

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4732203号
(P4732203)

(45) 発行日 平成23年7月27日 (2011. 7. 27)

(24) 登録日 平成23年4月28日 (2011. 4. 28)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 4 N	1/417	(2006. 01)	HO 4 N 1/417
HO 4 N	1/41	(2006. 01)	HO 4 N 1/41 A
HO 3 M	7/40	(2006. 01)	HO 3 M 7/40

請求項の数 14 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2006-75544 (P2006-75544)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成18年3月17日 (2006. 3. 17)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2007-251834 (P2007-251834A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成19年9月27日 (2007. 9. 27)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成21年2月18日 (2009. 2. 18)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(72) 発明者	梶原 浩
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像符号化装置及び復号装置及びそれらの制御方法、並びに、コンピュータプログラム及びコンピュータ可読記憶媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

動的確率分布モデルに基づいて画像データを符号化する画像符号化装置であって、
画像データを画素単位に入力する入力手段と、
該入力手段で入力された着目画素データから G o l o m b 符号化の対象となるシンボルを生成するシンボル生成手段と、

前記シンボル生成手段で生成された着目シンボルを、直前のシンボルを符号化する際に決定された符号化パラメータに従って G o l o m b 符号化し、符号化データを生成する符号化手段と、

該符号化手段の符号化対象となったシンボルを符号化する際に使用した符号化パラメータが、前記符号化対象のシンボルの符号語を目標符号長とするための符号化パラメータの取り得る範囲内にあるか、当該範囲の上限を超えるか、或いは、当該範囲の下限を下回るかを判断する判断手段と、

前記着目シンボルに後続するシンボルの符号化のため、前記判断手段の判断結果に基づき、前記符号化パラメータを更新する更新手段と
を備えることを特徴とする画像符号化装置。

【請求項 2】

前記シンボル生成手段は、

着目画素データの周囲に位置し、既符号化済みの少なくとも1つの画素データから着目画素データの予測値を算出する予測値算出手段と、

10

20

算出された予測値と着目画素データとの差である予測誤差を算出する予測誤差算出手段と、

算出された予測誤差の正負の符号を判別可能な、非負の整数値に変換する変換手段とを備え、

当該変換手段で変換された非負の整数値を前記シンボルとして生成することを特徴とする請求項 1 に記載の画像符号化装置。

【請求項 3】

前記シンボルを前記符号化手段で符号化する際に用いた符号化パラメータを K 、当該シンボルの符号長が目標符号長となる符号化パラメータの範囲の下限と上限を K_{Smin} 、 K_{Smax} と定義したとき、

前記更新手段は、

$K < K_{Smin}$ の関係にあるとき、符号化パラメータ K を増加させ、

$K_{Smax} < K$ の関係にあるとき、符号化パラメータ K を減少させ、

$K_{Smin} \leq K \leq K_{Smax}$ の関係にあるとき、符号化パラメータ K の値を維持することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の画像符号化装置。

【請求項 4】

更に、既符号化済みであって、着目画素 X の周囲にある画素データに基づき、着目画素位置の状態情報 S を算出する状態情報算出手段と、

該状態情報 S の取り得る範囲の符号化パラメータ配列 $K[S]$ を記憶する符号化パラメータ記憶手段とを備え、

前記符号化手段は、着目画素データの状態情報 S で特定される符号化パラメータ $K[S]$ に従って符号化し、

前記更新手段は、符号化パラメータ $K[S]$ を更新することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の画像符号化装置。

【請求項 5】

前記シンボルを前記符号化手段で符号化する際に用いた符号化パラメータを $K[S]$ 、当該シンボルの符号長が目標符号長となる符号化パラメータの範囲の下限と上限を K_{Smin} 、 K_{Smax} と定義したとき、

前記更新手段は、

$K[S] < K_{Smin}$ の関係にあるとき、符号化パラメータ $K[S]$ を増加させ、

$K_{Smax} < K[S]$ の関係にあるとき、符号化パラメータ $K[S]$ を 1 未満の確率で減少させ、

$K_{Smin} \leq K[S] \leq K_{Smax}$ の関係にあるとき、符号化パラメータ $K[S]$ の値を維持することを特徴とする請求項 4 に記載の画像符号化装置。

【請求項 6】

更に、既符号化済みであって、着目画素 X の周囲にある画素データに基づき、着目画素位置の状態情報 S を算出する状態情報算出手段と、

該状態情報算出手段で算出された状態情報 S の取り得る範囲のインデックス配列 $i[S]$ を記憶するインデックス記憶手段と、

前記インデックス配列 $i[S]$ の取り得る範囲の符号化パラメータ配列 $K[i[S]]$ を記憶する符号化パラメータ記憶手段とを備え、

前記符号化手段は、着目画素データの状態情報 S で特定される符号化パラメータ $K[i[S]]$ に従って符号化し、

前記更新手段は、符号化パラメータ $K[i[S]]$ を更新することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の画像符号化装置。

【請求項 7】

前記シンボルを前記符号化手段で符号化する際に用いた符号化パラメータを K 、当該シンボルの符号長が目標符号長となる符号化パラメータの範囲の下限と上限を K_{Smin} 、 K_{Smax} と定義したとき、

前記更新手段は、

10

20

30

40

50

$K[i[S]] < K_{Smin}$ の関係にあるとき、符号化パラメータ $K[i[S]]$ を予め設定された補正值 だけ増加させ、

$K_{Smax} < K[i[S]]$ の関係にあるとき、符号化パラメータ $K[i[S]]$ を前記補正值 よりも小さな補正值 だけ減少させ、

$K_{Smin} \leq K \leq K_{Smax}$ の関係にあるとき、符号化パラメータ $K[i[S]]$ の値を維持することを特徴とする請求項 6 に記載の画像符号化装置。

【請求項 8】

動的確率分布モデルに基づいて画像データを符号化する画像符号化装置の制御方法であって、

画像データを画素単位に入力する入力工程と、

該入力工程で入力された着目画素データから G o l o m b 符号化の対象となるシンボルを生成するシンボル生成工程と、

前記シンボル生成工程で生成されたシンボルを、直前のシンボルを符号化する際に決定された符号化パラメータに従って G o l o m b 符号化し、符号化データを生成する符号化工程と、

該符号化工程の符号化対象となったシンボルを符号化する際に使用した符号化パラメータが、前記符号化対象のシンボルの符号語を目標符号長とするための符号化パラメータの取り得る範囲内にあるか、当該範囲の上限を超えるか、或いは、当該範囲の下限を下回るかを判断する判断工程と、

前記着目シンボルに後続するシンボルの符号化のため、前記判断工程の判断結果に基づき、前記符号化パラメータを更新する更新工程と

を備えることを特徴とする画像符号化装置の制御方法。

【請求項 9】

コンピュータが読み込み実行することで、前記コンピュータを、請求項 1 乃至 7 いずれか 1 項に記載の画像符号化装置として機能させるコンピュータプログラム。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のコンピュータプログラムを格納したことを特徴とするコンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 11】

動的確率分布モデルに基づいて符号化された画像データを復号する画像復号装置であって、

画素単位の符号化データを入力する入力手段と、

前記入力手段によって入力された符号化データを、直前の符号化データを復号する際に決定された復号パラメータに従って G o l o m b 復号し、着目画素のシンボルを生成する復号手段と、

復号して得られたシンボルから、着目画素の画素データに復元する画素データ復元手段と、

前記復号手段で得られたシンボルを復号する際に使用した復号パラメータが、前記シンボルの符号語の符号長を目的符号長に収めるための符号化パラメータの取り得る範囲内にあるか、当該範囲の上限を超えるか、或いは、当該範囲の下限を下回るかを判断する判断手段と、

前記着目符号化データに後続する符号化データの復号のため、前記判断手段の判断結果に基づき、前記復号パラメータを更新する更新手段と

を備えることを特徴とする画像復号装置。

【請求項 12】

動的確率分布モデルに基づいて符号化された画像データを復号する画像復号装置の制御方法であって、

画素単位の符号化データを入力する入力工程と、

前記入力工程によって入力された符号化データを、直前の符号化データを復号する際に決定された復号パラメータに従って G o l o m b 復号し、着目画素のシンボルを生成する

10

20

30

40

50

復号工程と、

復号して得られたシンボルから、着目画素の画素データに復元する画素データ復元工程と、

前記復号工程で得られたシンボルを復号する際に使用した復号パラメータが、前記シンボルの符号語の符号長を目的符号長に収めるための符号化パラメータの取り得る範囲内にあるか、当該範囲の上限を超えるか、或いは、当該範囲の下限を下回るかを判断する判断工程と、

前記着目符号化データに後続する符号化データの復号のため、前記判断工程の判断結果に基づき、前記復号パラメータを更新する更新工程と

を備えることを特徴とする画像復号装置の制御方法。

10

【請求項 13】

コンピュータが読み込み実行することで、前記コンピュータを、請求項 11 に記載の画像復号装置として機能させるコンピュータプログラム。

【請求項 14】

請求項 13 に記載のコンピュータプログラムを格納したことを特徴とするコンピュータ可読記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像データの符号化技術に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

画像符号化に用いるエントロピ符号化の形態として、静的な確率分布モデルを用いるものと動的なモデルによるものがある。静的確率分布モデルを用いるものは、情報源の性質を調査、あるいは想定してあらかじめ確率分布のモデルを用意しておき、そのモデルに適した符号化を行うものである。また、動的確率分布モデルを用いるものは、符号化の過程で情報源の性質を学習し、ダイナミックに確率分布のモデルを変更しながら符号化を行うものである。

【0003】

ここで、多値画像のロスレス（可逆）符号化について、この 2 つの例を挙げる。

30

【0004】

連続階調静止画像の国際標準符号化方式として ISO と ITU - T から勧告される JPEG に規定されるロスレス符号化方式では、着目画素と予測値との差分をあらかじめ定めたハフマンテーブルを用いて符号化しており、静的モデルを用いている（非特許文献 1）。

【0005】

一方、連続階調静止画像の可逆と準可逆圧縮の国際標準方式として ISO と ITU - T から勧告されている JPEG - LS Part 1 は動的モデルの一例である。JPEG - LS は予測誤差の符号化に、符号化パラメータを変えることによって異なる確率分布に対応可能な Golomb（ゴロム）符号化技術を採用している。着目画素の周囲 4 画素から決定されるコンテキスト毎に、符号化済みのシンボルの確率分布状況を参考にして「k」を選択することで、ダイナミックに確率分布モデルの変更が行われる（非特許文献 2）。

40

【0006】

以下、JPEG - LS における予測誤差符号化の大まかな流れと、Golomb 符号化パラメータの決定方法について説明する。なお、以下の説明では、着目画素の周囲画素が全て同一画素値である場合に適用されるランモードや、準可逆符号化のための量子化处理など、本発明に直接関係しない事柄については省略する。標準方式の詳細については規格書を参照されたい。

【0007】

図 3 は JPEG - LS で参照される着目画素「x」とその周囲画素 a, b, c, d との

50

相対位置関係を示す。ラスタースキャン順に画素を符号化するため、着目画素「x」の周辺画素a, b, c, dは全て符号化済みであることに注意されたい。各画素の値もa, b, c, dで表現する。まず、以下の式によりaとc、cとb、bとdの差分を求め、D1、D2、D3を得る。

$$D1 = d - b$$

$$D2 = b - c$$

$$D3 = c - a$$

【0008】

この差分値D1、D2、D3を9通り(-4から4まで)に量子化してそれぞれの差分の量子化値Q1、Q2、Q3を求める。図2に差分値の範囲とその量子化値の対応を示す。T1、T2、T3はあらかじめ定められた非負の整数値である。

10

【0009】

例えば、0~255の値を取る8ビットの画像に対しては、T1=3、T2=7、T3=21といった値が設定される。このようにして得られたQ1、Q2、Q3の組み合わせ(Q1, Q2, Q3)は、Q1、Q2、Q3がそれぞれ-4から4までの9通りの値を持ち得るので、 $9 \times 9 \times 9 = 729$ 通りである。

【0010】

ここで状態(Q1, Q2, Q3)で予測誤差eが発生する確率と、状態(-Q1, -Q2, -Q3)で予測誤差-eが発生する確率は同じとして考える。従って、これら2つの状態を統合して365通りに縮退する。この組み合わせを示す情報が上記のコンテキストである。365通りの状態のいずれであるかを表す識別子をSとし、以降、この識別子Sを状態番号と呼ぶ。

20

【0011】

一方、周囲画素a, b, cを用いて着目画素値xに対する予測値pを以下の式により求める。

$$p = \min(a, b) \quad (\max(a, b) < c \text{ の場合}) \text{ or}$$

$$p = \max(a, b) \quad (\min(a, b) < c \text{ の場合}) \text{ or}$$

$$p = a + b - c \quad (\text{上記以外})$$

ここで、 $\min(x, y)$ はx、yの小さい方を返す関数、 $\max(x, y)$ は大きい方の値を返す関数である。

30

【0012】

予測値pの値の取り方は、周囲画素a, b, cの値の大小関係によって切り替わるが、a, b, cが符号化済みの画素であるため、切り替わりに関する付加情報を伝送することなく、符号化側と復号側で同じ予測値pを取ることができることに注意されたい。JPE G-L Sでは予測の精度を向上するために、これまでに状態Sで符号化された画素で発生した予測誤差の平均値を参照して予測値pを修正するという技術が用いられているが、ここでは説明を省略する。

【0013】

この予測値pと着目画素xとの差分eを求め、これを非負の整数値に変換してGolomb符号化する。このとき、着目画素のコンテキストに応じて符号化のパラメータkを決定する。

40

【0014】

JPE G-L Sではそれぞれの状態Sごとに生起回数N[S]と、その状態で符号化した予測誤差の絶対値和A[S]とを保持する。Golomb符号化のパラメータkは、これら2つの値を用いた以下の条件を満たすものである。なお、「 x^y 」はxのy乗を示す。

$$2^{(k-1)} < A[S] / N[S] < 2^k$$

【0015】

実際には、 $A[S] / N[S]$ の除算を行う必要はない。 $N[S] \times 2^k > A[S]$ となる最小のkを求めれば良い。これにより予測誤差の絶対値平均が大きい状態ではkパ

50

ラメータとして大きな値が選択され、反対に絶対値平均が小さい状態では小さなkパラメータが選択される。

【0016】

符号化の開始時点ではA[S]、N[S]に初期値を設定しておき、符号化処理の過程で随時値を更新していくことにより、動的に各状態の確率分布に追従する。

【非特許文献1】ITU-T T.81 | ISO/IEC 10918-1 : 1994, Information Technology - Digital compression and coding of continuous-tone still images : Requirements and guidelines

【非特許文献2】ITU-T T.87 (1998) | ISO/IEC 14495-1 : 1999, Information Technology - Lossless and near-lossless compression of continuous-tone still images : Baseline

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

上述のJPEGLSによる画像処理装置では、各予測誤差の符号化の都度、kパラメータ決定のための処理を実行する。

【0018】

除算を行わないようにするなど、処理負荷を軽減する工夫がされているが、不定回数の判定を伴う処理を毎回行うことは処理負荷の観点から効率的とは言えない。

【0019】

また、予測誤差の絶対値和を保持するには多くの桁数(ビット数)が必要であり、場合によってはA[S]のメモリ容量が問題となることがある。

【0020】

また、予測誤差の絶対値平均に基づいて符号化パラメータkを決定している。このため、例えば状態分離が不十分で統計的性質の変化が大きい情報源を符号化する場合において、大きな予測誤差が発生した際には、それ以降に符号化される多数の予測誤差についてkパラメータが大きくなるなどの影響が及ぶという問題が残る。

【0021】

本願発明は、上述の問題点に鑑みてなされたものである。そして、本発明の実施態様によれば、動的な確率分布モデルを用いる画像の符号化において、簡易に符号化パラメータを決定し、かつ、良好な符号化性能を実現する技術を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0022】

かかる課題を解決するため、例えば本発明の画像符号化装置は以下の構成を備える。すなわち、

動的確率分布モデルに基づいて画像データを符号化する画像符号化装置であって、

画像データを画素単位に入力する入力手段と、

該入力手段で入力された着目画素データからGolomb符号化の対象となるシンボルを生成するシンボル生成手段と、

前記シンボル生成手段で生成された着目シンボルを、直前のシンボルを符号化する際に決定された符号化パラメータに従ってGolomb符号化し、符号化データを生成する符号化手段と、

該符号化手段の符号化対象となったシンボルを符号化する際に使用した符号化パラメータが、前記符号化対象のシンボルの符号語を目標符号長とするための符号化パラメータの取り得る範囲内にあるか、当該範囲の上限を超えるか、或いは、当該範囲の下限を下回るかを判断する判断手段と、

前記着目シンボルに後続するシンボルの符号化のため、前記判断手段の判断結果に基づき、前記符号化パラメータを更新する更新手段とを備える。

【発明の効果】

【0023】

10

20

30

40

50

本発明によれば、処理負荷およびメモリコストの少ない簡易な方法で符号化パラメータを決定することができ、かつ、画像データを良好な圧縮性能で符号化可能とする。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下添付図面を参照して、本発明を好適な実施形態に従って詳細に説明する。

【0025】

< 第1の実施形態 >

図1は本実施形態に係る画像処理装置の機能構成を示すブロック構成図である。

【0026】

図1に示すように、本実施形態に係る画像処理装置は、画像入力部101、ラインバッファ102、予測器103、予測誤差生成部104、予測順位変換部105、Golomb符号化部106、kパラメータ更新部107、符号列形成部108とを備える。同図において109は信号線を示す。

【0027】

以下、図1を参照して、本実施形態に係る画像処理装置が行う画像符号化処理について説明する。ここでは、符号化対象画像は、各画素が8ビット（0～255の範囲）の輝度値または濃度値を表現した画素データにより構成される、モノクロ画像データであるものとする。しかしながら、本方式はRGBやCMYKなど、1画素が複数のコンポーネント（色）で表現されるカラー画像や、各コンポーネントが8ビット以上のビット精度で表現される画像データに対しても同様に適用可能である。例えば、カラー画像に適用する場合には、コンポーネント毎に分離して、それぞれをモノクロ画像と同様に符号化すれば良い。なお、符号化対象画像は水平方向W画素、垂直方向G画素により構成されるものとする。

【0028】

次に、本実施形態の画像処理装置での各部の動作について説明する。

【0029】

画像入力部101は、符号化対象画像データの画素データxを入力する。この入力は一スキャン順とする。入力源は、イメージスキャナとするが、画像データファイルを記憶している記憶媒体であっても良く、その入力源の種類は問わない。

【0030】

ラインバッファ102は画像データを2ライン分格納する記憶容量を持ち、画像入力部101から入力される画像データを順次格納していく。つまり、ラインバッファ102に必要なとされる容量は2×Wバイトである。ラインバッファ102に保持する2ライン分の画素データは符号化開始時点で所定の値で初期化される。画素の初期値としては符号化装置と復号装置で共通に設定可能な値であれば良い。ここでは説明の簡略化のため、符号化処理を開始する際に、ラインバッファ102を「0」で初期化するものとする。

【0031】

予測器103は画像入力部101から入力される画素（以降、着目画素と呼ぶ）について、符号化済みの周囲画素a、b、cを参照して予測値pを生成する。着目画素xと周囲画素a、b、cの位置関係は図3に示す通りである。符号化済みの周囲画素a、b、cはラインバッファ102から供給される。なお、着目画素xがラインの先頭である場合やラインの最後の画素である場合、周囲画素a、b、cのいずれかが符号化対象画像の範囲外となることがある。このような場合には、符号化装置と復号装置で共通の値を用いるが、ここでは画像の範囲外の値は0とする。本実施形態では予測値pを以下の式により求める。

$$p = \min(a, b) \quad (\max(a, b) < c \text{ の場合}) \text{ or}$$

$$p = \max(a, b) \quad (\min(a, b) < c \text{ の場合}) \text{ or}$$

$$p = a + b - c \quad (\text{上記以外})$$

【0032】

なお、予測値生成には上記方法以外にも様々な方法を用いることが可能である。例えば

、J P E G 標準方式のロスレス符号化で使用可能な7つの予測式のように、別の予測式を用いても良い。また、J P E G - L S 標準方式のように、符号化済みの画素で平均的に発生した予測誤差値を用いて上記予測値 p を補正することで予測の精度を高めるといった方法を用いることもできる。

【0033】

予測誤差生成部104は予測器103により生成された予測値 p と画像入力部101から入力される着目画素値 x との差分「 $x - p$ 」を演算し、その結果を予測誤差 e として出力する。

【0034】

予測順位変換部105は予測誤差生成部104で求めた予測誤差 e を以下の式により非負の整数値 $M(e)$ にマップする。以降、 $M(e)$ を予測順位と呼ぶ。

$$M(e) = 2 \times e \quad (e \geq 0 \text{ の場合})$$

$$M(e) = -2 \times e - 1 \quad (e < 0 \text{ の場合})$$

上記の結果、 $M(e)$ は非負の整数となり、それが偶数か奇数かでもって予測誤差 e の正負の符号が識別できる。

【0035】

G o l o m b 符号化部106は k パラメータ更新部107の内部に保持する k パラメータを用いて、予測順位変換部105から出力される予測順位 $M(e)$ を G o l o m b 符号化し、2値シンボル列を出力する。

【0036】

G o l o m b 符号は非負の整数値を符号化対象とし、パラメータ変数 m によって異なる複数の確率モデルによる符号化が可能であるという特徴を持つ。また、符号化対象シンボルとパラメータ変数 m から符号語を導出することができるため、符号表が不要という利点もある。以下の説明ではパラメータ変数 m が 2^k となる G o l o m b 符号の特殊形に限定し、 k をパラメータ変数として説明する。このような G o l o m b 符号の一形態が ISO と ITU-T から国際標準勧告される JPEG-LS (ISO/IEC 14495-1 | ITU-T Recommendation T.87) において予測誤差の符号化方式として採用されている。

【0037】

符号化対象の非負の整数値 n を符号化パラメータ k で G o l o m b 符号化する手順は次の通りである。まず、 n を k ビット右シフトして整数値 u を求める。平たく言えば、整数値 u は、 n を 2^k で除算した商を意味する。

【0038】

シンボル n に対する符号は、 u 個の「0」に続く「1」（可変長部）と、 n の下位 k ビット（固定長部）の組み合わせにて構成する。図16に $k = 0, 1, 2$ における G o l o m b 符号の例を示しておく。

【0039】

例えば、 $k = 2$ （従って $m = 4$ ）で、シンボル $n = 5$ の場合、 $u = \text{floor}(5 / 4) = 1$ となるので、可変長部は2進“01”となる。また、シンボル n の下位2ビットは“01”となるので、 $k = 2$ の場合のシンボル「5」の G o l o m b 符号語は“0101”となり、符号長は4ビットとなる。

【0040】

なお、ここに述べた符号の構成方法は一例であり、固定長部と可変長部の順序を逆にしても一意復号可能な符号を構成することができる。また、0と1を反対にして符号を構成しても良い。

【0041】

k パラメータ更新部107は、G o l o m b 符号化部106により予測順位変換部105から出力される予測順位 $M(e)$ の符号化後が行われた後に、内部に保持する k パラメータの更新処理を行う。更新処理は、符号化した予測順位 $M(e)$ の値と現在保持する k パラメータで最小符号長が得られる範囲（以降、最適シンボル範囲と呼ぶ）とを比較し、必要に応じて k の値を $+1$ 、あるいは -1 することにより行われる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

図 5 A は G o l o m b 符号の、各シンボルの値（縦軸）と、k パラメータ（横軸）と 2 次元空間における符号長を示すテーブルである。図示では、0 ~ 2 8 までの符号化対象シンボル（予測順位 M (e) に対応する）を、k = 0 ~ 5 のそれぞれ符号化パラメータで符号化した場合に発生する符号長（ビット数）を表している。

【 0 0 4 3 】

図示のテーブルでは、3 つの領域に分けて示している。1 つ目の領域は、個々のシンボルに着目し、その符号語の符号長が最小（最短）となる領域 5 0 である。残りの 2 つは、領域 5 0 で分断される領域 5 1、5 2 である。領域 5 1 は、領域 5 0 を規定する符号化パラメータ k の値よりも大きな符号化パラメータ k と、最小符号長とはならない符号長で定義される領域と言い換えることができる。また、領域 5 2 は、領域 5 0 を規定する符号化パラメータ k の値よりも小さな符号化パラメータ k と、最小符号長とはならない符号長で定義される領域と言い換えることができる。

10

【 0 0 4 4 】

例えば、符号化対象シンボルが「 8 」であり、符号化パラメータ k = 2 乃至 4 の範囲では最小符号長「 5 」となる。従って、シンボル「 8 」においては、符号化パラメータ k = 2 乃至 4 の範囲の符号長が「 5 」となる位置は、領域 5 0 内にある。

【 0 0 4 5 】

また、符号化対象シンボルが「 8 」であり、符号化パラメータ k = 5 では、符号長が「 6 」となり、最小符号長「 5 」とはならない。それ故、シンボル「 8 」においては、符号化パラメータ k = 5 の符号長が「 6 」となる位置は、領域 5 1 内にある。

20

【 0 0 4 6 】

同様に、符号化対象シンボルが「 8 」であり、符号化パラメータ k = 0、1 では、符号長が「 9 」or「 6 」となり、やはり最小符号長「 5 」とはならない。それ故、シンボル「 8 」においては、符号化パラメータ k = 0、1 の符号長が「 9 」or「 6 」となる位置は、領域 5 2 内にある。

【 0 0 4 7 】

本実施形態における k パラメータ更新部 1 0 7 は、符号化対象の予測順位 M (e) が領域 5 1 内にあった場合、次画素の符号化時には、より小さい k パラメータが適切と判断し、k の値をより小さな値に補正する。具体的には、次画素の符号化に備えて、パラメータ k から 1 を減じる。

30

【 0 0 4 8 】

また、符号化した予測順位 M (e) が領域 5 2 内にあった場合、より大きな k パラメータが適切と判断し、k の値をより大きな値に補正する。具体的には、k に 1 を加えて更新する。

【 0 0 4 9 】

そして、符号化した予測順位 M (e) が領域 5 0 内にあった場合、現状の k パラメータが適切と判断し、k の値は補正せず、維持する。

【 0 0 5 0 】

なお、図示の領域 5 1、5 2 の境界はパラメータ k から導出することができる。符号化対象シンボルの値を n で表すとき、領域 5 1 は、「 $n < 2^{(k-1)}$ 」の関係を満たす範囲であり、領域 5 2 は $3 \times 2^k \leq n$ の範囲である。換言すれば、図 5 A のテーブルを全て記憶する必要はなく、領域 5 0 を定義する情報のみ記憶すればよい。領域 5 0 は、各シンボルの値と、それぞれのシンボル毎に、それを符号化した際の最小符号長となるパラメータ k の下限値と上限値を記憶すればよい。

40

【 0 0 5 1 】

また、この判定処理を不要とするため、図 5 B に示すような、テーブルを予めパラメータ更新部 1 0 7 が記憶保持しても構わない。図 5 B のテーブルは、図 5 A のテーブルに、次の符号化に備えた補正值（- 1、0、+ 1）の項目を追加したものである。領域 5 0 内での補正值は“ 0 ”、領域 5 1 内での補正值は“- 1 ”、そして、領域 5 2 内での補正

50

値は“+1”である。従って、補正值 $H(=-1, 0, +1)$ は $H(n, k)$ と表現できるので、この値 $H(n, k)$ を現在の k パラメータに足し込むことで、 k パラメータを更新すればよい。

【0052】

符号列形成部108はGolomb符号化部106から出力される符号列(2値シンボル列)を結合させ、必要な付加情報を加えて本画像処理装置の出力となる符号化データを形成して信号線109より出力する。出力先が記憶装置であれば、ファイルとして格納する。

【0053】

図9は本画像処理装置の出力符号列の構成を示す図である。出力符号列の先頭には、画像を復号するために必要となる情報、例えば、画像の水平方向画素数、垂直方向画素数、色空間を表す属性情報、コンポーネント数、各コンポーネントのビット数などの付加情報がヘッダとして付けられる。

10

【0054】

図4は本実施形態に係る画像処理装置による符号化対象画像データの符号化処理の流れを示すフローチャートである。以下、図4に示したフローチャートを参照して、本実施形態に係る画像処理装置が行う画像符号化処理の全体的な流れについて説明する。

【0055】

まず、符号化処理に先立ち、ラインバッファ102に格納される画素データ、および k パラメータ更新部107に保持される符号化パラメータ k の初期化が行われる。本実施形態ではラインバッファ102の画素データを全て0に初期化し、 k パラメータ更新部107が保持する k パラメータを「2」に設定する(ステップS400)。続いて、画像入力部101はラスタースキャン順に画像データの入力を開始し、入力した画像データの各画素データをラインバッファ102に格納すると共に、予測誤差生成部104に供給する(ステップS401)。

20

【0056】

次に、ラインバッファ102から着目画素の周囲画素 a, b, c を読み出し、予測器103にて予測値 p を生成する(ステップS402)。予測誤差生成部104は、着目画素 x と予測器103の生成した予測値 p との差分を求め、予測誤差 e として出力する(ステップS403)。予測順位変換部105は、この予測誤差 e を予測順位 $M(e)$ に変換する(ステップS404)。Golomb符号化部106は、 k パラメータ更新部107の内部に保持する k パラメータを用いて、予測順位 $M(e)$ をGolomb符号化する(ステップ405)。

30

【0057】

続いて k パラメータ更新部107にて、符号化した予測順位 $M(e)$ と更新前の k パラメータにおける最適範囲との比較が行われ、自身が保持する k パラメータを必要に応じて更新する(ステップS406)。つまり、予測順位 $M(e)$ と、Golomb符号化部106で使用した k パラメータで示される位置が、図5A又は図5Bの領域50乃至52のどの領域内にあるかを判断し、いずれの領域にあるかに基づき次の画素の符号化する際に利用することになる k パラメータを更新(補正)する。

【0058】

次いで、符号化した画素が画像の最後の画素かどうかを判定し(ステップS407)、最後の画素である場合には符号化処理を終了し、そうでない場合にはステップ401へと処理を移し、次の画素の符号化処理を行う。

40

【0059】

以上の処理により、画像全体の符号化が行われる。なお、符号化処理は必ずしもこの順序で行わなければならないという訳ではない。例えば、ここでは画素データの読み込み(ステップS401)、予測値の生成(ステップS402)という順番で説明したが、順序を逆にしても良い。また、更新前の k パラメータを正しく受け渡しできるならば、Golomb符号化(ステップS405)と k パラメータの更新(ステップS406)の順序を変える、あるいは並列に行うといった変更を行っても良い。

50

【 0 0 6 0 】

ここで、予測順位変換部 1 0 5 から順に出力される予測順位の列 “ 0 , 0 , 2 , 0 , 0 , 1 , 0 , 3 , 0 ... ” を符号化する場合を例にとり、符号化に使用する k パラメータの値と更新処理の内容、および更新処理後の k 値の推移を図 6 に示す。

【 0 0 6 1 】

以下、k パラメータの変化を順に説明する。符号化の開始時に k パラメータの初期値を “ 2 ” に設定し、最初のシンボル “ 0 ” はこの k = 2 を用いて Golomb 符号化する。k = 2 に対してシンボル “ 0 ” は、図 5 A の領域 5 1 に該当する。従って、k から 1 を減じて、k = 1 と更新する。

【 0 0 6 2 】

2 番目のシンボル “ 0 ” を更新後の k (この場合 k = 1) で符号化する。この場合、シンボル “ 0 ” は、同じく図 5 A の領域 5 1 に該当するため、k から 1 を減じて k = 0 と更新する。

【 0 0 6 3 】

次に、シンボル “ 2 ” を k = 0 で符号化する。シンボル “ 2 ” は k = 0 の最適シンボル範囲にあるため、k の値は変化させない。以降、同様にシンボル列 “ 0 , 0 , 1 , 0 ” を符号化するが、同じ理由から k の値に変化は起こらない。

【 0 0 6 4 】

続いて、シンボル “ 3 ” を k = 0 で符号化し、シンボルが領域 5 2 に該当するため 1 を加えて、k = 1 と更新する。次のシンボル “ 0 ” を k = 1 で符号化し、領域 5 1 に該当するため 1 を減じて、k = 0 と更新する。このようにして、符号化とパラメータ k の更新処理が行われる。この例からも、符号化対象シンボルの局所的な性質に合わせて k パラメータが変更されていく様子が分かる。

【 0 0 6 5 】

本実施形態の画像処理装置で生成した符号化データを復号するにはヘッダに示される付加情報を参照して、符号化処理の逆の手順でそれぞれの画素を復号していくようにすれば良い。このとき、各シンボルの復号において Golomb 符号化の k パラメータは符号化側と復号側で同じ値を用いる。即ち、復号側でも符号化側と同じ初期値を与えて復号を開始し、復号したシンボルが現在の k パラメータに対して最適シンボル範囲にあるか否かを判定し、符号化時と同じアルゴリズムで必要に応じて更新していく。

【 0 0 6 6 】

図 1 5 は復号側の画像処理装置の機能構成を示すブロック図である。先に説明した図 1 と共通のブロックについては同じ番号を付し、説明を省略する。図に示すように復号側の画像処理装置は、符号化データ入力部 1 5 0 1、Golomb 符号復号部 1 5 0 2、予測順位逆変換部 1 5 0 3、画素値復元部 1 5 0 4、ヘッダ解析部 1 5 0 5、ラインバッファ 1 0 2、予測器 1 0 3、k パラメータ更新部 1 0 7 とを備える。

【 0 0 6 7 】

以下、復号処理を行う画像処理装置の各処理部の動作について説明する。

【 0 0 6 8 】

符号化データ入力部 1 5 0 1 は復号対象となる符号化データを入力する。このとき、符号化データ入力部 1 5 0 1 は、符号化データの構造解析を行い、ヘッダ部はヘッダ解析部 1 5 0 5 へ、画素符号化データは Golomb 符号復号部 1 5 0 2 へと渡す。

【 0 0 6 9 】

ヘッダ解析部 1 5 0 5 は符号化データ入力部から送られるヘッダを解析し、符号化された画像データの水平、垂直方向画素数など、復号処理に必要な情報を取り出し、画像処理装置の制御に反映させる。

【 0 0 7 0 】

Golomb 符号復号部 1 5 0 2 は k パラメータ更新部 1 0 7 に保持する k パラメータを取得し、これを用いて予測順位 M (e) にまで復元する。

【 0 0 7 1 】

10

20

30

40

50

k パラメータ更新部 107 は先に述べた符号化の際の更新処理と同じ方法により、復号された予測順位 $M(e)$ に基づいて必要に応じて k パラメータの更新を行う。

【0072】

予測順位逆変換部 1503 は Golomb 符号復号部 1502 で復号された予測順位 $M(e)$ から以下の式により予測誤差 e を復元する。

$$e = M(e) / 2 \quad (M(e) \text{ が偶数の場合})$$

$$e = -(M(e) + 1) / 2 \quad (M(e) \text{ が奇数の場合})$$

【0073】

画素値復元部 1504 は予測順位逆変換部 1503 で復元される予測誤差 e と予測器 103 にて生成される予測値 p から、 $e + p$ により着目画素値 x を復号して出力する。復号した画素値 x はラインバッファ 102 に格納され、以降の画素の予測値を生成する際に利用される。

【0074】

画像を構成する全ての画素が復号されるまで、Golomb 符号復号部 1502 から画素値復元部 1504 の処理を繰り返し行うことにより、符号化データから画像データの復号を行う。

【0075】

以上の説明のように、本実施形態に係る画像処理装置では、符号化したシンボル、または復号したシンボルが現在の k パラメータにおける最適シンボル範囲にあるか否かを判定して、最適シンボル範囲にない場合に +1 または -1 して更新し、適切な k パラメータとなるよう制御している。これにより局所的に統計的性質の異なる画像データであっても性質の変化に追従した効率の良い符号化ができる。

【0076】

< 第 1 の実施形態の変形例 >

上記の実施形態を、パーソナルコンピュータ等の汎用情報処理装置と、それ上で実行されるコンピュータプログラムで実現しても構わない。

【0077】

図 14 は本変形例に係る情報処理装置の基本構成を示す図である。図中、1401 は CPU で、RAM 1402 や ROM 1403 に記憶されているプログラムやデータを用いて本装置全体の制御を行うと共に、後述する画像符号化処理を実行する。

【0078】

1402 は RAM で、外部記憶装置 1407 や記憶媒体ドライブ 1408、若しくは I/F 1409 を介して外部装置からダウンロードされたプログラムやデータを記憶する為のエリアを備えると共に、CPU 1401 が各種の処理を実行する際に使用するワークエリアも備える。

【0079】

1403 は ROM で、ブートプログラムや本装置の設定プログラムやデータを格納する。

【0080】

1404、1405 は夫々キーボード、マウス等のポインティングデバイスで、CPU 1401 に対して各種の指示を入力することができる。

【0081】

1406 は表示装置で、CRT や液晶画面などにより構成されており、画像や文字などの情報を表示することができる。

【0082】

1407 は外部記憶装置で、ハードディスクドライブ装置等の大容量情報記憶装置であって、ここに OS や後述する画像符号化、復号化処理の為のアプリケーションプログラム、符号化対象の画像データなどが保存されている。OS やアプリケーションは、CPU 1401 による制御によって、RAM 1402 上の所定のエリアにロードすることで、実行されることになる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 3 】

1 4 0 8 は記憶媒体ドライブで、C D - R O M や D V D - R O M などの記憶媒体に記録されたプログラムやデータを読み出して R A M 1 4 0 2 や外部記憶装置 1 4 0 7 に出力するものである。なお、この記憶媒体に後述する画像符号化処理の為にプログラム、符号化対象画像を記録しておいても良く、その場合、記憶媒体ドライブ 1 4 0 8 は、C P U 1 4 0 1 による制御によって、これらのプログラムやデータを R A M 1 4 0 2 上の所定のエリアにロードする。

【 0 0 8 4 】

1 4 0 9 は I / F で、この I / F 1 4 0 9 によって外部装置を本装置に接続し、本装置と外部装置との間でデータ通信を可能にするものである。例えば I / F 1 4 0 9 を介して符号化対象となる画像データを本装置の本装置の R A M 1 4 0 2 や外部記憶装置 1 4 0 7 に入力することや、逆に、本装置の R A M 1 4 0 2 や外部記憶装置 1 4 0 7 から生成した画像符号化データを装置外部に出力することができる。1 4 1 0 は上述の各部を繋ぐバスである。

10

【 0 0 8 5 】

画像符号化処理を行なう場合、外部記憶装置 1 4 0 7 から対応するプログラムを R A M 1 4 0 2 にロードし、C P U 1 4 0 1 がその処理を実行する。この符号化処理のプログラムは、基本的に図 4 のフローチャートに従って処理を行えば良い。また、そのプログラムは、図 1 に示すような各構成に相当するモジュール（関数、サブルーチンと言っても良い）で構成すれば良いであろう。ただし、ラインバッファ 1 0 8 は、R A M 1 4 0 2 にその容量分のデータ領域を確保することになる。

20

【 0 0 8 6 】

また、復号処理に係るプログラムも、図 1 5 に示すモジュールで構成すれば良いのは明らかであろう。

【 0 0 8 7 】

< 第 2 の実施形態 >

次に、第 2 の実施形態を以下に説明する。第 1 の実施形態の画像処理装置では符号化対象のシンボルが最適シンボル範囲外となる度に符号化パラメータ k を増減して、補正させた。この場合、情報源の統計的性質の変化にすばやく対応できる利点がある反面、性質の変化の少ない情報源においては安定性が問題となる。

30

【 0 0 8 8 】

例えば、それぞれの k パラメータで符号化効率が最大となる確率分布 $f(n, k) = (1/2)^{L(n, k)}$ について考える。 $L(n, k)$ は符号化対象シンボル n を符号化パラメータ k で G l o m b 符号化した場合の符号長であり、 $L(n, k) = k + 1 + \text{floor}(n / (2^k))$ で与えられる。なお、 x^y は x の y 乗、 $\text{floor}(x)$ は x を超えない最大整数を返す関数を表わす。

【 0 0 8 9 】

図 7 に $k = 1$ の場合の確率分布 $f(n, 1)$ を図示する。

【 0 0 9 0 】

確率分布 $f(n, k)$ について図 5 A に示した領域 5 2 に属する何れかのシンボルが出現する確率、即ち、或る k において領域 5 2 に属するシンボルの出現確率の和を調べると、どの k パラメータにおいても 1 2 . 5 % であることが分かる。

40

【 0 0 9 1 】

同様に領域 5 1 について見ると、 $k = 0$ の場合を除いて、領域 5 1 のシンボルの出現確率は 2 5 % となっている。即ち、ある k パラメータ ($k \neq 0$) で、その理想的な確率分布の情報源 $f(n, k)$ を符号化している場合であっても、3 7 . 5 % ($= 1 2 . 5 \% + 2 5 \%$) の確率で k パラメータが変化することを意味する。

【 0 0 9 2 】

図 8 (a) は $k = 0$ である場合、同図 (b) は $k > 0$ である場合に、それぞれ $f(n, k)$ の確率分布を持つ情報源のシンボルを符号化して起こる k パラメータの遷移を示して

50

いる。

【 0 0 9 3 】

ここでは本発明の第 2 の実施形態として、k パラメータの変動を抑制し、安定性を向上させる方法について述べる。

【 0 0 9 4 】

図 1 0 は、本第 2 の実施形態に係る画像処理装置の機能構成を示すブロック図である。第 1 の実施形態で説明した図 1 と共通のブロックについては同じ番号を付し、説明を省略する。

【 0 0 9 5 】

本第 2 の実施形態に係る画像処理装置は、画像入力部 1 0 1、ラインバッファ 1 0 2、予測器 1 0 3、予測誤差生成部 1 0 4、予測順位変換部 1 0 5、Golomb 符号化部 1 0 6、コンテキスト生成部 1 0 0 1、k パラメータ更新部 1 0 0 2、符号列形成部 1 0 8 を備える。また、同図において 1 0 9 は信号線を示す。

10

【 0 0 9 6 】

なお、本第 2 の実施形態に係る画像処理装置の基本構成は、それぞれの機能を専用のハードウェアによって構成しても良い。また、先に説明した第 1 の実施形態の変形例と同様に図 1 4 に示す構成とし、図 1 0 に示す各部の機能をコンピュータに実現させるプログラムにより実現するものとしても構わない。後者の場合、そのプログラムは上記外部記憶装置 1 4 0 7 や記憶媒体ドライブ 1 4 0 8、もしくは I / F 1 4 0 9 を介して外部装置から R A M 1 4 0 2 にロードされ、C P U 1 4 0 1 が実行することになる。

20

【 0 0 9 7 】

以下、図 1 0 を用いて本第 2 の実施形態に係る画像処理装置が行う処理について説明する。

【 0 0 9 8 】

本第 2 の実施形態に係る画像処理装置の符号化対象とする画像データは、第 1 の実施形態と同じく、各画素 8 ビットで 0 ~ 2 5 5 の範囲の輝度値を表現したモノクロ画像データとして説明する。ただし、R G B や C M Y K カラー画像など、複数コンポーネント（成分）で構成される画像データにも適用可能である。また、符号化対象の画像データはラスタースキャン順に各画素の値を並べて構成されるものとする。画像は水平方向 W 画素、垂直方向 H 画素により構成されるものとする。

30

【 0 0 9 9 】

本第 2 の実施形態の画像処理装置においても第 1 の実施形態の画像処理装置と同様に、画像入力部 1 0 1 は符号化対象となる画素データ x を入力し、その画素データ x をラインバッファ 1 0 2 に格納する。先に説明した予測器 1 0 3、予測誤差生成部 1 0 4、予測順位変換部 1 0 5 によって、エントロピ符号化の対象となる非負の整数値 M (e) が生成される。

【 0 1 0 0 】

一方、コンテキスト生成部 1 0 0 1 では、着目画素 x の周囲画素 a , b , c , d をラインバッファ 1 0 2 から読み出し、着目画素の周囲の状態を表すコンテキストを生成する。本実施形態では J P E G - L S と類似の手法により、状態番号 S が 0 ~ 7 2 8 である 7 2 9 通りの状態に分離するものとする。

40

【 0 1 0 1 】

従来技術の説明部分で述べた通り、周辺画素 a , b , c , d について、a と b、b と c、c と d の差分をそれぞれ図 2 のテーブルに従って量子化して Q 1、Q 2、Q 3 を得る。この組み合わせを一意に表わす状態番号 S を生成する。本第 2 の実施の形態では以下の式により状態番号 S を定める。

$$S = 81 \times Q1 + 9 \times Q2 + Q3 + 364$$

【 0 1 0 2 】

なお、J P E G - L S と同様に状態 (Q 1 , Q 2 , Q 3) と状態 (- Q 1、- Q 2、- Q 3) と統合して 3 6 5 状態に縮退したり、a , b , c , d 以外の周辺画素を参照してコ

50

ンテキストを生成しても構わない。

【 0 1 0 3 】

k パラメータ更新部 1 0 0 2 の内部には各状態 S に応じた k パラメータを格納する配列 K [S] と、後述する更新処理にて参照するフラグ配列 F [S] を保持する。符号化の開始時に配列 K [S] (S = 0、1、2、...) は初期値 (本実施形態では 2 とする) に設定され、フラグ配列 F [S] (S = 0、1、2、...) を “ 0 ” に初期化する。

【 0 1 0 4 】

図 1 1 は、着目画素 x の符号化時の k パラメータ更新部 1 0 0 2 の処理の流れを示すフローチャートである。同図を用いて各画素で行われる k パラメータ更新部 1 0 0 2 の処理の流れを説明する。

10

【 0 1 0 5 】

まず、k パラメータ更新部 1 0 0 2 は、コンテキスト生成部 1 0 0 1 から出力される状態番号 S と予測順位変換部 1 0 5 から出力される予測順位 M (e) を取得する (ステップ S 1 1 0 1)。次いで、k パラメータ更新部 1 0 0 2 は、入力された状態番号 S に対応する k パラメータを配列要素 K [S] により取得し、それを G o l o m b 符号化部 1 0 6 へと出力する (ステップ S 1 1 0 2)。これにより、G o l o m b 符号化部 1 0 6 は、予測順位 M (e) の符号化を行うことになる。

【 0 1 0 6 】

次いで、現在の k パラメータの値、即ち K [S] と、シンボルである予測順位 M (e) とで示される位置 (K [S] , M (e)) が、領域 5 1 内にあるか否かを判断する (ステップ S 1 1 0 3)。

20

【 0 1 0 7 】

これは、現在の k パラメータの値が、予測順位 M (e) の最小符号長となる k パラメータの上限値を超えているか否かを判断する、と言い換えることもできる。

【 0 1 0 8 】

位置 (K [S] , M (e)) が、領域 5 1 内にあると判断した場合には、ステップ S 1 1 0 7 へ処理を進め、フラグ配列の要素 F [S] が “ 1 ” であるか否かを判定する。 “ 1 ” でないと判定した場合には、フラグ配列要素 F [S] に “ 1 ” を設定する (ステップ S 1 1 1 0)。また、ステップ S 1 1 0 7 にて、フラグ配列の要素 F [S] が “ 1 ” であると判定した場合には、K [S] から “ 1 ” を減じて更新し (ステップ S 1 1 0 8)、フラグ配列の要素 F [S] に “ 0 ” を設定する (ステップ S 1 1 0 9)。

30

【 0 1 0 9 】

一方、ステップ S 1 1 0 3 にて、位置 (K [S] , M (e)) が領域 5 1 に属しないと判断された場合には、ステップ S 1 1 0 4 に進んで、位置 (K [S] , M (e)) が領域 5 2 内にあるか否かを判定する。

【 0 1 1 0 】

これは、現在の k パラメータの値が、予測順位 M (e) の最小符号長となる k パラメータの下限を下回っているか否かを判断する、と言い換えることもできる。

【 0 1 1 1 】

位置 (K [S] , M (e)) が領域 5 2 内にあると判定した場合、K [S] に “ 1 ” を加えて更新し、F [S] に “ 0 ” を設定する (ステップ S 1 1 0 6)。

40

【 0 1 1 2 】

また、ステップ S 1 1 0 4 にて、位置 (K [S] , M (e)) が領域 5 2 に属しないと判定した場合、すなわち、位置 (K [S] , M (e)) が領域 5 0 内にあると判定した場合、現在の符号化処理状態は最適シンボル範囲にあると判定し、k パラメータの更新は行わない。

【 0 1 1 3 】

これ以降、更新された K [S] は着目画素以降、同じ状態番号 S となる画素の符号化に適用される。

【 0 1 1 4 】

50

以上をまとめると、本第2の実施形態では、位置 $(K[S], M(e))$ が領域52内にある場合には第1の実施形態と同様に直ちに k パラメータに1を加えて更新する。しかし、位置 $(K[S], M(e))$ が領域51内にある場合には1を減じて更新する処理を、フラグ $F[S]$ を使用して1/2の頻度に行っている。

【0115】

ここで、再び、ある k パラメータで本実施形態の説明の冒頭で述べた確率分布 $f(n, k)$ の情報源を符号化している場合を考える。本実施形態では、 k を大きくする方向の更新が起こる確率が12.5%、小さくする方向の更新が起こる確率が12.5%以下と考えられるため、 k パラメータの遷移が行われない確率が75%以上に向上する。

【0116】

従って、 k パラメータ更新における、増加方向と減少方向の確率の偏りを軽減し、かつ、不要な k パラメータ変動の発生確率を少なくすることができる。

【0117】

第1の実施形態と同様にして、予測順位 $M(e)$ はGolomb符号化部106により、 k パラメータ更新部107から出力される k パラメータを用いて符号化され、符号列形成部108にて符号化対象の画像データに対する符号列として結合される。符号列形成部108で生成された最終符号列は信号線109を通じて装置外部へと出力される。

【0118】

本第2の実施形態に係る画像処理装置による符号化対象画像データの符号化処理の流れは、図4に示した第1の実施形態の画像処理装置のフローチャートに僅かな変更が施されたのみである。具体的には、ステップS401からステップS404の処理のタイミングでコンテキスト生成部1001によるコンテキスト生成処理が行われる。例えば、ステップS401による着目画素データの読み込みと、ステップS402による予測値生成の間で、このコンテキスト生成処理を実施するといった具合である。

【0119】

本第2の実施形態の画像処理装置で生成した符号化データを復号するにはヘッダに示される付加情報を参照して、符号化処理の逆の手順でそれぞれの画素を復号していくようにすれば良い。

【0120】

このとき、各シンボルの復号においてGolomb符号化の k パラメータは符号化側と復号側で同じ値を用いる。

【0121】

即ち、復号側でも符号化側と同じ初期値を与えて復号を開始し、復号したシンボルが現在の k パラメータに対して最適シンボル範囲にあるか否かを判定し、符号化時と同じアルゴリズムで必要に応じて更新していけばよい。

【0122】

以上の説明のように、本第2の実施形態に係る画像処理装置では、簡易な方法により情報源の性質に追従した符号化を行うことができる。また、パラメータ遷移の頻度を調整することで、統計的性質の変化が少ない情報源に対して無用なパラメータ遷移を少なくすることができる。

【0123】

< 第3の実施形態 >

上述の第2の実施形態では、領域51のシンボルが2回発生した場合に k パラメータを減少させる手法について示したが、 k パラメータによって更新を実施する発生回数を変えても構わない。その例を第3の実施形態として説明する。

【0124】

本第3の実施形態の画像処理装置のブロック図は、第2の実施形態で説明した図10と同じであり、 k パラメータ更新部1002の処理のみ異なる。以下、本第3の実施形態における k パラメータ更新部1002の処理について説明する。

【0125】

10

20

30

40

50

本第3の実施形態のkパラメータ更新部1002は、図12に示すようなインデックス値iとパラメータkとの対応テーブル、および、コンテキスト生成部1001により分類される365個の各状態番号Sについてインデックス値iを格納する配列I[S]を保持する。配列I[S]の全要素は符号化の開始時点で初期値(ここでは4とする)に設定される。つまり、状態番号Sのいずれであっても、初期状態のパラメータkは「2」となる。より分かりやすく言えば、インデックスiに基づくkパラメータを配列K[i]で表現するのであれば、 $K[i] = K[I[S]]$ と表記できる。

【0126】

図13は、着目画素xの符号化時のkパラメータ更新部1002の処理の流れを示すフローチャートである。同図を用いて各画素で行われるkパラメータ更新部1002の処理の流れを説明する。

10

【0127】

kパラメータ更新部1002は、コンテキスト生成部1001から出力される状態番号Sと予測順位変換部105から出力される予測順位M(e)を取得する(ステップS1301)。入力された状態番号Sのインデックス値配列の要素I[S]を取り出し、図12の対応表を参照してこれに対応するkパラメータの値をGolomb符号化部106へと出力する(ステップS1302)。例えば、ある状態番号SについてI[S]の値が5であるとするならば、対応表を参照してkパラメータは $K[I[S]] = K[5]$ となるので、kパラメータとして「3」をGolomb符号化部106kに出力するといった具合である。これにより、Golomb符号化部106は、注目画素xに対応する予測順位M(e)の符号化を行なうことになる。

20

【0128】

続いて、現在のkパラメータと、予測順位M(e)で示される位置が領域51内にあるか否かを判断する(ステップS1303)。その位置が領域51内に属する場合にはステップS1308へ処理を移し、属さない場合にはステップS1304へと移る。

【0129】

領域51に属する場合、配列要素I[S]が0であるか否かを調べ(ステップS1308)、0でない場合にはI[S]の値から1を減じて更新する(ステップS1309)。また、配列要素I[S]が0の場合には、それ以上の減算は行なわない。

【0130】

30

一方、ステップS1303にてパラメータkとM(e)で示される位置が領域51外にあると判断された場合、その位置が領域52内にあるか否かを判断する(ステップS1304)。

【0131】

領域52内にあると判断した場合には、I[S]の値に“2”を加算して更新する(ステップS1305)。また、I[S]があらかじめ定めたインデックスの最大値(本実施形態の場合には23)を超えていないかどうかを調べ(ステップS1306)、超えている場合にはI[S]を最大値に設定する(ステップS1307)。

【0132】

また、ステップS1304にて、パラメータkとM(e)で示される位置が領域52に属しないと判断した場合、その位置は領域50内にあることを示す。すなわち、最適シンボル範囲にあると判定し、インデックスI[S]の更新は行わない。更新されたI[S]は着目画素以降、同じ状態番号Sとなる画素の符号化の際に使用される。

40

【0133】

上記の処理からもわかるように、本第3の実施形態ではkパラメータが小さい部分ではインデックスI[S]とkパラメータの遷移が早く行われ、kパラメータが大きい部分では遷移がゆっくりになる例について示した。

【0134】

直接kパラメータを増減させて更新させるだけでなく、本第3の実施形態のようにインデックス値を導入して間接的にkパラメータを制御することによって、符号化対象の情報

50

源の動的特性に合わせて、より自由に符号化システムを設計することができる。

【0135】

<他の変形例>

本発明は上述した実施の形態に限定されるものではない。例えば、予測誤差の生成方法としてJPEG-LSと同じ方法により、 a 、 b 、 $a + b - c$ の3種類の予測式を適応的に切り替える例を示したが、 $(a + b) / 2$ など、これ以外の予測式を適用しても構わない。さらに、符号化済みの領域から予測値を生成する方法であれば良く、例えば、複数のフレームから構成される動画像において符号化済みの直前のフレームにおいて着目画素と同じ空間位置に存在する画素値を予測値とするといった手法を用いても良い。

【0136】

また、JPEG-LSで採用されているように、符号化済みの予測誤差を参照することにより予測値を修正して予測精度を高めるようにしても構わない。

【0137】

また、予測誤差の符号を予測して符号反転したり、モジュロ変換によりダイナミックレンジを落とすといった効率改善の工夫と組み合わせて使用しても良い。

【0138】

また、第1乃至第3の実施形態では、符号長が最小となる範囲を基準として k パラメータの更新を判断する構成について示した。例えば、 $k = 2$ である場合、符号化対象のシンボル（実施形態では $M(e)$ ）が $2 \sim 11$ である場合に最適シンボル範囲としてパラメータ更新を行わず、0または1である場合に k を小さくする方向、12以上の場合に k を大きくする方向で更新処理を行った。

【0139】

しかしながら、例えば最小符号長 + 1までを適切な範囲と考えるなど、範囲を広げたり狭めたりする修正を行っても良い。

【0140】

$k = 2$ で最小符号長 + 1までを適切範囲と考えるならば、シンボルの値が $1 \sim 15$ の場合にパラメータ更新が行われなくなり、パラメータの安定性が上がる。但し、この場合、 $k = 1$ から $k = 0$ へ遷移しなくなるので、 $k = 1$ の場合には範囲の拡張を適用しないなどの例外処理が必要である。

【0141】

また、上述の実施形態では、エントロピ符号化としてパラメータ変数 $m = 2^k$ となるGolomb符号を用いる例について示したが、これに限定されるものではない。 2^k とならない m を使用して本手法を適用しても構わない。さらに、Exponential-Golomb符号など、Golomb符号の派生形に対して適用することもできる。

【0142】

また、実施形態では、特に符号化／復号を行なう画像処理装置を例にしたが、画像の符号化或いは復号を行なう装置、例えば複写機、プリンタ、リーダー等の装置に適用しても構わない。また、先に説明したように、本実施形態の機能は、コンピュータが読み込み実行するコンピュータプログラムによっても実現できるものであるから、当然、本発明はコンピュータプログラムをもその範疇とする。また、通常、コンピュータプログラムは、CD-ROM等のコンピュータ可読記憶媒体に格納されていて、それをコンピュータの読み込み装置（CD-ROMドライブ等）にセットし、システムにコピーもしくはインストールすることで実行可能となる。よって、このようなコンピュータ可読記憶媒体も本発明の範疇にあるのは明らかである。

【図面の簡単な説明】

【0143】

【図1】第1の実施形態に係る画像処理装置のブロック構成図である。

【図2】周囲画素間の差分の量子化のためのテーブルを示す図である。

【図3】符号化対象画素 x と、その周辺画素 a 、 b 、 c の相対位置関係を示す図である。

【図4】第1の実施形態に係る符号化処理の流れを示すフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図 5 A】Golomb 符号の k パラメータと各シンボルの符号長の関係を示すテーブル図である。

【図 5 B】Golomb 符号の k パラメータ、各シンボルの符号長、並びに、補正值の関係を示すテーブル図である。

【図 6】第 1 の実施形態に係る画像処理装置における k パラメータ遷移の例を示す図である。

【図 7】 $k = 1$ の場合に符号化効率が最大となる確率分布 $f(n, 1)$ を示す図である。

【図 8】 k パラメータの遷移確率を示す図である。

【図 9】本画像処理装置の出力符号列の構成を示す図である。

【図 10】第 2 および第 3 の実施形態に係る画像処理装置のブロック構成図である。

【図 11】第 2 の実施形態における k パラメータ更新部 1002 の処理の流れを示すフローチャートである。

【図 12】第 3 の実施形態におけるインデックス値 i とパラメータ k との対応を示す図である。

【図 13】第 3 の実施形態における k パラメータ更新部 1002 の処理の流れを示すフローチャートである。

【図 14】第 1 乃至第 3 の実施形態をソフトウェアで実現する場合の情報処理装置のブロック構成図である。

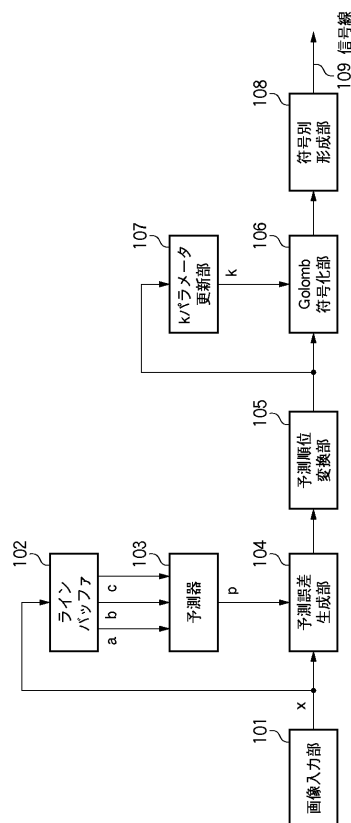
【図 15】第 1 の実施形態における復号を行う画像処理装置のブロック構成図である。

【図 16】Golomb 符号の例を示す図である。

10

20

【図 1】



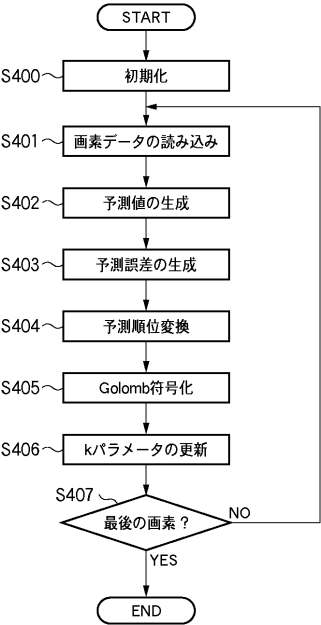
【図 2】

差分値の範囲	差分の量子化値
-T3以下	-4
-T2~-T3+1	-3
-T1~-T2+1	-2
-1~-T1+1	-1
0	0
1~T1-1	1
T1~T2-1	2
T2~T3-1	3
T3以上	4

【図 3】

	c	b	d
	a	x	

【図 4】



【図 5 A】

	k=0	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
シンボル	符号長	符号長	符号長	符号長	符号長	符号長
0	1	2	3	4	5	6
1	2	2	3	4	5	6
2	3	3	3	4	5	6
3	4	3	3	4	5	6
4	5	4	4	4	5	6
5	6	4	4	4	5	6
6	7	5	4	4	5	6
7	8	5	4	4	5	6
8	9	6	5	5	5	6
9	10	6	5	5	5	6
10	11	7	5	5	5	6
11	12	7	5	5	5	6
12	13	8	6	5	5	6
13	14	8	6	5	5	6
14	15	9	6	5	5	6
15	16	9	6	5	5	6
16	17	10	7	6	6	6
17	18	10	7	6	6	6
18	19	11	7	6	6	6
19	20	11	7	6	6	6
20	21	12	8	6	6	6
21	22	12	8	6	6	6
22	23	13	8	6	6	6
23	24	13	8	6	6	6
24	25	14	9	7	6	6
25	26	14	9	7	6	6
26	27	15	9	7	6	6
27	28	15	9	7	6	6
28	29	16	10	7	6	6

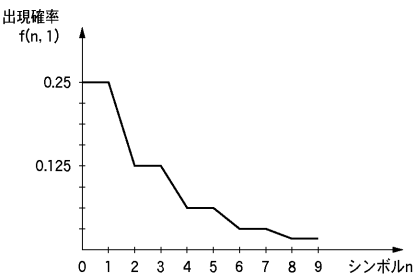
【図 5 B】

	k=0	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
シンボル	符号長	符号長	符号長	符号長	符号長	符号長
0	1	2	3	4	5	6
1	2	2	3	4	5	6
2	3	3	3	4	5	6
3	4	3	3	4	5	6
4	5	4	4	4	5	6
5	6	4	4	4	5	6
6	7	5	4	4	5	6
7	8	5	4	4	5	6
8	9	6	5	5	5	6
9	10	6	5	5	5	6
10	11	7	5	5	5	6
11	12	7	5	5	5	6
12	13	8	6	5	5	6
13	14	8	6	5	5	6
14	15	9	6	5	5	6
15	16	9	6	5	5	6
16	17	10	7	6	6	6
17	18	10	7	6	6	6
18	19	11	7	6	6	6
19	20	11	7	6	6	6
20	21	12	8	6	6	6
21	22	12	8	6	6	6
22	23	13	8	6	6	6
23	24	13	8	6	6	6
24	25	14	9	7	6	6
25	26	14	9	7	6	6
26	27	15	9	7	6	6
27	28	15	9	7	6	6
28	29	16	10	7	6	6

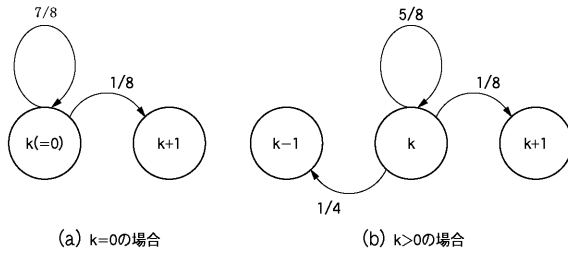
【図 6】

符号化対象シンボル	符号化に用いるkパラメータ	更新処理	kパラメータ(更新後)
0	2(初期値)	-1	1
0	1	-1	0
2	0	-	0
0	0	-	0
0	0	-	0
1	0	-	0
0	0	-	0
3	0	+1	1
0	1	-1	0
...

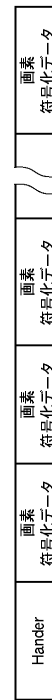
【図 7】



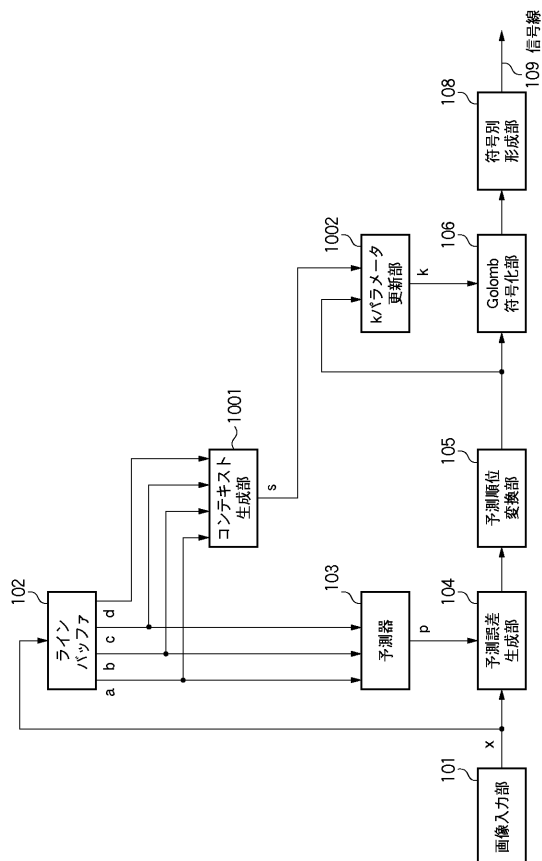
【図 8】



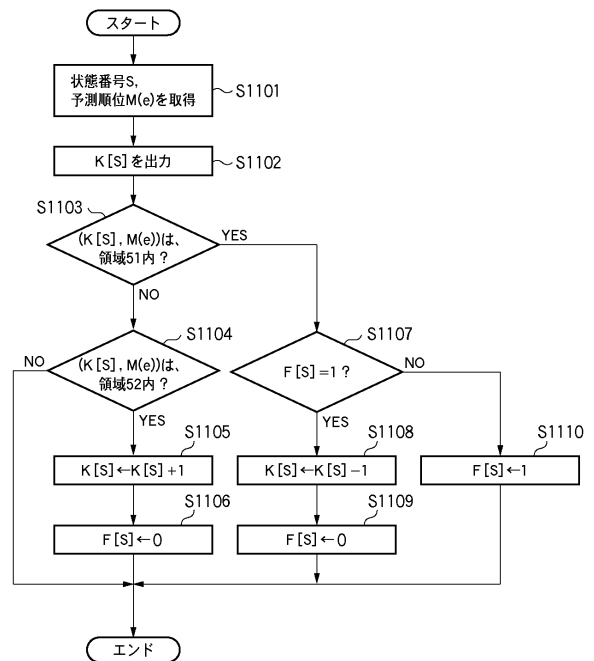
【図 9】



【図 10】



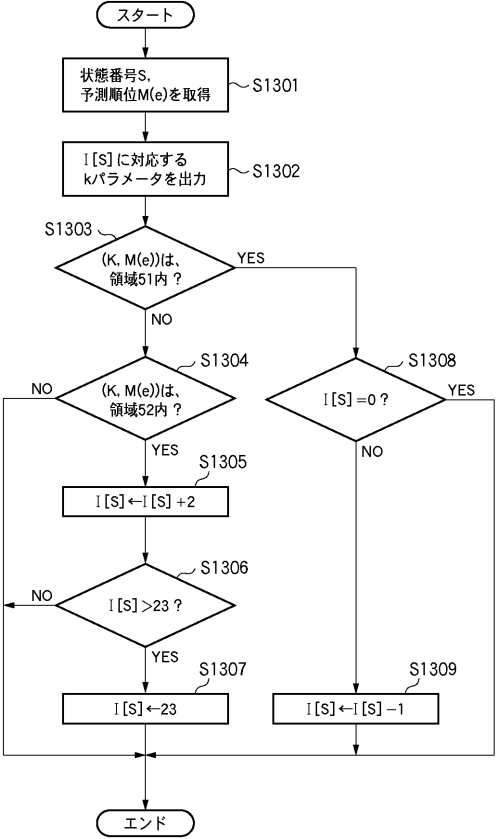
【図 11】



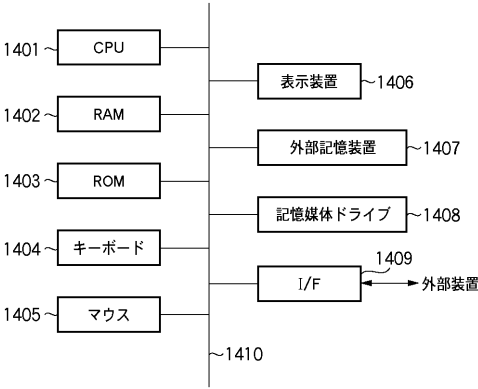
【図 1 2】

インデックス <i>i</i>	パラメータ <i>k</i>	インデックス <i>i</i>	パラメータ <i>k</i>
0	0	15	6
1	1	16	6
2	1	17	6
3	2	18	6
4	2	19	7
5	3	20	7
6	3	21	7
7	4	22	7
8	4	23	8
9	4		
10	4		
11	5		
12	5		
13	5		
14	5		

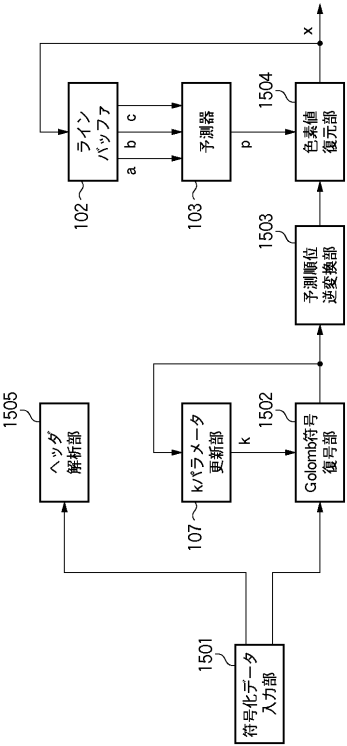
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



【図 16】

k n	0		1		2		3	
	可変長部	固定長部	可変長部	固定長部	可変長部	固定長部	可変長部	固定長部
0	1		1	0	1	00	1	000
1	01		1	1	1	01	1	001
2	001		01	0	1	10	1	010
3	0001		01	1	1	11	1	011
4	00001		001	0	01	00	1	100
5	000001		001	1	01	01	1	101
6	0000001		0001	0	01	10	1	010
7	00000001		0001	1	01	11	1	011
8	000000001		00001	0	001	00	01	000
...

フロントページの続き

審査官 富永 達朗

- (56)参考文献 特開2001-044848(JP,A)
特開平10-004551(JP,A)
特開平10-004557(JP,A)
特開2000-151422(JP,A)
特開2000-115782(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04N 1/417
H03M 7/40
H04N 1/41