(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6766264号
(P6766264)

(45)発行日　令和2年10月7日(2020.10.7)　(24)登録日　令和2年9月18日(2020.9.18)

(51)Int.Cl.		F I		
H03M 7/40	(2006.01)	H03M	7/40	
G10L 19/00	(2013.01)	G10L	19/00	400Z

請求項の数 28　(全 52 頁)

(21)出願番号　特願2019-525161(P2019-525161)
(86)(22)出願日　平成30年4月18日(2018.4.18)
(86)国際出願番号　PCT/JP2018/016025
(87)国際公開番号　WO2018/235418
(87)国際公開日　平成30年12月27日(2018.12.27)
審査請求日　令和1年11月26日(2019.11.26)
(31)優先権主張番号　特願2017-121947(P2017-121947)
(32)優先日　平成29年6月22日(2017.6.22)
(33)優先権主張国・地域又は機関　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願2018-25040(P2018-25040)
(32)優先日　平成30年2月15日(2018.2.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関　日本国(JP)

(73)特許権者　000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町一丁目５番１号
(74)代理人　100121706
弁理士　中尾　直樹
(74)代理人　100128705
弁理士　中村　幸雄
(74)代理人　100147773
弁理士　義村　宗洋
(72)発明者　杉浦　亮介
東京都千代田区大手町一丁目５番１号　日本電信電話株式会社内
(72)発明者　鎌本　優
東京都千代田区大手町一丁目５番１号　日本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】符号化装置、復号装置、符号化方法、復号方法、およびプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

入力された整数値による系列に含まれる複数個の整数値による組のそれぞれについて、代数的に表現可能な全単射な変換により、１つの整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数変換部と、

上記変換後整数それぞれを符号化して符号を得る整数符号化部と、

を含み、

上記整数変換部は、MAを上記整数値による組に含まれる整数値の個数とし、$x_1, x_2, \cdots, x_{MA}$を上記整数値による組に含まれる整数値とし、次式を計算することで上記１つの整数値である変換後整数yを得るものであり、

【数５０】

$$y = f_{MA}(x_1, x_2, \ldots, x_{MA})$$

上記式に用いる関数$f_{M'}$は、x_{max}を$x_1, x_2, \cdots, x_{M'}$の最大値とし、Kを$x_1, x_2, \cdots, x_{M'}$のうち最大値をとる整数値の個数とし、$m_1, m_2, \cdots, m_K$を$x_1, x_2, \cdots, x_{M'}$のうち最大値をとる整数値の番号とし、$x_1, x_2, \cdots, x_{M'-K}$を$x_1, x_2, \cdots, x_{M'}$のうち最大値をとるK個の整数値を除いた整数値とし、${}_aC_b$をa個からb個を選択する組み合わせの数とし、f_0を0とし、次式を計算する再帰的な関数である、

【数５１】

$$f_{M'}(x_1,x_2,\ldots,x_{M'}) = \sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m x_{\max}^{M'-m} + {}_{M'}C_K f_{M'-K}(\tilde{x}_1,\tilde{x}_2,\ldots,\tilde{x}_{M'-K}) + \sum_{i=0}^{K-1} {}_{M'-m_{i+1}}C_{K-i}$$

符号化装置。

【請求項２】

入力された整数値による系列に含まれる複数個の整数値による組のそれぞれについて、代数的に表現可能な全単射な変換により、１つの整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数変換部と、

上記変換後整数それぞれを符号化して符号を得る整数符号化部と、

を含み、

上記整数変換部は、MAを上記整数値による組に含まれる整数値の個数とし、x_1, x_2, …, x_{MA}を上記整数値による組に含まれる整数値とし、Kをx_1, x_2, …, x_{MA}の二進数表記での最大桁数とし、iを1以上MA以下の各整数とし、a_(K, i), a_(K-1, i), …, a_(1, i)をx_iの二進数表記の各桁の値とし、

最上位桁から最下位桁まで順に各桁のMA個の値を並べたa_(K, MA), a_(K, MA-1), …a_(K, 1), a_(K-1, MA), …, a_(K-1, 1), …, a_(1, 1)を上記１つの整数値である変換後整数の二進数表記として得る、

符号化装置。

【請求項３】

入力された整数値による系列に含まれる整数値それぞれについて、全単射な変換により、複数個の整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数変換部と、

上記変換後整数を符号化して符号を得る整数符号化部と、

を含み、

上記整数変換部は、MBを入力された１つの整数値からの上記変換により得る上記変換後整数の個数とし、xを上記整数値による系列に含まれる整数値とし、次式を計算することで上記変換後整数y_1, y_2, …, y_{MB}を得るものであり、

【数５２】

$$(y_1, y_2, \ldots, y_{MB}) = g_{MB}(x)$$

上記式に用いられる関数$g_{M'}$は、g_0を何も出力しない関数とし、

【数５３】

$$\left\lfloor \sqrt[M']{x} \right\rfloor$$

をxを超えない最大のＭ’次平方根とし、${}_aC_b$をa個からb個を選択する組み合わせの数とし、Kを

【数５４】

$$x - \sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m \left\lfloor \sqrt[M']{x} \right\rfloor^{M'-m}$$

が0を下回らない最大の値とし、 y_1, y_2, …, $y_{M'-K}$を

【数５５】

$$g_{M'-K}\left(\left\lfloor \left(x - \sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m \left\lfloor \sqrt[M']{x} \right\rfloor^{M'-m}\right) \Big/ {}_{M'}C_K \right\rfloor\right)$$

により得られるＭ’-K個の変数からなる整数系列とし、$\lambda_{M'}$を

【数５６】

$$x-\sum_{m=0}^{K-1}{}_{M'}C_m\left\lfloor\sqrt[M']{x}\right\rfloor^{M'-m}$$

を${}_{M'}C_K$で割った余りとし、m=0，1，…，M＇-1に関して、i_1=0，i_2=0を初期値として、次式を計算する再帰的な関数である、

【数５７】

$$\begin{aligned}&\text{if } \lambda_{M'}\geq{}_{M'-m-1}C_{K-i_1}\\&\quad y_{m+1}=\left\lfloor\sqrt[M']{x}\right\rfloor\\&\quad \lambda_{M'}=\lambda_{M'}-{}_{M'-m-1}C_{K-i_1}\\&\quad i_1=i_1+1\\&\text{otherwise}\\&\quad y_{m+1}=\tilde{y}_{i_2+1}\\&\quad i_2=i_2+1\end{aligned}$$

符号化装置。

【請求項４】

入力された整数値による系列に含まれる整数値それぞれについて、全単射な変換により、複数個の整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数変換部と、

上記変換後整数を符号化して符号を得る整数符号化部と、

を含み、

上記整数変換部は、MBを入力された１つの整数値からの上記変換により得る上記変換後整数の個数とし、xを上記整数値による系列に含まれる整数値とし、Kをxの二進数表記の桁数をMBで割った数とし、a_(MB×K)，a_(MB×K-1)，…，a_(1)をxの二進数表記の各桁の値とし、a_(MB×K)，a_(MB×K-1)，…，a_(1)からMB個おきにK個の値を取り出して並べたMB個の系列を上記変換後整数に含まれる整数値それぞれの二進数表記として得る、

符号化装置。

【請求項５】

入力された整数値による系列のうちの、所定個数の整数値による部分系列（以下「整数系列」という）ごとに、該整数系列における整数値の分布の性質に対応する指標値を得るパラメータ決定部と、

上記整数系列に含まれる複数個（MA個、MAは２以上の整数）の整数値による組のそれぞれについて、全単射な変換により、１つの整数値を変換後整数として得る変換処理（以下、「変換処理Ａ」という）と、

上記整数系列に含まれる整数値それぞれについて、全単射な変換により、複数個（MB個、MBは２以上の整数）の整数値を変換後整数として得る変換処理（以下、「変換処理Ｂ」という）と、

の少なくとも何れかを含む複数個の選択肢の中から、上記指標値に基づいて変換処理を選択し、

選択した変換処理を上記整数系列に対して行うことにより変換後整数による系列を得る整数変換部と、

上記変換後整数による系列に含まれる各整数値を符号化して符号を得る整数符号化部と、

を含む符号化装置。

【請求項６】

請求項５に記載の符号化装置であって、

上記複数個の選択肢には、

少なくとも異なる２つのMAの値それぞれに対応する変換処理Ａと、

少なくとも異なる２つのMBの値それぞれに対応する変換処理Ｂと、

の少なくとも何れかが含まれている

符号化装置。

【請求項７】

請求項５または６に記載の符号化装置であって、

上記パラメータ決定部は、

所定の方法で定められる正のパラメータη_0を用いて上記整数系列に含まれる各整数値の絶対値のη_0乗、または、上記整数系列に対応するサンプル系列に含まれる各サンプル値の絶対値のη_0乗、をパワー系列の各値と見做して包絡を推定し、

その包絡の各値で上記整数系列に含まれる各整数値または上記サンプル系列に含まれる各サンプル値を除算した系列である白色化スペクトル系列を得、

パラメータηを形状パラメータとする一般化ガウス分布が上記白色化スペクトル系列のヒストグラムを近似する正のパラメータηを上記指標値として求めるものであり、

上記複数個の選択肢には、少なくとも異なる２つのMAそれぞれに対応する変換処理Ａが含まれており、

上記指標値に基づく変換処理の選択においては、ηの値が大きいほどMAの値が大きい変換処理が選択される

符号化装置。

【請求項８】

請求項５または６に記載の符号化装置であって、

上記パラメータ決定部は、

所定の方法で定められる正のパラメータη_0を用いて上記整数系列に含まれる各整数値の絶対値のη_0乗、または、上記整数系列に対応するサンプル系列に含まれる各サンプル値の絶対値のη_0乗、をパワー系列の各値と見做して包絡を推定し、

その包絡の各値で上記整数系列に含まれる各整数値または上記サンプル系列に含まれる各サンプル値を除算した系列である白色化スペクトル系列を得、

パラメータηを形状パラメータとする一般化ガウス分布が上記白色化スペクトル系列のヒストグラムを近似する正のパラメータηを上記指標値として求めるものであり、

上記複数個の選択肢には、少なくとも異なる２つのMBそれぞれに対応する変換処理Ｂが含まれており、

上記指標値に基づく変換処理の選択においては、ηの値が小さいほどMBの値が大きい変換処理が選択される

符号化装置。

【請求項９】

請求項５または６に記載の符号化装置であって、

上記パラメータ決定部は、

所定の方法で定められる正のパラメータη_0を用いて上記整数系列に含まれる各整数値の絶対値のη_0乗、または、上記整数系列に対応するサンプル系列に含まれる各サンプル値の絶対値のη_0乗、をパワー系列の各値と見做して包絡を推定し、

その包絡の各値で上記整数系列に含まれる各整数値または上記サンプル系列に含まれる各サンプル値を除算した系列である白色化スペクトル系列を得、

パラメータηを形状パラメータとする一般化ガウス分布が上記白色化スペクトル系列のヒストグラムを近似する正のパラメータηを上記指標値として求めるものであり、

上記複数個の選択肢には、少なくとも１つの変換処理Ａと少なくとも１つの変換処理Ｂとが含まれており、

上記指標値に基づく変換処理の選択においては、変換処理Ａを選択する場合のηの値のほうが、変換処理Ｂを選択する場合のηの値よりも大きい

符号化装置。

【請求項１０】

請求項１から９のいずれかに記載の符号化装置であって、

上記整数符号化部は、上記変換後整数をゴロムライス符号化して符号を得るものである符号化装置。

【請求項１１】

入力された符号を復号して１つの整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数復号部と、

上記変換後整数から、代数的に表現可能な全単射な変換により、複数個の整数値を得る整数逆変換部と、

を含み、

上記整数逆変換部は、MAを変換後整数からの上記変換により得る上記整数値の個数とし、yを上記変換後整数とし、次式を計算することで上記複数個の整数値$x_1, x_2, \cdots, x_{MA}$を得るものであり、

【数５８】

$$(x_1, x_2, \ldots, x_{MA}) = f_{MA}^{-1}(y)$$

上記式に用いる関数$f_{M'}^{-1}$は、f_0^{-1}を何も出力しない関数とし、

【数５９】

$$\left\lfloor \sqrt[M']{y} \right\rfloor$$

をyを超えない最大のM'次平方根とし、${}_aC_b$をa個からb個を選択する組み合わせの数とし、Kを

【数６０】

$$y - \sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m \left\lfloor \sqrt[M']{y} \right\rfloor^{M'-m}$$

が0を下回らない最大の値とし、 $x_1, x_2, \cdots, x_{M'-K}$を

【数６１】

$$f_{M'-K}^{-1}\left(\left\lfloor \left(y - \sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m \left\lfloor \sqrt[M']{y} \right\rfloor^{M'-m} \right) \Big/ {}_{M'}C_K \right\rfloor \right)$$

により得られるM'-K個の変数からなる整数系列とし、$\lambda_{M'}$を

【数６２】

$$y - \sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m \left\lfloor \sqrt[M']{y} \right\rfloor^{M'-m}$$

を${}_{M'}C_K$で割った余りとし、m=0, 1, …, M'-1に関して、$i_1=0$, $i_2=0$を初期値として、次式を計算する再帰的な関数である、

【数６３】

$$\begin{aligned}&\text{if } \lambda_{M'} \geq {}_{M'-m-1}C_{K-i_1}\\ &\quad x_{m+1} = \left\lfloor \sqrt[M']{y} \right\rfloor\\ &\quad \lambda_{M'} = \lambda_{M'} - {}_{M'-m-1}C_{K-i_1}\\ &\quad i_1 = i_1 + 1\\ &\text{otherwise}\\ &\quad x_{m+1} = \tilde{x}_{i_2+1}\\ &\quad i_2 = i_2 + 1\end{aligned}$$

復号装置。

【請求項１２】

入力された符号を復号して１つの整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数復号部と、

上記変換後整数から、代数的に表現可能な全単射な変換により、複数個の整数値を得る整数逆変換部と、

を含み、

上記整数逆変換部は、MAを変換後整数からの上記変換により得る上記整数値の個数とし、yを上記変換後整数とし、Kをyの二進数表記の桁数をMAで割った数とし、a_(MA×K), a_(MA×K-1), …, a_(1)をyの二進数表記の各桁の値とし、a_(MA×K), a_(MA×K-1), …, a_(1)からMA個おきにK個の値を取り出して並べたMA個の系列を上記複数個の整数値それぞれの二進数表記として得る、

復号装置。

【請求項１３】

入力された符号を復号して複数個の整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数復号部と、

上記変換後整数から、全単射な変換により、１つの整数値を得る整数逆変換部と、

を含み、

上記整数逆変換部は、MBを１つの整数値を得る上記変換の対象となる上記変換後整数の個数とし、y_1, y_2, …, y_{MB}を上記変換後整数に含まれる整数値とし、次式を計算することで上記１つの整数値xを得るものであり、

【数６４】

$$x = g_{MB}^{-1}(y_1, y_2, \ldots, y_{MB})$$

上記式に用いる関数$g_{M'}^{-1}$は、y_{max}をy_1, y_2, …, $y_{M'}$の最大値とし、Kをy_1, y_2, …, $y_{M'}$のうち最大値をとる整数値の個数とし、m_1, m_2, …, m_Kをy_1, y_2, …, $y_{M'}$のうち最大値をとる整数値の番号とし、 $\tilde{y}_1$, $\tilde{y}_2$, …, $\tilde{y}_{M'-K}$をy_1, y_2, …, $y_{M'}$のうち最大値をとるK個の整数値を除いた整数値とし、${}_aC_b$をa個からb個を選択する組み合わせの数とし、g_0^{-1}を0とし、次式を計算する再帰的な関数である、

【数６５】

$$g_{M'}^{-1}(y_1, y_2, \ldots, y_{M'}) = \sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m y_{\max}^{M'-m} + {}_{M'}C_K f_{M'-K}(\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \ldots, \tilde{y}_{M'-K}) + \sum_{i=0}^{K-1} {}_{M'-m_{i+1}}C_{K-i}$$

復号装置。

【請求項１４】

入力された符号を復号して複数個の整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数

復号部と、

上記変換後整数から、全単射な変換により、１つの整数値を得る整数逆変換部と、

を含み、

上記整数逆変換部は、MBを１つの整数値を得る上記変換の対象となる上記変換後整数の個数とし、y_1, y_2, …, y_{MB}を上記変換後整数に含まれる整数値とし、Kをy_1, y_2, …, y_{MB}の二進数表記での最大桁数とし、iを1以上MB以下の各整数とし、a_(K, i), a_(K-1, i), …, a_(1, i)をy_iの二進数表記の各桁の値とし、

最上位桁から最下位桁まで順に各桁のMB個の値を並べたa_(K, MB), a_(K, MB-1), …a_(K, 1), a_(K-1, MB), …, a_(K-1, 1), …, a_(1, 1)を上記１つの整数値の二進数表記として得る、

復号装置。

【請求項１５】

所定区間ごとに、入力されたパラメータ符号と整数符号を復号して復号整数系列を得る復号装置であって、

上記所定区間ごとの入力されたパラメータ符号を復号して指標値を得るパラメータ復号部と、

上記所定区間ごとの入力された整数符号を復号して整数値（以下、「変換後整数」という）による系列（以下、「変換後整数系列」という）を得る整数復号部と、

上記変換後整数系列に含まれる１つの整数値である変換後整数それぞれについて、全単射な変換により、複数個（MA個、MAは２以上の整数）の整数値を得る変換処理（以下、「逆変換処理Ａ」という）と、

上記変換後整数系列に含まれる複数個（MB個、MBは２以上の整数）の整数値である変換後整数それぞれについて、全単射な変換により、１つの整数値を得る変換処理（以下、「逆変換処理Ｂ」という）と、

の少なくとも何れかを含む複数個の選択肢の中から、上記所定区間ごとの上記指標値に基づいて上記所定区間ごとの変換処理を選択し、

選択した変換処理を上記所定区間ごとの上記変換後整数系列に対して行うことにより整数値による系列を上記復号整数系列として得る整数逆変換部と、

を含む復号装置。

【請求項１６】

請求項１１から１５のいずれかに記載の復号装置であって、

上記整数復号部は、上記符号をゴロムライス復号して変換後整数を得るものである

復号装置。

【請求項１７】

整数変換部が、入力された整数値による系列に含まれる複数個の整数値による組のそれぞれについて、代数的に表現可能な全単射な変換により、１つの整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数変換ステップと、

整数符号化部が、上記変換後整数それぞれを符号化して符号を得る整数符号化ステップと、

を含み、

上記整数変換ステップは、MAを上記整数値による組に含まれる整数値の個数とし、x_1, x_2, …, x_{MA}を上記整数値による組に含まれる整数値とし、次式を計算することで上記１つの整数値である変換後整数yを得るものであり、

【数６６】

$$y = f_{MA}(x_1, x_2, \ldots, x_{MA})$$

上記式に用いる関数$f_{M'}$は、x_{max}をx_1, x_2, …, $x_{M'}$の最大値とし、Kをx_1, x_2, …, $x_{M'}$のうち最大値をとる整数値の個数とし、m_1, m_2, …, m_Kをx_1, x_2, …, $x_{M'}$のうち最大値をとる整数値の番号とし、x_1, x_2, …, $x_{M'-K}$をx_1, x_2, …, $x_{M'}$のうち最大値をとるK個の整数値を除いた整数値とし、${}_aC_b$をa個からb個を選択する組み合わせの数とし

、f_0を0とし、次式を計算する再帰的な関数である、

【数６７】

$$f_{M'}(x_1,x_2,\ldots,x_{M'})$$
$$=\sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m x_{\max}^{M'-m} + {}_{M'}C_K f_{M'-K}(\tilde{x}_1,\tilde{x}_2,\ldots,\tilde{x}_{M'-K}) + \sum_{i=0}^{K-1} {}_{M'-m_{i+1}}C_{K-i}$$

符号化方法。

【請求項１８】

整数変換部が、入力された整数値による系列に含まれる複数個の整数値による組のそれぞれについて、代数的に表現可能な全単射な変換により、１つの整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数変換ステップと、

整数符号化部が、上記変換後整数それぞれを符号化して符号を得る整数符号化ステップと、

を含み、

上記整数変換ステップは、MAを上記整数値による組に含まれる整数値の個数とし、x_1, x_2, …, x_{MA}を上記整数値による組に含まれる整数値とし、Kをx_1, x_2, …, x_{MA}の二進数表記での最大桁数とし、iを1以上MA以下の各整数とし、a_(K, i), a_(K-1, i), …, a_(1, i)をx_iの二進数表記の各桁の値とし、

最上位桁から最下位桁まで順に各桁のMA個の値を並べたa_(K, MA), a_(K, MA-1), …a_(K, 1), a_(K-1, MA), …, a_(K-1, 1), …, a_(1, 1)を上記１つの整数値である変換後整数の二進数表記として得る、

符号化方法。

【請求項１９】

整数変換部が、入力された整数値による系列に含まれる整数値それぞれについて、全単射な変換により、複数個の整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数変換ステップと、

整数符号化部が、上記変換後整数を符号化して符号を得る整数符号化ステップと、

を含み、

上記整数変換部は、MBを入力された１つの整数値からの上記変換により得る上記変換後整数の個数とし、xを上記整数値による系列に含まれる整数値とし、次式を計算することで上記変換後整数y_1, y_2, …, y_{MB}を得るものであり、

【数６８】

$$(y_1,y_2,\ldots,y_{MB})=g_{MB}(x)$$

上記式に用いられる関数$g_{M'}$は、g_0を何も出力しない関数とし、

【数６９】

$$\left\lfloor \sqrt[M']{x} \right\rfloor$$

をxを超えない最大のＭ'次平方根とし、${}_aC_b$をa個からb個を選択する組み合わせの数とし、Kを

【数７０】

$$x-\sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m \left\lfloor \sqrt[M']{x} \right\rfloor^{M'-m}$$

が0を下回らない最大の値とし、 y_1, y_2, …, $y_{M'-K}$を

【数７１】

$$g_{M'-K}\left(\left\lfloor \left(x-\sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m \left\lfloor \sqrt[M']{x} \right\rfloor^{M'-m}\right) \middle/ {}_{M'}C_K \right\rfloor\right)$$

により得られるM'-K個の変数からなる整数系列とし、$\lambda_{M'}$を
【数７２】

$$x-\sum_{m=0}^{K-1}{}_{M'}C_m\left\lfloor\sqrt[M']{x}\right\rfloor^{M'-m}$$

を${}_{M'}C_K$で割った余りとし、m=0，1，…，M'-1に関して、$i_1=0$，$i_2=0$を初期値として、次式を計算する再帰的な関数である、
【数７３】

$$\begin{aligned}&\text{if } \lambda_{M'}\geq{}_{M'-m-1}C_{K-i_1}\\&\quad y_{m+1}=\left\lfloor\sqrt[M']{x}\right\rfloor\\&\quad \lambda_{M'}=\lambda_{M'}-{}_{M'-m-1}C_{K-i_1}\\&\quad i_1=i_1+1\\&\text{otherwise}\\&\quad y_{m+1}=\tilde{y}_{i_2+1}\\&\quad i_2=i_2+1\end{aligned}$$

符号化方法。
【請求項２０】
整数変換部が、入力された整数値による系列に含まれる整数値それぞれについて、全単射な変換により、複数個の整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数変換ステップと、
整数符号化部が、上記変換後整数を符号化して符号を得る整数符号化ステップと、
を含み、
上記整数変換ステップは、MBを入力された１つの整数値からの上記変換により得る上記変換後整数の個数とし、xを上記整数値による系列に含まれる整数値とし、Kをxの二進数表記の桁数をMBで割った数とし、a_(MB×K)，a_(MB×K-1)，…，a_(1)をxの二進数表記の各桁の値とし、a_(MB×K)，a_(MB×K-1)，…，a_(1)からMB個おきにK個の値を取り出して並べたMB個の系列を上記変換後整数に含まれる整数値それぞれの二進数表記として得る、
符号化方法。
【請求項２１】
パラメータ決定部が、入力された整数値による系列のうちの、所定個数の整数値による部分系列（以下「整数系列」という）ごとに、該整数系列における整数値の分布の性質に対応する指標値を得るパラメータ決定ステップと、
整数変換部が、
上記整数系列に含まれる複数個（MA個、MAは２以上の整数）の整数値による組のそれぞれについて、全単射な変換により、１つの整数値を変換後整数として得る変換処理（以下、「変換処理Ａ」という）と、
上記整数系列に含まれる整数値それぞれについて、全単射な変換により、複数個（MB個、MBは２以上の整数）の整数値を変換後整数として得る変換処理（以下、「変換処理Ｂ」という）と、
の少なくとも何れかを含む複数個の選択肢の中から、上記指標値に基づいて変換処理を選択し、
選択した変換処理を上記整数系列に対して行うことにより変換後整数による系列を得る整数変換ステップと、
整数符号化部が、上記変換後整数による系列に含まれる各整数値を符号化して符号を得

る整数符号化ステップと、
　を含む符号化方法。
【請求項２２】
　整数復号部が、入力された符号を復号して１つの整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数復号ステップと、
　整数逆変換部が、上記変換後整数から、代数的に表現可能な全単射な変換により、複数個の整数値を得る整数逆変換ステップと、
　を含み、
　上記整数逆変換ステップは、MAを変換後整数からの上記変換により得る上記整数値の個数とし、yを上記変換後整数とし、次式を計算することで上記複数個の整数値$x_1, x_2, \cdots, x_{MA}$を得るものであり、
【数７４】
$$(x_1, x_2, \ldots, x_{MA}) = f_{MA}^{-1}(y)$$
　上記式に用いる関数$f_{M'}^{-1}$は、f_0^{-1}を何も出力しない関数とし、
【数７５】
$$\left\lfloor \sqrt[M']{y} \right\rfloor$$
をyを超えない最大のM'次平方根とし、${}_aC_b$をa個からb個を選択する組み合わせの数とし、Kを
【数７６】
$$y - \sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m \left\lfloor \sqrt[M']{y} \right\rfloor^{M'-m}$$
が0を下回らない最大の値とし、$x_1, x_2, \cdots, x_{M'-K}$を
【数７７】
$$f_{M'-K}^{-1}\left(\left\lfloor \left(y - \sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m \left\lfloor \sqrt[M']{y} \right\rfloor^{M'-m} \right) \Big/ {}_{M'}C_K \right\rfloor \right)$$
により得られるM'-K個の変数からなる整数系列とし、$\lambda_{M'}$を
【数７８】
$$y - \sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m \left\lfloor \sqrt[M']{y} \right\rfloor^{M'-m}$$
を${}_{M'}C_K$で割った余りとし、m=0, 1, …, M'-1に関して、$i_1=0$, $i_2=0$を初期値として、次式を計算する再帰的な関数である、
【数７９】
$$\begin{aligned}
&\text{if } \lambda_{M'} \geq {}_{M'-m-1}C_{K-i_1} \\
&\quad x_{m+1} = \left\lfloor \sqrt[M']{y} \right\rfloor \\
&\quad \lambda_{M'} = \lambda_{M'} - {}_{M'-m-1}C_{K-i_1} \\
&\quad i_1 = i_1 + 1 \\
&\text{otherwise} \\
&\quad x_{m+1} = \tilde{x}_{i_2+1} \\
&\quad i_2 = i_2 + 1
\end{aligned}$$
　復号方法。
【請求項２３】

整数復号部が、入力された符号を復号して１つの整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数復号ステップと、

整数逆変換部が、上記変換後整数から、代数的に表現可能な全単射な変換により、複数個の整数値を得る整数逆変換ステップと、

を含み、

上記整数逆変換ステップは、MAを変換後整数からの上記変換により得る上記整数値の個数とし、yを上記変換後整数とし、Kをyの二進数表記の桁数をMAで割った数とし、a_(MA×K), a_(MA×K-1), …, a_(1)をyの二進数表記の各桁の値とし、

a_(MA×K), a_(MA×K-1), …, a_(1)からMA個おきにK個の値を取り出して並べたMA個の系列を上記複数個の整数値それぞれの二進数表記として得る、

復号方法。

【請求項２４】

整数復号部が、入力された符号を復号して複数個の整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数復号ステップと、

整数逆変換部が、上記変換後整数から、全単射な変換により、１つの整数値を得る整数逆変換ステップと、

を含み、

上記整数逆変換ステップは、MBを１つの整数値を得る上記変換の対象となる上記変換後整数の個数とし、y_1, y_2, …, y_{MB}を上記変換後整数に含まれる整数値とし、次式を計算することで上記１つの整数値xを得るものであり、

【数８０】

$$x = g_{MB}^{-1}(y_1, y_2, \ldots, y_{MB})$$

上記式に用いる関数$g_{M'}^{-1}$は、y_{max}をy_1, y_2, …, $y_{M'}$の最大値とし、Kをy_1, y_2, …, $y_{M'}$のうち最大値をとる整数値の個数とし、m_1, m_2, …, m_Kをy_1, y_2, …, $y_{M'}$のうち最大値をとる整数値の番号とし、 y_1, y_2, …, $y_{M'-K}$をy_1, y_2, …, $y_{M'}$のうち最大値をとるK個の整数値を除いた整数値とし、${}_aC_b$をa個からb個を選択する組み合わせの数とし、g_0^{-1}を0とし、次式を計算する再帰的な関数である、

【数８１】

$$g_{M'}^{-1}(y_1, y_2, \ldots, y_{M'})$$
$$= \sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m y_{\max}^{M'-m} + {}_{M'}C_K f_{M'-K}(\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \ldots, \tilde{y}_{M'-K}) + \sum_{i=0}^{K-1} {}_{M'-m_{i+1}}C_{K-i}$$

復号方法。

【請求項２５】

整数復号部が、入力された符号を復号して複数個の整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数復号ステップと、

整数逆変換部が、上記変換後整数から、全単射な変換により、１つの整数値を得る整数逆変換ステップと、

を含み、

上記整数逆変換ステップは、MBを１つの整数値を得る上記変換の対象となる上記変換後整数の個数とし、y_1, y_2, …, y_{MB}を上記変換後整数に含まれる整数値とし、Kをy_1, y_2, …, y_{MB}の二進数表記での最大桁数とし、iを1以上MB以下の各整数とし、a_(K, i), a_(K-1, i), …, a_(1, i)をy_iの二進数表記の各桁の値とし、

最上位桁から最下位桁まで順に各桁のMB個の値を並べたa_(K, MB), a_(K, MB-1), …a_(K, 1), a_(K-1, MB), …, a_(K-1, 1), …, a_(1, 1)を上記１つの整数値の二進数表記として得る、

復号方法。

【請求項２６】

所定区間ごとに、入力されたパラメータ符号と整数符号を復号して復号整数系列を得る

復号方法であって、
　パラメータ復号部が、上記所定区間ごとの入力されたパラメータ符号を復号して指標値を得るパラメータ復号ステップと、
　整数復号部が、上記所定区間ごとの入力された整数符号を復号して整数値による系列（以下、「変換後整数系列」という）を得る整数復号ステップと、
　整数逆変換部が、
上記変換後整数系列に含まれる１つの整数値である変換後整数それぞれについて、全単射な変換により、複数個（MA個、MAは２以上の整数）の整数値を得る変換処理（以下、「逆変換処理Ａ」という）と、
上記変換後整数系列に含まれる複数個（MB個、MBは２以上の整数）の整数値である変換後整数それぞれについて、全単射な変換により、１つの整数値を得る変換処理（以下、「逆変換処理Ｂ」という）と、
の少なくとも何れかを含む複数個の選択肢の中から、上記所定区間ごとの上記指標値に基づいて上記所定区間ごとの変換処理を選択し、
選択した変換処理を上記所定区間ごとの上記変換後整数系列に対して行うことにより整数値による系列を上記復号整数系列として得る整数逆変換ステップと、
　を含む復号方法。
【請求項２７】
　請求項１から１０の何れかに記載の符号化装置としてコンピュータを機能させるためのプログラム。
【請求項２８】
　請求項１１から１６の何れかに記載の復号装置としてコンピュータを機能させるためのプログラム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
　この発明は音声や音響の時系列ディジタル信号のサンプル系列などの整数値から成るサンプル系列を符号化、復号する技術に関する。
【背景技術】
【０００２】
　圧縮を目的としてサンプル系列を符号化する技術として、サンプル値を量子化することにより得た有限精度の値（以下、これを整数値と呼ぶ）を可逆符号化することにより、サンプル系列の記述に用いるビット長を削減する技術がある。この技術においては、どの整数値に対してどの長さの符号を割り当てるかが圧縮の性能に直結する。この事実は、画像信号のサンプル列を符号化復号する画像符号化や、音響信号のサンプル列を符号化復号する音響符号化などの、サンプル系列の符号化復号の工学的応用先においても例外ではない。
【０００３】
　一般的に可変長の可逆符号化においては、復号可能性の制約により、整数値に割り当てる符号の構成に制約がある。具体的には、ある整数値に対して短い符号を割り当てるとすると、復号可能な符号にするには、他の整数値に対して長い符号を割り当てなければならない、という制約である。従って、圧縮性能を高くするためには、符号の構成（各整数値への符号の割り当て）は整数値の系列中の値の分布に適したものとする必要がある。具体的には、出現確率が高い整数値に対しては短い符号を割り当て、出現確率が低い整数値に対しては長い符号を割り当てることで、整数値の系列の圧縮後のビット長の期待値を小さくすることができる。
【０００４】
　上記のような可逆符号化において最も単純な可変長符号の一つとして用いられてきたのがGolomb-Rice符号（ゴロムライス符号）である。Golomb-Rice符号は、整数値の系列がラプラス分布に属する場合、つまり整数値の出現確率が値の大きさに対して指数的に低くな

っている場合において、最小の期待ビット長（最小のビット長）を達成することが知られている。このGolomb-Rice符号は非常に単純な構成であることから広く用いられている。

【０００５】

しかし、圧縮対象の整数値の系列が常にラプラス分布に従っているとは限らない。例えば、圧縮対象の整数値の系列がガウス分布のように値のばらつきがラプラス分布よりも少ない分布であること、圧縮対象の整数値の系列がラプラス分布よりも値のばらつきが多い分布であること、などがありえる。そのような整数値の系列をGolomb-Rice符号で符号化した場合、その整数値の系列の分布がラプラス分布からずれていることにより、圧縮の性能が低下してしまう。

【０００６】

そのため、ラプラス分布以外の分布に従う整数値の系列を圧縮する際には、任意の分布に対してその分布に最適な符号を構成できるハフマン符号や算術符号が用いられる。しかし、ハフマン符号や算術符号は予め符号の辞書を作成しておく必要があったり、Golomb-Rice符号と違い、現実的には入力される整数値の上限を決めておかなければならなかったりと、細かな設計が要求される。

【０００７】

ラプラス分布より密な分布に従う整数値の系列、すなわち、ラプラス分布よりもばらつきが少ない整数値の系列を符号化する技術としては、非特許文献１に記載された技術もある。非特許文献１に記載された技術は、入力された整数値の系列中の整数値を２つずつ組にして各組に対して１つずつの整数値を得て、得た整数値をGolomb-Rice符号化する技術である。非特許文献１に記載された技術では、２つの整数値による組に対する１つの整数値の割り当ては、図１に示すマッピング例のような予め定めた規則、すなわち、組を構成する２つの整数値の二乗和が小さいものほど小さい整数値が割り当てられる規則により行われる。

【０００８】

また、サンプル系列を符号化する技術としては、非特許文献２に記載された技術もある。非特許文献２に記載された技術は、音声音響信号の周波数スペクトル系列であるサンプル系列に含まれる各サンプルに割り当てるビット数による系列を得て、ビット数による系列に含まれる各ビット数の符号が得られるようにサンプル系列の各サンプルを符号化する技術である。非特許文献２に記載された技術は、サンプル系列の統計的な分布を想定して符号化するものではなく、音声音響信号の周波数スペクトル系列における包絡などを参考にビット数による系列を得るものである。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【０００９】

【非特許文献１】高村誠之、八島由幸、「分布写像に基づくガウス性情報源の効率的符号化」、映像情報メディア学会誌、Vol. 61、No. 9、pp. 1357-1362、2007年

【非特許文献２】R. Zelinski and P. Noll, "Adaptive transform coding of speech signals," in IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 25, no. 4, pp. 299-309, Aug 1977.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１０】

非特許文献１に記載された技術では、ラプラス分布より密な分布に従う整数値の系列をGolomb-Rice符号よりも少ない符号長に圧縮することができるが、２つの整数値による組に対する１つの整数値の割り当てを予め定めた規則に従って行うため、符号化装置と復号装置は、通常、記憶部内に図１のようなマッピングを実現するマッピングテーブルを予め記憶しておき、２つの整数値による組が入力された際にマッピングテーブルを探索するように実装することになる。このような実装をした場合には、マッピングテーブルは入力される整数値の系列における整数値の定義域の二乗に比例して大きくなることから、整数値

の定義域が大きい場合には、マッピングテーブルを記憶しておく記憶部のメモリ量が大きいという課題や、２つの整数値による組に対する１つの整数値をマッピングテーブルから探索する演算処理量が大きいという課題がある。

【００１１】

符号化装置と復号装置に、マッピングテーブルではなく予め定めた図１のような規則を記憶しておく実装も可能ではあるが、２つの整数値による組が入力される度に図１のような規則を中心から順次探索する必要があり、整数値の定義域が大きい場合には演算処理量が大きいという課題がある。

【００１２】

非特許文献２に記載された技術では、ビットレートの高い条件下においては歪みを小さく抑えて圧縮することができるが、周波数スペクトル１サンプルあたりに整数値のビット数しか割り当てられないため、ビットレートの低い条件下では圧縮の効率が低下し、サンプル系列に割り当てられる平均ビット数に対する復号サンプル系列の歪みが大きくなってしまうという課題がある。

【００１３】

本発明は、整数値の系列により適した符号化及び復号を、実現することを目的とする。より具体的には、本発明は、１サンプルあたりに小数値のビット数を実質的に割り当てる符号化及び復号を実現すること、特に、ラプラス分布とはばらつきが異なる分布に従う整数値の系列は、Golomb-Rice符号と同様の全整数値に対する単純な対応付けにより、従来よりも少ないメモリ量や演算処理量で符号化及び復号を実現すること、を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１４】

上記の課題を解決するために、この発明の第一の態様の符号化装置は、入力された整数値による系列に含まれる複数個の整数値による組のそれぞれについて、代数的に表現可能な全単射な変換により、１つの整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数変換部と、変換後整数それぞれを符号化して符号を得る整数符号化部と、を含む。好ましくは、整数符号化部は、変換後整数それぞれをゴロムライス符号化して符号を得る。

【００１５】

上記の課題を解決するために、この発明の第二の態様の符号化装置は、入力された整数値による系列に含まれる整数値それぞれについて、全単射な変換により、複数個の整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数変換部と、変換後整数をゴロムライス符号化して符号を得る整数符号化部と、を含む。

【００１６】

上記の課題を解決するために、この発明の第三の態様の符号化装置は、入力された整数値による系列のうちの、所定個数の整数値による部分系列（以下「整数系列」という）ごとに、該整数系列における整数値の分布の性質に対応する指標値を得るパラメータ決定部と、整数系列に含まれる複数個（MA個、MAは２以上の整数）の整数値による組のそれぞれについて、全単射な変換により、１つの整数値を変換後整数として得る変換処理（以下、「変換処理Ａ」という）と、整数系列に含まれる整数値それぞれについて、全単射な変換により、複数個（MB個、MBは２以上の整数）の整数値を変換後整数として得る変換処理（以下、「変換処理Ｂ」という）と、の少なくとも何れかを含む複数個の選択肢の中から、指標値に基づいて変換処理を選択し、選択した変換処理を整数系列に対して行うことにより変換後整数による系列を得る整数変換部と、変換後整数による系列に含まれる各整数値をゴロムライス符号化して符号を得る整数符号化部と、を含む。

【００１７】

上記の課題を解決するために、この発明の第四の態様の復号装置は、入力された符号を復号して１つの整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数復号部と、１つの変換後整数から、代数的に表現可能な全単射な変換により、複数個の整数値を得る整数逆変換部と、を含む。好ましくは、整数復号部は、符号をゴロムライス復号して１つの整数値を得る。

【００１８】

上記の課題を解決するために、この発明の第五の態様の復号装置は、入力された符号をゴロムライス復号して複数個の整数値（以下、「変換後整数」という）を得る整数復号部と、複数個の変換後整数から、全単射な変換により、１つの整数値を得る整数逆変換部と、を含む。

【００１９】

上記の課題を解決するために、この発明の第六の態様の復号装置は、所定区間ごとに、入力されたパラメータ符号と整数符号を復号して復号整数系列を得る復号装置であって、所定区間ごとの入力されたパラメータ符号を復号して指標値を得るパラメータ復号部と、所定区間ごとの入力された整数符号をゴロムライス復号して整数値による系列（以下、「変換後整数系列」という）を得る整数復号部と、変換後整数系列に含まれる１つの整数値である変換後整数それぞれについて、全単射な変換により、複数個（MA個、MAは２以上の整数）の整数値を得る変換処理（以下、「逆変換処理Ａ」という）と、変換後整数系列に含まれる複数個（MB個、MBは２以上の整数）の整数値である変換後整数それぞれについて、全単射な変換により、１つの整数値を得る変換処理（以下、「逆変換処理Ｂ」という）と、の少なくとも何れかを含む複数個の選択肢の中から、所定区間ごとの指標値に基づいて所定区間ごとの変換処理を選択し、選択した変換処理を所定区間ごとの変換後整数系列に対して行うことにより整数値による系列を復号整数系列として得る整数逆変換部と、を含む。

【発明の効果】

【００２０】

この発明によれば、整数値の系列により適した符号化及び復号を、実現することができる。より具体的には、１サンプルあたりに小数値のビット数を実質的に割り当てる符号化及び復号を実現すること、特に、ラプラス分布とはばらつきが異なる分布に従う整数値の系列は、Golomb-Rice符号と同様の全整数値に対する単純な対応付けにより、従来よりも少ないメモリ量や演算処理量で符号化及び復号を実現すること、ができる。

【図面の簡単な説明】

【００２１】

【図１】図１は、２つの整数値による組に対する１つの整数値の割り当てを定めるマッピングの一例を示す図である。

【図２】図２は、第一実施形態の符号化装置の機能構成を例示する図である。

【図３】図３は、第一実施形態の符号化方法の処理手続きを例示する図である。

【図４】図４は、第一実施形態の復号装置の機能構成を例示する図である。

【図５】図５は、第一実施形態の復号方法の処理手続きを例示する図である。

【図６】図６は、２つの整数値による組に対する符号のビット長を例示する図である。

【図７】図７は、２つの整数値による組に対する符号のビット長を例示する図である。

【図８】図８は、第五実施形態の符号化装置の機能構成を例示する図である。

【図９】図９は、第五実施形態の符号化方法の処理手続きを例示する図である。

【図１０】図１０は、パラメータ決定部の機能構成を例示する図である。

【図１１】図１１は、パラメータ決定方法の処理手続きを例示する図である。

【図１２】図１２は、一般化ガウス分布を説明するための図である。

【図１３】図１３は、第五実施形態の符号化装置の機能構成を例示する図である。

【図１４】図１４は、第五実施形態の符号化装置の機能構成を例示する図である。

【図１５】図１５は、第五実施形態の符号化装置の機能構成を例示する図である。

【図１６】図１６は、第五実施形態の符号化装置の機能構成を例示する図である。

【図１７】図１７は、第五実施形態の復号装置の機能構成を例示する図である。

【図１８】図１８は、第五実施形態の復号方法の処理手続きを例示する図である。

【発明を実施するための形態】

【００２２】

以下、この発明の実施の形態について詳細に説明する。なお、図面中において同じ機能

を有する構成部には同じ番号を付し、重複説明を省略する。

【００２３】

文中で使用する記号「 」は、本来直後の文字の真上に記載されるべきものであるが、テキスト記法の制限により、当該文字の直前に記載する。数式中においてはこれらの記号は本来の位置、すなわち文字の真上に記述している。

【００２４】

＜第一実施形態＞

≪符号化装置≫

図２および図３を参照して、第一実施形態の符号化装置が実行する符号化方法の処理手続きを説明する。第一実施形態の符号化装置は、図２に示すように、整数変換部１１および整数符号化部１２を例えば備える。この符号化装置が図３に示す各ステップの処理を実行することにより、第一実施形態の符号化方法が実現される。

【００２５】

第一実施形態の符号化装置には、整数値による系列が入力される。この整数値による系列としては、例えば、マイクロホンで収音した音声や音楽などを時間領域もしくは周波数領域のディジタル信号に変換して得た信号やカメラで撮像した画像や映像を時間領域もしくは周波数領域のディジタル信号に変換して得た信号などの一部あるいは全部を既存の技術により量子化し、有限精度の値にして得たものを入力してもよい。より具体的には、例えば、時間領域の音信号を所定の時間長のフレーム単位で周波数領域の2N点のMDCT係数列に変換し、MDCT係数列の各係数を非負の整数値にして得た整数値による系列や、時間領域の音信号を所定の時間長のフレーム単位で各サンプル値を非負の整数値にして得た整数値による系列である。

【００２６】

第一実施形態の符号化装置は、入力された整数値による系列中の２つの整数値による組（以下、整数組とも呼ぶ）それぞれについて、代数的に表現可能な全単射な変換により１つの整数値を得て、得た整数値による系列を可変長符号化することで、ラプラス分布よりも密な分布の整数値による系列に対してGolomb-Rice符号化よりも短いビット長となる符号化処理を実現するものである。

【００２７】

［整数変換部１１］

整数変換部１１には、符号化装置に入力された整数値による系列のうちの、2Nサンプル（Nは自然数）ずつの整数値による系列が入力される。入力された整数値による系列を整数系列x_1, x_2, …, x_2Nとする。整数変換部１１は、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_2Nから所定の規則に従って２つの整数値による整数組をN組得て、それぞれの整数組について代数的に表現可能な全単射な変換により１つの整数値を得て、得たN個の整数値による系列y_1, y_2, …, y_Nを整数符号化部１２に出力する（ステップＳ１１）。それぞれの整数組について代数的に表現可能な全単射な変換により１つの整数値を得る方法としては、例えば、整数組を構成する２つの整数値をx_1, x_2として、式（１）によって１つの整数値yを得る方法を用いる。以下では、系列y_1, y_2, …, y_Nを変換後整数系列と呼ぶ。

【００２８】

【数１】

$$y=\max(x_1,x_2)^2+2\min(x_1,x_2)+a \quad \begin{cases}\text{if } x_1<x_2 & a=1\\ \text{otherwise} & a=0\end{cases} \quad \cdots(1)$$

【００２９】

ここで、N組の整数組を得る所定の規則は、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_2N内の隣接する２つの整数値同士を整数組とする規則、すなわち、x_1とx_2、x_3とx_4、・・・、x_2N-1とx_2Nをそれぞれ整数組とする規則などの、予め定めて符号化装置と復号装置に予め記憶しておける規則であればどのような規則であってもよい。

【００３０】
隣接する２つの整数値同士を整数組とする規則であれば、整数変換部１１は、入力された整数系列x_1，x_2，…，x_2Nのうちのx_1とx_2の整数組から変換後整数y_1を得て、x_3とx_4の整数組から変換後整数y_2を得て、・・・、x_2N-1とx_2Nの整数組から変換後整数y_Nを得て、得た変換後整数による系列である変換後整数系列y_1，y_2，…，y_Nを出力する。
【００３１】
なお、N=1の場合には、整数変換部１１は、入力された２つの整数値による組について代数的に表現可能な全単射な変換により１つの整数値を得て、得た１つの整数値を変換後整数として出力することになる。
【００３２】
［整数符号化部１２］
整数符号化部１２には、整数変換部１１が出力した変換後整数系列y_1，y_2，…，y_Nが入力される。整数符号化部１２は、変換後整数系列y_1，y_2，…，y_Nに含まれる各整数値をGolomb-Rice符号化して、すなわち、所定のRiceパラメータ（ライスパラメータ）rにおける各整数値に対するGolomb-Rice符号C_1，C_2，…，C_Nをそれぞれ得て、得た符号による符号群を整数符号として出力する（ステップＳ１２）。
【００３３】
なお、所定のRiceパラメータrは、予め定めて符号化装置と復号装置に予め記憶しておくか、あるいは、例えば、整数符号化部１２が変換後整数系列y_1，y_2，…，y_Nごとに同じRiceパラメータrを用いてGolomb-Rice符号化を行い、Golomb-Rice符号化に用いたRiceパラメータrに対応する符号をGolomb-Rice符号C_1，C_2，…，C_Nに加えたものを整数符号として出力してもよい。
【００３４】
≪復号装置≫
図４および図５を参照して、第一実施形態の復号装置が実行する復号方法の処理手続きを説明する。第一実施形態の復号装置は、図４に示すように、整数復号部２１および整数逆変換部２２を例えば備える。この復号装置が図５に示す各ステップの処理を実行することにより、第一実施形態の復号方法が実現される。
【００３５】
第一実施形態の復号装置には、第一実施形態の符号化装置が出力した整数符号が入力される。第一実施形態の復号装置は、入力された整数符号を第一実施形態の符号化装置に対応する復号処理で復号して整数値による系列を得て、得た整数値による系列中の整数値それぞれについて第一実施形態の符号化装置と逆の変換により２つの整数値を得ることで、第一実施形態の符号化装置に入力された整数値による系列そのものを復元するものである。
【００３６】
［整数復号部２１］
整数復号部２１には、復号装置に入力された整数符号がN個（Nは自然数）ずつ入力される。ここで、入力された整数符号をC_1，C_2，…，C_Nとする。整数復号部２１は、入力された各整数符号C_1，C_2，…，C_NをGolomb-Rice復号して、すなわち、所定のRiceパラメータrにおけるGolomb-Rice符号である各整数符号C_1，C_2，…，C_Nから整数値y_1，y_2，…，y_Nそれぞれを得て、得た整数値による系列を変換後整数系列y_1，y_2，…，y_Nとして整数逆変換部２２に出力する（ステップＳ２１）。所定のRiceパラメータrは、対応する符号化装置と同様のものを用いる。すなわち、予め定めて復号装置に予め記憶されているRiceパラメータrを用いるか、あるいは、整数符号に含まれているRiceパラメータrに対応する符号を復号して得たRiceパラメータrを用いる。
【００３７】
［整数逆変換部２２］
整数逆変換部２２には、整数復号部２１が出力した変換後整数系列y_1，y_2，…，y_N

が入力される。整数逆変換部２２は、入力された変換後整数系列y_1，y_2，…，y_Nに含まれる整数値それぞれについて第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１が行った変換と逆の変換を行って２つの整数値による整数組をN組得て、得たN組の整数組から第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１が行った規則に対応する規則に従って整数系列x_1，x_2，…，x_2Nを得て出力する（ステップＳ２２）。

【００３８】

第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１が式（１）の変換を行った場合には、整数逆変換部２２は、式（１）の変換の逆の変換として、式（２）によって１つの整数値yから２つの整数値x_1，x_2を得る。

【００３９】

【数２】

$$
\begin{aligned}
&\text{if } y-\lfloor\sqrt{y}\rfloor^2 \text{ is even}\\
&\quad x_1=\lfloor\sqrt{y}\rfloor\\
&\quad x_2=\frac{\left(y-\lfloor\sqrt{y}\rfloor^2\right)}{2} \qquad \cdots(2)\\
&\text{otherwise}\\
&\quad x_1=\frac{\left(y-\lfloor\sqrt{y}\rfloor^2-1\right)}{2}\\
&\quad x_2=\lfloor\sqrt{y}\rfloor
\end{aligned}
$$

【００４０】

ここで、式（２）の

【００４１】

【数３】

$$\lfloor\sqrt{y}\rfloor$$

【００４２】

は、yの平方根の床関数、すなわち、yの平方根を超えない最も大きい整数である。

【００４３】

整数逆変換部２２は、式（２）の演算に代えて、例えば、下記のStep A-1～A-3-1またはStep A-1～A-2，A-3-2の手順を行ってもよい。

【００４４】

Step A-1：yの平方根を超えない最も大きい整数bを得る。

【００４５】

Step A-2：bの二乗（b^2）を求める。

【００４６】

Step A-3-1：yとbの二乗との差が偶数である場合、すなわち、$y-b^2$が偶数である場合には、bを整数値x_1とし、yからbの二乗を減算して得た値を2で割って得た値$(y-b^2)/2$を整数値x_2として得る。

【００４７】

Step A-3-2：yとbの二乗との差が奇数である場合、すなわち、$y-b^2$が奇数である場合には、bを整数値x_2とし、yからbの二乗と1を減算して得た値を2で割って得た値$(y-b^2-1)/2$を整数値x_1として得る。

【００４８】

第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１が行った規則が隣接する２つの整数値同士を整数組とする規則であれば、整数逆変換部２２は、入力された変換後整数系列y_1，y_2，…，y_Nのうちの変換後整数y_1から整数値x_1と整数値x_2による整数組を得て、変換後

整数y_2から整数値x_3と整数値x_4による整数組を得て、・・・、変換後整数y_Nから整数値x_2N-1と整数値x_2Nによる整数組を得て、得た整数組による系列である整数系列x_1，x_2，…，x_2Nを出力する。

【００４９】

＜発明の原理の説明＞

ここで本発明の原理を説明する。

【００５０】

Golomb-Rice符号はRiceパラメータrを指定することにより表１に示すように全ての非負整数値xと符号を対応付けるものである。

【００５１】

【表１】

整数値x	二進数表現	符号（r=0)	符号（r=1)	符号（r=2)
0	0000	1	1 0	1 00
1	0001	01	1 1	1 01
2	0010	001	01 0	1 10
3	0011	0001	01 1	1 11
4	0100	00001	001 0	01 00
5	0101	000001	001 1	01 01
6	0110	0000001	0001 0	01 10
7	0111	00000001	0001 1	01 11
8	1000	000000001	00001 0	001 00
9	1001	0000000001	00001 1	001 01
・・・	・・・	・・・	・・・	・・・

簡単のため、r=0の場合について述べると、整数値xに対するGolomb-Rice符号のビット長B(x)は、式（３）となり、整数値xの大きさに対して線形な関係にある。

【００５２】

【数４】

$$B(x)=x+1 \quad \cdots(3)$$

【００５３】

入力された整数系列における整数値xの分布p(x)に対する符号の最適なビット長の割当は、その分布の対数値で与えられることから、Golomb-Rice符号は、式（４）の分布、つまり離散系のラプラス分布に対して最適であることがわかる。

【００５４】

【数５】

$$p_1(x)=\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2^x} \quad \cdots(4)$$

【００５５】

入力される整数値xの取り得る範囲が正負を含む整数値全体であった場合には、式（３）の整数値xを式（５）により求まるx'に置き換えた式（６）によりGolomb-Rice符号を割り当てればよいことが知られている。

【００５６】
【数６】

$$\text{if}(x>0) \quad x' = 2|x|-1$$
$$\text{otherwise} \quad x' = 2|x| \qquad \cdots(5)$$
$$B(x) = x'+1 \qquad \cdots(6)$$

【００５７】
以下では整数値が非負であることに限定して説明するが、上記事実から整数値の取り得る範囲が整数値全体にも適応可能である。また、符号の0と1は反転させても同じであることは言うまでもない。
【００５８】
本発明は、ラプラス分布よりも密な分布や疎な分布に従う整数系列に適した符号を構成するため、複数個の整数値による組から１つの整数値に、あるいは、１つの整数値から複数個の整数値による組に変換し、変換後の整数値にGolomb-Rice符号を適用する。
【００５９】
まず、ラプラス分布よりも密な分布に従う整数系列に適した符号の構成について説明する。密な分布とは、ここでは、値の小さな整数値の出現確率が高く、値の大きい整数値の出現確率が低いような分布を指す。このような分布に対して最適な符号を構成しようとすると、整数値１サンプルあたりに１ビット以下の符号があることを許さないと実現不可能である。そこで、本発明では２サンプルの整数値による組に対して１つの符号を割り当てることで、１サンプルあたりの平均ビット数が１ビット以下となる符号があることを許す構成を実現する。
【００６０】
本発明は、従来よりも少ないメモリ量と演算処理量で整数値の組に対して１つの符号を割り当てるために、まず、整数値の組(x_1, x_2)を上記の式（１）のように変換して１つの整数値yとする。上記の式（１）は、整数値の組の中での最大値の二乗と最小値の二倍を足し、整数値の大小関係に従って0または1を足すという変換である。ただし、上記の式（１）のx_1とx_2は逆でもよい。この変換は２つの整数値から１つの整数値への全単写な写像となっており、整数値の組(x_1, x_2)から１つの整数値yが一意に決まり、その逆、すなわち、１つの整数値yから整数値の組(x_1, x_2)も一意に決まることから、復号側での逆変換が可能である。この変換後の整数値yに対してGolomb-Rice符号を割り当てることで、密な分布に属する整数値に適した符号が割り当てられる。
【００６１】
Riceパラメータr=0のときの、整数値の組(x_1, x_2)に対する本発明による符号の例を表２に挙げる。
【００６２】
【表２】

x_2 ＼ x_1	0	1	2
0	1 (y=0)	01 (y=1)	00001 (y=4)
1	001 (y=2)	0001 (y=3)	0000001 (y=6)
2	000001 (y=5)	00000001 (y=7)	000000001 (y=8)

Riceパラメータr=0のときの、整数値の組(x_1, x_2)に対するGolomb-Rice符号の例を表３に挙げる。
【００６３】

【表３】

x_2 ＼ x_1	0	1	2
0	11	011	0011
1	101	0101	00101
2	1001	01001	001001

表２と表３からわかるように、本発明によれば、小さい値の組に対してGolomb-Rice符号よりも短い符号を割り当てることができている。

【００６４】

図６Ａは、本発明により整数値の組(x_1, x_2)に割り当てられる符号のビット数を表したものである。左側のグラフは、横軸がx_1の値、縦軸がx_2の値であり、ハッチングの種類が符号のビット数を表している。ハッチングの種類とビット数の関係は右側のバーに示す通りである。図６Ａからもわかるように、式（１）の変換に含まれる$\max(x_1, x_2)^2$の性質から、本発明による符号は整数値x_1とx_2のそれぞれの二乗に対しておおよそ線形な関係にあるビット長となる。なお、図６Ｂは、図６Ａの破線αに沿った符号のビット数を表している。

【００６５】

一方、離散系のガウス分布

【００６６】

【数７】

$$p_2(x) = \frac{1}{Z_2} \cdot \frac{1}{2^{x^2}} \quad \left(Z_2 = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{2^{k^2}} \right) \quad \cdots(7)$$

【００６７】

に従う整数系列に対する平均符号長が最小になるビット長の理想的な割り当て方は、その整数系列に含まれる各整数値xの確率に対して２の対数の負値を取った値である$x^2+\log_2 Z_2$ビットであり、これは整数値xの二乗に対して線形な関係にある。従って、本発明による符号は離散系のガウス分布に従う整数系列に対する最適なビット長の割り当てを近似していることに相当する。実際にガウス分布に従う乱数を符号化する実験を行った結果、表４に示すように、本発明による符号は理論限界のビット長から高々3.5%しか変わらず、本発明による符号は理論限界のビット長に近い性能を示した。

【００６８】

【表４】

$p_2(x)$に従う整数値に対する符号の期待ビット長	
符号	期待ビット長（ビット／サンプル）
PCM（固定長二進数表記）	3.0
Golomb-Rice符号	1.403281023
最適１元Huffman符号（符号数：5）	1.403281023
最適２元Huffman符号（符号数：25）	1.174826457
発明による符号	1.176306216
理論限界	1.136460476

次に、ラプラス分布よりも疎な分布に従う整数系列に適した符号の構成について説明す

る。疎な分布とは、ここでは、値の小さな整数値の出現確率が低く、値の大きい整数値の出現確率が高い分布を指す。このような分布に対して最適な符号を構成するため、本発明では、まず、整数値xを式（８）のように変換して整数値の組(y_1, y_2)を得て、得た整数値y_1とy_2に対して１つずつの符号を割り当てる。

【００６９】

【数８】

$$\begin{aligned}
&\text{if } x-\lfloor\sqrt{x}\rfloor^2 \text{ is even}\\
&\quad y_1=\lfloor\sqrt{x}\rfloor\\
&\quad y_2=\frac{\left(x-\lfloor\sqrt{x}\rfloor^2\right)}{2} \qquad \cdots(8)\\
&\text{otherwise}\\
&\quad y_1=\frac{\left(x-\lfloor\sqrt{x}\rfloor^2-1\right)}{2}\\
&\quad y_2=\lfloor\sqrt{x}\rfloor
\end{aligned}$$

【００７０】

ここで、式（８）の

【００７１】

【数９】

$$\lfloor\sqrt{x}\rfloor$$

【００７２】

は、xの平方根の床関数、すなわち、xの平方根を超えない最も大きい整数である。式（８）の変換は１つの整数値を全単写な写像で２つの整数値による組に変換するものとなっており、１つの整数値xから整数値の組(y_1, y_2)が一意に決まり、その逆、すなわち、整数値の組(y_1, y_2)から１つの整数値xも一意に決まることから、復号側での逆変換が可能である。この変換後の整数値y_1, y_2のそれぞれに対してGolomb-Rice符号を割り当てることで、大きい整数値に対する符号のビット長を短くすることができ、疎な分布に属する整数値に適した符号を割り当てることができる。Riceパラメータr=0のときの本発明による符号の例を表５に挙げる。

【００７３】

【表５】

整数値x	二進数表現	符号（r=0）
0	0000	11 $(y_1=0,\ y_2=0)$
1	0001	011 $(y_1=1,\ y_2=0)$
2	0010	101 $(y_1=0,\ y_2=1)$
3	0011	0101 $(y_1=1,\ y_2=1)$
4	0100	0011 $(y_1=2,\ y_2=0)$
5	0101	1001 $(y_1=0,\ y_2=2)$
6	0110	00101 $(y_1=2,\ y_2=1)$
7	0111	01001 $(y_1=1,\ y_2=2)$
8	1000	001001 $(y_1=2,\ y_2=2)$
9	1001	00011 $(y_1=3,\ y_2=0)$
・・・	・・・	・・・

式（８）により得られる整数値y_1, y_2はおおよそ元の整数値xの二乗根の値を示す。従って、図７に示すように、整数値xに対して割り当てられる符号のビット長を、整数値xの二乗根に対しておおよそ線形な関係にある長さにすることができる。

【００７４】

一方、ラプラス分布よりも疎な分布である

【００７５】

【数１０】

$$p_{0.5}(x)=\frac{1}{Z_{0.5}}\cdot\frac{1}{2^{x^{0.5}}}\quad\left(Z_{0.5}=\sum_{k=0}^{\infty}\frac{1}{2^{k^{0.5}}}\right)\quad\cdots(9)$$

【００７６】

に従う整数系列に対する平均符号長が最小になるビット長の理想的な割り当て方は、その整数系列に含まれる各整数値xの確率に対して２の対数の負値を取った値である$\sqrt{x}+\log_2 Z_{0.5}$ビットであり、これは整数値xの二乗根に対して線形な関係にある。従って、本発明による符号は分布$p_{0.5}(x)$に従う整数系列に対する最適なビット長の割り当てを近似していることに相当する。実際に分布$p_{0.5}(x)$に従う乱数を符号化する実験を行った結果、表６に示すように、本発明による符号は理論限界のビット長から高々5%しか変わらず、本発明による符号は理論限界のビット長に近い性能を示した。

【００７７】

【表６】

$p_{0.5}(x)$に従う整数値に対する符号の期待ビット長	
符号	期待ビット長（ビット／サンプル）
PCM（固定長二進数表記）	8.0
Golomb-Rice符号	11.79336745
最適１元Huffman符号（符号数：5）	4.762629635
発明による符号	4.968605871
理論限界	4.732577773

上記の例はRiceパラメータr=0の場合について述べたが、r=0でない場合についても、それぞれの整数値に対して従来と同様の方法で当該Riceパラメータに対応する符号を割り当てることができる。

【００７８】

＜第二実施形態＞

≪符号化装置≫

図２および図３を参照して、第二実施形態の符号化装置が実行する符号化方法の処理手続きを説明する。第二実施形態の符号化装置は、第一実施形態の符号化装置と同様に、整数変換部１３および整数符号化部１４を例えば備える。第二実施形態の符号化装置は、入力された整数値による系列中の１つの整数値それぞれについて、代数的に表現可能な全単射な変換により２つの整数値を得て、得た整数値による系列を可変長符号化することで、ラプラス分布よりも疎な分布の整数系列に対してGolomb-Rice符号化よりも短いビット長となる符号化処理を実現するものである。

【００７９】

［整数変換部１３］

整数変換部１３には、符号化装置に入力された整数値による系列のうちの、Nサンプル（Nは自然数）ずつの整数値による系列が入力される。入力された整数値による系列を整数系列x_1, x_2, …, x_Nとする。整数変換部１３は、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_N中のそれぞれの整数値について代数的に表現可能な全単射な変換により２つの整数値を得て、得た2N個の整数値による系列y_1, y_2, …, y_2Nを変換後整数系列として整数符号化部１４に出力する（ステップＳ１３）。それぞれの整数値について代数的に表現可能な全単射な変換により２つの整数値を得る方法としては、例えば、整数系列x_1, x_2, …, x_N中のそれぞれの整数値をxとして、上記の式（８）によって２個の整数値y_1, y_2を得る方法を用いる。そして、式（８）によって得た合計2N個の整数値を所定の順番で並べたものを変換後整数系列y_1, y_2, …, y_2Nとして出力する。整数変換部１３は式（８）の演算に代えて、例えば下記のStep B-1〜B-3-1またはStep B-1〜B-2, B-3-2の手順を行ってもよい。

【００８０】

Step B-1：xの平方根を超えない最も大きい整数cを得る。

【００８１】

Step B-2：cの二乗（c^2）を求める。

【００８２】

Step B-3-1：xとcの二乗との差が偶数である場合、すなわち、$x-c^2$が偶数である場合には、cを整数値y_1とし、xからcの二乗を減算して得た値を2で割って得た値$(x-c^2)/2$を整数値y_2として得る。

【００８３】

Step B-3-2：xとcの二乗との差が奇数である場合、すなわち、$x-c^2$が奇数である場合に

は、cを整数値y_2とし、xからcの二乗と1を減算して得た値を2で割って得た値$(x-c^2-1)/2$を整数値y_1として得る。

【００８４】

ここで、所定の順番とは、例えば、整数値x_1から得た２つの変換後整数をy_1とy_2とし、整数値x_2から得た２つの変換後整数をy_3とy_4とし、・・・、整数値x_Nから得た２つの変換後整数をy_2N-1とy_2Nとする順番のように、符号化装置と復号装置に予め記憶しておける順番である。

【００８５】

［整数符号化部１４］

整数符号化部１４には、整数変換部１３が出力した変換後整数系列y_1, y_2, …, y_2Nが入力される。整数符号化部１４は、変換後整数系列y_1, y_2, …, y_2Nに含まれる各整数値をGolomb-Rice符号化して、すなわち、所定のRiceパラメータrにおける各整数値に対するGolomb-Rice符号C_1, C_2, …, C_2Nをそれぞれ得て、得た符号による符号群を整数符号として出力する（ステップＳ１４）。

【００８６】

なお、所定のRiceパラメータrは、予め定めて符号化装置と復号装置に予め記憶しておくか、あるいは、例えば、整数符号化部１４が変換後整数系列y_1, y_2, …, y_2Nごとに同じRiceパラメータrを用いてGolomb-Rice符号化を行い、Golomb-Rice符号化に用いたRiceパラメータrに対応する符号をGolomb-Rice符号C_1, C_2, …, C_2Nに加えたものを整数符号として出力してもよい。

【００８７】

≪復号装置≫

図４および図５を参照して、第二実施形態の復号装置が実行する復号方法の処理手続きを説明する。第二実施形態の復号装置は、第一実施形態の復号装置と同様に、整数復号部２３および整数逆変換部２４を例えば備える。第二実施形態の復号装置には、第二実施形態の符号化装置が出力した整数符号が入力される。第二実施形態の復号装置は、入力された整数符号を第二実施形態の符号化装置に対応する復号処理で復号して整数値による系列を得て、得た整数値による系列中の２つの整数値による組それぞれについて第二実施形態の符号化装置と逆の変換により１つの整数値を得ることで、第二実施形態の符号化装置に入力された整数値による系列そのものを復元するものである。

【００８８】

［整数復号部２３］

整数復号部２３には、復号装置に入力された整数符号が2N個（Nは自然数）ずつ入力される。ここで、入力された整数符号をC_1, C_2, …, C_2Nとする。整数復号部２３は、入力された各整数符号C_1, C_2, …, C_2NをGolomb-Rice復号して、すなわち、所定のRiceパラメータrにおけるGolomb-Rice符号である各整数符号C_1, C_2, …, C_2Nから整数値y_1, y_2, …, y_2Nそれぞれを得て、得た整数値による系列を変換後整数系列y_1, y_2, …, y_2Nとして整数逆変換部２４に出力する（ステップＳ２３）。所定のRiceパラメータrは、対応する符号化装置と同様のものを用いる。すなわち、予め定めて復号装置に予め記憶されているRiceパラメータrを用いるか、あるいは、整数符号に含まれているRiceパラメータrに対応する符号を復号して得たRiceパラメータrを用いる。

【００８９】

［整数逆変換部２４］

整数逆変換部２４には、整数復号部２３が出力した変換後整数系列y_1, y_2, …, y_2Nが入力される。整数逆変換部２４は、入力された変換後整数系列y_1, y_2, …, y_2Nから第二実施形態の符号化装置の整数変換部１３が行った規則に対応する規則に従って２つの整数値による整数組をN組得て、得た整数組それぞれについて第二実施形態の符号化装置の整数変換部１３が行った変換と逆の変換を行って１つの整数値を得て、得た整数値による系列である整数系列x_1, x_2, …, x_Nを出力する（ステップＳ２４）。

【００９０】

第二実施形態の符号化装置の整数変換部１３が式（８）の変換を行った場合には、整数逆変換部２４は、式（８）の変換の逆の変換として、式（10）によって２つの整数値による組(y_1, y_2)から１つの整数値xを得る。

【００９１】

【数１１】

$$x=\max(y_1,y_2)^2+2\min(y_1,y_2)+d \quad \begin{cases} \text{if } y_1<y_2 & d=1 \\ \text{otherwise} & d=0 \end{cases} \quad \cdots(10)$$

【００９２】

第二実施形態の符号化装置の整数変換部１３が行った規則が隣接する２つの変換後整数同士を整数組とする規則であれば、整数逆変換部２４は、入力された変換後整数系列y_1, y_2, …, y_2Nのうちの変換後整数y_1とy_2から整数値x_1を得て、変換後整数y_3とy_4から整数値x_2を得て、・・・、変換後整数y_2N-1とy_2Nから整数値x_Nを得て、得た整数値による系列である整数系列x_1, x_2, …, x_Nを出力する。

【００９３】

＜第一実施形態と第二実施形態の変形例＞

第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１が行う式（１）の変換は２進数表記での操作でも近似できる。例えば、x_1, x_2の値がそれぞれ２進数表記で1111（10進数表記で15）、0000（10進数表記で0）としたとき、これらの桁同士を入れ子にした10101010（10進数表記で170）はおおよそx_1やx_2の二乗に近い値を示す。従って、第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１は、x_1, x_2の値の２進数表記の桁同士を入れ子にする操作により得た値をyとしてもよい。ここで、桁同士を入れ子にする操作とは、x_1の２進数表記の最上位桁の数値をyの２進数表記の最上位桁の数値とし、x_2の２進数表記の最上位桁の数値をyの２進数表記の最上位から２桁目の数値とし、・・・、x_1の２進数表記の最下位桁の数値をyの２進数表記の最下位から２桁目の数値とし、x_2の２進数表記の最下位桁の数値をyの２進数表記の最下位桁の数値とする操作のことをいい、以下では「入れ子処理」とも呼ぶ。第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１が２進数表記の桁同士を入れ子にする操作を行った場合には、第一実施形態の復号装置の整数逆変換部２２は、この入れ子処理の逆操作、すなわち、yの２進数表記の最上位桁の数値をx_1の２進数表記の最上位桁の数値とし、yの２進数表記の最上位から２桁目の数値をx_2の２進数表記の最上位桁の数値とし、・・・、yの２進数表記の最下位から２桁目の数値をx_1の２進数表記の最下位桁の数値とし、yの２進数表記の最下位桁の数値をx_2の２進数表記の最下位桁の数値とする操作を行えばよい。

【００９４】

また同様に、第二実施形態の符号化装置の整数変換部１３は、xの値の２進数表記について入れ子処理の逆操作をして得た２つの整数値をy_1, y_2としてもよく、この場合には第二実施形態の復号装置の整数逆変換部２４は、y_1, y_2の値の２進数表記の桁同士を入れ子にする操作をして整数値xを得ればよい。

【００９５】

＜第三実施形態＞

第一実施形態の符号化装置は、入力された整数値による系列中の２つの整数値による組それぞれについて代数的に表現可能な全単射な変換により１つの整数値を得るものであったが、入力された整数値による系列中のより多くの整数値による組それぞれについて代数的に表現可能な全単射な変換により１つの整数値を得ることにより、より密な分布に従う整数値による系列に対して適切な符号を割り当てることができる。第三実施形態では、入力された整数値による系列中の所定のM個（Mは2以上の整数）の整数値による組それぞれについて代数的に表現可能な全単射な変換により１つの整数値を得て、得た整数値による系列を可変長符号化する。なお、Mが2の場合の第三実施形態の動作は、第一実施形態の動作と同様である。

【００９６】

≪符号化装置≫

図２および図３を参照して、第三実施形態の符号化装置が実行する符号化方法の処理手続きを説明する。第三実施形態の符号化装置は、第一実施形態の符号化装置と同様に、整数変換部１５および整数符号化部１６を例えば備える。第三実施形態の符号化装置の整数符号化部１６の動作および整数符号化部１６が実行するステップＳ１６の処理は第一実施形態の符号化装置の整数符号化部１２の動作および整数符号化部１２が実行するステップＳ１２の処理と同じであるため、ここでは、第一実施形態とは動作が異なる整数変換部１５についてのみ説明する。

【００９７】

［整数変換部１５］

整数変換部１５には、符号化装置に入力された整数値による系列のうちの、MNサンプル（M×N個のサンプル、Mは2以上の整数、Nは自然数）ずつの整数値による系列が入力される。入力された整数値による系列を整数系列x_1, x_2, …, x_MNとする。整数変換部１５は、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_MNから所定の規則に従ってM個の整数値による整数組をN組得て、それぞれの整数組について代数的に表現可能な全単射な変換により１つの整数値を得て、得たN個の整数値による系列y_1, y_2, …, y_Nを整数符号化部１６に出力する（ステップＳ１５）。それぞれの整数組について代数的に表現可能な全単射な変換により１つの整数値を得る方法としては、例えば、整数組を構成するM個の整数値をx_1, x_2, …, x_Mとして、式（11）によって１つの整数値yを得る方法を用いる。以下では、系列y_1, y_2, …, y_Nを変換後整数系列と呼ぶ。

【００９８】

【数１２】

$$y = f_M(x_1, x_2, \ldots, x_M) \quad \cdots(11)$$

【００９９】

ただし、$f_{M'}(x_1, x_2, \ldots, x_{M'})$はM'個の変数による系列（変数系列）$x_1$, x_2, …, $x_{M'}$を入力とし、１変数を出力とする再帰的な関数であり、M'個の変数x_1, x_2, …, $x_{M'}$の最大値をx_{max}、最大値をとる変数の個数をK、最大値をとるK個の変数それぞれの変数系列内での番号をそれぞれm_1, m_2, …, m_K、変数系列x_1, x_2, …, $x_{M'}$から最大値をとる変数を除いたM'-K個の変数による系列を x_1, x_2, …, $x_{M'-K}$、f_0を0、${}_{M'}C_K$をM'個からK個を選択する組み合わせの数とすると、式（12）のように表せる。

【０１００】

【数１３】

$$f_{M'}(x_1, x_2, \ldots, x_{M'}) = \sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m x_{\max}^{M'-m} + {}_{M'}C_K f_{M'-K}(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \ldots, \tilde{x}_{M'-K}) + \sum_{i=0}^{K-1} {}_{M'-m_{i+1}}C_{K-i} \quad \cdots(12)$$

【０１０１】

N組の整数組を得る所定の規則は、例えば、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_MN内の隣接するM個の整数値同士を整数組とする規則、すなわち、x_1からx_Mまで、x_M+1からx_2Mまで、・・・、x_M(N-1)+1からx_MNまでをそれぞれ整数組とする規則などの、予め定めて符号化装置と復号装置に予め記憶しておける規則であればどのような規則であってもよい。

【０１０２】

隣接するM個の整数値同士を整数組とする規則であれば、整数変換部１５は、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_MNのうちのx_1からx_Mまでによる整数組から変換後整数y_1を得て、x_M+1からx_2Mまでによる整数組から変換後整数y_2を得て、・・・、x_M(N-1)+1からx_MNまでによる整数組から変換後整数y_Nを得て、得た変換後整数による系列である変換後整数系列y_1, y_2, …, y_Nを出力する。

【０１０３】
なお、第一実施形態の符号化装置の変形例と同様に、整数変換部１５は式（11）の演算に代えて、例えば下記のStep C-1～C-2の手順を行ってもよい。
【０１０４】
Step C-1：M個の整数値をx_1, x_2, …, x_Mとし、それらの二進数表記での最大桁数をKとし、x_iの二進数表記の各桁の数値をそれぞれa_(K, i), a_(K-1, i), …, a_(1, i)とする。すなわち、a_(k, i)はx_i（i=1, 2, …, M）のk（k=1, 2, …, K）桁目の値を示し、a_(k, i)は0または1である。
【０１０５】
Step C-2：最上位桁から最下位桁まで順に、各桁のM個の値を並べた最大桁数MK桁（M×K桁）の整数を変換後整数yの二進数表記とする。つまり、二進数表記がa_(K, M), a_(K, M-1), …, a_(K, 1), a_(K-1, M), …, a_(K-1, 1), …, a_(1, 1)である整数を変換後整数yとする。
【０１０６】
≪復号装置≫
図４および図５を参照して、第三実施形態の復号装置が実行する復号方法の処理手続きを説明する。第三実施形態の復号装置は、第一実施形態の復号装置と同様に、整数復号部２５および整数逆変換部２６を例えば備える。第三実施形態の復号装置の整数復号部２５の動作および整数復号部２５が実行するステップＳ２５の処理は第一実施形態の復号装置の整数復号部２１の動作および整数復号部２１が実行するステップＳ２１の処理と同じであるため、ここでは、第一実施形態とは動作が異なる整数逆変換部２６についてのみ説明する。
【０１０７】
［整数逆変換部２６］
整数逆変換部２６には、整数復号部２５が出力した変換後整数系列y_1, y_2, …, y_Nが入力される。整数逆変換部２６は、入力された変換後整数系列y_1, y_2, …, y_Nに含まれる整数値それぞれについて第三実施形態の符号化装置の整数変換部１５が行った変換と逆の変換を行ってM個の整数値による整数組をN組得て、得たN組の整数組から第三実施形態の符号化装置の整数変換部１５が行った規則に対応する規則に従って整数系列x_1, x_2, …, x_MNを得て出力する（ステップＳ２６）。
【０１０８】
第三実施形態の符号化装置の整数変換部１５が式（11）の変換を行った場合には、整数逆変換部２６は、式（11）の変換の逆の変換として、式（13）によって１つの整数値yからM個の整数値x_1, x_2, …, x_Mを得る。
【０１０９】
【数１４】
$$(x_1, x_2, \ldots, x_M) = f_M^{-1}(y) \quad \cdots(13)$$
【０１１０】
ただし、$f_{M'}^{-1}(y)$は１変数を入力とし、M'個の変数を出力とする再帰的な関数であり、yを超えない最大のM'次平方根
【０１１１】
【数１５】
$$\left\lfloor \sqrt[M']{y} \right\rfloor$$
【０１１２】
と、
【０１１３】

【数１６】

$$y-\sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m \left\lfloor \sqrt[M']{y} \right\rfloor^{M'-m}$$

【０１１４】
が0を下回らない最大のKと、
【０１１５】
【数１７】

$$f_{M'-K}^{-1}\left(\left\lfloor \left(y-\sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m \left\lfloor \sqrt[M']{y} \right\rfloor^{M'-m}\right) \middle/ {}_{M'}C_K \right\rfloor\right)$$

【０１１６】
により得られるＭ'-K個の変数からなる変数系列 x_1, x_2, …, $x_{M'-K}$と、
【０１１７】
【数１８】

$$y-\sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m \left\lfloor \sqrt[M']{y} \right\rfloor^{M'-m}$$

【０１１８】
を${}_{M'}C_K$で割った余りである$\lambda_{M'}$を用いて、m=0からm=Ｍ'-1までに関してそれぞれ、$i_1=0$, $i_2=0$を初期値として式（14）を計算することでＭ'個の整数値x_1, x_2, …, $x_{M'}$を得て、出力する。
【０１１９】
【数１９】

$$\begin{aligned}
&\text{if } \lambda_{M'} \geq {}_{M'-m-1}C_{K-i_1} \\
&\quad x_{m+1} = \left\lfloor \sqrt[M']{y} \right\rfloor \\
&\quad \lambda_{M'} = \lambda_{M'} - {}_{M'-m-1}C_{K-i_1} \\
&\quad i_1 = i_1 + 1 \qquad\qquad \cdots(14) \\
&\text{otherwise} \\
&\quad x_{m+1} = \tilde{x}_{i_2+1} \\
&\quad i_2 = i_2 + 1
\end{aligned}$$

【０１２０】
また、$f_0^{-1}(y)$は何も出力しない関数を意味する。
【０１２１】
なお、第一実施形態の復号装置の変形例と同様に、整数逆変換部２６は式（12）の演算に代えて、例えば下記のStep D-1～D-2の手順を行ってもよい。
【０１２２】
Step D-1：入力された変換後整数yの二進数表記のMK桁の各桁の値をそれぞれa_(MK), a_(MK-1), …, a_(1)とする。
【０１２３】
Step D-2：上記Step D-1で得たMK個の値による系列a_(MK), a_(MK-1), …, a_(1)からM個おきにK個の値を取り出して並べた整数をM個の整数値x_1, x_2, …, x_Mとする。つまり、二進数表記がa_(M(K-1)+1), a_(M(K-2)+1), …, a_(1)である整数をx_1、二進数表記がa_(M(K-1)+2), a_(M(K-2)+2), …, a_(2)である整数をx_2、・・・、二進数表記がa_(MK), a_(M(K-1)), …, a_(M)である整数をx_M、とする。
【０１２４】

第三実施形態の符号化装置の整数変換部１５が行った規則が隣接するM個の整数値同士を整数組とする規則であれば、整数逆変換部２６は、入力された変換後整数系列y_1, y_2, …, y_Nのうちの変換後整数y_1から、整数値x_1からx_Mまでによる整数組を得て、変換後整数y_2から、整数値x_M+1からx_2Mまでによる整数組を得て、・・・、変換後整数y_Nから、整数値x_M(N-1)+1からx_MNまでによる整数組を得て、得た整数組による系列である整数系列x_1, x_2, …, x_MNを出力する。

【０１２５】

≪作用効果≫

第三実施形態によれば、Mの値が大きければ大きいほど、ラプラス分布よりも密な度合いが大きい分布の整数値による系列に対してGolomb-Rice符号化よりも短いビット長となる符号化処理とその符号化処理に対応する復号処理を実現することができる。

【０１２６】

＜第四実施形態＞

第二実施形態の符号化装置は、入力された整数値による系列中の１つの整数値それぞれについて、代数的に表現可能な全単射な変換により２つの整数値を得るものであったが、入力された整数値による系列中の１つの整数値それぞれについて、代数的に表現可能な全単射な変換により、より多くの整数値を得ることにより、より疎な分布に従う整数値による系列に対して適切な符号を割り当てることができる。第四実施形態では、入力された整数値による系列中の１つの整数値を代数的に表現可能な全単射な変換により所定のM個（Mは2以上の整数）の整数値を得て、得た整数値による系列を可変長符号化する。なお、Mが2の場合の第四実施形態の動作は、第二実施形態の動作と同様である。

【０１２７】

≪符号化装置≫

図２および図３を参照して、第四実施形態の符号化装置が実行する符号化方法の処理手続きを説明する。第四実施形態の符号化装置は、第一実施形態の符号化装置と同様に、整数変換部１７および整数符号化部１８を例えば備える。

【０１２８】

［整数変換部１７］

整数変換部１７には、符号化装置に入力された整数値による系列のうちの、Nサンプル（Nは自然数）ずつの整数値による系列が入力される。入力された整数値による系列を整数系列x_1, x_2, …, x_Nとする。整数変換部１７は、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_N中のそれぞれの整数値について代数的に表現可能な全単射な変換によりM個の整数値を得て、得たMN個の整数値を所定の順番で並べた系列y_1, y_2, …, y_MNを変換後整数系列として整数符号化部１８に出力する（ステップＳ１７）。それぞれの整数値について代数的に表現可能な全単射な変換によりM個の整数値を得る方法としては、例えば、整数系列x_1, x_2, …, x_N中のそれぞれの整数値をxとして、式（15）によってM個の整数値$y_1, y_2, \ldots, y_M$を得る方法を用いる。

【０１２９】

【数２０】

$$(y_1, y_2, \ldots, y_M) = g_M(x) \quad \cdots(15)$$

【０１３０】

ただし、$g_{M'}(x)$は１変数を入力とし、Ｍ'個の変数を出力とする再帰的な関数であり、xを超えない最大のＭ'次平方根

【０１３１】

【数２１】

$$\left\lfloor \sqrt[M']{x} \right\rfloor$$

【０１３２】

と、

【０１３３】
【数２２】

$$x-\sum_{m=0}^{K-1}{}_{M'}C_m\left\lfloor\sqrt[M']{x}\right\rfloor^{M'-m}$$

【０１３４】
が0を下回らない最大のKと、
【０１３５】
【数２３】

$$g_{M'-K}\left(\left\lfloor\left(x-\sum_{m=0}^{K-1}{}_{M'}C_m\left\lfloor\sqrt[M']{x}\right\rfloor^{M'-m}\right)\Big/{}_{M'}C_K\right\rfloor\right)$$

【０１３６】
により得られるM'-K個の変数からなる変数系列 y_1, y_2, …, $y_{M'-K}$と、
【０１３７】
【数２４】

$$x-\sum_{m=0}^{K-1}{}_{M'}C_m\left\lfloor\sqrt[M']{x}\right\rfloor^{M'-m}$$

【０１３８】
を${}_{M'}C_K$で割った余りである$\lambda_{M'}$を用いて、m=0からm=M'-1までに関してそれぞれ、i_1=0，i_2=0を初期値として式（16）を計算することでM'個の整数値y_1, y_2, …, $y_{M'}$を得て、出力する。
【０１３９】
【数２５】

$$\begin{aligned}
&\text{if } \lambda_{M'}\geq{}_{M'-m-1}C_{K-i_1}\\
&\quad y_{m+1}=\left\lfloor\sqrt[M']{x}\right\rfloor\\
&\quad \lambda_{M'}=\lambda_{M'}-{}_{M'-m-1}C_{K-i_1}\\
&\quad i_1=i_1+1 \qquad\qquad \cdots(16)\\
&\text{otherwise}\\
&\quad y_{m+1}=\tilde{y}_{i_2+1}\\
&\quad i_2=i_2+1
\end{aligned}$$

【０１４０】
また、g_0(x)は何も出力しない関数を意味する。
【０１４１】
なお、第二実施形態の符号化装置の変形例と同様に、整数変換部１７は式（15）の演算に代えて、例えば下記のStep E-1～E-2の手順を行ってもよい。
【０１４２】
Step E-1：入力された整数xの二進数表記のMK桁の各桁の値をそれぞれa_(MK), a_(MK-1), …, a_(1)とする。
【０１４３】
Step E-2：上記Step E-1で得たMK個の値による系列a_(MK), a_(MK-1), …, a_(1)からM個おきにK個の値を取り出して並べた整数をM個の整数値y_1, y_2, …, y_Mとする。つまり、二進数表記がa_(M(K-1)+1), a_(M(K-2)+1), …, a_(1)である整数をy_1、二進数表記がa_(M(K-1)+2), a_(M(K-2)+2), …, a_(2)である整数をy_2、・・・、二進数表記がa_(MK), a_

(M(K-1))，…，a_(M)である整数をy_M、とする。
【０１４４】
ここで、所定の順番とは、例えば、整数値x_1から得たM個の変換後整数をy_1からy_Mまでとし、整数値x_2から得たM個の変換後整数をy_M+1からy_2Mまでとし、・・・、整数値x_Nから得たM個の変換後整数をy_M(N-1)+1からy_MNまでとする順番のように、符号化装置と復号装置に予め記憶しておける順番である。
【０１４５】
［整数符号化部１８］
整数符号化部１８には、整数変換部１７が出力した変換後整数系列y_1，y_2，…，y_MNが入力される。整数符号化部１８は、変換後整数系列y_1，y_2，…，y_MNに含まれる各整数値をGolomb-Rice符号化してGolomb-Rice符号C_1，C_2，…，C_MNを得て、得た符号による符号群を整数符号として出力する（ステップＳ１８）。整数符号化部１８の動作は、Golomb-Rice符号化する各整数値が、第二実施形態の符号化装置の整数符号化部１４では変換後整数系列y_1，y_2，…，y_2Nの2N個の整数値であるのに対し、変換後整数系列y_1，y_2，…，y_MNのMN個の整数値であること以外は、第二実施形態の符号化装置の整数符号化部１４と同様である。
【０１４６】
≪復号装置≫
図４および図５を参照して、第四実施形態の復号装置が実行する復号方法の処理手続きを説明する。第四実施形態の復号装置は、第一実施形態の復号装置と同様に、整数復号部２７および整数逆変換部２８を例えば備える。
【０１４７】
［整数復号部２７］
整数復号部２７には、復号装置に入力された整数符号がMN個（Mは2以上の整数、Nは自然数）ずつ入力される。ここで、入力された整数符号をC_1，C_2，…，C_MNとする。整数復号部２７は、入力された各整数符号C_1，C_2，…，C_MNをGolomb-Rice復号して整数値y_1，y_2，…，y_MNを得て、得た整数値による系列を変換後整数系列y_1，y_2，…，y_MNとして整数逆変換部２８に出力する（ステップＳ２７）。整数復号部２７の動作は、Golomb-Rice復号して得られる各整数値による系列が、第二実施形態の復号装置の整数復号部２３では2N個の整数値による変換後整数系列y_1，y_2，…，y_2Nであるのに対し、MN個の整数値による変換後整数系列y_1，y_2，…，y_MNとなること以外は、第二実施形態の復号装置の整数復号部２３と同様である。
【０１４８】
［整数逆変換部２８］
整数逆変換部２８には、整数復号部２７が出力した変換後整数系列y_1，y_2，…，y_MNが入力される。整数逆変換部２８は、入力された変換後整数系列y_1，y_2，…，y_MNから第四実施形態の符号化装置の整数変換部１７が行った規則に対応する規則に従ってM個の整数値による整数組をN組得て、得た整数組それぞれについて第四実施形態の符号化装置の整数変換部１７が行った変換と逆の変換を行って１つの整数値を得て、得た整数値による系列である整数系列x_1，x_2，…，x_Nを出力する（ステップＳ２８）。
【０１４９】
第四実施形態の符号化装置の整数変換部１７が式（15）の変換を行った場合には、整数逆変換部２８は、式（15）の変換の逆の変換として、式（17）によってM個の整数値による組$(y_1, y_2, \ldots, y_M)$から１つの整数値xを得る。
【０１５０】
【数２６】
$$x = g_M^{-1}(y_1, y_2, \ldots, y_M) \quad \cdots(17)$$
【０１５１】
ただし、$g_{M'}^{-1}(y_1, y_2, \ldots, y_{M'})$はM'個の変数による系列（変数系列）を入力とし

、１変数を出力とする再帰的な関数であり、Ｍ'個の変数$y_1, y_2, \cdots, y_{M'}$の最大値をy_{max}、最大値をとる変数の個数をK、最大値をとるK個の変数それぞれの変数系列内での番号をそれぞれ$m_1, m_2, \cdots, m_K$、変数系列$y_1, y_2, \cdots, y_{M'}$から最大値をとる変数を除いたＭ'-K個の変数による系列を $\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \cdots, \tilde{y}_{M'-K}$、$g_0^{-1}$を0、${}_{M'}C_K$をＭ'個からK個を選択する組み合わせの数とすると、式（18）のように表せる。

【０１５２】

【数２７】

$$g_{M'}^{-1}(y_1, y_2, \ldots, y_{M'}) = \sum_{m=0}^{K-1} {}_{M'}C_m y_{\max}^{M'-m} + {}_{M'}C_K f_{M'-K}(\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \ldots, \tilde{y}_{M'-K}) + \sum_{i=0}^{K-1} {}_{M'-m_{i+1}}C_{K-i} \quad \cdots(18)$$

【０１５３】

なお、第二実施形態の復号装置の変形例と同様に、整数逆変換部２８は式（17）の演算に代えて、例えば下記のStep F-1～F-2の手順を行ってもよい。

【０１５４】

Step F-1：M個の変換後整数を$y_1, y_2, \cdots, y_M$とし、それらの二進数表記での最大桁数をKとし、y_iの二進数表記の各桁の数値をそれぞれa_(K, i), a_(K-1, i), …, a_(1, i)とする。すなわち、a_(k, i)はy_i（i=1, 2, …, M）のｋ（k=1, 2, …, K）桁目の値を示し、a_(k, i)は0または1である。

【０１５５】

Step F-2：最上位桁から最下位桁まで順に、各桁のM個の値を並べた最大桁数MK桁の整数を整数xの二進数表記とする。つまり、二進数表記がa_(K, M), a_(K, M-1), …a_(K, 1), a_(K-1, M), …, a_(K-1, 1), …, a_(1, 1)である整数を整数xとする。

【０１５６】

第四実施形態の符号化装置の整数変換部１７が行った規則が隣接するM個の変換後整数同士を整数組とする規則であれば、整数逆変換部２８は、入力された変換後整数系列y_1, y_2, …, y_MNのうちの変換後整数y_1からy_Mまでから整数値x_1を得て、変換後整数y_M+1からy_2Mまでから整数値x_2を得て、・・・、変換後整数y_M(N-1)+1からy_MNまでから整数値x_Nを得て、得た整数値による系列である整数系列x_1, x_2, …, x_Nを出力する。

【０１５７】

≪作用効果≫

第四実施形態によれば、Mの値が大きければ大きいほど、ラプラス分布よりも疎な度合いが大きい分布の整数値による系列に対してGolomb-Rice符号化よりも短いビット長となる符号化処理とその符号化処理に対応する復号処理を実現することができる。

【０１５８】

＜第五実施形態＞

符号化装置は、入力された整数値による系列中の部分系列ごとに、その系列の分布の性質を推定し、推定した分布の性質に従って第一実施形態から第四実施形態の何れかを選択して動作したり、推定した分布の性質に従って第三実施形態や第四実施形態のMの値を選択して動作したり、してもよい。同様に、復号装置は、符号化装置が推定した分布の性質を表す指標値に従って第一実施形態から第四実施形態の何れかを選択して動作したり、符号化装置が推定した分布の性質を表す指標値に従って第三実施形態や第四実施形態のMの値を選択して動作したり、してもよい。この形態を第五実施形態として説明する。

【０１５９】

≪符号化装置≫

図８および図９を参照して、第五実施形態の符号化装置が実行する符号化方法の処理手続きを説明する。第五実施形態の符号化装置は、図８に示すように、パラメータ決定部３０と整数変換部３１と整数符号化部３２とを例えば備える。この符号化装置が図９に示す

各ステップの処理を実行することにより、第五実施形態の符号化方法が実現される。

【０１６０】

第五実施形態の符号化装置には、整数値による系列が入力される。第一実施形態でも説明した通りであるが、この整数値による系列は、例えば、マイクロホンで収音した音声や音楽などを時間領域もしくは周波数領域のディジタル信号に変換して得た信号やカメラで撮像した画像や映像を時間領域もしくは周波数領域のディジタル信号に変換して得た信号などの信号の一部あるいは全部を既存の技術により量子化し、有限精度の値にして得たものである。第五実施形態の符号化装置に入力された整数値による系列は、所定の個数の整数値による系列ごとにパラメータ決定部３０に入力される。所定の個数の整数値による系列とは、例えば、音声や音楽などのディジタル信号であれば、フレームと呼ばれる所定時間区間のディジタル信号に対応する整数値による系列である。例えば、Lサンプル（Lは自然数）ずつの整数値による系列がパラメータ決定部３０に入力される。

【０１６１】

［パラメータ決定部３０］

パラメータ決定部３０には、符号化装置に入力された整数値による系列のうちの、Lサンプル（Lは自然数）ずつの整数値による系列が入力される。入力された整数値による系列を整数系列x_1, x_2, …, x_Lとする。パラメータ決定部３０は、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_Lに基づき、その整数系列の分布の性質を表す指標値を求め、求めた指標値とその指標値を表す符号であるパラメータ符号と、を出力する（ステップＳ３０）。パラメータ符号は、復号装置が当該パラメータ符号を復号することによりパラメータ決定部３０が決定した指標値を得られるように、指標値を符号化して得ればよい。

【０１６２】

パラメータ決定部３０は、例えば、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_Lから、その整数系列の分布の性質を表す指標値であるパラメータηを得て出力する。具体的には、パラメータ決定部３０は、所定の方法で定められる正のパラメータη_0を用いて整数系列x_1, x_2, …, x_Lに含まれる各整数値の絶対値のη_0乗をパワー系列の各値と見做して包絡を推定し、その包絡の各値で整数系列x_1, x_2, …, x_Lに含まれる各整数値を除算した系列である白色化系列を得、パラメータηを形状パラメータとする一般化ガウス分布が白色化系列のヒストグラムを近似する正のパラメータηを得て、得たパラメータηとそのパラメータηを表す符号であるパラメータ符号とを出力する。

【０１６３】

すなわち、整数系列x_1, x_2, …, x_Lが、所定時間区間の時間領域のディジタル信号の各サンプル値を非負の整数値にして得たものである場合には、パラメータ決定部３０は、所定の方法で定められる正のパラメータη_0を用いて整数系列x_1, x_2, …, x_Lに含まれる各整数値の絶対値のη_0乗をパワー系列の各値と見做して時間包絡を推定し、その時間包絡の各値で整数系列x_1, x_2, …, x_Lに含まれる各整数値を除算した系列である白色化系列を得、パラメータηを形状パラメータとする一般化ガウス分布が白色化系列のヒストグラムを近似する正のパラメータηを得て、得たパラメータηとそのパラメータηを表す符号であるパラメータ符号とを出力する。

【０１６４】

また、整数系列x_1, x_2, …, x_Lが、所定時間区間の時間領域のディジタル信号を周波数領域に変換して得た各係数値を非負の整数値にして得たものである場合には、パラメータ決定部３０は、所定の方法で定められる正のパラメータη_0を用いて整数系列x_1, x_2, …, x_Lに含まれる各整数値の絶対値のη_0乗をパワースペクトルの各値と見做してスペクトル包絡を推定し、そのスペクトル包絡の各値で整数系列x_1, x_2, …, x_Lに含まれる各整数値を除算した系列である白色化スペクトル系列を得、パラメータηを形状パラメータとする一般化ガウス分布が白色化スペクトル系列のヒストグラムを近似する正のパラメータηを得て、得たパラメータηとそのパラメータηを表す符号であるパラメータ符号とを出力する。

【０１６５】

以下、パラメータ決定部３０の処理をより詳細に説明する。パラメータ決定部３０の構成例を図１０に示す。パラメータ決定部３０は、図１０に示すように、スペクトル包絡推定部３０１と、白色化スペクトル系列生成部３０２と、パラメータ取得部３０３とを例えば備えている。スペクトル包絡推定部３０１は、線形予測分析部３０１１及び非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部３０１２を例えば備えている。例えばこのパラメータ決定部３０により実現されるパラメータ決定方法の各処理の例を図１１に示す。

【０１６６】

以下、図１０に示す各部について説明する。

【０１６７】

［スペクトル包絡推定部３０１］

スペクトル包絡推定部３０１には、パラメータ決定部３０に入力された整数系列x_1, x_2, …, x_Lが入力される。ここでは、整数系列x_1, x_2, …, x_Lが、時系列信号である時間領域の音信号を、例えば、所定の時間長のフレーム単位で周波数領域のL点のMDCT係数列に変換し、MDCT係数列の各係数を非負の整数値にして得た周波数領域サンプル列とするが、これに限定されるものではない。特に断りがない限り、以降の処理はフレーム単位で行われるものとする。

【０１６８】

スペクトル包絡推定部３０１は、所定の方法で定められるパラメータη_0に基づいて、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_Lに含まれる各整数値の絶対値のη_0乗をパワースペクトルの各値として用いたスペクトル包絡の推定を行う（ステップＳ３０１）。

【０１６９】

推定されたスペクトル包絡は、白色化スペクトル系列生成部３０２に出力される。

【０１７０】

スペクトル包絡推定部３０１は、例えば以下に説明する線形予測分析部３０１１及び非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部３０１２の処理により、非平滑化振幅スペクトル包絡系列を生成することによりスペクトル包絡の推定を行う。

【０１７１】

パラメータη_0は所定の方法で定められるとする。例えば、η_0を０より大きい所定の数とする。例えば、η_0＝１とする。また、現在パラメータηを求めようとしているフレームよりも前のフレームで求まったηを用いてもよい。現在パラメータηを求めようとしているフレーム（以下、現フレームとする。）よりも前のフレームとは、例えば現フレームよりも前のフレームであって現フレームの近傍のフレームである。現フレームの近傍のフレームは、例えば現フレームの直前のフレームである。

【０１７２】

［線形予測分析部３０１１］

線形予測分析部３０１１には、スペクトル包絡推定部３０１に入力された整数系列x_1, x_2, …, x_Lが入力される。

【０１７３】

線形予測分析部３０１１は、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_Lを用いて、以下の式（19)により定義される R(0), R(1), …, R(L-1)を線形予測分析して線形予測係数β_1, β_2, …, β_pを生成する。

【０１７４】

【数２８】

$$\tilde{R}(k)=\sum_{n=1}^{L}\left|x\_n\right|^{\eta}\exp\left(-j\frac{2\pi kn}{L}\right),\qquad k=0,1,\ldots,L-1 \quad \cdots(19)$$

【０１７５】

生成された線形予測係数β_1, β_2, …, β_pは、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部３０１２に出力される。

【０１７６】

具体的には、線形予測分析部３０１１は、まず整数系列x_1, x_2, …, x_Lに含まれる各整数値の絶対値のη$_0$乗をパワースペクトルの各値と見做した逆フーリエ変換に相当する演算、すなわち式(19)の演算を行うことにより、整数系列x_1, x_2, …, x_Lに含まれる各整数値の絶対値のη乗による系列に対応する時間領域の信号列である擬似相関関数信号列 R(0), R(1), …, R(L-1)を求める。そして、線形予測分析部３０１１は、求まった擬似相関関数信号列 R(0), R(1), …, R(L-1)を用いて線形予測分析を行って、線形予測係数β$_1$, β$_2$, …, β$_p$を生成する。

【０１７７】

線形予測係数β$_1$, β$_2$, …, β$_p$は、整数系列x_1, x_2, …, x_Lに含まれる各整数値の絶対値のη$_0$乗をパワースペクトルの各値と見做したときの時間領域の信号に対応する線形予測係数である。

【０１７８】

このようにして、線形予測分析部３０１１は、整数系列x_1, x_2, …, x_Lに含まれる各整数値の絶対値のη乗をパワースペクトルの各値と見做した逆フーリエ変換を行うことにより得られる疑似相関関数信号列を用いて線形予測分析を行い、線形予測係数を生成する（ステップＳ３０１１）。

【０１７９】

［非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部３０１２］

非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部３０１２には、線形予測分析部３０１１が生成した線形予測係数β$_1$, β$_2$, …, β$_p$が入力される。

【０１８０】

非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部３０１２は、線形予測係数β$_1$, β$_2$, …, β$_p$に対応する振幅スペクトル包絡の系列である非平滑化振幅スペクトル包絡系列H(0), H(1), …, H(L-1)を生成する。

【０１８１】

生成された非平滑化振幅スペクトル包絡系列H(0), H(1), …, H(L-1)は、白色化スペクトル系列生成部３０２に出力される。

【０１８２】

非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部３０１２は、線形予測係数β$_1$, β$_2$, …, β$_p$を用いて、非平滑化振幅スペクトル包絡系列H(0), H(1), …, H(L-1)として、式(20)により定義される非平滑化振幅スペクトル包絡系列H(0), H(1), …, H(L-1)を生成する。

【０１８３】

【数２９】

$$H(k)=\left(\frac{1}{2\pi}\frac{1}{\left|1+\sum_{n=1}^{p}\beta_n\exp(-j2\pi kn/L)\right|^2}\right)^{1/\eta_0} \quad \cdots(20)$$

【０１８４】

このようにして、非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部３０１２は、疑似相関関数信号列に対応する振幅スペクトル包絡の系列を1/η$_0$乗した系列である非平滑化スペクトル包絡系列を線形予測分析部３０１１により生成された線形予測係数に基づいて得ることによりスペクトル包絡の推定を行う（ステップ３０１２）。

【０１８５】

［白色化スペクトル系列生成部３０２］

白色化スペクトル系列生成部３０２には、パラメータ決定部３０に入力された整数系列x_1, x_2, …, x_L及び非平滑化振幅スペクトル包絡系列生成部３０１２が生成した非平

滑化振幅スペクトル包絡系列H(0), H(1), …, H(L-1)が入力される。

【０１８６】

白色化スペクトル系列生成部３０２は、整数系列x_1, x_2, …, x_Lに含まれる各整数値を、対応する非平滑化振幅スペクトル包絡系列H(0), H(1), …, H(L-1)の各値で除算することにより、白色化スペクトル系列$X_W(0)$, $X_W(1)$, …, $X_W(L-1)$を生成する。

【０１８７】

生成された白色化スペクトル系列$X_W(0)$, $X_W(1)$, …, $X_W(L-1)$は、パラメータ取得部３０３に出力される。

【０１８８】

白色化スペクトル系列生成部３０２は、例えば、k=0, 1, …, L-1として、整数系列x_1, x_2, …, x_Lの各整数値x_kを非平滑化振幅スペクトル包絡系列H(0), H(1), …, H(L-1)の各値H(k)で除算することにより、白色化スペクトル系列$X_W(0)$, $X_W(1)$, …, $X_W(L-1)$の各値$X_W(k)$を生成する。すなわち、k=0, 1, …, L-1として、$X_W(k)$=x_k/H(k)である。

【０１８９】

このようにして、白色化スペクトル系列生成部３０２は、例えば非平滑化振幅スペクトル包絡系列であるスペクトル包絡の各値で整数系列に含まれる各整数値を除算した系列である白色化スペクトル系列を得る（ステップＳ３０２）。

【０１９０】

［パラメータ取得部３０３］

パラメータ取得部３０３には、白色化スペクトル系列生成部３０２が生成した白色化スペクトル系列$X_W(0)$, $X_W(1)$, …, $X_W(L-1)$が入力される。

【０１９１】

パラメータ取得部３０３は、パラメータηを形状パラメータとする一般化ガウス分布が白色化スペクトル系列$X_W(0)$, $X_W(1)$, …, $X_W(L-1)$のヒストグラムを近似するパラメータηを求める（ステップＳ３０３）。言い換えれば、パラメータ取得部３０３は、パラメータηを形状パラメータとする一般化ガウス分布が白色化スペクトル系列$X_W(0)$, $X_W(1)$, …, $X_W(L-1)$のヒストグラムの分布に近くなるようなパラメータηを決定する。

【０１９２】

パラメータηを形状パラメータとする一般化ガウス分布は、例えば以下のように定義される。Γは、ガンマ関数である。

【０１９３】

【数３０】

$$f_{GG}(X|\phi,\eta)=\frac{A(\eta)}{\phi}\exp\left(-\left|B(\eta)\frac{X}{\phi}\right|^{\eta}\right),$$

$$A(\eta)=\frac{\eta B(\eta)}{2\Gamma(1/\eta)},\quad B(\eta)=\sqrt{\frac{\Gamma(3/\eta)}{\Gamma(1/\eta)}},\quad \Gamma(x)=\int_0^{\infty}e^{-t}t^{x-1}dt$$

【０１９４】

一般化ガウス分布は、形状パラメータであるηを変えることにより、図１２のようにη＝１の時はラプラス分布、η＝２の時はガウス分布、といったように様々な分布を表現することができるものである。φは分散に対応するパラメータである。

【０１９５】

ここで、パラメータ取得部３０３が求めるηは、例えば以下の式(21)により定義される。F^{-1}は、関数Fの逆関数である。この式は、いわゆるモーメント法により導出されるものである。

【０１９６】

【数３１】

$$\eta = F^{-1}\left(\frac{m_1}{\sqrt{m_2}}\right) \quad \cdots(21)$$

$$F(\eta) = \frac{\Gamma(2/\eta)}{\sqrt{\Gamma(1/\eta)\Gamma(3/\eta)}}$$

$$m_1 = \frac{1}{L}\sum_{k=0}^{L-1}\left|X_W(k)\right|, \quad m_2 = \frac{1}{L}\sum_{k=0}^{L-1}\left|X_W(k)\right|^2$$

【０１９７】

パラメータ取得部３０３は、式(21)で定義されるηの値を計算するために、例えば以下に説明する第一方法又は第二方法によりパラメータηを求めてもよい。

【０１９８】

パラメータηを求めるための第一方法について説明する。第一方法では、パラメータ取得部３０３は、白色化スペクトル系列に基づいて$m_1/((m_2)^{1/2})$を計算し、予め用意しておいた異なる複数の、パラメータηと当該パラメータηに対応するF(η)と当該パラメータηに対応するパラメータ符号の組を参照して、計算された$m_1/((m_2)^{1/2})$に最も近いF(η)に対応するパラメータηと当該パラメータηに対応するパラメータ符号とを取得して出力する。

【０１９９】

予め用意しておいた異なる複数の、パラメータηと当該パラメータηに対応するF(η)と当該パラメータηに対応するパラメータ符号の組は、パラメータ取得部３０３の記憶部３０３１に予め記憶しておく。パラメータ取得部３０３は、記憶部３０３１を参照して、計算された$m_1/((m_2)^{1/2})$に最も近いF(η)を見つけ、見つかったF(η)に対応するパラメータηと当該パラメータηに対応するパラメータ符号とを記憶部３０３１から読み込み出力する。

【０２００】

計算された$m_1/((m_2)^{1/2})$に最も近いF(η)とは、計算された$m_1/((m_2)^{1/2})$との差の絶対値が最も小さくなるF(η)のことである。

【０２０１】

パラメータηを求めるための第二方法について説明する。第二方法では、逆関数F^{-1}の近似曲線関数を例えば以下の式(21')で表される $\tilde{F}^{-1}$として、パラメータ取得部３０３は、白色化スペクトル系列に基づいて$m_1/((m_2)^{1/2})$を計算し、近似曲線関数 $\tilde{F}^{-1}$に計算された$m_1/((m_2)^{1/2})$を入力したときの出力値を計算することによりηを求め、求めたパラメータηとそのパラメータηを表す符号であるパラメータ符号とを出力する。この近似曲線関数 $\tilde{F}^{-1}$は使用する定義域において出力が正値となる単調増加関数であればよい。

【０２０２】

【数３２】

$$\eta = \tilde{F}^{-1}\left(\frac{m_1}{\sqrt{m_2}}\right)$$

$$\tilde{F}^{-1}(x) = \frac{0.2718}{0.7697 - x} - 0.1247 \quad \cdots(21')$$

【０２０３】

なお、パラメータ取得部３０３が求めるηは、式(21)ではなく、式(21'')のように予め

定めた正の整数q_1及びq_2を用いて（ただし$q_1<q_2$）式(21)を一般化した式により定義されてもよい。

【０２０４】

【数３３】

$$\eta = F'^{-1}\left(\frac{m_{q_1}}{\left(m_{q_2}\right)^{q_1/q_2}} \right) \quad \cdots(21'')$$

$$F'(\eta) = \frac{\Gamma((q_1+1)/\eta)}{\left(\Gamma(1/\eta)\right)^{1-q_1/q_2}\left(\Gamma((q_2+1)/\eta)\right)^{q_1/q_2}}$$

$$m_{q_1} = \frac{1}{L}\sum_{k=0}^{L-1}\left|X_W(k)\right|^{q_1}, \quad m_{q_2} = \frac{1}{L}\sum_{k=0}^{L-1}\left|X_W(k)\right|^{q_2}$$

【０２０５】

なお、ηが式(21'')により定義される場合も、ηが式(21)により定義されている場合と同様の方法により、ηを求めることができる。すなわち、パラメータ取得部３０３が、白色化スペクトル系列に基づいてそのq_1次モーメントであるm_{q1}とそのq_2次モーメントであるm_{q2}とに基づく値$m_{q1}/((m_{q2})^{q1/q2})$を計算した後、例えば上記の第一方法及び第二方法と同様、予め用意しておいた異なる複数の、ηと対応する$F'(\eta)$のペアを参照して、計算された$m_{q1}/((m_{q2})^{q1/q2})$に最も近い$F'(\eta)$に対応するηを取得するか、逆関数$F'^{-1}$の近似曲線関数を F'^{-1}として、近似曲線関数 F^{-1}に計算された$m_{q1}/((m_{q2})^{q1/q2})$を入力したときの出力値を計算してηを求めることができる。

【０２０６】

このようにηは次数が異なる２つの異なるモーメントm_{q1}, m_{q2}に基づく値であるとも言える。例えば、次数が異なる２つの異なるモーメントm_{q1}, m_{q2}のうち、次数が低い方のモーメントの値又はこれに基づく値（以下、前者とする。）と次数が高い方のモーメントの値又はこれに基づく値（以下、後者とする）との比の値、この比の値に基づく値、又は、前者を後者で割って得られる値に基づき、ηを求めてもよい。モーメントに基づく値とは、例えば、そのモーメントをmとしQを所定の実数としてm^Qのことである。また、これらの値を近似曲線関数 F^{-1}に入力してηを求めてもよい。この近似曲線関数 F'^{-1}は上記同様、使用する定義域において出力が正値となる単調増加関数であればよい。

【０２０７】

上述の図１０および図１１を参照した説明では、パラメータ決定部３０に入力された整数系列x_1, x_2, …, x_Lが、例えばMDCT係数列である周波数領域サンプル列であるものとしたが、符号化装置に入力される信号が非負整の数値による周波数領域サンプル列に限定されるわけではなく、その他の信号であっても図１０および図１１のパラメータ決定部３０を用いることができる。すなわち、符号化装置に入力される信号が、時間領域であっても周波数領域であっても、整数化や非負化がされていないものであっても、図１０および図１１のパラメータ決定部３０を含む符号化装置は正しく機能させられるものである。

【０２０８】

例えば、小数値や負値を含む時間領域のディジタル信号が符号化装置に入力される場合、符号化装置は、図１３に示すように、周波数領域変換部３３と整数化部３４と非負化部３５とをさらに備え、入力された時間領域のディジタル信号を、周波数領域変換部３３が、所定時間区間のフレームごとに例えばMDCT係数列に変換し、整数化部３４および非負化部３５が、そのMDCT係数列を整数化および非負化した上で、パラメータ決定部３０と整数変換部３１へ整数系列x_1, x_2, …, x_Lとして入力すればよい。整数化部３４は、入力されたMDCT係数列の各値の小数部分を四捨五入したり、何らかの量子化値で除算してから小数部分を四捨五入したりして整数化を行う。非負化部３５は、整数化後のMDCT係数列に

含まれる負値を含む整数値を非負の整数値に一対一に全単写する変換や、正負を表す符号を別扱いとする変換などにより非負化を行う。整数化と非負化は順番を逆にする、すなわち、MDCT係数列を非負化した後に整数化してもよいし、整数化と非負化を同時に行ってもよい。

【０２０９】

なお、小数値や負値を含む時間領域のディジタル信号が符号化装置に入力される場合においても、周波数領域の信号への変換を行わずに時間領域のままパラメータ決定部３０へ入力してもよい。すなわち、入力される小数値や負値を含むディジタル信号が時間領域のものであっても周波数領域のものであっても、符号化装置は、図１４に示すように、図１３の構成において周波数領域変換部３３を備えずに、所定時間区間のフレームごとのディジタル信号に対して整数化および非負化のみを行って得たサンプル列を整数系列x_1, x_2, …, x_Lとしてパラメータ決定部３０と整数変換部３１へ入力してもよい。

【０２１０】

非負化部３５の行う非負化処理が、値の大きさを大きく変える処理ではない場合（例えば、正負を表す符号を別扱いする場合など）、図１５に示すように、整数変換部３１には非負化部３５が出力したサンプル列を整数系列x_1, x_2, …, x_Lとして入力するものの、パラメータ決定部３０には非負化前のサンプル列を整数系列x_1, x_2, …, x_Lとしてパラメータ決定部３０へ入力してもよい。

【０２１１】

整数化部３４の行う整数化処理が、所定時間区間のフレームごとのディジタル信号の全サンプル値を同じ量子化値で除算してから小数部分の四捨五入をする場合には、整数化をしてもしなくても理論上は同じηが求まることが多い。そのため、所定時間区間のフレームごとのディジタル信号の各サンプル値の小数部分を四捨五入することにより整数化を行う場合や、所定時間区間のフレームごとのディジタル信号の全サンプル値を同じ量子化値で除算してから小数部分の四捨五入をする場合には、整数変換部３１には非負化部３５が出力したサンプル列を整数系列x_1, x_2, …, x_Lとして入力するものの、パラメータ決定部３０には整数化部３４に入力する前のサンプル列を整数系列x_1, x_2, …, x_Lに代えてパラメータ決定部３０に入力して用いてもよい。ただし、量子化値があまりにも大きい場合には、整数化した後の整数系列から求めたパラメータηと整数化前のサンプル系列を用いて求めたパラメータηに、整数化した後の整数系列から求めたパラメータηからの無視できない計算誤差が出てくることには注意すべきである。

【０２１２】

［整数変換部３１］

整数変換部３１には、符号化装置に入力された整数値による系列のうちの、Lサンプルずつの整数値による系列である整数系列x_1, x_2, …, x_Lと、パラメータ決定部３０が出力した指標値が入力される。ここで、整数変換部３１に入力される整数系列x_1, x_2, …, x_Lは、パラメータ決定部３０から入力された指標値を求める際に用いたのと同じ整数系列である。整数変換部３１は、入力された指標値に基づいて、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_L中の複数個の整数値による整数組のそれぞれについて代数的に表現可能な全単射な変換により１つの整数値を得ることと、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_L中の整数値のそれぞれについて代数的に表現可能な全単射な変換により複数個の整数値を得ることと、の少なくとも何れかを含む動作により得た整数値による系列を変換後整数系列として出力する（ステップＳ３１）。

【０２１３】

以下、整数変換部３１が行う動作の例を説明する。なお、整数変換部３１の動作は下記の例に限らず、第一実施形態から第四実施形態の符号化装置の整数変換部のうちの複数の動作を入力された指標値に基づいて切り替えたり、第三実施形態や第四実施形態の符号化装置の整数変換部のMの値を入力された指標値に基づいて切り替えたり、これらのうちの少なくとも何れかの動作と入力された整数系列をそのまま変換後整数系列として出力する動作とを入力された指標値に基づいて切り替えたり、してもよい。また、下記の例では、

入力された指標値がパラメータηである場合について説明するが、指標値はパラメータηに限らず、整数系列の分布の性質を表す指標値でありパラメータ符号に対応するものであればよい。
【０２１４】
［［例１－１：第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１の動作と第二実施形態の符号化装置の整数変換部１３の動作をパラメータηに基づいて切り替える例］］
整数変換部３１は、入力されたパラメータηが予め設定した閾値を超える場合、例えばη>1である場合には、2N=Lである自然数Nを得て、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_Lを整数系列x_1, x_2, …, x_2Nとして、整数系列x_1, x_2, …, x_2Nから第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１と同様の所定の規則に従って２つの整数値による整数組をN組得て、得たN組の整数組それぞれについて第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１と同様の代数的に表現可能な全単射な変換により１つの整数値を得て、得たN個の整数値による系列y_1, y_2, …, y_Nを変換後整数系列として整数符号化部３２に出力する。
【０２１５】
整数変換部３１は、入力されたパラメータηが上記以外である場合には、N=Lとし、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_Lを整数系列x_1, x_2, …, x_Nとして、整数系列x_1, x_2, …, x_N中のN個の整数値それぞれについて第二実施形態の符号化装置の整数変換部１３と同様の代数的に表現可能な全単射な変換により２つの整数値を得て、得た2N個の整数値による系列y_1, y_2, …, y_2Nを変換後整数系列として整数符号化部３２に出力する。
【０２１６】
なお、例１－１の場合は、Lを偶数としておく。
【０２１７】
［［例１－２：第三実施形態の符号化装置の整数変換部１５のMの値をパラメータηに基づいて切り替える例］］
整数変換部３１は、まず、入力されたパラメータηに最も近くかつLを割り切れる自然数Mと、LをMで割った商である自然数Nと、を得る。整数変換部３１は、次に、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_Lを整数系列x_1, x_2, …, x_MNとして、整数系列x_1, x_2, …, x_MNから第三実施形態の符号化装置の整数変換部１５と同様の所定の規則に従ってM個の整数値による整数組をN組得て、N組の整数組それぞれについて第三実施形態の符号化装置の整数変換部１５と同様の代数的に表現可能な全単射な変換により１つの整数値を得て、得たN個の整数値による系列y_1, y_2, …, y_Nを変換後整数系列として整数符号化部３２に出力する。
【０２１８】
なお、M×N=Lとなる自然数Mと自然数Nの組合せを整数変換部３１内に予め記憶しておき、記憶された組合せの中から入力されたパラメータηに最も近い自然数Mとその自然数Mと組合せられた自然数Nとを得てもよい。
【０２１９】
［［例１－３：第四実施形態の符号化装置の整数変換部１７のMの値をパラメータηに基づいて切り替える例］］
整数変換部３１は、まず、入力されたパラメータηの逆数に最も近い自然数Mを得る。整数変換部３１は、次に、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_L中のL個の整数値それぞれについて第四実施形態の符号化装置の整数変換部１７と同様の代数的に表現可能な全単射な変換によりM個の整数値を得て、得たML個（M×L個）の整数値による系列y_1, y_2, …, y_MLを変換後整数系列として整数符号化部３２に出力する。
【０２２０】
［［例１－４：第三実施形態の符号化装置の整数変換部１５の動作と第四実施形態の符号化装置の整数変換部１７の動作をパラメータηに基づいて切り替え、かつ、第三実施形態の符号化装置の整数変換部１５のMの値と第四実施形態の符号化装置の整数変換部１７のMの値をパラメータηに基づいて切り替える例］］

整数変換部３１は、入力されたパラメータηが１以上である場合には、例１－２と同様に、まず、入力されたパラメータηに最も近くかつLを割り切れる自然数Mと、LをMで割った商である自然数Nと、を得る。整数変換部３１は、次に、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_Lを整数系列x_1, x_2, …, x_MNとして、整数系列x_1, x_2, …, x_MNから第三実施形態の符号化装置の整数変換部１５と同様の所定の規則に従ってM個の整数値による整数組をN組得て、得たN組の整数組それぞれについて第三実施形態の符号化装置の整数変換部１５と同様の代数的に表現可能な全単射な変換により１つの整数値を得て、得たN個の整数値による系列y_1, y_2, …, y_Nを変換後整数系列として整数符号化部３２に出力する。

【０２２１】

整数変換部３１は、入力されたパラメータηが上記以外である場合には、例１－３と同様に、まず、入力されたパラメータηの逆数に最も近い自然数Mを得る。整数変換部３１は、次に、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_L中のL個の整数値それぞれについて第四実施形態の符号化装置の整数変換部１７と同様の代数的に表現可能な全単射な変換によりM個の整数値を得て、得たML個の整数値による系列y_1, y_2, …, y_MLを変換後整数系列として整数符号化部３２に出力する。

【０２２２】

［［例１－５：第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１の動作と入力された整数系列をそのまま変換後整数系列として出力する動作とをパラメータηに基づいて切り替える例］］

整数変換部３１は、入力されたパラメータηが予め設定した閾値を超える場合、例えばη>1.5である場合には、2N=Lである自然数Nを得て、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_Lを整数系列x_1, x_2, …, x_2Nとして、整数系列x_1, x_2, …, x_2Nから第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１と同様の所定の規則に従って２つの整数値による整数組をN組得て、得たN組の整数組それぞれについて第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１と同様の代数的に表現可能な全単射な変換により１つの整数値を得て、得たN個の整数値による系列y_1, y_2, …, y_Nを変換後整数系列として整数符号化部３２に出力する。

【０２２３】

整数変換部３１は、入力されたパラメータηが上記以外である場合には、入力された整数系列x_1, x_2, …, x_Lをそのまま変換後整数系列y_1, y_2, …, y_Lとして整数符号化部３２に出力する。

【０２２４】

［整数符号化部３２］

整数符号化部３２には、整数変換部３１が出力した変換後整数系列が入力される。整数符号化部３２は、第一実施形態から第四実施形態の符号化装置の整数符号化部と同様に、入力された変換後整数系列に含まれる各整数値をGolomb-Rice符号化して、すなわち、各整数値に対する所定のRiceパラメータrにおけるGolomb-Rice符号をそれぞれ得て、得た符号による符号群を整数符号として出力する（ステップＳ３２）。

【０２２５】

≪復号装置≫

図１７および図１８を参照して、第五実施形態の復号装置が実行する復号方法の処理手続きを説明する。第五実施形態の復号装置は、図１７に示すように、パラメータ復号部４０と整数復号部４１と整数逆変換部４２とからなる。この復号装置が図１８に示す各ステップの処理を実行することにより、第五実施形態の復号方法が実現される。

【０２２６】

第五実施形態の復号装置には、第五実施形態の符号化装置が出力したパラメータ符号と整数符号が入力される。

【０２２７】

［パラメータ復号部４０］

パラメータ復号部４０には、復号装置に入力されたパラメータ符号が入力される。パラ

メータ復号部４０は、パラメータ決定部３０がパラメータ符号を得たのと対応する復号処理により、パラメータ符号を復号して指標値を得て出力する。例えば、符号化装置のパラメータ決定部３０がパラメータηからパラメータ符号を得た場合には、パラメータ復号部４０はパラメータ符号を復号してパラメータηを得て出力する（ステップＳ４０）。

【０２２８】

［整数復号部４１］

整数復号部４１には、復号装置に入力された整数符号が入力される。整数復号部４１は、第一実施形態から第四実施形態の復号装置の整数復号部と同様に、入力された各整数符号をGolomb-Rice復号して、すなわち、所定のRiceパラメータrにおけるGolomb-Rice符号である各整数符号から整数値それぞれを得て、得た整数値による系列を変換後整数系列として整数逆変換部４２に出力する（ステップＳ４１）。

【０２２９】

［整数逆変換部４２］

整数逆変換部４２には、整数復号部４１が出力した変換後整数系列と、パラメータ復号部４０が出力した指標値と、が入力される。整数逆変換部４２は、入力された指標値に基づき、第五実施形態の符号化装置の整数変換部３１が行った動作と対応する動作により、入力された変換後整数系列中の整数値のそれぞれについて代数的に表現可能な全単射な変換により複数個の整数値を得ることと、入力された変換後整数系列中の複数個の整数値による整数組のそれぞれついて代数的に表現可能な全単射な変換により１つの整数値を得ることと、の少なくとも何れかを含む動作により得た整数値による系列を整数系列として出力する（ステップＳ４２）。

【０２３０】

以下、整数逆変換部４２が行う動作の例を説明する。なお、整数逆変換部４２の動作は下記の例に限らず、第五実施形態の符号化装置の整数変換部３１の動作と対応する動作であれば、第一実施形態から第四実施形態の復号装置の整数逆変換部のうちの複数の動作を入力された指標値に基づいて切り替えたり、第三実施形態や第四実施形態の復号装置の整数逆変換部のMの値を入力された指標値に基づいて切り替えたり、これらのうちの少なくとも何れかの動作と入力された変換後整数系列をそのまま整数系列として出力する動作とを入力された指標値に基づいて切り替えたり、してもよい。

【０２３１】

［［例２－１：第一実施形態の復号装置の整数逆変換部２２の動作と第二実施形態の復号装置の整数逆変換部２４の動作をパラメータηに基づいて切り替える例］］

整数逆変換部４２は、入力されたパラメータηが予め設定した閾値を超える場合、例えばη>1である場合には、入力された変換後整数系列がN個の変換後整数による系列y_1, y_2, …, y_Nであるとして、入力された変換後整数系列y_1, y_2, …, y_N中のN個の整数値それぞれについて第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１が行った変換と逆の変換を行って２つの整数値による整数組をN組得て、得たN組の整数組から第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１が行った規則と対応する規則に従って2N個の整数値による系列である整数系列x_1, x_2, …, x_2Nを得て出力する。

【０２３２】

整数逆変換部４２は、入力されたパラメータηが上記以外である場合には、入力された変換後整数系列が2N個の変換後整数による系列y_1, y_2, …, y_2Nであるとして、入力された変換後整数系列y_1, y_2, …, y_2Nから２つの整数値による整数組をN組得て、得たN組の整数組それぞれについて第二実施形態の符号化装置の整数変換部１３が行った変換と逆の変換を行って１つの整数値を得て、得たN個の整数値による系列である整数系列x_1, x_2, …, x_Nを出力する。

【０２３３】

［［例２－２：第三実施形態の復号装置の整数逆変換部２６のMの値をパラメータηに基づいて切り替える例］］

整数逆変換部４２は、まず、入力されたパラメータηに最も近くかつLを割り切れる自

然数Mと、LをMで割った商である自然数Nと、を得る。整数逆変換部４２は、次に、入力された変換後整数系列がN個の変換後整数による系列y_1, y_2, …, y_Nであるとして、入力された変換後整数系列y_1, y_2, …, y_N中のN個の整数値それぞれについて第三実施形態の符号化装置の整数変換部１５が行った変換と逆の変換を行ってM個の整数値による整数組をN組得て、得たN組の整数組から第三実施形態の符号化装置の整数変換部１５が行った規則と対応する規則に従ってMN個の整数値による系列である整数系列x_1, x_2, …, x_MNを得て出力する。

【０２３４】

なお、M×N=Lとなる自然数Mと自然数Nの組合せを整数逆変換部４２内に予め記憶しておき、記憶された組合せの中から入力されたパラメータηに最も近い自然数Mとその自然数Mと組合せられた自然数Nとを得てもよい。

【０２３５】

［［例２－３：第四実施形態の復号装置の整数逆変換部２８のMの値をパラメータηに基づいて切り替える例］］

整数逆変換部４２は、まず、入力されたパラメータηの逆数に最も近い自然数Mを得る。整数逆変換部４２は、次に、入力された変換後整数系列がML個の変換後整数による系列y_1, y_2, …, y_MLであるとして、入力された変換後整数系列y_1, y_2, …, y_MLから第四実施形態の符号化装置の整数変換部１７が行った規則と対応する規則に従ってM個の整数値による整数組をL組得て、得たL組の整数組それぞれについて第四実施形態の符号化装置の整数変換部１７が行った変換と逆の変換を行って１つの整数値を得て、得たL個の整数値による系列である整数系列x_1, x_2, …, x_Lを出力する。

【０２３６】

［［例２－４：第三実施形態の復号装置の整数逆変換部２６の動作と第四実施形態の復号装置の整数逆変換部２８の動作をパラメータηに基づいて切り替え、かつ、第三実施形態の復号装置の整数逆変換部２６のMの値と第四実施形態の復号装置の整数逆変換部２８のMの値をパラメータηに基づいて切り替える例］］

整数逆変換部４２は、入力されたパラメータηが１以上である場合には、例２－２と同様に、まず、入力されたパラメータηに最も近くかつLを割り切れる自然数Mと、LをMで割った商である自然数Nと、を得る。整数逆変換部４２は、次に、入力された変換後整数系列がN個の変換後整数による系列y_1, y_2, …, y_Nであるとして、入力された変換後整数系列y_1, y_2, …, y_N中のN個の整数値それぞれについて第三実施形態の符号化装置の整数変換部１５が行った変換と逆の変換を行ってM個の整数値による整数組をN組得て、得たN組の整数組から第三実施形態の符号化装置の整数変換部１５が行った規則と対応する規則に従ってMN個の整数値による系列である整数系列x_1, x_2, …, x_MNを得て出力する。

【０２３７】

整数逆変換部４２は、入力されたパラメータηが上記以外である場合には、例２－３と同様に、まず、入力されたパラメータηの逆数に最も近い自然数Mを得る。整数逆変換部４２は、次に、入力された変換後整数系列がML個の変換後整数による系列y_1, y_2, …, y_MLであるとして、入力された変換後整数系列y_1, y_2, …, y_MLから第四実施形態の符号化装置の整数変換部１７が行った規則と対応する規則に従ってM個の整数値による整数組をL組得て、得たL組の整数組それぞれについて第四実施形態の符号化装置の整数変換部１７が行った変換と逆の変換を行って１つの整数値を得て、得たL個の整数値による系列である整数系列x_1, x_2, …, x_Lを出力する。

【０２３８】

［［例２－５：第一実施形態の整数逆変換部２２の動作と入力された変換後整数系列をそのまま整数系列として出力する動作とをパラメータηに基づいて切り替える例］］

整数逆変換部４２は、入力されたパラメータηが予め設定した閾値を超える場合、例えばη>1.5である場合には、入力された変換後整数系列がN個の変換後整数による系列y_1, y_2, …, y_Nであるとして、入力された変換後整数系列y_1, y_2, …, y_N中のN個の整数値それぞれについて第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１が行った変換と逆の変換

を行って２つの整数値による整数組をN組得て、得たN組の整数組から第一実施形態の符号化装置の整数変換部１１が行った規則と対応する規則に従って2N個の整数値による系列である整数系列x_1, x_2, …, x_2Nを得て出力する。

【０２３９】

整数逆変換部４２は、入力されたパラメータηが上記以外である場合には、入力された変換後整数系列をそのまま整数系列として出力する。

【０２４０】

≪作用効果≫

第五実施形態によれば、符号化装置に入力された整数値による系列中の部分系列ごとに分布の密や疎の度合いが異なる系列、すなわち、部分系列ごとに整数値の分布がラプラス分布より密であったり疎であったり、部分系列ごとに整数値の分布がラプラス分布よりも密や疎な度合いが大きかったり小さかったりする系列であっても、Golomb-Rice符号化よりも短いビット長となる符号化処理とその符号化処理に対応する復号処理を実現することができる。

【０２４１】

＜第六実施形態＞

第一実施形態および第三実施形態では符号化装置の整数符号化部で変換後整数系列をGolomb-Rice符号化して、符号化により得たGolomb-Rice符号を整数符号として出力する形態を説明したが、変換後整数系列をGolomb-Rice符号化ではない符号化方式で符号化して、符号化により得た符号を整数符号として出力する構成に変更してもよい。この場合、対応する復号装置の整数復号部は、符号化装置の整数符号化部が行った符号化方式に対応する復号方式で、整数符号を復号して変換後整数系列を得るようにする。

【０２４２】

≪符号化装置≫

第六実施形態の符号化装置は、第一実施形態および第三実施形態の符号化装置の整数符号化部１２および１６を、変換後整数系列をGolomb-Rice符号化ではない符号化方式で符号化するように変更したものである。第六実施形態の符号化装置は、第一実施形態および第三実施形態の符号化装置と同様に、図２に示すように整数変換部１１または１５、および整数符号化部２０を例えば備え、図３に示す各ステップの処理を実行することにより、第六実施形態の符号化方法が実現される。

【０２４３】

第六実施形態の符号化装置の第一実施形態および第三実施形態の符号化装置からの変更箇所は整数符号化部のみであるので、以下では整数符号化部２０についてのみ説明する。

【０２４４】

［整数符号化部２０］

整数符号化部２０には、整数変換部１１または１５が出力した変換後整数系列y_1, y_2, …, y_Nが入力される。整数符号化部２０は、変換後整数系列y_1, y_2, …, y_Nに含まれる各整数値を符号化して符号C_1, C_2, …, C_Nをそれぞれ得て、得た符号による符号群を整数符号として出力する（ステップＳ２０）。各整数値を符号化する方法は、変換後整数系列y_1, y_2, …, y_Nに含まれる整数値それぞれについて符号を得る方法であればどのような方法でもよい。

【０２４５】

例えば、整数符号化部２０は、変換後整数系列y_1, y_2, …, y_Nに含まれる各整数値に割り当てるビット数を決定し、決定したビット数で各整数値を符号化して得た符号C_1, C_2, …, C_Nによる符号群を整数符号として出力する。より具体的には、整数符号化部２０は、変換後整数系列y_1, y_2, …, y_Nに含まれる各整数値を二進数で表した符号を得て、得た各符号を決定したビット数に収めて符号C_1, C_2, …, C_Nとし、符号C_1, C_2, …, C_Nによる符号群を整数符号として出力する。

【０２４６】

≪復号装置≫

第六実施形態の復号装置は、第一実施形態および第三実施形態の復号装置の整数復号部２１および２５を、整数符号を第六実施形態の符号化装置の整数符号化部２０が行う符号化方式に対応する復号方式で復号するように変更したものである。第六実施形態の復号装置は、第一実施形態および第三実施形態の復号装置と同様に、図４に示すように整数復号部２９、および整数逆変換部２２または２６を例えば備え、図５に示す各ステップの処理を実行することにより、第六実施形態の復号方法が実現される。

【０２４７】

第六実施形態の復号装置の第一実施形態および第三実施形態の復号装置からの変更箇所は整数復号部のみであるので、以下では整数復号部２９についてのみ説明する。

【０２４８】

［整数復号部２９］

整数復号部２９には、復号装置に入力された整数符号がN個ずつ入力される。ここで、入力された整数符号をC_1, C_2, …, C_Nとする。整数復号部２９は、入力された整数符号C_1, C_2, …, C_Nを復号して、整数値y_1, y_2, …, y_Nそれぞれを得て、得た整数値による系列を変換後整数系列y_1, y_2, …, y_Nとして整数逆変換部２２または２６に出力する（ステップＳ２９）。各整数符号を復号する方法は、対応する符号化装置の整数符号化部２０が行った符号化方法に対応する復号方法である。すなわち、各整数符号を復号する方法は、整数符号に含まれる各符号C_1, C_2, …, C_Nそれぞれについて整数値を得る方法であり、１つの符号に対して１つの整数値を得る方法である。

【０２４９】

例えば、整数復号部２９は、整数符号に含まれる各符号C_1, C_2, …, C_Nが表す二進数を各整数値y_1, y_2, …, y_Nとして得て、得た整数値による系列を変換後整数系列y_1, y_2, …, y_Nとして整数逆変換部２２または２６に出力する。

【０２５０】

≪作用効果≫

第六実施形態の符号化装置によれば、変換後整数系列y_1, y_2, …, y_Nに含まれる整数値それぞれについて整数値のビット数である１つの符号が得られ、第六実施形態の復号装置によれば、整数値のビット数である１つの符号から変換後整数系列y_1, y_2, …, y_Nに含まれる整数値それぞれを得る。すなわち、変換後整数系列y_1, y_2, …, y_Nに含まれる整数値それぞれは１ビット単位での割り当てビット数の調整が行われて符号化されたことになる。このことは、第一実施形態の符号化装置から変更した第六実施形態の符号化装置であれば、符号化装置に入力された整数系列x_1, x_2, …, x_2Nに含まれる整数値それぞれは1/2ビット単位（2分の1ビット単位）での割り当てビット数の調整が行われて符号化されたことに相当し、第三実施形態の符号化装置から変更した第六実施形態の符号化装置であれば、符号化装置に入力された整数系列x_1, x_2, …, x_MNに含まれる整数値それぞれは1/Mビット単位（M分の1ビット単位）での割り当てビット数の調整が行われて符号化されたことに相当する。従って、第六実施形態によれば、１サンプルあたりに小数値のビット数を実質的に割り当てる符号化及び復号を実現することが可能となる。

【０２５１】

以上、この発明の実施の形態について説明したが、具体的な構成は、これらの実施の形態に限られるものではなく、この発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜設計の変更等があっても、この発明に含まれることはいうまでもない。実施の形態において説明した各種の処理は、記載の順に従って時系列に実行されるのみならず、処理を実行する装置の処理能力あるいは必要に応じて並列的にあるいは個別に実行されてもよい。

【０２５２】

＜プログラム、記録媒体＞

上記実施形態で説明した各装置における各種の処理機能をコンピュータによって実現する場合、各装置が有すべき機能の処理内容はプログラムによって記述される。そして、このプログラムをコンピュータで実行することにより、上記各装置における各種の処理機能がコンピュータ上で実現される。

【０２５３】

この処理内容を記述したプログラムは、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録しておくことができる。コンピュータで読み取り可能な記録媒体としては、例えば、磁気記録装置、光ディスク、光磁気記録媒体、半導体メモリ等どのようなものでもよい。

【０２５４】

また、このプログラムの流通は、例えば、そのプログラムを記録したDVD、CD-ROM等の可搬型記録媒体を販売、譲渡、貸与等することによって行う。さらに、このプログラムをサーバコンピュータの記憶装置に格納しておき、ネットワークを介して、サーバコンピュータから他のコンピュータにそのプログラムを転送することにより、このプログラムを流通させる構成としてもよい。

【０２５５】

このようなプログラムを実行するコンピュータは、例えば、まず、可搬型記録媒体に記録されたプログラムもしくはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、一旦、自己の記憶装置に格納する。そして、処理の実行時、このコンピュータは、自己の記憶装置に格納されたプログラムを読み取り、読み取ったプログラムに従った処理を実行する。また、このプログラムの別の実行形態として、コンピュータが可搬型記録媒体から直接プログラムを読み取り、そのプログラムに従った処理を実行することとしてもよく、さらに、このコンピュータにサーバコンピュータからプログラムが転送されるたびに、逐次、受け取ったプログラムに従った処理を実行することとしてもよい。また、サーバコンピュータから、このコンピュータへのプログラムの転送は行わず、その実行指示と結果取得のみによって処理機能を実現する、いわゆるASP（Application Service Provider）型のサービスによって、上述の処理を実行する構成としてもよい。なお、本形態におけるプログラムには、電子計算機による処理の用に供する情報であってプログラムに準ずるもの（コンピュータに対する直接の指令ではないがコンピュータの処理を規定する性質を有するデータ等）を含むものとする。

【０２５６】

また、この形態では、コンピュータ上で所定のプログラムを実行させることにより、本装置を構成することとしたが、これらの処理内容の少なくとも一部をハードウェア的に実現することとしてもよい。

【図１】

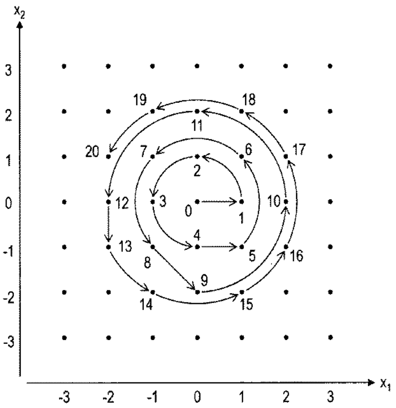


図1

【図２】

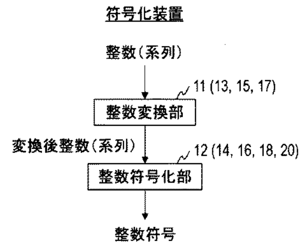


図2

【図３】

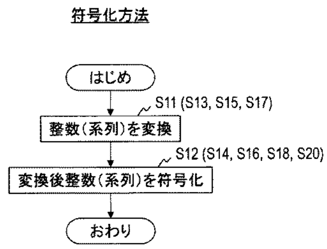


図3

【図４】

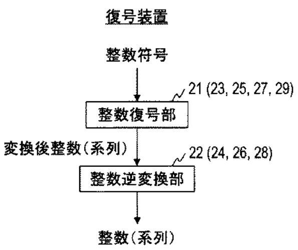


図4

【図５】

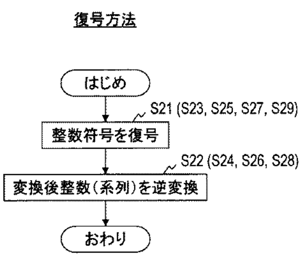
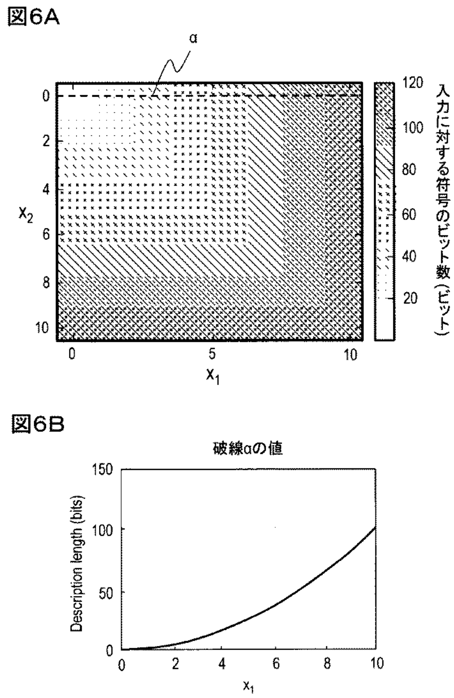


図5

【図６】



【図７】

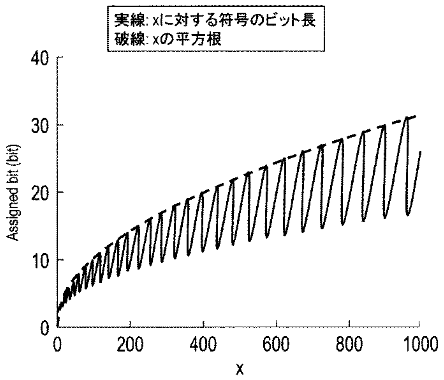


図7

【図８】

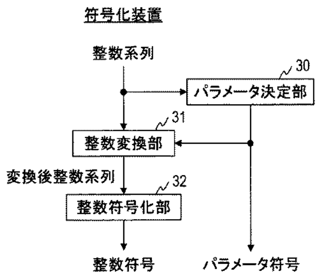


図8

【図９】

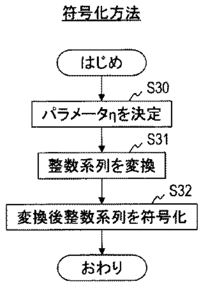


図9

【図１０】

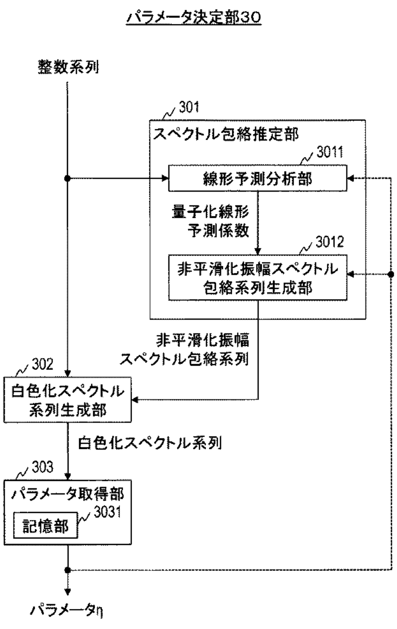


図10

【図１１】

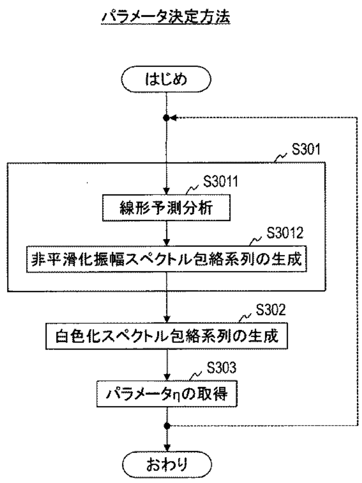


図11

【図１２】

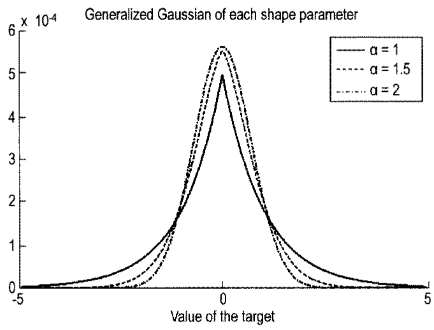


図12

【図１３】

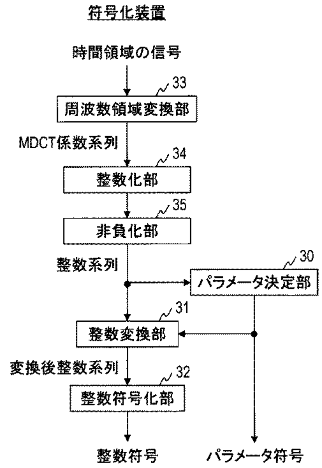


図13

【図１４】

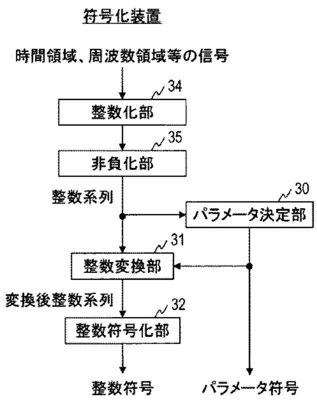


図14

【図１５】

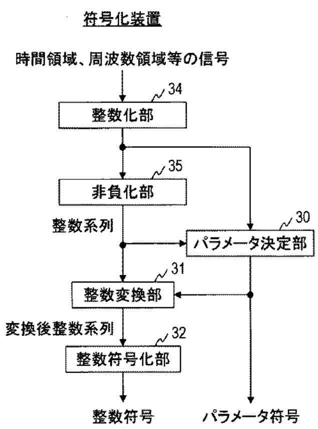


図15

【図１６】

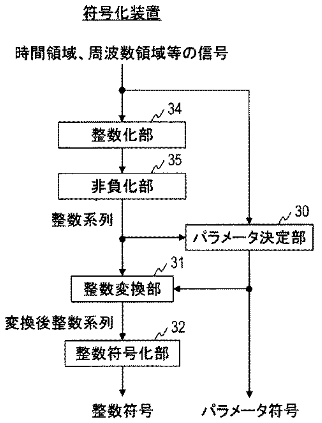


図16

【図１７】

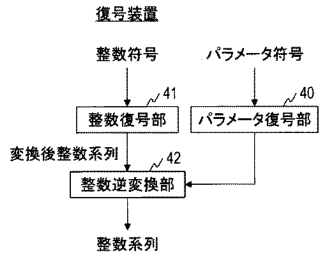


図17

【図１８】

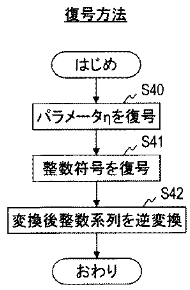


図18

フロントページの続き

(72)発明者　守谷　健弘
東京都千代田区大手町一丁目５番１号　日本電信電話株式会社内

審査官　北村　智彦

(56)参考文献　国際公開第２００８／０５９７５２（WO，Ａ１）
国際公開第２０１６／１２１８２４（WO，Ａ１）
Ciprian Doru Giurcaneanu, Ioan Tobus, LOW-COMPLEXITY TRANSFORM CODING WITH INTEGER-TO-INTEGER TRANSFORMS[online], 2001 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Proceedings, ２００１年　５月，pp.2601-2604, [検索日:2018.06.13] ,インターネット＜URL:https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=940534＞

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０３Ｍ　　　３／００－９／００
Ｇ１０Ｌ　　１９／００
ＩＥＥＥ　Ｘｐｌｏｒｅ