

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4191592号  
(P4191592)

(45) 発行日 平成20年12月3日(2008.12.3)

(24) 登録日 平成20年9月26日(2008.9.26)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>HO4N</b>	<b>1/41</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4N	1/41	B
<b>GO6T</b>	<b>9/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO6T	9/00	
<b>HO4N</b>	<b>7/30</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4N	7/133	Z

請求項の数 15 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2003-433362 (P2003-433362)	(73) 特許権者	591128453
(22) 出願日	平成15年12月26日(2003.12.26)		株式会社メガチップス
(65) 公開番号	特開2005-192087 (P2005-192087A)		大阪府大阪市淀川区宮原4丁目1番6号
(43) 公開日	平成17年7月14日(2005.7.14)	(74) 代理人	100089233
審査請求日	平成18年12月20日(2006.12.20)		弁理士 吉田 茂明
		(74) 代理人	100088672
			弁理士 吉竹 英俊
		(74) 代理人	100088845
			弁理士 有田 貴弘
		(72) 発明者	水野 雄介
			大阪市淀川区宮原4丁目1番6号 株式会 社メガチップス内
		審査官	松永 稔

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧縮符号化装置、圧縮符号化方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像信号を圧縮符号化する圧縮符号化装置であって、  
ウェーブレット変換により画像信号を高域成分と低域成分とに再帰的に帯域分割して複数の帯域成分の変換係数を生成出力するウェーブレット変換部と、  
目標画質を示す量子化パラメータを、合成フィルタ係数のノルムで除算して量子化ステップサイズを求める画質制御部と、  
前記量子化ステップサイズに基づいて前記変換係数を量子化する量子化部と、  
を備えることを特徴とする圧縮符号化装置。

【請求項2】

画像信号を圧縮符号化する圧縮符号化装置であって、  
ウェーブレット変換により画像信号を高域成分と低域成分とに再帰的に帯域分割して複数の帯域成分の変換係数を生成出力するウェーブレット変換部と、  
目標画質を示す量子化パラメータを、合成フィルタ係数のノルムで除算して量子化ステップサイズを求める画質制御部と、  
前記変換係数をエントロピー符号化するエントロピー符号化部と、  
前記エントロピー符号化部の出力する符号化データを、前記量子化ステップサイズに基づいて並べ替えた符号列を生成し、前記符号化データの全体容量が目標符号量となるように前記符号列の一部を切り捨てることでレートを制御する符号量制御部と、  
を備えることを特徴とする圧縮符号化装置。

10

20

## 【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の圧縮符号化装置であって、

前記画質制御部は、合成フィルタ係数のノルムと人間の視覚特性に基づいて定められた所定の数値である energy weighting factor とを乗算した値で、指定された前記量子化パラメータを除算して、人間の視覚特性を考慮した重み付けを施した前記量子化ステップサイズを求めることを特徴とする圧縮符号化装置。

## 【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の圧縮符号化装置であって、

前記画質制御部は、前記量子化ステップサイズが所定の数値より小さいときは、前記量子化ステップサイズが前記所定の数値以上になる 2 の累乗を乗算して得られた値を前記量子化ステップサイズとすることを特徴とする圧縮符号化装置。

10

## 【請求項 5】

請求項 4 に記載の圧縮符号化装置であって、

前記符号量制御部は、前記符号化データを、前記量子化ステップサイズに基づいて並べ替えた符号列を生成するとき、前記量子化ステップサイズが前記画質制御部において 2 の累乗を乗算して求めた値であるときは、当該量子化ステップサイズで量子化された前記符号化データを、前記 2 の累乗の指数に対応するビット数だけシフトさせることを特徴とする圧縮符号化装置。

## 【請求項 6】

画像信号を圧縮符号化する圧縮符号化方法であって、

(a) ウェーブレット変換により画像信号を高域成分と低域成分とに再帰的に帯域分割して複数の帯域成分の変換係数を生成する工程と、

(b) 目標画質を示す量子化パラメータを、合成フィルタ係数のノルムで除算して量子化ステップサイズを求める工程と、

(c) 前記量子化ステップサイズに基づいて前記変換係数を量子化する工程と、  
を備えることを特徴とする圧縮符号化方法。

20

## 【請求項 7】

画像信号を圧縮符号化する圧縮符号化方法であって、

(a) ウェーブレット変換により画像信号を高域成分と低域成分とに再帰的に帯域分割して複数の帯域成分の変換係数を生成する工程と、

(b) 目標画質を示す量子化パラメータを、合成フィルタ係数のノルムで除算して量子化ステップサイズを求める工程と、

(d) 前記変換係数をエントロピー符号化する工程と、

(e) 前記工程 (d) で符号化した符号化データを、前記量子化ステップサイズに基づいて並べ替えた符号列を生成し、前記符号化データの全体容量が目標符号量となるように前記符号列の一部を切り捨てることでレートを制御する工程と、

を備えることを特徴とする圧縮符号化方法。

30

## 【請求項 8】

請求項 6 または請求項 7 に記載の圧縮符号化方法であって、

前記工程 (b) は、合成フィルタ係数のノルムと人間の視覚特性に基づいて定められた所定の数値である energy weighting factor とを乗算した値で、指定された前記量子化パラメータを除算して、人間の視覚特性を考慮した重み付けを施した前記量子化ステップサイズを求める工程を含むことを特徴とする圧縮符号化方法。

40

## 【請求項 9】

請求項 6 ないし請求項 8 のいずれかに記載の圧縮符号化方法であって、

前記工程 (b) は、前記量子化ステップサイズが所定の数値より小さいときは、

(b-1) 前記量子化ステップサイズが前記所定の数値以上になる 2 の累乗を乗算して前記量子化ステップサイズを求める工程、

を含むことを特徴とする圧縮符号化方法。

## 【請求項 10】

50

請求項 9 に記載の圧縮符号化方法であって、

前記工程 ( e ) は、前記符号化データを前記量子化ステップサイズに基づいて並べ替えた符号列を生成するときに、前記工程 ( b - 1 ) により前記量子化ステップサイズを求めたときは、

( e - 1 ) 前記符号化データを、前記工程 ( b - 1 ) で乗算した 2 の累乗の指数に対応するビット数だけシフトさせる工程、

を含むことを特徴とする圧縮符号化方法。

【請求項 1 1】

マイクロプロセッサに画像信号を圧縮符号化させるためのプログラムであって、

ウェーブレット変換により画像信号を高域成分と低域成分とに再帰的に帯域分割して複数の帯域成分の変換係数を生成出力するウェーブレット変換部と、

目標画質を示す量子化パラメータを、合成フィルタ係数のノルムで除算して量子化ステップサイズを求める画質制御部と、

前記量子化ステップサイズに基づいて前記変換係数を量子化する量子化部として、前記マイクロプロセッサを機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項 1 2】

マイクロプロセッサに画像信号を圧縮符号化するためのプログラムであって、

ウェーブレット変換により画像信号を高域成分と低域成分とに再帰的に帯域分割して複数の帯域成分の変換係数を生成出力するウェーブレット変換部と、

目標画質を示す量子化パラメータを、合成フィルタ係数のノルムで除算して量子化ステップサイズを求める画質制御部と、

前記変換係数をエントロピー符号化するエントロピー符号化部と、

前記エントロピー符号化部の出力する符号化データを、前記量子化ステップサイズに基づいて並べ替えた符号列を生成し、前記符号化データの全体容量が目標符号量となるように前記符号列の一部を切り捨てることでレートを制御する符号量制御部として、前記マイクロプロセッサを機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 または請求項 1 2 に記載のプログラムであって、

前記マイクロプロセッサを前記画質制御部として機能させるときは、合成フィルタ係数のノルムと人間の視覚特性に基づいて定められた所定の数値である energy weighting factor とを乗算した値で、指定された前記量子化パラメータを除算して、人間の視覚特性を考慮した重み付けを施した前記量子化ステップサイズを求めるように、機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項 1 4】

請求項 1 1 ないし請求項 1 3 のいずれかに記載のプログラムであって、

前記マイクロプロセッサを前記画質制御部として機能させるときは、前記量子化ステップサイズが所定の数値より小さいときは、前記量子化ステップサイズが前記所定の数値以上になる 2 の累乗を乗算して得られた値を前記量子化ステップサイズとするように、機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載のプログラムであって、

前記マイクロプロセッサを前記符号量制御部として機能させるときは、前記符号化データを、前記量子化ステップサイズに基づいて並べ替えた符号列を生成するときに、前記量子化ステップサイズが前記画質制御部において 2 の累乗を乗算して求めた値であるときは、当該量子化ステップサイズで量子化された前記符号化データを、前記 2 の累乗の指数に対応するビット数だけシフトさせるように、機能させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像圧縮伸長技術で使用される圧縮符号化方法および圧縮符号化装置および

10

20

30

40

50

圧縮符号化方法に関する。

【背景技術】

【0002】

画像データの次世代の高能率符号化方式として、ISO（国際標準化機構）やITU-T（国際電気通信連合電気通信標準化部門）によって、JPEG2000（Joint Photographic Experts Group 2000）方式が策定されている。JPEG2000方式は、現在主流のJPEG（Joint Photographic Experts Group）方式と比べて優れた機能を有するものであり、直交変換としてDWT（離散ウェーブレット変換；Discrete Wavelet Transform）を採用し、エントロピー符号化に、ビットプレーン符号化を行うEBCOT（Embedded Block Coding with Optimized Truncation）と称する方法を採用する点に特徴がある

10

【0003】

図24は、JPEG2000方式に基づいた画像の圧縮符号化装置の概略構成を示す機能ブロック図である。以下、この図24を参照しつつ、JPEG2000方式の圧縮符号化手順について概説する。

【0004】

この圧縮符号化装置100に入力する画像信号は、DCレベルシフト部102で必要に応じてDCレベル変換を施された後に、色空間変換部103に出力される。次に、色空間変換部103は、DCレベルシフト部102から入力する信号の色空間を変換する。ここで、例えば、色空間変換部103に入力するRGB信号はYCbCr信号（輝度信号Yと色差信号Cb, Crからなる信号）に変換される。

20

【0005】

次に、タイリング部104は、色空間変換部103から入力する画像信号を、複数の矩形形状の「タイル」と称する領域成分に分割してDWT部105に出力する。DWT部105は、タイリング部104から入力する画像信号に対してタイル単位で整数型または実数型のDWTを施し、その結果得られる変換係数を出力する。DWTでは、2次元画像信号に対して、高域成分（高周波数成分）と低域成分（低周波数成分）とに分割する1次元フィルタが垂直方向と水平方向の順に適用される。JPEG2000の基本方式では、垂直方向と水平方向との双方向に低域側に分割した帯域成分のみを再帰的に帯域分割していくオクターブ分割方式が採用されている。またその再帰的に帯域分割した回数は、分解レベル（decomposition level）と呼ばれる。

30

【0006】

図25は、オクターブ分割方式に従って、分解レベル3のDWTを施された2次元画像120を示す模式図である。分解レベル1では、2次元画像120は、垂直方向と水平方向とに前述の1次元フィルタを順次適用することで、HH1, HL1, LH1およびLL1（図示せず）の4つの帯域成分に分割される。ここで、「H」は高域成分を、「L」は低域成分をそれぞれ示している。例えば、HL1は、分解レベル1における水平方向の高域成分Hと垂直方向の低域成分Lとからなる帯域成分である。その表記法を一般化して、「XYn」（X, YはH, Lの何れか；nは1以上の整数）は、分解レベルnにおける水平方向の帯域成分Xと垂直方向の帯域成分Yとからなる帯域成分を指すものとする。

40

【0007】

分解レベル2では、低域成分LL1は、HH2, HL2, LH2およびLL2（図示せず）に帯域分割される。更に、分解レベル3では、低域成分LL2は、HH3, HL3, LH3およびLL3に帯域分割される。以上で生成された帯域成分HH1~LL3を配列したのが図25である。図25では、3次の分解レベルの例が示されているが、JPEG2000方式では、一般に、3次~8次程度の分解レベルが採用される。

【0008】

次に、量子化部106は、DWT部105から出力された変換係数を、必要に応じてスカラ量子化する機能を有する。また量子化部106は、ROI部107による指定領域（ROI；Region Of Interest）の画質を優先させるビットシフト処理を行う機能も有し

50

ている。尚、可逆（ロスレス）変換を行う場合には、量子化部 106 でのスカラー量子化は行われぬ。J P E G 2 0 0 0 方式では、この量子化部 106 でのスカラー量子化と後述するポスト量子化（truncation）との 2 種類の量子化手段が用意されている。

#### 【0009】

次に、量子化部 106 から出力された変換係数は、上述の E B C O T に従って、係数ビットモデリング部 108 と算術符号化部 109 とで順次、ブロックベースのエントロピー符号化を施され、符号量制御部 110 でレート制御される。具体的には、係数ビットモデリング部 108 は、入力する変換係数の帯域成分を  $16 \times 16$  や  $32 \times 32$  や  $64 \times 64$  程度の「コードブロック」と称する領域に分割し、更に、各コードブロックを、各ビットの 2 次元配列で構成される複数のビットプレーンに分解する。

10

#### 【0010】

図 26 は、複数のコードブロック  $121, 121, 121, \dots$  に分解された 2 次元画像  $120$  を示す模式図である。また、図 27 は、このコードブロック  $121$  を構成する  $n$  枚のビットプレーン  $122_0 \sim 122_{n-1}$  ( $n$ : 自然数) を示す模式図である。図 27 に示すように、コードブロック  $121$  中の 1 点の変換係数の 2 進値  $123$  が "011...0" である場合、この 2 進値  $123$  を構成するビットは、それぞれ、ビットプレーン  $122_{n-1}, 122_{n-2}, 122_{n-3}, \dots, 122_0$  に属するように分解される。図中のビットプレーン  $122_{n-1}$  は、変換係数の最上位ビット (MSB) のみからなる最上位ビットプレーンを表し、ビットプレーン  $122_0$  は、その最下位ビット (LSB) のみからなる最下位ビットプレーンを表している。

20

#### 【0011】

更に、係数ビットモデリング部 108 は、各ビットプレーン  $122_k$  ( $k = 0 \sim n - 1$ ) 内の各ビットのコンテキスト (context) 判定を行い、図 28 に示すように、各ビットの有意性 (判定結果) に応じて、ビットプレーン  $122_k$  を 3 種類の符号化パス、すなわち、S I G パス (S I G n i f i c a n c e p r o p a g a t i o n p a s s), M R パス (M a g n i t u d e R e f i n e m e n t p a s s), C L パス (C l e a n u p p a s s) に分解する。各符号化パスに関するコンテキスト判定のアルゴリズムは、E B C O T で定められている。それによれば、「有意である」とは、これまでの符号化処理において注目係数がゼロでないといわけている状態のことを意味し、「有意で無い」とは、係数値がゼロであるか、或いはゼロである可能性がある状態のことを意味する。

30

#### 【0012】

係数ビットモデリング部 108 は、S I G パス (有意な係数が周囲にある有意でない係数の符号化パス)、M R パス (有意な係数の符号化パス) および C L パス (S I G パス, M R パスに該当しない残りの係数情報の符号化パス) の 3 種類の符号化パスでビットプレーン符号化を実行する。ビットプレーン符号化は、最上位ビットプレーンから最下位ビットプレーンにかけて、各ビットプレーンのビットを 4 ビット単位で走査し、有意な係数が存在するか否かを判定することで行われる。有意で無い係数 (0 ビット) のみで構成されるビットプレーンの数はパケットヘッダに記録され、有意な係数が最初に出現したビットプレーンから実際の符号化が開始される。その符号化開始のビットプレーンは C L パスのみで符号化され、当該ビットプレーンよりも下位のビットプレーンは、上記 3 種類の符号化パスで順次符号化される。

40

#### 【0013】

尚、図 29 に、レート (符号量;  $R$ ) と歪み ( $D$ ) の関係を表す  $R - D$  曲線を示す。この  $R - D$  曲線中、 $R_1$  はビットプレーン符号化前のレート、 $R_2$  はビットプレーン符号化後のレート、 $D_1$  はビットプレーン符号化前の歪み、 $D_2$  はビットプレーン符号化後の歪み、をそれぞれ示している。また、A, B, C は、上述の符号化パスを表すラベルである。効率的な符号化を行うには、開始点  $P_1 (R_1, D_1)$  から終了点  $(R_2, D_2)$  へ向かう経路のうち、凸曲線の C - B - A の経路よりも、凹曲線の A - B - C の経路を採用するのが好ましい。このような凹曲線を実現するには、MSB プレーンから LSB プレーンに向けて符号化すればよいことが知られている。

50

## 【 0 0 1 4 】

次に、算術符号化部 1 0 9 は、MQ コーダを用いて、係数ビットモデリング部 1 0 8 からの係数列に対して、コンテキストの判定結果に基づいて符号化パス単位で算術符号化を実行する。尚、この算術符号化部 1 0 9 で、係数ビットモデリング部 1 0 8 から入力する係数列の一部を算術符号化させないバイパス処理を行うモードもある。

## 【 0 0 1 5 】

次に、符号量制御部 1 1 0 は、算術符号化部 1 0 9 が出力した符号列の下位ビットプレーンを切り捨てるポスト量子化を行うことで、最終符号量を制御する。そして、ビットストリーム生成部 1 1 1 は、符号量制御部 1 1 0 が出力した符号列と付加情報（ヘッダ情報、レイヤー構成、スケーラビリティ情報、量子化テーブルなど）とを多重化したビットストリームを生成し、圧縮画像として出力する。

10

## 【 0 0 1 6 】

以上のような構成を有する圧縮符号化装置において、画像データのデータ量を圧縮するための方法としては、例えば、符号量制御部 1 1 0 におけるレート制御方法を利用するレート・歪み最適化 (R-D optimization) と称する手法が採用されている（非特許文献 1 参照）。

## 【 0 0 1 7 】

【非特許文献 1】David S. Taubman and Michael W. Marcellin, "JPEG2000 IMAGE COMPRESSION FUNDAMENTALS, STANDARDS AND PRACTICE," Kluwer Academic Publishers

## 【 発明の開示 】

20

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 1 8 】

しかしながら、この手法では、( 1 ) レートに対する歪量を各符号化パスで逐一算出する必要があり、また或る符号化レートにおける最適解を推定しなければならず、演算量が多大になりリアルタイム性が低下する、( 2 ) 各符号化パスで算出した歪量を保存するためのメモリが必要になる、という問題がある。

## 【 0 0 1 9 】

以上の問題などに鑑みて本発明が課題とするところは、少ない演算量で且つ高速にデータ量の圧縮を実行し得る圧縮符号化装置および圧縮符号化方法を提供する点にある。

## 【 課題を解決するための手段 】

30

## 【 0 0 2 0 】

上記課題を解決すべく、請求項 1 に記載の発明は、画像信号を圧縮符号化する圧縮符号化装置であって、ウェーブレット変換により画像信号を高域成分と低域成分とに再帰的に帯域分割して複数の帯域成分の変換係数を生成出力するウェーブレット変換部と、目標画質を示す量子化パラメータを、合成フィルタ係数のノルムで除算して量子化ステップサイズを求める画質制御部と、前記量子化ステップサイズに基づいて前記変換係数を量子化する量子化部と、を備えることを特徴とするものである。

## 【 0 0 2 1 】

請求項 2 に記載の発明は、画像信号を圧縮符号化する圧縮符号化装置であって、ウェーブレット変換により画像信号を高域成分と低域成分とに再帰的に帯域分割して複数の帯域成分の変換係数を生成出力するウェーブレット変換部と、目標画質を示す量子化パラメータを、合成フィルタ係数のノルムで除算して量子化ステップサイズを求める画質制御部と、前記変換係数をエントロピー符号化するエントロピー符号化部と、前記エントロピー符号化部の出力する符号化データを、前記量子化ステップサイズに基づいて並べ替えた符号列を生成し、前記符号化データの全体容量が目標符号量となるように前記符号列の一部を切り捨てることでレートを制御する符号量制御部と、を備えることを特徴とするものである。

40

## 【 0 0 2 2 】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 または請求項 2 に記載の圧縮符号化装置であって、前記画質制御部は、合成フィルタ係数のノルムと人間の視覚特性に基づいて定められた所

50

定の数値であるenergy weighting facotorとを乗算した値で、指定された前記量子化パラメータを除算して、人間の視覚特性を考慮した重み付けを施した前記量子化ステップサイズを求めることを特徴とするものである。

【0023】

請求項4に記載の発明は、請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の圧縮符号化装置であって、前記画質制御部は、前記量子化ステップサイズが所定の数値より小さいときは、前記量子化ステップサイズが前記所定の数値以上になる2の累乗を乗算して得られた値を前記量子化ステップサイズとすることを特徴とするものである。

【0024】

請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の圧縮符号化装置であって、前記符号量制御部は、前記符号化データを、前記量子化ステップサイズに基づいて並べ替えた符号列を生成するとき、前記量子化ステップサイズが前記画質制御部において2の累乗を乗算して求めた値であるときは、当該量子化ステップサイズで量子化された前記符号化データを、前記2の累乗の指数に対応するビット数だけシフトさせることを特徴とするものである。

10

【0025】

請求項6に記載の発明は、画像信号を圧縮符号化する圧縮符号化方法であって、(a) ウェーブレット変換により画像信号を高域成分と低域成分とに再帰的に帯域分割して複数の帯域成分の変換係数を生成する工程と、(b) 目標画質を示す量子化パラメータを、合成フィルタ係数のノルムで除算して量子化ステップサイズを求める工程と、(c) 前記量子化ステップサイズに基づいて前記変換係数を量子化する工程と、を備えることを特徴とするものである。

20

【0026】

請求項7に記載の発明は、画像信号を圧縮符号化する圧縮符号化方法であって、(a) ウェーブレット変換により画像信号を高域成分と低域成分とに再帰的に帯域分割して複数の帯域成分の変換係数を生成する工程と、(b) 目標画質を示す量子化パラメータを、合成フィルタ係数のノルムで除算して量子化ステップサイズを求める工程と、(d) 前記変換係数をエントロピー符号化する工程と、(e) 前記工程(d)で符号化した符号化データを、前記量子化ステップサイズに基づいて並べ替えた符号列を生成し、前記符号化データの全体容量が目標符号量となるように前記符号列の一部を切り捨てることでレートを制御する工程と、を備えることを特徴とするものである。

30

【0027】

請求項8に記載の発明は、請求項6または請求項7に記載の圧縮符号化方法であって、前記工程(b)は、合成フィルタ係数のノルムと人間の視覚特性に基づいて定められた所定の数値であるenergy weighting facotorとを乗算した値で、指定された前記量子化パラメータを除算して、人間の視覚特性を考慮した重み付けを施した前記量子化ステップサイズを求める工程を含むことを特徴とするものである。

【0028】

請求項9に記載の発明は、請求項6ないし請求項8のいずれかに記載の圧縮符号化方法であって、前記工程(b)は、前記量子化ステップサイズが所定の数値より小さいときは、(b-1)前記量子化ステップサイズが前記所定の数値以上になる2の累乗を乗算して前記量子化ステップサイズを求める工程を含むことを特徴とするものである。

40

【0029】

請求項10に記載の発明は、請求項9に記載の圧縮符号化方法であって、前記工程(e)は、前記符号化データを前記量子化ステップサイズに基づいて並べ替えた符号列を生成するとき、前記工程(b-1)により前記量子化ステップサイズを求めたときは、(e-1)前記符号化データを、前記工程(b-1)で乗算した2の累乗の指数に対応するビット数だけシフトさせる工程を含むことを特徴とするものである。

【0030】

請求項11に記載の発明は、マイクロプロセッサに画像信号を圧縮符号化させるためのプログラムであって、ウェーブレット変換により画像信号を高域成分と低域成分とに再帰

50

的に帯域分割して複数の帯域成分の変換係数を生成出力するウェーブレット変換部と、目標画質を示す量子化パラメータを、合成フィルタ係数のノルムで除算して量子化ステップサイズを求める画質制御部と、前記量子化ステップサイズに基づいて前記変換係数を量子化する量子化部として、前記マイクロプロセッサを機能させることを特徴とするものである。

【0031】

請求項12に記載の発明は、マイクロプロセッサに画像信号を圧縮符号化するためのプログラムであって、ウェーブレット変換により画像信号を高域成分と低域成分とに再帰的に帯域分割して複数の帯域成分の変換係数を生成出力するウェーブレット変換部と、目標画質を示す量子化パラメータを、合成フィルタ係数のノルムで除算して量子化ステップサイズを求める画質制御部と、前記変換係数をエントロピー符号化するエントロピー符号化部と、前記エントロピー符号化部の出力する符号化データを、前記量子化ステップサイズに基づいて並べ替えた符号列を生成し、前記符号化データの全体容量が目標符号量となるように前記符号列の一部を切り捨てることでレートを制御する符号量制御部として、前記マイクロプロセッサを機能させることを特徴とするものである。

10

【0032】

請求項13に記載の発明は、請求項11または請求項12に記載のプログラムであって、前記マイクロプロセッサを前記画質制御部として機能させるときは、合成フィルタ係数のノルムと人間の視覚特性に基づいて定められた所定の数値であるenergy weighting factorとを乗算した値で、指定された前記量子化パラメータを除算して、人間の視覚特性を考慮した重み付けを施した前記量子化ステップサイズを求めるように、機能させることを特徴とするものである。

20

【0033】

請求項14に記載の発明は、請求項11ないし請求項13のいずれかに記載のプログラムであって、前記マイクロプロセッサを前記画質制御部として機能させるときは、前記量子化ステップサイズが所定の数値より小さいときは、前記量子化ステップサイズが前記所定の数値以上になる2の累乗を乗算して得られた値を前記量子化ステップサイズとするように、機能させることを特徴とするものである。

【0034】

請求項15に記載の発明は、請求項14に記載のプログラムであって、前記マイクロプロセッサを前記符号量制御部として機能させるときは、前記符号化データを、前記量子化ステップサイズに基づいて並べ替えた符号列を生成するときに、前記量子化ステップサイズが前記画質制御部において2の累乗を乗算して求めた値であるときは、当該量子化ステップサイズで量子化された前記符号化データを、前記2の累乗の指数に対応するビット数だけシフトさせるように、機能させることを特徴とするものである。

30

【発明の効果】

【0035】

請求項1、請求項6および請求項11に記載の発明によれば、目標画質に従って量子化によるデータの圧縮率を制御しながら、最適解を推定する処理が必要な従来技術に比べて少ない演算量で高速な量子化を行うことが可能である。

40

【0036】

請求項2、請求項7および請求項12に記載の発明によれば、目標符号量に適合する圧縮画像を容易に生成することができる。

【0037】

請求項3、請求項8および請求項13に記載の発明によれば、人間の視覚評価に適した高い表示画質を有する圧縮画像を容易に生成することが可能である。

【0038】

請求項4、請求項9および請求項14に記載の発明によれば、目標画質に従って効率的に量子化する装置を容易に実現することができる。

【0039】

50

請求項 5、請求項 10 および請求項 15 に記載の発明によれば、目標符号量に適合する高画質な圧縮画像を効率的に生成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0040】

{ 圧縮符号化装置 }

図 1 は、本発明の実施形態に係る圧縮符号化装置 1 の概略構成を示す機能ブロック図である。この圧縮符号化装置 1 の構成と機能について概説した後に、本実施形態に係る量子化方法および符号化方法について詳説する。

【0041】

この圧縮符号化装置 1 は、DC レベルシフト部 10、色空間変換部 11、タイリング部 12、DWT 部 13、量子化部 14、ROI 部 15、係数ビットモデリング部 20、算術符号化部（エントロピー符号化部）21、符号量制御部 22、画質制御部 23 およびビットストリーム生成部 17 を備えて構成される。

【0042】

尚、この圧縮符号化装置 1 を構成する各処理部 10 ~ 15, 17, 20 ~ 23 の全部または一部は、ハードウェアで構成されてもよいし、マイクロプロセッサを機能させるプログラムで構成されていてもよい。

【0043】

この圧縮符号化装置 1 に入力した画像信号は、DC レベルシフト部 10 で必要に応じて DC レベル変換を施された後に、色空間変換部 11 に出力される。色空間変換部 11 は入力信号を色空間変換して出力する。JPEG 2000 方式によれば、色空間変換として、可逆変換用の RCT (Reversible Component Transformation) と、非可逆変換用の ICT (Irreversible Component Transformation) とが用意されており、何れか一方を適宜選択できる。これにより、例えば、入力する RGB 信号を YCbCr 信号或いは YUV 信号に変換する。

【0044】

次に、タイリング部 12 は、色空間変換部 11 から入力する画像信号を、複数の矩形形状の「タイル」と称する領域成分に分割して DWT 部 13 に出力する。尚、必ずしも、画像信号をタイルに分割する必要は無く、1 フレーム分の画像信号をそのまま次段の機能ブロックに出力してもよい。

【0045】

次に、DWT 部 13 は、タイリング部 12 から入力する画像信号に対してタイル単位で整数型または実数型の DWT を施すことで、上記オクターブ分割方式に従って画像信号を高域成分と低域成分とに再帰的に帯域分割する。その結果、図 25 に示したような複数の帯域成分（サブバンド）HH1 ~ LL3 の変換係数が生成され量子化部 14 に出力される。具体的には、実数型 DWT であれば、9 × 7 タップ、5 × 3 タップまたは 7 × 5 タイプなどのフィルタが使用され、整数型 DWT であれば、5 × 3 タップまたは 13 × 7 タップなどのフィルタが使用される。また、これらフィルタの処理を畳み込み演算で実行してもよいし、或いは、畳み込み演算よりも効率的なリフティング構成 (Lifting scheme) で実行してもよい。

【0046】

量子化部 14 は、DWT 部 13 から入力する変換係数を、画質制御部 23 で決定される量子化パラメータに従って、スカラー量子化する機能を有する。また量子化部 14 は、ROI 部 15 による指定領域 (ROI; Region Of Interest) の画質を優先させるビットシフト処理を行う機能も有している。画質制御部 23 における量子化パラメータの決定方法および量子化部 14 における量子化の方法については後述する。

【0047】

次に、量子化部 14 から出力された変換係数 QD は、係数ビットモデリング部 20 と算術符号化部 21 とで順次、ブロックベースのエントロピー符号化を施され、符号量制御部 22 でレートを制御される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 8 】

係数ビットモデリング部 2 0 は、図 2 4 に示した係数ビットモデリング部 1 0 8 と同様に、入力する変換係数 Q D の帯域成分を  $3 2 \times 3 2$  や  $6 4 \times 6 4$  程度のコードブロックに分割し、更に、各コードブロックを、各ビットを 2 次元配列して構成される複数のビットプレーンに分解する。この結果、各コードブロックは、図 2 7 に示したような複数のビットプレーン  $1 2 2_0 \sim 1 2 2_{n-1}$  に分解される。

## 【 0 0 4 9 】

次に、算術符号化部 2 1 は、係数ビットモデリング部 2 0 から入力する符号化データ B D を算術符号化し、その結果得た符号化データ A D を符号量制御部 2 2 に出力する。ここで、算術符号化部 2 1 は、前記符号化対象の一部を算術符号化せずに、当該符号化対象をそのまま符号化データ A D に含めて出力するバイパス処理を行う場合もある。尚、本実施の形態では算術符号化を採用するが、本発明はこれに限らず、他の方式のエントロピー符号化を採用しても構わない。

10

## 【 0 0 5 0 】

次に、符号量制御部 2 2 は、画質制御部 2 3 からの指示に基づいて、算術符号化部 2 1 から入力する符号化データ A D のレートを制御する機能を有する。すなわち、符号量制御部 2 2 は、目標符号量（最終的な圧縮画像の符号量）に合わせて、符号化データ A D を、帯域成分単位あるいはビットプレーン単位、パス単位で優先度の低いものから順に切り捨てるといったポスト量子化を実行する機能を有する。符号量制御部 2 2 でのレート制御の方法については後述する。

20

## 【 0 0 5 1 】

そして、ビットストリーム生成部 1 7 は、符号量制御部 2 2 から出力された符号化データ C D と付加情報（ヘッダ情報、レイヤー構成、スケーラビリティ、量子化テーブルなど）とを多重化したビットストリームを生成し、圧縮画像として外部に出力する。

## 【 0 0 5 2 】

{ 画質制御処理 }

次に、図 1 に示した画質制御部 2 3 の構成と処理内容について説明する。画質制御部 2 3 は、外部から供給される目標画質情報（高画質、標準画質、低画質、解像度情報など）に基づいて、DWT 部 1 3 から入力する変換係数を量子化部 1 4 で量子化するときの量子化ステップサイズ  $\Delta_b$  を決定する機能を有する。以下、量子化ステップサイズ  $\Delta_b$  の決定方法について説明する。

30

## 【 0 0 5 3 】

DWT 部 1 3 によって、原画像が図 2 5 に示すように、「X Y n」（X, Y は広域成分 H または低域成分 L の何れか。n は分解レベル。）のサブバンド（帯域成分）に分割されたときに、各サブバンドの量子化に用いる量子化ステップサイズ  $\Delta_b$  を、次式（1）のように設定する。

## 【 0 0 5 4 】

【数 1】

$$\Delta_b = Q_p / Q_b \quad \dots (1)$$

40

## 【 0 0 5 5 】

ここで、 $Q_p$  は、目標画質情報に従って入力される正の数、すなわち量子化パラメータであって、高画質であるほど小さな値を入力する。量子化パラメータ  $Q_p$  は、利用者が直接数値を入力して指定する態様であってもよいし、例えば、予め、目標画質情報を示す「高画質、標準画質、低画質」といった所定の指示語と量子化パラメータ  $Q_p$  の数値とを関連づけた所定のテーブルを備えておき、利用者が所望する画像データの圧縮後の目標画質を指示語によって指定することで、当該テーブルにおいて関連づけられた量子化パラメータ  $Q_p$  の値を読み出して利用する態様であっても構わない。

## 【 0 0 5 6 】

$Q_b$  は、各サブバンドにおける量子化係数であって、合成フィルタ係数のノルムとして

50

、次式(2)で表される。

【0057】

【数2】

$$Q_b = \sqrt{G_b} \quad \dots (2)$$

【0058】

ここで、サブバンドbの重み係数 $G_b$ は、次式(3)に従って算出される。

【0059】

【数3】

$$G_b = \|S_b\|^2 \quad (\text{但し、} S_b = s_b[n]) \quad \dots (3)$$

10

【0060】

上式(3)中、 $s_b[n]$ は、サブバンドbの1次元合成フィルタ係数を示している。また、記号 $\|x\|$ は、ベクトルxに関するノルムを示す。

【0061】

上述した非特許文献1に記載される数式(4.39)と(4.40)によれば、分解レベル1における低域成分L1の1次元合成フィルタ係数 $s_{L[1]}[n]$ と、同分解レベルにおける高域成分H1の1次元合成フィルタ係数 $s_{H[1]}[n]$ とは、次式(4)に従って算出される。

20

【0062】

【数4】

$$\begin{cases} s_{L[1]}[n] = g_0[n] \\ s_{H[1]}[n] = g_1[n] \end{cases} \quad \dots (4)$$

【0063】

ここで、上式(4)中、 $g_0[n]$ は、画像信号を帯域分割する順変換フィルタのローパス・フィルタ係数、 $g_1[n]$ は、そのハイパス・フィルタ係数をそれぞれ示している。

30

【0064】

また、分解レベルd( $d = 1, 2, \dots, D$ )における低域成分Ldの1次元合成フィルタ係数 $s_{L[d]}[n]$ と、同分解レベルにおける高域成分Hdの1次元合成フィルタ係数 $s_{H[d]}[n]$ とは、次式(5)に従って算出される。

【0065】

【数5】

$$\begin{cases} s_{L[d]}[n] = \sum_k s_{L[d-1]}[k] g_0[n-2k] \\ s_{H[d]}[n] = \sum_k s_{H[d-1]}[k] g_0[n-2k] \end{cases} \quad \dots (5)$$

40

【0066】

そして、分解レベルdにおける低域成分Ldの1次元合成フィルタ係数のノルムの二乗は、次式(6)に従って算出される。

【0067】

50

【数6】

$$G_{L[d]} = \|s_{L[d]}[n]\|^2 = \sum_j |s_{L[d]}[j]|^2 \dots (6)$$

【0068】

高域成分の1次元合成フィルタ係数のノルムの二乗も、上式(6)と同様にして算出することができる。

【0069】

1次元合成フィルタ係数のノルムの二乗の計算結果を表1に示す。表中のnは分解レベルを示しており、例えば $G_{L_1}$ とは、低域成分Lの分解レベル1における計算結果を示している。

【0070】

【表1】

1次元合成フィルタ係数のノルムの二乗

分解レベル	$G_{Ln}$	$G_{Hn}$
1	1.96591	0.52022
2	4.12241	0.96722
3	8.41674	2.07926
4	16.93557	4.30048
5	33.92493	8.68672
6	67.87717	17.41884
7	135.76805	34.86078
8	271.54296	69.73317
9	543.08936	139.47215
10	1086.18043	278.94721
11	2172.36172	557.89587

【0071】

次に、分解レベルd ( $d = 1, 2, \dots, D$ ; Dは整数)における帯域成分 $LL_d, HL_d, LH_d, HH_d$ の2次元合成フィルタ係数は、上記1次元合成フィルタ係数の積で表現することができ、帯域成分bの2次元の重み係数 $G_b$ も、1次元の重み係数の積で表現することができる。具体的には、2次元合成フィルタ係数と2次元の重み係数とは、次式(7)に従って算出される。

【0072】

【数7】

$$\begin{cases} s_{LL[D]}[n_1, n_2] = s_{L[D]}[n_1] s_{L[D]}[n_2] \Rightarrow G_{LL[D]} = G_{L[D]} \cdot G_{L[D]} \\ s_{HL[d]}[n_1, n_2] = s_{L[d]}[n_1] s_{H[d]}[n_2] \Rightarrow G_{HL[d]} = G_{L[d]} \cdot G_{H[d]} \\ s_{LH[d]}[n_1, n_2] = s_{H[d]}[n_1] s_{L[d]}[n_2] \Rightarrow G_{LH[d]} = G_{H[d]} \cdot G_{L[d]} \dots (7) \\ s_{HH[d]}[n_1, n_2] = s_{H[d]}[n_1] s_{H[d]}[n_2] \Rightarrow G_{HH[d]} = G_{H[d]} \cdot G_{H[d]} \end{cases}$$

【0073】

上式(7)中、添字 $LL[D]$ はサブバンド $LL_d$ を示し、 $HL[d], LH[d]$ および $HH[d]$ はそれぞれサブバンド $HL_d, LH_d$ および $HH_d$ を表している。

【0074】

重み係数 $G_b$ の平方根がノルムである。以下の表2および表3に、表1から求めた2次元の重み係数 $G_b$ に関する計算結果を示す。表2には(9, 7)フィルタ(9×7タップ

のフィルタ)の各帯域成分のノルムの二乗の数値を、表3には表2に対応するノルムの数値をそれぞれ示す。

【0075】

【表2】

(9,7)フィルタの歪の重み係数G(ノルムの二乗)

分解レベル	LL	HL	LH	HH
1	3.86479	1.02270	1.02270	0.27063
2	16.99426	3.98726	3.98726	0.93551
3	70.84158	17.50056	17.50056	4.32330
4	286.81360	72.83113	72.83113	18.49415
5	1150.90066	294.69647	294.69647	75.45917
6	4607.30956	1182.34209	1182.34209	303.41630
7	18432.96262	4732.98083	4732.98083	1215.27440
8	73735.57967	18935.55202	18935.55202	4862.71528
9	294946.04918	75745.84127	75745.84127	19452.48118
10	1179787.92756	302986.99951	302986.99951	77811.54539
11	4719155.44117	1211951.63280	1211951.63280	311247.80240

10

20

【0076】

【表3】

(9,7)フィルタのノルム

分解レベル	LL	HL	LH	HH
1	1.96591	1.01129	1.01129	0.52022
2	4.12241	1.99681	1.99681	0.96722
3	8.41674	4.18337	4.18337	2.07926
4	16.93557	8.53412	8.53412	4.30048
5	33.92493	17.16673	17.16673	8.68672
6	67.87717	34.38520	34.38520	17.41885
7	135.76805	68.79666	68.79666	34.86079
8	271.54296	137.60651	137.60651	69.73317
9	543.08936	275.21962	275.21962	139.47215
10	1086.18043	550.44255	550.44255	278.94721
11	2172.36172	1100.88675	1100.88675	557.89587

30

【0077】

例えば、輝度信号Y、色差信号UおよびVの全てについて、同じく量子化パラメータ $Q_p = 16$ として、表3に示した値から上式(1)および(2)を利用して求めた輝度信号Y、色差信号UおよびVの量子化ステップサイズ $\sigma_b$ は、表4のようになる。

【0078】

尚、輝度信号Y、色差信号UおよびVのそれぞれについて、量子化ステップサイズ $\sigma_b$ を求めるのに利用する量子化パラメータ $Q_p$ は、必ずしも同じ値をとる必要はなく、画像データの内容に応じて、異なる値を利用して構わない。例えば、色成分を強調したい場合に、色差信号UおよびVに利用する量子化パラメータ $Q_p$ を輝度信号Yに比して小さくするなど、画像データの内容等を考慮して、それぞれについて適当な量子化パラメータ $Q_p$ を利用すればよい。

40

50

【 0 0 7 9 】

【表 4】

量子化ステップサイズ  $\Delta_b$ 

分解レベル	LL	HL	LH	HH
1	X	15.82143	15.82143	30.75634
2	X	8.01277	8.01277	16.54233
3	X	3.82467	3.82467	7.69506
4	X	1.87483	1.87483	3.72051
5	0.47163	0.93204	0.93204	1.84189

10

【 0 0 8 0 】

画質制御部 2 3 では、このようにして量子化ステップサイズ  $\Delta_b$  を求め、これを量子化部 1 4 に通知する。そして、量子化部 1 4 では、各サブバンド毎に、通知された量子化ステップサイズ  $\Delta_b$  に従って量子化を行う。

【 0 0 8 1 】

ただし、量子化ステップサイズ  $\Delta_b$  の値が 1 より小さくなる場合には、1 以上の値となるように 2 の累乗を乗算してから用いる。例えば、上述した方法で計算した結果、求められたサブバンド LL 5 の量子化ステップサイズ  $\Delta_b$  は 0 . 4 7 1 6 3 であるが、実際に画像データを量子化するときには、この値に  $2^2$  を乗算して量子化ステップサイズ  $\Delta_b = 1 . 8 8 6 5 2$  として量子化を行う。同様に、サブバンド HL 5 では、量子化ステップサイズ  $\Delta_b = 0 . 9 3 2 0 4$  に 2 を乗算して、量子化ステップサイズ  $\Delta_b = 1 . 8 6 4 0 7$  として量子化を行う。このように量子化ステップサイズ  $\Delta_b$  を、量子化を実現する量子化器の性能に基づいて所定の数値に変換する機能を有することで、量子化器の構成を簡素化することが可能であり、本来の量子化の目的であるデータ量の圧縮を達成することもできる。尚、量子化ステップサイズ  $\Delta_b$  を 1 以上の値としたのは一例であって、量子化器の機能によって、例えば 1 / 2 以上の値を利用する量子化器であれば、量子化ステップサイズ  $\Delta_b$  を 1 / 2 以上になるように変換すればよい。すなわち、量子化器の扱う下限値が  $1 / 2^m$  であれば、全ての量子化ステップサイズ  $\Delta_b$  が、 $1 / 2^m$  以上になるように 2 の累乗を乗算してから利用する態様であればよい。

20

【 0 0 8 2 】

また、画質制御部 2 3 では、上述した方法のほか、人間の視覚特性を考慮して量子化ステップサイズ  $\Delta_b$  を決定することもできる。その方法は以下の通りである。

30

【 0 0 8 3 】

上述した非特許文献 1 の Chapter 16 には、CSF (human visual system Contrast Sensitivity Function) に基づいた重み付け W M S E (Weighted Mean Squared Error ; WMSE) が記載されている。これを利用して、圧縮符号化後の画像データに対する人間の視覚評価を改善するために、上式 ( 2 ) を次式 ( 8 ) に修正する。

【 0 0 8 4 】

【数 8】

$$Q_b = \sqrt{W_{b[i]}^{csf} G_{b[i]} \cdots} \quad (8)$$

40

【 0 0 8 5 】

ここで、上式 ( 8 ) 中、 $W_{b[i]}^{csf}$  は、サブバンド  $b [ i ]$  の "energy weighting factor" と呼ばれており、 $W_{b[i]}^{csf}$  の推奨数値は、「ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG1 (ITU-T SG8) N2 406, "JPEG 2000 Part 1 FDIS (includes COR 1, COR 2, and DCOR3)," 4 December 2001」の文献 (以下、非特許文献 2 と呼ぶ。) に記載されている。図 2 ~ 図 4 に、非特許文献 2 に記載される "energy weighting factor" の数値を示す。

【 0 0 8 6 】

図 2 ~ 図 4 中の "level" および "Lev" は分解レベルを、"Comp" は輝度成分 Y と色差成分

50

C b, C rをそれぞれ示しており、"Viewing distance (視距離)"が1000, 1700, 2000, 3000, 4000の例が示されている。また、"Viewing distance 1000", "Viewing distance 1700", "Viewing distance 2000", "Viewing distance 3000", "Viewing distance 4000"は、それぞれ、100dpi, 170dpi, 200dpi, 300dpi, 400dpiのディスプレイまたは印刷物を10インチ離れて見たときの視距離を意味する。

【0087】

例えば、カラーの画像データについて、量子化ステップサイズ  $\Delta$  を求める具体的な方法を以下に説明する。尚、色空間については、RGB信号から成るカラーの入力画像を、色空間変換部11においてYUV422またはYUV420形式の色空間データに変換したものとす。

【0088】

YUV422またはYUV420形式の画像データについては、色差信号UおよびVは、輝度信号Yに比べ、そのデータ量がそれぞれ1/2および1/4となっている。輝度信号YにDWTを施したウェーブレット平面は図5のように表すことができるが、データ量が1/2であることを、図5に示したウェーブレット平面に対して水平方向にDWTを一回施したものと同等であると仮定すれば、図6中の散点部がYUV422形式の色差信号UおよびVのウェーブレット平面となる。同様に、データ量が1/4であることを、図5に示したウェーブレット平面に対して水平方向および垂直方向にDWTを一回ずつ施したものと同等であると仮定すれば、図7中の散点部がYUV420形式の色差信号UおよびVのウェーブレット平面となる。

【0089】

YUV422形式では、図6に示したように水平成分について垂直成分より一回多くフィルタリングすると仮定するので、2次元合成フィルタ係数と2次元の重み係数は、上式(7)に対して、次式(9)のように表すことができる。

【0090】

【数9】

$$\begin{cases} s_{LL[d]}[n_1, n_2] = s_{L[d]}[n_1]s_{L[d+1]}[n_2] & \Rightarrow G_{LL[d]} = G_{L[d]} \cdot G_{L[d+1]} \\ s_{HL[d]}[n_1, n_2] = s_{L[d]}[n_1]s_{H[d+1]}[n_2] & \Rightarrow G_{HL[d]} = G_{L[d]} \cdot G_{H[d+1]} \\ s_{LH[d]}[n_1, n_2] = s_{H[d]}[n_1]s_{L[d+1]}[n_2] & \Rightarrow G_{LH[d]} = G_{H[d]} \cdot G_{L[d+1]} \\ s_{HH[d]}[n_1, n_2] = s_{H[d]}[n_1]s_{H[d+1]}[n_2] & \Rightarrow G_{HH[d]} = G_{H[d]} \cdot G_{H[d+1]} \end{cases} \quad \dots (9)$$

【0091】

また、YUV420形式では、同様に、図7に示したように水平成分および垂直成分について一回ずつ多くフィルタリングすると仮定するので、上式(7)に対して、次式(10)のように表すことができる。

【0092】

10

20

30

40

【数 10】

$$\begin{cases} S_{LL[d]}[n_1, n_2] = S_{L[d+1]}[n_1] S_{L[d+1]}[n_2] & \Rightarrow G_{LL[d]} = G_{L[d+1]} \cdot G_{L[d+1]} \\ S_{HL[d]}[n_1, n_2] = S_{L[d+1]}[n_1] S_{H[d+1]}[n_2] & \Rightarrow G_{HL[d]} = G_{L[d+1]} \cdot G_{H[d+1]} \\ S_{LH[d]}[n_1, n_2] = S_{H[d+1]}[n_1] S_{L[d+1]}[n_2] & \Rightarrow G_{LH[d]} = G_{H[d+1]} \cdot G_{L[d+1]} \\ S_{HH[d]}[n_1, n_2] = S_{H[d+1]}[n_1] S_{H[d+1]}[n_2] & \Rightarrow G_{HH[d]} = G_{H[d+1]} \cdot G_{H[d+1]} \end{cases} \dots (10)$$

10

【0093】

よって、表 1 に示した値から上式 (9) および (10) を利用して、YUV422 および YUV420 形式の色差信号のノルムを求めると表 5 および表 6 のようになる。

【0094】

【表 5】

YUV422形式 色差信号のノルム

分解レベル	LL	HL	LH	HH
1	2.84680	1.378933	1.46443	0.70934
2	5.89044	2.92722	2.85321	1.41813
3	11.93911	6.01632	5.93409	2.99028
4	23.96952	12.12908	12.07864	6.11205
5	47.98675	24.30912	24.28230	12.30092
6	95.99766	48.64413	48.63048	24.64213
7	192.00744	97.30127	97.29440	49.30780
8	384.02095	194.60905	194.60561	98.61965
9	768.04494	389.22135	389.21963	197.24444
10	1536.09140	778.44433	778.44347	394.49144

20

【0095】

【表 6】

YUV420形式 色差信号のノルム

分解レベル	LL	HL	LH	HH
1	4.12241	1.996813	1.99681	0.96722
2	8.41674	4.18337	4.18337	2.07926
3	16.93557	8.53412	8.53412	4.30048
4	33.92493	17.16673	17.16673	8.68672
5	67.87717	34.38520	34.38520	17.41885
6	135.76805	68.79666	68.79666	34.86079
7	271.54296	137.60651	137.60651	69.73317
8	543.08936	275.21962	273.21962	139.47215
9	1086.18043	550.44255	550.44255	278.94721
10	2172.36172	1100.88675	1100.88675	557.89587

40

【0096】

次に、energy weighting factor  $W_{b[i]}^{csf}$  について、非特許文献 1 の記載によれば、サブバンド  $b[i]$  の energy weighting factor  $W_{b[i]}^{csf}$  は 1 次元の水平および垂直方向の各帯域成分の energy weighting factor の積として、次式 (11) で表される。

【0097】

【数 1 1】

$$\left\{ \begin{array}{l} \sqrt{W_{LL[D]}^{csf}} = 1 \\ \sqrt{W_{HL[d]}^{csf}} = \sqrt{W_{L[d]}^{csf}} \cdot \sqrt{W_{H[d]}^{csf}} \\ \sqrt{W_{LH[d]}^{csf}} = \sqrt{W_{H[d]}^{csf}} \cdot \sqrt{W_{L[d]}^{csf}} \\ \sqrt{W_{HH[d]}^{csf}} = \sqrt{W_{H[d]}^{csf}} \cdot \sqrt{W_{H[d]}^{csf}} \end{array} \right. \dots (11)$$

10

【0098】

YUV422またはYUV420形式の画像データにおける輝度信号Yに係るenergy weighting factorは、上式(11)で求めることができる。尚、YUV444形式であれば、輝度信号および色差信号ともに上式(11)で求められる。

【0099】

YUV422形式の色差信号UおよびVについては、上述したように水平成分について垂直成分より一回多くフィルタリングすると仮定しているため、そのenergy weighting factorは、上式(11)に対して次式(12)のように表すことができる。

20

【0100】

【数 1 2】

$$\left\{ \begin{array}{l} \sqrt{W_{LL[D]}^{csf}} = 1 \\ \sqrt{W_{HL[d]}^{csf}} = \sqrt{W_{L[d]}^{csf}} \cdot \sqrt{W_{H[d+1]}^{csf}} \\ \sqrt{W_{LH[d]}^{csf}} = \sqrt{W_{H[d]}^{csf}} \cdot \sqrt{W_{L[d+1]}^{csf}} \\ \sqrt{W_{HH[d]}^{csf}} = \sqrt{W_{H[d]}^{csf}} \cdot \sqrt{W_{H[d+1]}^{csf}} \end{array} \right. \dots (12)$$

30

【0101】

また、YUV420形式の色差信号UおよびVについては、同様に、水平成分および垂直成分について一回ずつ多くフィルタリングすると仮定しているため、そのenergy weighting factorは、上式(11)に対して次式(13)のように表すことができる。

40

【0102】

【数 1 3】

$$\left\{ \begin{array}{l} \sqrt{W_{LL[D]}^{csf}} = 1 \\ \sqrt{W_{HL[d]}^{csf}} = \sqrt{W_{L[d+1]}^{csf}} \cdot \sqrt{W_{H[d+1]}^{csf}} \\ \sqrt{W_{LH[d]}^{csf}} = \sqrt{W_{H[d+1]}^{csf}} \cdot \sqrt{W_{L[d+1]}^{csf}} \\ \sqrt{W_{HH[d]}^{csf}} = \sqrt{W_{H[d+1]}^{csf}} \cdot \sqrt{W_{H[d+1]}^{csf}} \end{array} \right. \dots (13)$$

10

【0 1 0 3】

非特許文献 2 の記載から求められる Viewing distance 1000、Viewing distance 1700、および Viewing distance 3000 の色差信号 U および V の energy weighting factor の値を表 7 ~ 表 9 に示す。ここで、以下の表も含め、表中の C b および C r はそれぞれ色差信号 U および V を示している。

【0 1 0 4】

20

【表 7】

energy weighting factor  $\sqrt{W_{b[i]}^{csf}}$  (Viewing distance 1000)

分解レベル		$\sqrt{W_{L[n]}^{csf}}$	$\sqrt{W_{H[n]}^{csf}}$
Cb	1	0.68333	0.33732
	2	0.81063	0.55604
	3	0.89207	0.72918
	4	0.94018	0.84398
	5	0.96735	0.91301
分解レベル		$\sqrt{W_{L[n]}^{csf}}$	$\sqrt{W_{H[n]}^{csf}}$
Cr	1	0.75074	0.44778
	2	0.85423	0.64725
	3	0.91782	0.79063
	4	0.95462	0.88101
	5	0.97523	0.93401

30

【0 1 0 5】

【表 8】

energy weighting factor  $\sqrt{W_{b[i]}^{csf}}$  (Viewing distance 1700)

	分解レベル	$\sqrt{W_{L[n]}^{csf}}$	$\sqrt{W_{H[n]}^{csf}}$
Cb	1	0.55396	0.17658
	2	0.71767	0.39024
	3	0.83345	0.60190
	4	0.90584	0.76107
	5	0.94801	0.86364
	分解レベル	$\sqrt{W_{L[n]}^{csf}}$	$\sqrt{W_{H[n]}^{csf}}$
Cr	1	0.63889	0.27772
	2	0.77922	0.49856
	3	0.87223	0.68622
	4	0.92840	0.81606
	5	0.96060	0.89620

10

【 0 1 0 6 】

【表 9】

energy weighting factor  $\sqrt{W_{b[i]}^{csf}}$  (Viewing distance 3000)

	分解レベル	$\sqrt{W_{L[n]}^{csf}}$	$\sqrt{W_{H[n]}^{csf}}$
Cb	1	0.39897	0.05842
	2	0.58653	0.21145
	3	0.74224	0.43082
	4	0.84937	0.63510
	5	0.91531	0.78344
	分解レベル	$\sqrt{W_{L[n]}^{csf}}$	$\sqrt{W_{H[n]}^{csf}}$
Cr	1	0.49254	0.12238
	2	0.66780	0.31727
	3	0.79932	0.53628
	4	0.84470	0.71395
	5	0.93565	0.83374

30

【 0 1 0 7 】

そして、表 7 ~ 表 9 に示した値から、上式 ( 1 1 ) ~ ( 1 3 ) を利用して求めた Y U V 4 2 2 および Y U V 4 2 0 形式の画像データに係る energy weighting factor が表 1 0 ~ 表 1 2 および表 1 3 ~ 表 1 5 である。

40

【 0 1 0 8 】

【表10】

YUV422形式 energy weighting factor  $\sqrt{W_{b[i]}^{csf}}$  (Viewing distance 1000)

	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Y	1	X	0.75635	0.75635	0.57306
	2	X	0.99828	0.99828	0.99656
	3	X	1	1	1
	4	X	1	1	1
	5	1	1	1	1
	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Cb	1	X	0.37996	0.27344	0.18756
	2	X	0.59109	0.49603	0.40545
	3	X	0.75289	0.68556	0.61541
	4	1	0.85839	0.81642	0.77056
	5				
	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Cr	1	X	0.48592	0.38251	0.28983
	2	X	0.67538	0.59406	0.51174
	3	X	0.80861	0.75476	0.69656
	4	1	0.89163	0.85919	0.82287
	5				

10

20

【0109】

【表11】

YUV422形式 energy weighting factor  $\sqrt{W_{b[i]}^{csf}}$  (Viewing distance 1700)

	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Y	1	X	0.30719	0.30719	0.10892
	2	X	0.86159	0.86159	0.75234
	3	X	1	1	1
	4	X	1	1	1
	5	1	1	1	1
	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Cb	1	X	0.21617	0.12672	0.06891
	2	X	0.43197	0.32525	0.23489
	3	X	0.63431	0.54522	0.45808
	4	1	0.78232	0.72152	0.65729
	5				
	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Cr	1	X	0.31853	0.216414	0.13846
	2	X	0.53471	0.43486	0.34212
	3	X	0.71179	0.63708	0.55999
	4	1	0.83203	0.78390	0.73135
	5				

30

40

【0110】

【表 1 2】

YUV422形式 energy weighting factor  $\sqrt{W_{b[i]}^{csf}}$  (Viewing distance 3000)

	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Y	1	X	0.03818	0.03849	0.00308
	2	X	0.41063	0.41063	0.18276
	3	X	0.92105	0.92105	0.84832
	4	X	1	1	1
	5	1	1	1	1
	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Cb	1	X	0.08436	0.03427	0.01235
	2	X	0.25269	0.15695	0.09110
	3	X	0.47139	0.36593	0.27362
	4	1	0.66543	0.58131	0.49756
	5				
	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Cr	1	X	0.15627	0.08173	0.03883
	2	X	0.35813	0.25360	0.17014
	3	X	0.57068	0.47444	0.38288
	4	1	0.73761	0.66801	0.59525
	5				

10

20

【 0 1 1 1】

【表 1 3】

YUV420形式 energy weighting factor  $\sqrt{W_{b[i]}^{csf}}$  (Viewing distance 1000)

	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Y	1	X	0.75635	0.75635	0.57306
	2	X	0.99828	0.99828	0.99656
	3	X	1	1	1
	4	X	1	1	1
	5	1	1	1	1
	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Cb	1	X	0.45074	0.45074	0.30918
	2	X	0.65048	0.65048	0.5317
	3	X	0.79349	0.79349	0.71230
	4	1	0.88320	0.88320	0.83358
	5				
	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Cr	1	X	0.55290	0.55290	0.41894
	2	X	0.72566	0.72566	0.62510
	3	X	0.84103	0.84103	0.77618
	4	1	0.91088	0.91088	0.87238
	5				

30

40

【 0 1 1 2】

【表 1 4】

YUV420形式 energy weighting factor  $\sqrt{W_{b[i]}^{csf}}$  (Viewing distance 1700)

	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Y	1	X	0.30719	0.30719	0.10892
	2	X	0.86159	0.86159	0.74234
	3	X	1	1	1
	4	X	1	1	1
	5	1	1	1	1
	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Cb	1	X	0.28007	0.28006	0.15229
	2	X	0.50165	0.50165	0.36228
	3	X	0.68940	0.68940	0.57922
	4	1	0.81877	0.81876	0.74588
	5				
	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Cr	1	X	0.38849	0.38849	0.24857
	2	X	0.59854	0.59854	0.47089
	3	X	0.75763	0.75763	0.66595
	4	1	0.86089	0.86089	0.80317
	5				

10

20

【 0 1 1 3】

【表 1 5】

YUV420形式 energy weighting factor  $\sqrt{W_{b[i]}^{csf}}$  (Viewing distance 3000)

	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Y	1	X	0.03849	0.03849	0.00308
	2	X	0.41063	0.41063	0.18276
	3	X	0.92105	0.92105	0.84832
	4	X	1	1	1
	5	1	1	1	1
	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Cb	1	X	0.12402	0.12402	0.04471
	2	X	0.31977	0.31977	0.18561
	3	X	0.53943	0.53944	0.40335
	4	1	0.71709	0.71709	0.61378
	5				
	分解レベル	LL	HL	LH	HH
Cr	1	X	0.21187	0.21187	0.10066
	2	X	0.42866	0.42866	0.28759
	3	X	0.63163	0.63163	0.50973
	4	1	0.78009	0.78009	0.69513
	5				

30

40

【 0 1 1 4】

このようにして求めた表 5 および表 6 のノルムの値を上式 ( 1 ) および ( 2 ) に代入すれば通常の量子化ステップサイズ  $b_0$  が、表 5 および表 6 のノルムの値と、表 1 0 ~ 表 1 5 の Energy weighting factor の値とを上式 ( 1 ) および ( 8 ) に代入すれば、人間の視覚特性を考慮して視覚的重み付けを行った量子化ステップサイズ  $b_0$  が求められる。

50

## 【 0 1 1 5 】

例えば、輝度信号Y、色差信号UおよびVの全てについて、同じく量子化パラメータ $Q_p = 16$ として、YUV422形式のカラーの画像データにおいてViewing distance（視距離）3000の視覚的重み付けを行ったときの輝度信号Y、色差信号UおよびVの量子化ステップサイズ $\Delta_b$ は、表5に示すノルムの値、表12に示すenergy weighting factorの値、および上式(1)、(8)を用いて求められる。その結果を表16～表18に示す。

## 【 0 1 1 6 】

尚、輝度信号Y、色差信号UおよびVのそれぞれについて、量子化ステップサイズ $\Delta_b$ を求めるのに利用する量子化パラメータ $Q_p$ は、必ずしも同じ値をとる必要はなく、画像データの内容に応じて、異なる値を利用して構わない。例えば、色成分を強調したい場合に、色差信号UおよびVに利用する量子化パラメータ $Q_p$ を輝度信号Yに比して小さくするなど、画像データの内容等を考慮して、それぞれについて適当な量子化パラメータ $Q_p$ を利用すればよい。

## 【 0 1 1 7 】

## 【表16】

YUV422形式 輝度信号Yの量子化ステップサイズ $\Delta_b$ (Viewing distance 3000)

分解レベル	LL	HL	LH	HH
1	X	411.08509	411.08509	10002.06109
2	X	19.51345	19.51345	90.51394
3	X	4.15253	4.15253	9.07090
4	X	1.87483	1.87483	3.72051
5	0.47163	0.93204	0.93204	1.84189

## 【 0 1 1 8 】

## 【表17】

YUV422形式 色差信号U(Cb)Dの量子化ステップサイズ $\Delta_b$ (Viewing distance 3000)

分解レベル	LL	HL	LH	HH
1	X	137.54117	4318.85669	1825.95586
2	X	21.62733	35.73031	123.85047
3	X	5.64163	7.36832	19.55534
4	0.66751	1.98239	2.27873	5.26121

## 【 0 1 1 9 】

## 【表18】

YUV422形式 色差信号V(Cr)Dの量子化ステップサイズ $\Delta_b$ (Viewing distance 3000)

分解レベル	LL	HL	LH	HH
1	X	74.25290	133.68785	580.93701
2	X	15.25998	22.11257	66.31184
3	X	4.66012	5.68306	13.97490
4	0.66751	1.78840	1.98298	4.39776

## 【 0 1 2 0 】

画質制御部23では、このようにして量子化ステップサイズ $\Delta_b$ を求め、これを量子化部14に通知する。そして、量子化部14では、各サブバンド毎に、通知された量子化ステップサイズ $\Delta_b$ に従って量子化を行う。このとき、量子化ステップサイズ $\Delta_b$ が1より小さければ、2の累乗を乗算して1以上の値にしてから利用するのは、上述したのと同様である。

## 【 0 1 2 1 】

以上のように、本実施の形態に係る画質制御方法では、画質を量子化により制御するため、目標画質に応じた厳密な制御を行うことが可能である。このとき最適解を求めるよう

10

20

30

40

50

な複雑な処理を必要としないため、少ない演算量で高速に処理することが可能である。また、人間の視覚特性を考慮し、圧縮後に高い表示画質を有する圧縮画像を生成することもできる。

【 0 1 2 2 】

{ 符号量制御処理 }

次に、図 1 に示した符号量制御部 2 2 の処理内容について説明する。符号量制御部 2 2 は、画質制御部 2 3 からの指示に基づいて、算術符号化部 2 1 から入力される符号化データ A D のレート制御を行う。具体的なレート制御の内容は以下の通りである。

【 0 1 2 3 】

まず、目標画質として所定の量子化パラメータ  $Q_p$  の値が指定されると、この値に基づいて上述した方法で、画質制御部 2 3 が量子化ステップサイズ  $b$  を算出し、これを量子化部 1 4 および符号量制御部 2 2 に通知する。

10

【 0 1 2 4 】

量子化部 1 4 では、量子化ステップサイズ  $b$  が通知されると、この値に基づいて、D W T 部 1 3 が D W T を施した後の画像データを量子化する。

【 0 1 2 5 】

符号量制御部 2 2 では、量子化部 1 4 が量子化を行った後、係数ビットモデリング部 2 0 および算術符号化部 2 1 によって処理が施された符号化データ A D を、画質制御部 2 3 から通知された各符号化データ A D に対応する量子化ステップサイズ  $b$  の大きさに従って、その値が小さい順（昇順）に並べ替える。

20

【 0 1 2 6 】

上述したように 1 以上になるよう変換した量子化ステップサイズ  $b$  を利用して量子化された符号化データ A D については、変換後の量子化ステップサイズ  $b$  に基づいて並べ替えを行うが、このとき、量子化ステップサイズ  $b$  を変換するときに乗算した 2 の累乗の指数分だけ符号化データ A D を左シフトする処理を行う。具体的な処理の態様は以下の通りである。

【 0 1 2 7 】

例えば、表 4 において、サブバンド L L 5 の量子化ステップサイズ  $b$  は 0 . 4 7 1 6 3 であるが、実際に画像データを量子化する際には、この値に  $2^2$  を乗算して 1 . 8 8 6 5 2 を量子化ステップサイズ  $b$  として量子化を行う。よって、レート制御の際には、サブバンド L L 5 の符号化データ A D を、量子化ステップサイズ  $b$  の変換のために乗算した  $2^2$  の指数に対応して、2 ビット左へシフトする。同様に、サブバンド H L 5 では、量子化ステップサイズ  $b = 0 . 9 3 2 0 4$  に 2 を乗算して、量子化ステップサイズ  $b = 1 . 8 6 4 0 7$  として量子化を行う。よって、レート制御の際には、サブバンド H L 5 の符号化データ A D を、乗算した 2 の指数に対応して 1 ビット左へシフトする。すなわち、 $2^m$  を乗算した量子化ステップサイズ  $b$  により量子化した場合、該当する符号化データを、レート制御の際に指数  $m$  の分だけ左シフトすることで、データの優先度を調節するのである。

30

【 0 1 2 8 】

表 4 に示す量子化ステップサイズ  $b$  に基づいて、このようなビットシフトの処理を施した符号列を図 8 に示す。図中、\* 印を伏した符号列は、量子化ステップサイズ  $b$  の値を量子化に際して変換したものを示し、符号列の各ビットに伏した番号 0 , 1 , ... , 9 は、当該ビットが属するビットプレーン番号を示している。ここで、L S B 番号 = 0、M S B 番号 = 9 である。

40

【 0 1 2 9 】

次に、各符号列を、量子化に用いた量子化ステップサイズ  $b$  の小さい順（昇順）に並べ替える。図 8 では、矢印で示した部分の量子化ステップサイズ  $b$  の値が昇順となっていないため、これらを入れ替える。このようにして並べ替えを行った符号列を図 9 に示す。図 9 中の矢印は図 8 からその位置が変更された符号列を示している。

【 0 1 3 0 】

50

符号量制御部 22 は、図 9 に示すように並べ替えた符号列を用いて、全体のデータ容量が所定の容量に収まるようにデータの切り捨てを行う。データの切り捨ては、右端のビットから順に行う。例えば、図 9 に示す H H 5 の番号 0 のビットデータから、下方向へ L H 4 の番号 0 のビットデータ、H L 4 の番号 0 のビットデータ... と順に削除してゆき、L H 2 までのビットデータを切り捨てれば全体のデータ容量が所定の容量に収まるとすれば、該当する図 9 中の散点部のデータを切り捨てる。

【 0 1 3 1 】

このようにして、量子化ステップサイズ  $b$  の値に従って並べ替えた各サブバンドのビットデータを下位ビットから削除してゆくことで、レート制御を行うのである。

【 0 1 3 2 】

また、カラーの画像の場合や視覚的重み付けを考慮して量子化ステップサイズ  $b$  を計算した場合も同様にレート制御を行うことができる。

【 0 1 3 3 】

例えば、上述したように、量子化パラメータ  $Q_p = 16$  として、Y U V 4 2 2 形式のカラーの画像データにおいて、Viewing distance (視距離) 3000 の視覚的重み付けを行ったときの輝度信号 Y、色差信号 U および V の量子化ステップサイズ  $b$  は、表 16 ~ 表 18 に示した通りである。

【 0 1 3 4 】

ここで、表 16 ~ 表 18 中の量子化ステップサイズ  $b$  が 1 より小さいものは、上述したように 2 の累乗を乗算した上で量子化に用いられる。そして、変換後の量子化ステップサイズ  $b$  によって量子化された符号化データ A D は、レート制御を行うときに、元の量子化ステップサイズ  $b$  に乗算した 2 の累乗の指数分だけ左シフトする。カラー画像の場合、輝度信号 Y、色差信号 U および V のそれぞれについてデータが存在するが、レート制御を行うときは、これらのデータを信号毎に区別せず、全てのデータについて量子化ステップサイズ  $b$  が昇順となるように並べ替えを行う。その結果得られた符号列を図 10 に示す。図中、Y L L 5 とは、輝度信号 Y のサブバンド L L 5 のデータであることを示している。このように、輝度信号 Y、色差信号 U および V の全てのデータについて、上述したようなビットシフトと並べ替えの処理を行う。そして、上述したのと同様に、右端のビットから順に、例えば図 10 中の散点部で示したデータを切り捨てて、データ容量を所定の容量に収まるよう制御する。

【 0 1 3 5 】

さらに、上述したレート制御は、画像データをタイルに分割して処理を施す場合であっても同様に行うことができる。

【 0 1 3 6 】

例えば、カラーの画像データを、図 11 に示すように T 1 ~ T n までのタイルに分割して処理を行う場合、各タイルの輝度信号 Y、色差信号 U および V のそれぞれについて、上述したように量子化ステップサイズ  $b$  を求めて量子化を行う。

【 0 1 3 7 】

このとき、量子化ステップサイズ  $b$  が 1 より小さいものは 2 の累乗を乗算して 1 以上の数値に変換した上で量子化を行い、これらのデータについては、レート制御を行うときに、乗算した 2 の累乗の指数分だけ左シフトするのは上述したの同様である。

【 0 1 3 8 】

タイリングしてカラー画像を処理する場合、各タイル毎に輝度信号 Y、色差信号 U および V のデータが存在するが、レート制御を行うときは、これらのデータをタイルまたは信号毎に区別せず、全てのデータについて量子化ステップサイズ  $b$  が昇順となるように並べ替えを行う。その結果得られた符号列を図 12 に示す。図中、Y T 1 L L 5 とは、タイル T 1 における輝度信号 Y のサブバンド L L 5 のデータであることを示している。このように、全てのタイル T 1 ~ T n の、輝度信号 Y、色差信号 U および V の全てのデータについて、上述したようなビットシフトと並べ替えの処理を行う。そして、上述したのと同様に、右端のビットから順に、例えば図 12 中の散点部で示したデータを切り捨てて、デー

10

20

30

40

50

タ容量を所定の容量に収まるよう制御する。

【 0 1 3 9 】

このように、画像データがカラーであるか否か、視覚的重み付けを考慮するか否か、またはタイリングしてデータを処理するか否かに拘わらず、全て同様の手順でレート制御を行うことができる。また、このようなレート制御を行うことで、データ量を厳密に制御することが可能である。

【 0 1 4 0 】

尚、先に量子化部 1 4 で量子化を行った段階で、データの全体容量が既に利用者が意図する所定の容量以下になっていれば、上述したレート制御は行う必要はない。

【 0 1 4 1 】

以上のように本実施の形態に係る符号量制御処理によれば、レート・歪み最適化処理のために各符号化パスにおける歪み量を算出せずに済むため、リアルタイム性が高く、オーバーヘッドが大幅に低減した高効率のレート制御を実現できる。

【 0 1 4 2 】

{ 画像データの評価 }

上述した量子化による画質制御処理を利用して、圧縮処理を施した画像データを、客観評価したときの結果を図 1 3 ~ 図 2 3 に示す。

【 0 1 4 3 】

評価に用いた画像データは、ISO/JIS-SCID JIS X 9201-1995に規定されるサンプル番号 1 , 画像認識番号 N 1 , 画像サイズ縦2048ピクセル横2560ピクセルの高精細カラーデジタル標準画像データ「ポートレート」である。

【 0 1 4 4 】

各図の縦軸は P S N R (Peak Signal to Noise Ratio) を示し、横軸は B P P (bit per pixel) を示している。

【 0 1 4 5 】

図 1 3 は、視覚的重み付けを施さずに上述した方法で圧縮したときのデータである " N O \_ C S F " と、非特許文献 1 に示すレート・歪み最適化 (R-D optimization) 法に従って圧縮したときのデータである " R . D - o p t " とを示している。両者がほぼ重なっていることから、上述した方法によって最適解を探索するような複雑な処理をせず圧縮符号化を行ったにも拘わらず、非特許文献 1 に示す従来法と同様の符号化効率を得られることが分かる。

【 0 1 4 6 】

図 1 4 は白黒画像の評価結果を示している。また、図 1 5 ~ 図 1 7 は、カラー画像を Y U V 4 2 0 形式で圧縮したときの R G B 各色での評価結果を示している。図 1 8 ~ 図 2 0 および図 2 1 ~ 図 2 3 は、それぞれ同様に、Y U V 4 2 2 および Y U V 4 4 4 形式で圧縮したときの R G B 各色での評価結果を示している。

【 0 1 4 7 】

図 1 4 ~ 図 2 3 の図中、" J P E G " と記したデータは従来の J P E G 形式で圧縮したデータの評価結果であり、その他のデータは全て J P E G 2 0 0 0 形式で圧縮した場合のデータを示している。

【 0 1 4 8 】

J P E G 2 0 0 0 形式で圧縮した場合について、" V M " と記したデータは I S O S C 2 9 W G 1 によって規定される V e r i f i c a t i o n M o d e l に従って圧縮したデータの評価結果であり、その他 " C S F " の文字を含むものは本発明で上述した実施例に従って圧縮を施したことを示している。

【 0 1 4 9 】

本発明によって圧縮したデータのうち、" N O \_ C S F " と記したデータは、量子化ステップサイズ  $\sigma$  を求める際に視覚的重み付けを施さずに圧縮したデータの評価結果を示し、" C S F \_ " と数値との結合によって示すデータは、視覚的重み付けを施して圧縮したデータを示す。" C S F \_ " と結合する数値は視距離 (Viewing distance) を示してい

10

20

30

40

50

る。例えば "CSF\_1000" とあるのは、視距離 1000 の視覚的重み付けを施して本発明で上述した実施例に従って圧縮したデータを示している。

【0150】

例えば、視覚的重み付けを施さない場合や、視距離 1000 で視覚的重み付けを施した上で評価した場合、PSNR 値が従来の JPEG 方式で圧縮した場合を上回っている。これから画像データを同容量に圧縮した場合、本発明による圧縮方式の方が圧縮後の画像データが高画質であり、客観評価の結果が高いことを示している。尚、視距離が 3000 または 4000 と大きくなった場合、PSNR 値による客観評価の結果は悪くなる傾向があるが、主観評価によれば視距離が 3000 または 4000 の場合の評価が最も高いことも確認済みである。

10

【図面の簡単な説明】

【0151】

【図1】この発明の実施の形態に係る圧縮符号化装置の概略構成を示す図である。

【図2】Energy weighting factorの数値テーブルを示す図である。

【図3】Energy weighting factorの数値テーブルを示す図である。

【図4】Energy weighting factorの数値テーブルを示す図である。

【図5】輝度信号のウェーブレット平面を示す図である。

【図6】YUV422形式の色差信号のウェーブレット平面を示す図である。

【図7】YUV420形式の色差信号のウェーブレット平面を示す図である。

【図8】符号列のビットシフトの様子を示す図である。

20

【図9】符号列の並べ替えの様子を示す図である。

【図10】YUV形式の符号列のビットシフトおよび並べ替えの様子を示す図である。

【図11】画像データのタイリングの様子を示す図である。

【図12】タイリングしたYUV形式の符号列のビットシフトおよび並べ替えの様子を示す図である。

【図13】この発明の実施の形態に係る圧縮画像と従来技術による圧縮画像の客観評価の比較結果を示す図である。

【図14】この発明の実施の形態に係る圧縮画像と従来のJPEG方式による圧縮画像の客観評価の比較結果を示す図である。

【図15】YUV420形式の本発明の実施の形態に係る圧縮画像と従来のJPEG方式による圧縮画像とのR信号の客観評価の比較結果を示す図である。

30

【図16】YUV420形式の本発明の実施の形態に係る圧縮画像と従来のJPEG方式による圧縮画像とのG信号の客観評価の比較結果を示す図である。

【図17】YUV420形式の本発明の実施の形態に係る圧縮画像と従来のJPEG方式による圧縮画像とのB信号の客観評価の比較結果を示す図である。

【図18】YUV422形式の本発明の実施の形態に係る圧縮画像と従来のJPEG方式による圧縮画像とのR信号の客観評価の比較結果を示す図である。

【図19】YUV422形式の本発明の実施の形態に係る圧縮画像と従来のJPEG方式による圧縮画像とのG信号の客観評価の比較結果を示す図である。

【図20】YUV422形式の本発明の実施の形態に係る圧縮画像と従来のJPEG方式による圧縮画像とのB信号の客観評価の比較結果を示す図である。

40

【図21】YUV444形式の本発明の実施の形態に係る圧縮画像と従来のJPEG方式による圧縮画像とのR信号の客観評価の比較結果を示す図である。

【図22】YUV444形式の本発明の実施の形態に係る圧縮画像と従来のJPEG方式による圧縮画像とのG信号の客観評価の比較結果を示す図である。

【図23】YUV444形式の本発明の実施の形態に係る圧縮画像と従来のJPEG方式による圧縮画像とのB信号の客観評価の比較結果を示す図である。

【図24】JPEG2000方式による圧縮符号化装置の概略構成を示す図である。

【図25】オクターブ分割方式に従って帯域分割された2次元画像を示す模式図である。

【図26】複数のコードブロックに分解された2次元画像を示す模式図である。

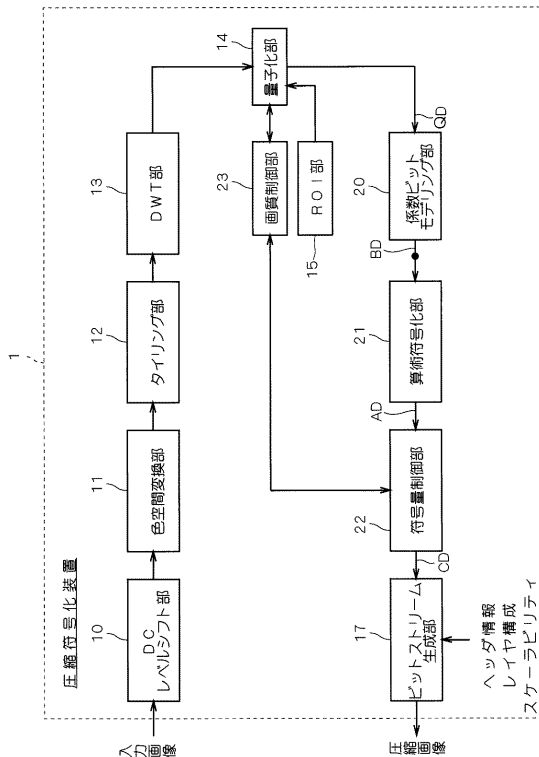
50

【図 27】コードブロックを構成する複数枚のビットプレーンを示す模式図である。  
 【図 28】3種類の符号化パスを示す模式図である。  
 【図 29】レートと歪みの関係を表す R - D 曲線を示す図である。  
 【符号の説明】

【0152】

- 1 圧縮符号化装置
- 10 DCレベルシフト部
- 11 色空間変換部
- 12 タイリング部
- 13 DWT部
- 14 量子化部
- 15 ROI部
- 17 ビットストリーム生成部
- 20 係数ビットモデリング部
- 21 算術符号化部
- 22 符号量制御部
- 23 画質制御部

【図 1】



【図 2】

Table J-24 — Recommended frequency weighting

level	Viewing distance 1000			Viewing distance 2000			Viewing distance 4000		
	HL	LH	HH	HL	LH	HH	HL	LH	HH
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	0.727 172	0.560 841	0.564 344	0.564 344	0.731 668
2	1	1	1	0.727 172	0.560 841	0.284 193	0.179 609	0.179 609	0.043 903
1	0.560 805	0.560 805	0.284 173	0.178 494	0.178 484	0.043 631	0.014 774	0.014 774	0.000 573

【 3 】

Table J-25 Recommended frequency weighting for multiple component (colour) images

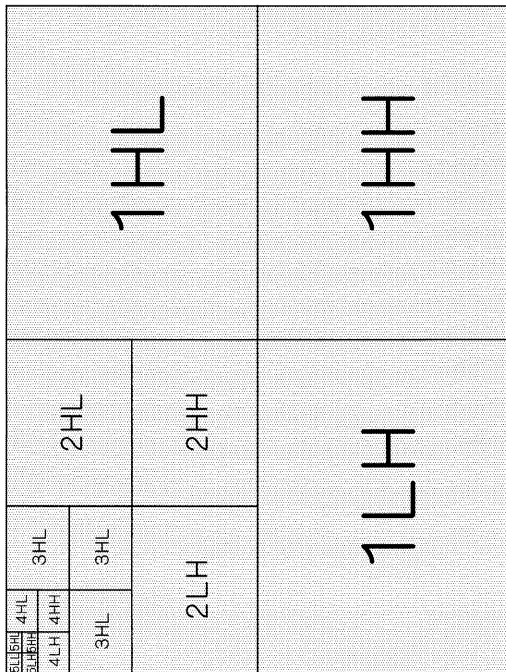
C o m p o n e n t	Viewing distance 1000			Viewing distance 1700			Viewing distance 3000		
	HL	LH	HH	HL	LH	HH	HL	LH	HH
Y (Y)	5	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	0.821 045	0.821 045	0.848 324
Cb (Y)	2	0.998 276	0.998 276	0.996 555	0.861 593	0.742 342	0.410 628	0.410 628	0.182 760
	1	0.756 353	0.756 353	0.573 057	0.307 191	0.108 500	0.038 487	0.038 487	0.003 075
	5	0.883 186	0.883 186	0.833 582	0.818 766	0.818 766	0.745 875	0.717 086	0.613 777
	4	0.793 487	0.793 487	0.712 295	0.689 404	0.689 404	0.579 220	0.539 437	0.403 352
	3	0.650 482	0.650 482	0.531 700	0.501 652	0.382 279	0.319 773	0.319 773	0.185 609
Cr (Y)	2	0.450 739	0.450 739	0.309 177	0.280 065	0.152 260	0.124 021	0.124 021	0.044 711
	1	0.230 503	0.230 503	0.113 786	0.097 816	0.031 178	0.023 308	0.023 308	0.003 413

【 4 】

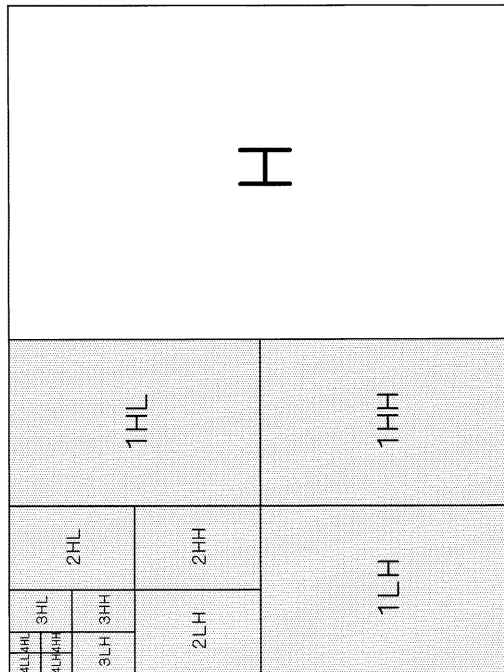
Table J-25 — Recommended frequency weighting for multiple component (colour) images (continued)

C o m p o n e n t	Viewing distance 1000			Viewing distance 1700			Viewing distance 3000		
	HL	LH	HH	HL	LH	HH	HL	LH	HH
L e v e l e l	5	0.910 877	0.910 877	0.872 378	0.860 885	0.803 172	0.780 091	0.780 091	0.695 128
	4	0.841 032	0.841 032	0.776 180	0.757 626	0.665 951	0.631 632	0.631 632	0.509 729
	3	0.725 657	0.725 657	0.625 103	0.598 537	0.470 893	0.428 629	0.428 629	0.287 593
	2	0.552 901	0.552 901	0.418 938	0.388 482	0.248 566	0.211 871	0.211 871	0.100 658
Cr (Y)	1	0.336 166	0.336 166	0.200 507	0.177 435	0.077 130	0.060 277	0.060 277	0.014 977

【 5 】



【 6 】

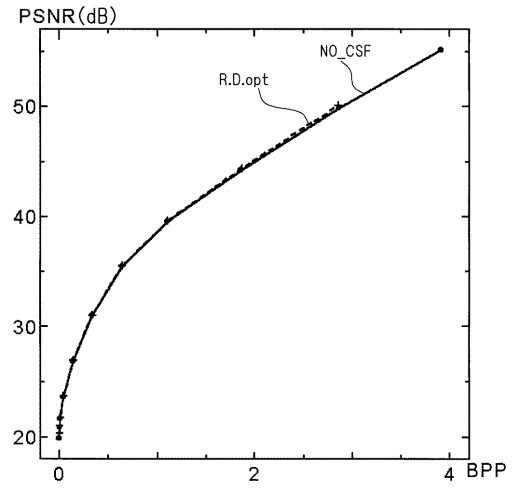




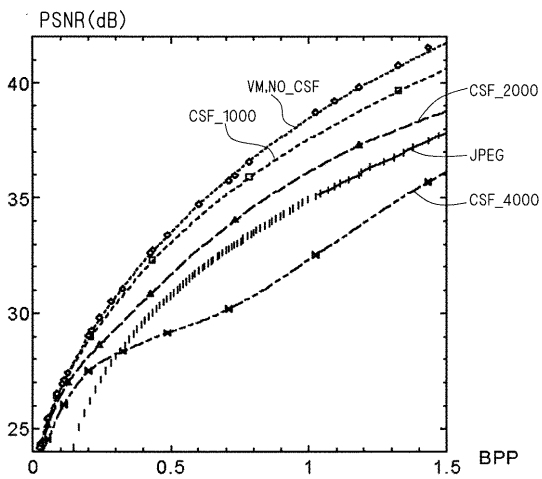
【 図 1 2 】

サブバンド	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	$\Delta b$
YT1LL5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1.88652
YT2LL5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1.88652
YT6LL5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1.88652
YT1LL4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1.33503
YT2LL4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1.33503
YT6LL4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1.33503
UT1LL4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1.33503
UT2LL4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1.33503
UT6LL4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1.33503
YT1LH5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1.33507
YT2LH5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1.33507
UT6LH5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1.33507
UT6HH1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1825.95586
YT1HH1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	10002.06109
YT2HH1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	10002.06109
UT6HH1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	10002.06109

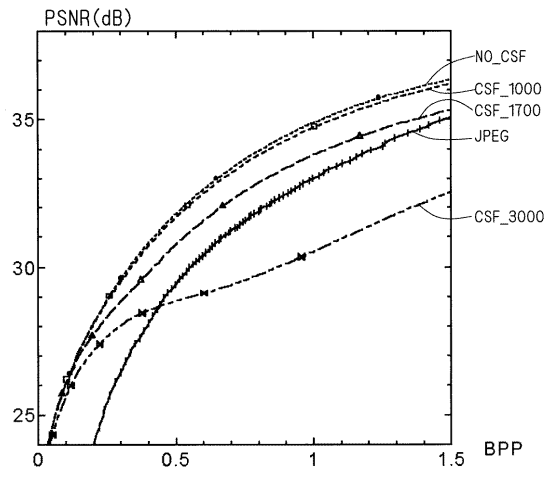
【 図 1 3 】



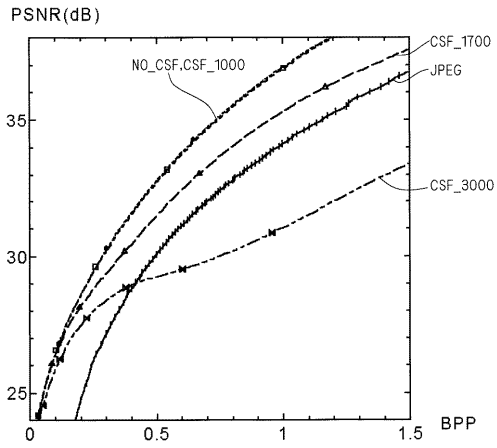
【 図 1 4 】



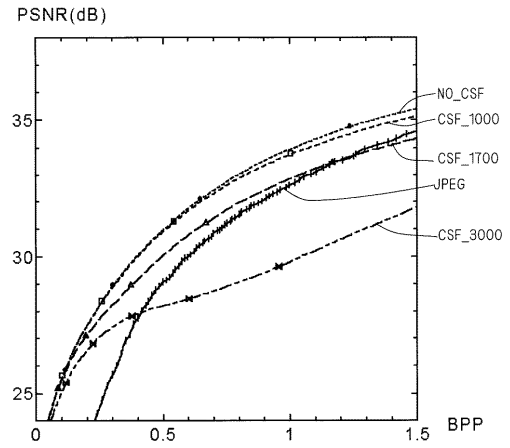
【 図 1 5 】



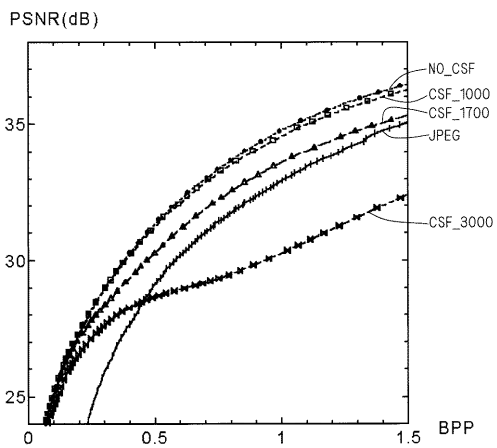
【 16 】



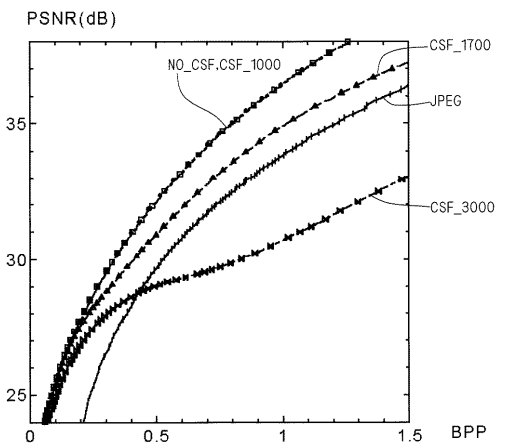
【 17 】



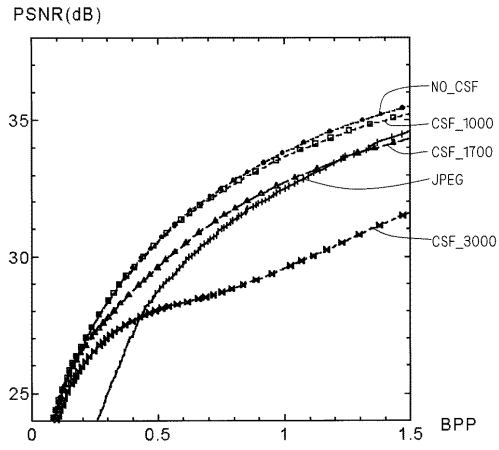
【 18 】



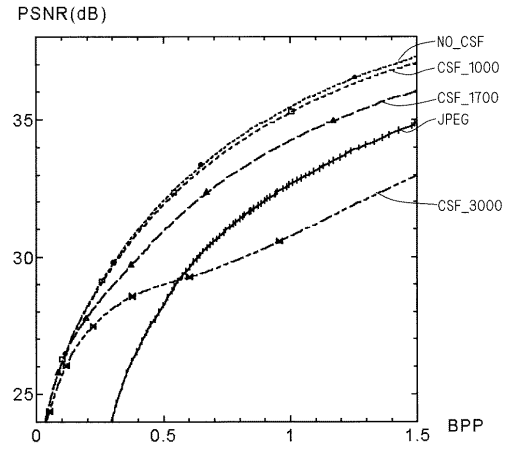
【 19 】



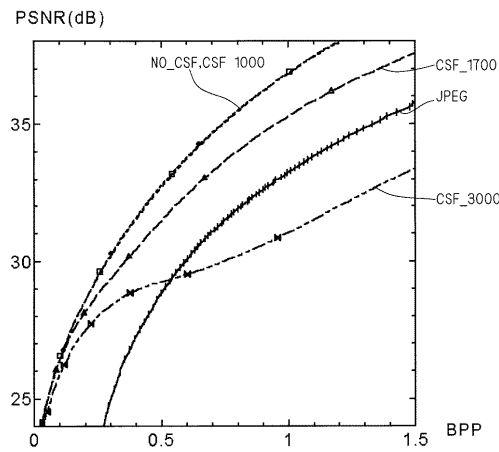
【 20 】



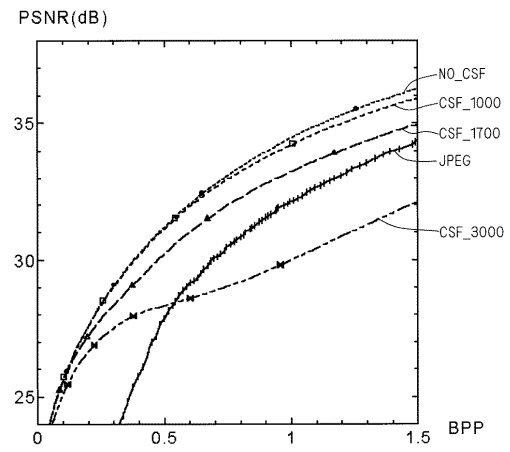
【 21 】



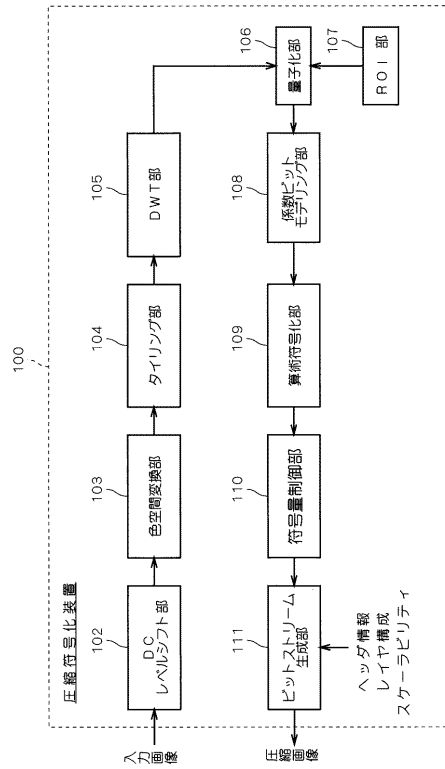
【 22 】



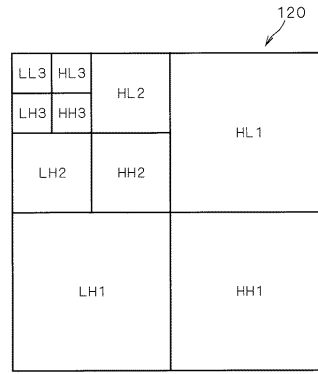
【 23 】



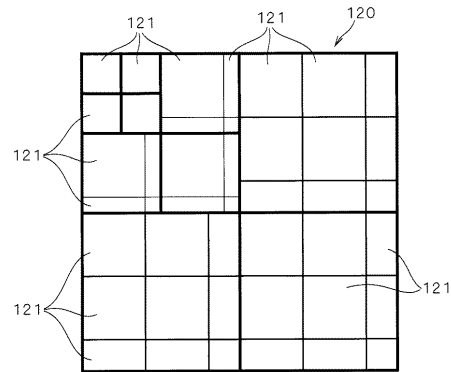
【図24】



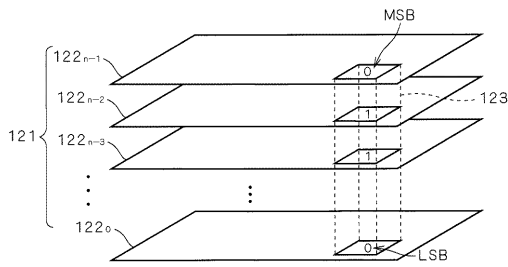
【図25】



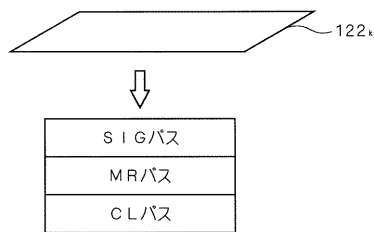
【図26】



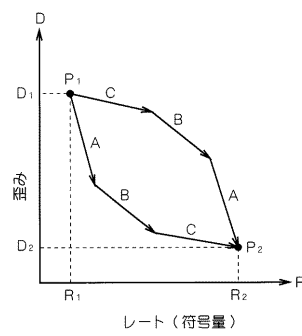
【図27】



【図28】



【図29】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平09-084053(JP,A)  
特開2003-309726(JP,A)  
特開2004-064115(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H04N 1/41