - N) - (16 - (P - 1) - \text{ShiftTableE_2N}[d \gg 5])) = 4 - (4 - (16 - 4) - \text{ShiftTableE_2N}[d \gg 5]) = 12 - \text{ShiftTableE_2N}[d \gg 5]$$

$$\text{exp} = \text{ShiftTableE_2N}[d \gg 5]$$

$$\text{offsetM} = 2^{(P-1)} = 2^{(5-1)} = 16$$

$$r = (\text{DivTableM_2N}[d \gg \text{sc}] + \text{offsetM}) = \text{DivTableM_2N}[d \gg \text{sc}] + 16$$

$$\text{add} = (\text{shiftB} + \text{sc} - \text{exp} > 0) ? 1 \ll (\text{shiftB} + \text{sc} - \text{exp} - 1) : 0$$

として、

$$a = (\text{ChromaDelta} * r + \text{add}) \gg (\text{shiftB} + \text{sc} - \text{exp})$$

$$b = \text{MinChromaValue} - ((a * \text{MinLumaValue}) \gg \text{shiftA})$$

<例2 変形例> 整数に丸める方法が異なる場合、以下のようなテーブルでもよい。

[0212] $\text{DivTableM_2N}[32] = \{ 0, 0, 5, 0, 10, 5, 2, 0, 12, 10, 7, 5, 4, 2, 1, 0, 14, 13, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 3, 2, 1, 1, 0 \}$

ShiftTableE_2Nは<例2>と共通である。

[0213] なお、オフセットなし($\text{offsetM} = 0$)の場合は、上記オフセット有りのDivTableM_2Nの各要素にあらかじめ $2^{(P-1)}$ を加算した値を格納して用いる。

＜例 3＞ $N=6, P=4, 2^{(P-1)}$ のオフセットありの場合

DivTableM_2N[64] = { 0, 0, 3, 0, 5, 3, 1, 0, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1,
0, 7, 6, 5, 5, 4, 4, 3, 3, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 7, 7, 7, 6, 6, 5,
5, 5, 4, 4, 4, 4, 3, 3, 3, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0,
0, 0, 0 }

ShiftTableE_2N[64] = { 13, 12, 11, 11, 10, 10, 10, 10, 9, 9, 9, 9,
, 9, 9, 9, 9, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 7, 7, 7,
, 7,
, 7, 7, 7, 7, 7, 7 }

＜例 3 変形例＞整数に丸める方法が異なる場合、以下のようなテーブルでもよい。

[0214] DivTableM_2N[32] = { 0, 0, 3, 0, 5, 3, 1, 0, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1,
0, 7, 6, 6, 5, 4, 4, 3, 3, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 0 }

ShiftTableE_2Nは＜例 3＞と共通である。

＜例 4＞ $N=5, P=4, 2^{(P-1)}$ のオフセットありの場合

DivTableM_2N[32] = { 0, 0, 3, 0, 5, 3, 1, 0, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1,
0, 7, 6, 5, 5, 4, 4, 3, 3, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 0, 0 }

ShiftTableE_2N[32] = { 13, 12, 11, 11, 10, 10, 10, 10, 9, 9, 9, 9,
, 9, 9, 9, 9, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, }

＜例 4 変形例＞整数に丸める方法が異なる場合、以下のようなテーブルでもよい。

[0215] DivTableM_2N[32] = { 0, 0, 3, 0, 5, 3, 1, 0, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1,
0, 7, 6, 6, 5, 4, 4, 3, 3, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 0 }

ShiftTableE_2Nは＜例 4＞と共通である。

[0216] なお、 $N=5, P=4$ であれば、テーブルを格納するために必要なメモリ量は、 $(4-1)*2^5=3*32=96$ (bit) となる。上述した実施形態に記載した場合と比較すると、 $96/16896=0.568\%$ となり、大幅にメモリ量を削減できる。

[0217] 以下の説明の処理例 5、6 において、上記テーブルを使用してもよい。

[0218] (処理例5)

処理例5では、式(CCLM-1)において、パラメータaの精度shiftAを可変とする例を説明する。具体的には、輝度の差分値diffから導出されるシフト値expに応じて、パラメータaの精度shiftAを導出する。

[0219] 以下、CCLM予測パラメータ導出部310442は、輝度の差分値diffと色差の差分値diffCから、線形予測の傾きに相当する項(diffC/diff)を、パラメータaとして導出する（ここでパラメータaは整数化のために 2^{shiftA} ($1 \ll \text{shiftA}$) 倍された値を導出する。

[0220] まず、CCLM予測パラメータ導出部310442は、diffの逆数の仮数部に相当する数vを既に説明した方法で導出する。

```
[0221]   idx = diff >> sc
          exp = 16 - (P-1) - ceil(log2(idx)) - sc
          msb = 1 << (P-1)
          v = DivTable_2N'[idx] | msb
```

ここでPは逆数テーブル(1/diff)の仮数部のビット数に対応する所定の定数（例えばP=4）である。また、expは、輝度の差分diffが大きくなるほど小さくなるような変数（diffの対数値に比例して小さくなる変数）であり、テーブルで導出してよい。なお、idx=0の場合、log2(idx)は0に設定する。ここで、16から他の値を減算してexpの値を求めるのは、逆数テーブルが $(2^{16})/\text{diff}$ を元に作られているためである。以下、逆数テーブルの基準となるビット幅をbaseAと記す。パラメータaのビット幅を制限しない場合shiftA=baseAである。なおvの最大値は $(1 \ll P)-1$ 、vのビット数はPビットである。

```
[0222]   exp = 16-(P-1)-ShiftTableE''_2N[idx]-sc
```

CCLM予測パラメータ導出部310442は、diffCとvの積でパラメータaを導出する場合、下記のようにさらにshift_aだけ右シフトすることによりパラメータaのビット数を調整する。

```
[0223]   add = (1 << shift_a) >> 1
          a = (diffC*v+add) >> shift_a
```

$$b = C_Y_MIN - ((a * Y_MIN) \gg shift_a)$$

ここで、shift_aは画像のビットデプスbitDepthから導出される値である。expCはパラメータaのビット幅を制限する定数であり例えば0~3を用いる。パラメータaのビット幅は、diffCのビット幅+vのビット幅-shift_aであり、bitDepth+P-(bitDepth-8-expC) = P+8-expCであり、画像のビットデプスによらない小さな値に低減される。例えばP=4, expC=3ではaのビット幅は9bitである。

[0224] $shift_a = bitDepth - 8 - expC$

CCLM予測パラメータ導出部310442は、shiftAの初期値 (=baseA、例えば16) から、輝度の差分diffを用いて導出される値expとexpCを引くことにより、shiftAの値を調節する。

[0225] $shiftA = 16 - (exp + expC)$

CCLM予測フィルタ部310443は、式(CCLM-1)を用いて、CCLM予測パラメータ(a, b)と上記、調整後のshiftAを用いて、予測画像predSamples[][]を出力する。

[0226] このように、輝度の差分diffとビットデプスbitDepthを用いて適応的にaのシフト量を導出することにより、bの導出、または、予測画像predSamples[][]の生成に用いるaのビット幅を削減することができる。これによって、式(CCLM-1)におけるaと輝度値refSamples[][]の積を簡略化する効果を奏する。

[0227] 処理例5では、aの導出におけるdiffC*vの積が、処理例1の11bit*16bitから11bit*P bitに低減されるため積が簡略化される効果を奏する。P=4では11bit*4bit=15bit。

[0228] 処理例5では、bの導出におけるa*Y_MINの積が、処理例1の27bit*10bitからP+8-expC bit*10bitに低減されるため積が簡略化される効果を奏する。P=4、expC=3では、9bit*4bit=13bit。

[0229] 処理5では、式(CCLM-1)の積が、処理例1の27bit*10bitから、P+8-expC b it*10bitに低減されるため積が簡略化される効果を奏する。P=4、expC=3では、9bit*4bit=13bit。

[0230] なお、処理例5の expC は、処理例5とは異なり色差の差によらない定数であるので expC ではなく expConst などと呼んでも良い。

[0231] (処理例6)

処理例6では、式(CCLM-1)において、輝度値との積に用いられるパラメータ a の精度 shiftA を可変とする例を説明する。具体的には、 a のビット数(a の域値)の上限を max_a_bits に設定し、色差の差($\text{C_Y_MAX}-\text{C_Y_MIN}$)である diffC に応じて、パラメータ a の精度 shiftA を導出する。なお、パラメータ a を固定ビット数の仮数と2のべき乗で表現する例と解釈してもよい。以下では、 a の仮数部のビット数を max_a_bits 、指数部のビット数を expC で表す。

[0232] 以下、CCLM予測パラメータ導出部310442は、分母(輝度の差分値) diff と分子(色差の差分値) diffC から傾きに相当する($\text{diffC}/\text{diff} \cdot 2^{\text{shiftA}}$)を、パラメータ a として導出する。以下、パラメータ a は整数化のために 2^{shiftA} (つまり $1 \ll \text{shiftA}$)倍されている。

[0233] CCLM予測パラメータ導出部310442は、まず、CCLM予測パラメータ導出部310442は、 diff から圧縮された逆数テーブル DivTable_2N' を参照するための idx を導出し、さらに diff の逆数に相当する数 v を導出する。

[0234] $\text{diff} = \text{Y_MAX} - \text{Y_MIN}$
 $\text{range} = (\text{diff} \gg N) + 1$
 $\text{sc} = \text{ceil}(\log_2(\text{range}))$
 $\text{idx} = \text{diff} \gg \text{sc}$

ここで N は所定の定数、例えば5。

[0235] $\text{msb} = 1 \ll (P-1)$
 $v = \text{DivTable_2N'}[\text{idx}] \mid \text{msb}$

ここで P は逆数テーブル($1/\text{diff}$)の仮数部(DivTable_2N' テーブルに保持する部分)のビット数であり、 msb は offsetM である。

[0236] CCLM予測パラメータ導出部310442は、輝度の差分値 diff に応じたシフト値 exp を導出する。

[0237] $\text{exp} = 16 - (P-1) - \text{ceil}(\log_2(\text{diff}+1)) = 16 - (P-1) - \text{ceil}(\log_2(\text{idx})) - \text{sc}$

また、expはテーブルを参照して導出してもよい。

[0238] $\text{exp} = 16 - (P - 1) - \text{ShiftTableE}'_2N[\text{idx}] - \text{sc}$

CCLM予測パラメータ導出部310442は、色差の差分値diffCの絶対値absDiffCの対数値に応じたシフト値expCを導出する。

[0239] $\text{diffC} = C_Y_MAX - C_Y_MIN$
 $\text{absDiffC} = (\text{diffC} < 0 ? -\text{diffC} : \text{diffC})$
 $\text{rangeDiffC} = (\text{absDiffC} \gg (\text{max_a_bits} - P - 1))$
 $\text{expC} = \text{ceil}(\log_2(\text{rangeDiffC} + 1))$

ここで、max_a_bitsの値をP+1と設定する構成も好適であり、この場合rangeDiffC=absDiffCとなることから、CCLM予測パラメータ導出部310442はrangeDiffCを省いて以下のようにexpCを導出する。

[0240] $\text{expC} = \text{ceil}(\log_2(\text{absDiffC} + 1))$

CCLM予測パラメータ導出部310442は、diffCとvの積でパラメータaを導出する場合において、下記のようにさらにdiffC*vをexpCだけ右シフトすることにより、ビット数が制限されたパラメータaを導出する。

[0241] $\text{add} = (1 \ll \text{expC}) \gg 1$
 $a = (\text{diffC} * v + \text{add}) \gg \text{expC}$
 $b = C_Y_MIN - ((a * Y_MIN) \gg \text{expC}) \text{ // shift_a} = \text{expC}$

CCLM予測パラメータ導出部310442は、shiftAの初期値（例えば16）から、分母（輝度の差分値diff）を用いて導出されるexpと、分子（色差の差分値diffC）を用いて導出されるexpCを引くことにより、shiftAの値を調節する。

[0242] $\text{shiftA} = 16 - (\text{exp} + \text{expC})$

例えば、max_a_bits=5の場合、aは5bitの精度(-16~15)で表現される。またexpCは、色差の差分diffCの絶対値が大きくなるほど大きくなる変数（absDiffCの対数値に比例して大きくなる変数）である。

[0243] $\text{expC} = \text{ceil}(\log_2(\text{rangeDiffC}))$

なお、rangeDiffC=0の場合、expC=0に設定する。expCはテーブルを参照して導出してもよい。

[0244] $\text{expC} = \text{ShiftTableE}'_2\text{N}[\text{rangeDiffC}+1]$

CCLM予測フィルタ部310443は、式(CCLM-1)を用いて、CCLM予測パラメータ(a, b)と上記、調整後のshiftAを用いて、予測画像predSamples[][]を出力する。

[0245] このように、色差の差分diffCから適応的にaのシフト量を導出することによりaのビットデプスを削減することができる。これによって、精度の劣化を抑制しつつ、式(CCLM-1)におけるaと輝度値refSamples[][]の積を簡略化する効果を奏する。

[0246] 処理例6では、aの導出におけるdiffC*vの積が、処理例1の11bit*16bitから11bit*P bitに低減されるため積が簡略化される効果を奏する。P=4では11bit*4bit=15bit。

[0247] 処理例6では、bの導出におけるa*Y_MINの積が、処理例1の27bit*10bitからmax_a_bits bit*10bitに低減されるため積が簡略化される効果を奏する。max_a_bits=5では、5bit*10bit=15bit。

[0248] 処理6では、式(CCLM-1)の積が、処理例1の27bit*10bitから、max_a_bits bit*10bitに低減されるため積が簡略化される効果を奏する。max_a_bits=5では、5bit*10bit=15bit。

[0249] (処理例7)

以下、テーブル削減を主眼とする処理例1～3(処理例4)と、ビット幅削減を主眼とする処理例2、処理例5、6を組み合わせた処理を処理例7として説明する。既に説明済みの内容は一部省略し簡単に説明する。また、diffを所定のビット数に制限するshiftBは0に設定する。以下にCCLM予測パラメータa、bを導出する方法を示す。ただし、C_Y_MAX=C_Y_MINの場合、a=0、b=C_Y_MINに設定する。

[0250] CCLM予測パラメータ導出部310442は、輝度の差分値diffから、逆数テーブルDivTableM_2N'を参照するためのインデックスidxと、精度を調整するための変数expを導出し、diffの逆数に相当する値vを導出する。

[0251] $\text{shiftA} = \text{baseA} = 16$

```

diff = Y_MAX-Y_MIN
range = diff >> N
sc = ceil(log2(range+1))
idx = diff >> sc
exp = baseA -(P-1)- ceil(log2(idx))-sc
msb = 1 << (P-1)
v = (DivTableM_2N'[idx] | msb)

```

ここで、baseAは、逆数テーブルDivTableM_2N'[idx]を導出する際に基準となるビット数（例えば16）、Nは、DivTableM_2N'の要素数(2^N)に対応する定数、Pは($2^{16}/diff$)の、2を基数とした指数表記における仮数部のビット数に対応する定数、max_a_bitsはaの2を基数とした指数表記における仮数部のビット数に対応する定数。msbも定数。例えば、N=5、P=4、max_a_bits=5、msb= $2^{(P-1)}=8$ を用いてもよい。msb= $2^{(P-1)}$ （オフセットあり）の場合、DivTableM_2N'[]の例を以下に示す。

[0252] DivTableM_2N'[32] = { 0, 0, 0, 3, 0, 5, 3, 1, 0, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1, 0, 7, 6, 5, 5, 4, 4, 3, 3, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 0 }

CCLM予測パラメータ導出部310442は、パラメータaのビット幅を制限するための変数expCを色差の差分値diffCから導出する。

```

[0253]     max_a_bits = 5
           diffC = C_Y_MAX - C_Y_MIN
           absDiffC = (diffC<0 ? -diffC:diffC)
           rangeDiffC = (absDiffC >> (max_a_bits-P-1))
           expC = ceil(log2(rangeDiffC+1))
           shift_a = expC

```

CCLM予測パラメータ導出部310442は、下記のようにさらにdiffC*vをshift_aだけ右シフトすることにより、ビット数が制限されたパラメータaを導出する。

[0254] add = 1 << shift_a >> 1

```
a = (diffC*v+add) >> shift_a
```

この構成では、shift_a=expCであるので、aおよびbの導出式は下式に置き換えることができる。

```
[0255] add = (1 << expC) >> 1
```

```
a = (diffC*v+add) >> expC
```

これにより、diffCの大きさに依存せず、aのビット幅（精度）を一定に保つことができる。

[0256] CCLM予測パラメータ導出部310442は、shiftAの初期値（例えば16）から、diffを用いて導出されるexpと、diffCを用いて導出されるexpCを引くことにより、shiftAの値を調節する。

```
[0257] shiftA -= exp+expC
```

さらに、shiftAは、初期値が16である場合には、次のようにも導出しても良い。

```
[0258] shiftA = 16 - exp - expC
```

ところでshiftAの初期値baseAは、expCの導出にも使われ互いに打ち消し合うため、結果として、shiftAを、定数Pとidx、rangeDiffCを用いて直接導出してもよい。

```
[0259] shiftA = baseA - (baseA-(P-1)-ceil(log2(idx))-sc) - ceil(log2(rangeDiffC+1))
```

```
= P-1 + ceil(log2(idx)) + sc - ceil(log2(rangeDiffC+1))
```

CCLM予測パラメータ導出部310442は、ビット幅が制限されたパラメータaを用いてパラメータbを導出する。

```
[0260] b = C_Y_MIN-((a*Y_MIN) >> shiftA)
```

CCLM予測フィルタ部310443は、式(CCLM-1)を用いて、CCLM予測パラメータ(a,b)と上記、調整後のshiftAを用いて、予測画像predSamples[][]を出力する。

[0261] なお、処理例6で示したように、expCはdiffCに依存させず、所定の定数にしてもよい。ただし、expCは画像のビットデプスbitDepthにP（ $2^{16}/diff$

) の 2 を基数とした指数表記における仮数部のビット数) を加えた値未満である。例えば $\text{bitDepth}=10$ 、 $P=4$ の場合 expC は 14 未満とする。

[0262] $\text{expC} < \text{bitDepth}+P$

これにより、 a の精度は若干落ちるものの、処理を簡単化することができる。

[0263] 上記の構成によれば、処理例 1 ～ 3, 5, 6 で説明した効果を得られる。

主な効果を再度記載すると、少なくとも以下の効果を得られる。

[0264] 処理例 3 で説明したように、 $\text{diff} \gg \text{sc}$ によりテーブルを参照することによる、テーブルサイズ削減の簡略化効果を得ることができる。

[0265] 処理例 5, 6 で説明した、ビット幅低減による積の簡略化効果を得ることができる。

[0266] (その他の例)

なお、上述した処理例では、CCLM処理に用いるテーブルを格納するためのメモリ量を削減する例について説明したが、本発明の技術思想は、他の情報を格納するためのメモリ量や乗算のビット幅を削減することにも用いることができる。例えば、スケールされた動きベクトルの導出に用いるテーブルについても適用できる。

[0267] 本発明の一態様に係るCCLM予測部は、CCLM予測により予測画像を生成するCCLM予測部であって、輝度の差分値と、色差の差分値と、テーブルを用いてCCLM予測パラメータ(a, b)を導出するCCLM予測パラメータ導出部と、輝度参照画像とCCLM予測パラメータ(a, b)を用いて色差予測画像を生成するCCLM予測フィルタ部とを備え、CCLM予測パラメータ導出部は、輝度の差分値で参照されるテーブルの要素と色差の差分値を乗算した値をシフトすることによってCCLM予測パラメータ a を導出することを特徴とする。

[0268] 本発明の一態様に係るCCLM予測部において、前記CCLM予測パラメータ導出部は、隣接ブロックの輝度値が最大となる第1の画素と最小となる第2の画素から輝度の差分値を導出し、第1の画素と第2の画素の色差の画素値から色差の差分値を導出し、輝度の差分値に対応するスケールシフト値 sc を導出

し、輝度の差分値をscだけ右シフトしたインデックスidxによって参照されるテーブルの値と色差の差分値を乗算し、乗算で得られた値をさらにシフトすることによってCCLM予測パラメータaを導出することを特徴とする。

[0269] 本発明の一態様に係るCCLM予測部において、前記CCLM予測パラメータ導出部は、前記idxによって参照されるテーブルの値にオフセットを加算した値と色差の差分値を乗算することを特徴とする。

[0270] 本発明の一態様に係るCCLM予測部において、前記CCLM予測パラメータ導出部は、色差の絶対差分値の対数値に応じた第1のシフト値を導出し、idxによって参照されるテーブルの値と色差の差分値を乗算し、乗算で得られた値をさらにシフト値expCでシフトすることによってCCLM予測パラメータaを導出することを特徴とする。

[0271] 本発明の一態様に係るCCLM予測部において、前記CCLM予測パラメータ導出部は、輝度の差分値diffの対数値に応じた第2のシフト値を導出し、前記第2の画素の色差値、CCLM予測パラメータa、前記第2の画素の輝度値、および、第1のシフト値と第2のシフト値を用いてCCLM予測パラメータbを導出することを特徴とする。

[0272] 本発明の一態様に係るCCLM予測部において、前記第1のシフト値と第2のシフト値はテーブルを参照して導出することを特徴とする。

[0273] (ハードウェア的実現およびソフトウェア的実現)

また、上述した動画像復号装置31および動画像符号化装置11の各ブロックは、集積回路(ICチップ)上に形成された論理回路によってハードウェア的に実現してもよいし、CPU(Central Processing Unit)を用いてソフトウェア的に実現してもよい。

[0274] 後者の場合、上記各装置は、各機能を実現するプログラムの命令を実行するCPU、上記プログラムを格納したROM(Read Only Memory)、上記プログラムを展開するRAM(Random Access Memory)、上記プログラムおよび各種データを格納するメモリ等の記憶装置(記録媒体)などを備えている。そして、本発明の実施形態の目的は、上述した機能を実現するソフトウェアである上

記各装置の制御プログラムのプログラムコード（実行形式プログラム、中間コードプログラム、ソースプログラム）をコンピュータで読み取り可能に記録した記録媒体を、上記各装置に供給し、そのコンピュータ（またはCPUやMPU）が記録媒体に記録されているプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成可能である。

[0275] 上記記録媒体としては、例えば、磁気テープやカセットテープ等のテープ類、フロッピー（登録商標）ディスク／ハードディスク等の磁気ディスクやCD-ROM（Compact Disc Read-Only Memory）／MOディスク（Magneto-Optical disc）／MD（Mini Disc）／DVD（Digital Versatile Disc:登録商標）／CD-R（CD Recordable）／ブルーレイディスク（Blu-rayDisc:登録商標）等の光ディスクを含むディスク類、ICカード（メモリカードを含む）／光カード等のカード類、マスクROM／EPROM（Erasable Programmable Read-Only Memory）／EEPROM（Electrically Erasable and Programmable Read-Only Memory:登録商標）／フラッシュROM等の半導体メモリ類、あるいはPLD（Programmable logic device）やFPGA（Field Programmable Gate Array）等の論理回路類などを用いることができる。

[0276] また、上記各装置を通信ネットワークと接続可能に構成し、上記プログラムコードを通信ネットワークを介して供給してもよい。この通信ネットワークは、プログラムコードを伝送可能であればよく、特に限定されない。例えば、インターネット、イントラネット、エキストラネット、LAN（Local Area Network）、ISDN（Integrated Services Digital Network）、VAN（Value-Added Network）、CATV（Community Antenna television/Cable Television）通信網、仮想専用網（Virtual Private Network）、電話回線網、移動体通信網、衛星通信網等が利用可能である。また、この通信ネットワークを構成する伝送媒体も、プログラムコードを伝送可能な媒体であればよく、特定の構成または種類のものに限定されない。例えば、IEEE（Institute of Electrical and Electronic Engineers）1394、USB、電力線搬送、ケーブルTV回線、電話線、ADSL（Asymmetric Digital Subscriber Line）回線等の有線でも

、IrDA (Infrared Data Association) やリモコンのような赤外線、Bluetooth (登録商標)、IEEE802.11無線、HDR (High Data Rate)、NFC (Near Field Communication)、DLNA (Digital Living Network Alliance: 登録商標)、携帯電話網、衛星回線、地上デジタル放送網等の無線でも利用可能である。なお、本発明の実施形態は、上記プログラムコードが電子的な伝送で具現化された、搬送波に埋め込まれたコンピュータデータ信号の形態でも実現され得る。

[0277] 本発明の実施形態は上述した実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。すなわち、請求項に示した範囲で適宜変更した技術的手段を組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

(関連出願の相互参照)

本出願は、2018年12月20日に出願された日本国特許出願：特願2018-238526に対して優先権の利益を主張するものであり、それを参照することにより、その内容の全てが本書に含まれる。

符号の説明

[0278] 31 画像復号装置

301 エントロピー復号部

302 パラメータ復号部

303 インター予測パラメータ復号部

304 イントラ予測パラメータ復号部

308 予測画像生成部

309 インター予測画像生成部

310 イントラ予測画像生成部

3104 予測部

31044 CCLM予測部 (予測画像生成装置)

310441 ダウンサンプリング部

310442 CCLM予測パラメータ導出部 (パラメータ導出部)

- 310443 CCLM予測フィルタ部
- 311 逆量子化・逆変換部
- 312 加算部
- 11 画像符号化装置
- 101 予測画像生成部
- 102 減算部
- 103 変換・量子化部
- 104 エントロピー符号化部
- 105 逆量子化・逆変換部
- 107 ループフィルタ
- 110 符号化パラメータ決定部
- 111 パラメータ符号化部
- 112 インター予測パラメータ符号化部
- 113 イントラ予測パラメータ符号化部

請求の範囲

- [請求項1] イントラ予測モードを用いて予測画像を生成する予測画像生成装置であって、
- 第1の値と第2の値との差分である輝度に関する差分値と、第3の値と第4の値との差分である色差に関する差分値とを導出し、該輝度に関する差分値と該色差に関する差分値とを用いて、CCLM予測パラメータを導出するCCLM予測パラメータ導出部と、
- 上記CCLM予測パラメータを用いて、上記予測画像を導出するCCLM予測フィルタ部と、を備え、
- 上記CCLM予測パラメータ導出部は、
- 上記輝度に関する差分値を用いた第1の対数値と上記色差に関する差分値の絶対値を用いた第2の対数値とを導出し、
- 該第1の対数値と該第2の対数値とを用いて、第1のシフト値を導出し、
- 上記CCLM予測フィルタ部は、上記第1のシフト値を用いて、上記予測画像を導出することを特徴とする予測画像生成装置。
- [請求項2] 上記CCLM予測パラメータは、上記輝度に関する差分値を用いて特定される参照テーブルの第5の値と、上記色差に関する差分値との積を用いて得られる第6の値を、上記第2の対数値だけ右シフトすることにより導出されることを特徴とする請求項1に記載の予測画像生成装置。
- [請求項3] 上記予測画像は、上記CCLM予測パラメータと輝度サンプル値との積を、上記第1のシフト値だけ右シフトすることにより導出されることを特徴とする請求項1に記載の予測画像生成装置。
- [請求項4] 請求項1に記載の上記CCLMフィルタ部から生成される予測画像と残差とを加算して、画像を復号する動画像復号装置。
- [請求項5] 請求項1に記載の上記CCLMフィルタ部から導出される予測画像と入力画像の差分から、残差を導出して符号化する動画像符号化装置

。

[請求項6] イントラ予測モードを用いて予測画像を生成する予測画像生成方法であって、

 第1の値と第2の値との差分である輝度に関する差分値と、第3の値と第4の値との差分である色差に関する差分値とを導出するステップと、

 上記輝度に関する差分値を用いた第1の対数値と、上記色差に関する差分値の絶対値を用いた第2の対数値とを導出するステップと、

 上記第1の対数値と上記第2の対数値とを用いて、第1のシフト値を導出するステップと、

 上記輝度に関する差分値と上記色差に関する差分値とを用いて、CCLM予測パラメータを導出するステップと、

 上記CCLM予測パラメータと上記第1のシフト値とを用いて、上記予測画像を導出するステップと、を少なくとも含むことを特徴とする予測画像生成方法。