

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-171473

(P2016-171473A)

(43) 公開日 平成28年9月23日(2016.9.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4N 1/41 (2006.01)	HO4N 1/41	Z 5C159
HO4N 19/63 (2014.01)	HO4N 19/63	5C178
HO4N 19/91 (2014.01)	HO4N 19/91	5J064
HO3M 7/40 (2006.01)	HO3M 7/40	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 42 頁)

(21) 出願番号 特願2015-50181 (P2015-50181)
 (22) 出願日 平成27年3月13日 (2015.3.13)

(71) 出願人 506122327
 公立大学法人大阪市立大学
 大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号
 (74) 代理人 100168583
 弁理士 前井 宏之
 (72) 発明者 高田 洋吾
 大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号 公立大学法人大阪市立大学内
 Fターム(参考) 5C159 KK61 MA00 MA41 MC38 ME05
 PP01 PP04 PP14 SS08 SS26
 UA02 UA05
 5C178 AC07 BC11 BC21 CC53 CC69
 DC60 DC71
 5J064 AA03 BA08 BB05 BC28 BD04
 CC09

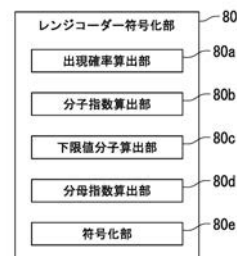
(54) 【発明の名称】 符号化装置、復号装置、符号化復号装置、符号化方法、及び復号方法

(57) 【要約】

【課題】 搭載するコンピューターに制約のある環境下においても、レンジコーダーによる符号化の処理速度を向上させることができる符号化装置を提供する。

【解決手段】 符号化装置120は、レンジコーダーによりランレンジス符号化データHDを符号化するレンジコーダー符号化部80を備える。レンジコーダー符号化部80は、分子指数算出部80bと、分母指数算出部80dを含む。分子指数算出部80bは、ランレンジス符号化データHDを構成する複数の要素データELの各々が表す要素値ごとに、要素値の出現確率の分子を2の累乗で表したときの指数iCを算出し、要素値に指数iCを対応付ける。分母指数算出部80dは、出現確率の分母を2の累乗で表したときの指数iTRを算出する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レンジコーダにより画像データを符号化するレンジコーダ符号化部を備え、
前記レンジコーダ符号化部は、
前記画像データを構成する複数の要素データの各々が表す要素値ごとに、前記要素値の出現確率の分子を 2 の累乗で表したときの指数を算出し、前記要素値に前記指数を対応付ける分子指数算出部と、
前記出現確率の分母を 2 の累乗で表したときの指数を算出する分母指数算出部とを備える、符号化装置。

【請求項 2】

前記要素値ごとに、前記要素値の前記出現確率の下限値の分子を算出する下限値分子算出部をさらに備え、
前記分子指数算出部は、前記要素値の前記出現確率の前記分子が 2 の累乗でない場合、2 の累乗でない前記分子に代えて、前記分子よりも小さく前記分子に最も近似する 2 の累乗又は前記分子よりも大きく前記分子に最も近似する 2 の累乗を、前記要素値の前記出現確率の分子として設定し、前記設定した分子を 2 の累乗で表したときの指数を前記要素値に対応付け、
前記分母指数算出部は、前記要素値の各々の前記出現確率の前記下限値の前記分子のうちの最大値よりも大きく、前記最大値に最も近似する 2 の累乗を、前記出現確率の前記分母として設定する、請求項 1 に記載の符号化装置。

【請求項 3】

前記レンジコーダ符号化部は、
前記複数の要素データのうちの処理対象の要素データを更新するたびに、数直線上に設定された区間を細分化し、前記画像データを符号化する符号化部をさらに含み、
前記符号化部は、式 (1) により、前記区間の下限値 L_{ow} を更新し、式 (2) により、前記区間の区間長を 2 の累乗で表したときの指数 i_R を更新し、
 L_{rc} は、前記処理対象の前記要素データが表す前記要素値の前記出現確率の前記下限値の前記分子を示し、
 i_{TR} は、前記出現確率の前記分母を 2 の累乗で表したときの前記指数を示し、
 i_C は、前記処理対象の前記要素データが表す前記要素値の前記出現確率の前記分子を 2 の累乗で表したときの前記指数を示す、請求項 2 に記載の符号化装置。

$$L_{ow} = L_{ow} + L_{rc} \times 2^{(i_R - i_{TR})} \quad \dots (1)$$

$$i_R = i_R + i_C - i_{TR} \quad \dots (2)$$

【請求項 4】

前記レンジコーダによる符号化を実行する前に、前記画像データに対して離散ウェーブレット変換を実行し、前記離散ウェーブレット変換が実行された前記画像データを第 1 変換データとして出力する離散ウェーブレット変換部をさらに備え、
前記離散ウェーブレット変換部は、所定数の乗算値を記憶した記憶部を含み、
前記所定数の乗算値は、離散ウェーブレット変換のための数列を構成する各数値と前記画像データを構成する各画素データが取り得る各数値との乗算値を含み、
前記離散ウェーブレット変換部は、前記画像データを構成する前記各画素データが表す画素値に基づいて、前記乗算値を取得し、複数の前記乗算値に対して和算及び / 又は減算を実行することによって、前記画像データに対して前記離散ウェーブレット変換を実行する、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の符号化装置。

【請求項 5】

前記レンジコーダによる符号化を実行する前に、前記第 1 変換データのうちの高周波成分を構成する複数のデータに対して、所定ビット数 B (B は 1 以上の整数) だけ右にシフトするビット演算を実行し、前記高周波成分を構成する前記複数のデータのうちの、 $-(2^B - 1)$ 以上 $(2^B - 1)$ 以下の値を表すデータを 0 に変換し、前記ビット演算が実行された前記高周波成分を構成する前記複数のデータと、前記第 1 変換データのうちの低周波

10

20

30

40

50

成分を構成する複数のデータとを、第2変換データとして出力するゼロ変換部をさらに備える、請求項4に記載の符号化装置。

【請求項6】

前記レンジコーダによる符号化を実行する前に、前記第2変換データを構成する複数のデータがガウス分布を形成するように、前記第2変換データを処理し、前記処理された第2変換データを、ガウス分布データとして出力するガウス分布作成部をさらに備える、請求項5に記載の符号化装置。

【請求項7】

前記レンジコーダによる符号化を実行する前に、前記ガウス分布データの高周波成分を走査して、前記高周波成分が形成するガウス分布の期待値と同一値が連続して出現する数を示すランレングスを検出し、所定値と前記ランレングスとを含むデータを作成するランレングス符号化部をさらに備え、

前記ランレングス符号化部は、複数の前記データの各々に含まれる前記ランレングスが前記期待値と同一値を期待値とするガウス分布を形成するように、前記複数のデータを処理し、前記処理された複数のデータと、前記ガウス分布データの前記高周波成分のうち前記期待値と異なる値を示す複数のデータと、前記ガウス分布データの低周波成分とをランレングス符号化データとして出力する、請求項6に記載の符号化装置。

【請求項8】

レンジコーダにより画像データを符号化した符号化データを復号するレンジコーダ復号部を備え、

前記符号化データは、分子指数算出処理と分母指数算出処理とを実行して生成されたデータであり、

前記分子指数算出処理は、前記画像データを構成する複数の要素データの各々が表す要素値ごとに、前記要素値の出現確率の分子を2の累乗で表したときの指数を算出し、前記要素値に前記指数を対応付ける処理であり、

前記分母指数算出処理は、前記出現確率の分母を2の累乗で表したときの指数を算出する処理であり、

前記レンジコーダ復号部は、

前記要素値ごとに、前記要素値の前記出現確率の前記分子を2の累乗で表したときの前記指数に基づいて、前記出現確率の下限値の分子を算出する下限値分子算出部と、

前記下限値の前記分子に基づいて、前記下限値の予測値の分子と前記要素値とを対応付けたテーブルを作成するテーブル作成部と

を含む、復号装置。

【請求項9】

前記レンジコーダ復号部は、

前記要素値を復号するたびに、数直線上に設定された区間を細分化し、前記符号化データを復号する復号部をさらに含み、

前記復号部は、式(3)により、前記下限値の前記予測値の前記分子 i_{Lrc} を算出し、式(4)により、復号のための計算媒体 $Code$ を更新し、式(5)により、前記区間の区間長を2の累乗で表したときの指数 i_R を更新し、

i_{TR} は、前記出現確率の前記分母を2の累乗で表したときの前記指数を示し、

Lrc は、前記復号された要素値の前記出現確率の前記下限値の前記分子を示し、

i_C は、前記復号された要素値の前記出現確率の前記分子を2の累乗で表したときの前記指数を示す、請求項8に記載の復号装置。

$$i_{Lrc} = Code \times 2^{-(i_R - i_{TR})} \quad \dots (3)$$

$$Code = Code - Lrc \times 2^{(i_R - i_{TR})} \quad \dots (4)$$

$$i_R = i_R + i_C - i_{TR} \quad \dots (5)$$

【請求項10】

請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の符号化装置と、

請求項8又は請求項9に記載の復号装置と

10

20

30

40

50

を備える、符号化復号装置。

【請求項 1 1】

レンジコーダーにより画像データを符号化する符号化方法であって、

前記画像データを構成する複数の要素データの各々が表す要素値ごとに、前記要素値の出現確率の分子を 2 の累乗で表したときの指数を算出し、前記要素値に前記指数を対応付けるステップと、

前記出現確率の分母を 2 の累乗で表したときの指数を算出するステップとを含む、符号化方法。

【請求項 1 2】

レンジコーダーにより画像データを符号化した符号化データを復号する復号方法であって、

前記符号化データは、分子指数算出処理と分母指数算出処理とを実行して生成されたデータであり、

前記分子指数算出処理は、前記画像データを構成する複数の要素データの各々が表す要素値ごとに、前記要素値の出現確率の分子を 2 の累乗で表したときの指数を算出し、前記要素値に前記指数を対応付ける処理であり、

前記分母指数算出処理は、前記出現確率の分母を 2 の累乗で表したときの指数を算出する処理であり、

前記要素値ごとに、前記要素値の前記出現確率の前記分子を 2 の累乗で表したときの前記指数に基づいて、前記出現確率の下限値の分子を算出するステップと、

前記下限値の前記分子に基づいて、前記下限値の予測値の分子と前記要素値とを対応付けたテーブルを作成するステップと

を含む、復号方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、符号化装置、復号装置、符号化復号装置、符号化方法、及び復号方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に記載された画像処理装置は、レンジコーダーにより画像データを符号化し、画像データを圧縮する。レンジコーダーは、主に整数を使用して演算を実行するデータ圧縮技術である。従って、符号化の処理速度は比較的高速である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2010 - 4279 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に記載されたレンジコーダーにより画像データを符号化するときには、乗算及び除算を実行するため、符号化の処理速度の向上を妨げる一因となる。搭載するコンピューターに制約の少ない環境下では、高速なコンピューターを利用すれば、符号化の処理速度を向上させることができる。

【0005】

しかしながら、例えば、遠隔操縦されるロボットでは、小型化及び軽量化の観点から、高速なコンピューターを搭載することが困難な場合がある。従って、搭載するコンピューターに制約のある環境下においても、レンジコーダーによる符号化の処理速度を向上させることが要求される。同様の理由により、レンジコーダーによる符号化データを復号するときの処理速度を向上させることが要求される。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、搭載するコンピューターに制約のある環境下においても、レンジコーダーによる符号化の処理速度を向上させることができる符号化装置、符号化復号装置、及び符号化方法を提供することにある。

【 0 0 0 7 】

また、本発明の他の目的は、搭載するコンピューターに制約のある環境下においても、レンジコーダーによる符号化データを復号するときの処理速度を向上させることができる復号装置、符号化復号装置、及び復号方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

10

本発明の第1の観点によれば、符号化装置は、レンジコーダーにより画像データを符号化するレンジコーダー符号化部を備える。前記レンジコーダー符号化部は、分子指数算出部と、分母指数算出部とを含む。分子指数算出部は、前記画像データを構成する複数の要素データの各々が表す要素値ごとに、前記要素値の出現確率の分子を2の累乗で表したときの指数を算出し、前記要素値に前記指数を対応付ける。分母指数算出部は、前記出現確率の分母を2の累乗で表したときの指数を算出する。

【 0 0 0 9 】

20

本発明の符号化装置は、下限値分子算出部をさらに備える。下限値分子算出部は、前記要素値ごとに、前記要素値の前記出現確率の下限値の分子を算出する。前記分子指数算出部は、前記要素値の前記出現確率の前記分子が2の累乗でない場合、2の累乗でない前記分子に代えて、前記分子よりも小さく前記分子に最も近似する2の累乗又は前記分子よりも大きく前記分子に最も近似する2の累乗を、前記要素値の前記出現確率の分子として設定し、前記設定した分子を2の累乗で表したときの指数を前記要素値に対応付ける。前記分母指数算出部は、前記要素値の各々の前記出現確率の前記下限値の前記分子のうちの最大値よりも大きく、前記最大値に最も近似する2の累乗を、前記出現確率の前記分母として設定する。

【 0 0 1 0 】

30

本発明の符号化装置において、前記レンジコーダー符号化部は、符号化部をさらに含む。符号化部は、前記複数の要素データのうちの処理対象の要素データを更新するたびに、数直線上に設定された区間を細分化し、前記画像データを符号化する。前記符号化部は、式(1)により、前記区間の下限値 L_{ow} を更新し、式(2)により、前記区間の区間長を2の累乗で表したときの指数 i_R を更新する。 L_{rc} は、前記処理対象の前記要素データが表す前記要素値の前記出現確率の前記下限値の前記分子を示す。 i_{TR} は、前記出現確率の前記分母を2の累乗で表したときの前記指数を示す。 i_C は、前記処理対象の前記要素データが表す前記要素値の前記出現確率の前記分子を2の累乗で表したときの前記指数を示す。

【 0 0 1 1 】

$$L_{ow} = L_{ow} + L_{rc} \times 2^{(i_R - i_{TR})} \quad \dots (1)$$

$$i_R = i_R + i_C - i_{TR} \quad \dots (2)$$

【 0 0 1 2 】

40

本発明の符号化装置は、離散ウェーブレット変換部をさらに備える。離散ウェーブレット変換部は、前記レンジコーダーによる符号化を実行する前に、前記画像データに対して離散ウェーブレット変換を実行し、前記離散ウェーブレット変換が実行された前記画像データを第1変換データとして出力する。前記離散ウェーブレット変換部は、所定数の乗算値を記憶した記憶部を含む。前記所定数の乗算値は、離散ウェーブレット変換のための数列を構成する各数値と前記画像データを構成する各画素データが取り得る各数値との乗算値を含む。前記離散ウェーブレット変換部は、前記画像データを構成する前記各画素データが表す画素値に基づいて、前記乗算値を取得し、複数の前記乗算値に対して和算及び/又は減算を実行することによって、前記画像データに対して前記離散ウェーブレット変換を実行する。

50

【 0 0 1 3 】

本発明の符号化装置は、ゼロ変換部をさらに備える。ゼロ変換部は、前記レンジコーダによる符号化を実行する前に、前記第1変換データのうちの高周波成分を構成する複数のデータに対して、所定ビット数B（Bは1以上の整数）だけ右にシフトするビット演算を実行し、前記高周波成分を構成する前記複数のデータのうちの、 $-(2^B - 1)$ 以上 $(2^B - 1)$ 以下の値を表すデータを0に変換し、前記ビット演算が実行された前記高周波成分を構成する前記複数のデータと、前記第1変換データのうちの低周波成分を構成する複数のデータとを、第2変換データとして出力する。

【 0 0 1 4 】

本発明の符号化装置は、ガウス分布作成部をさらに備える。ガウス分布作成部は、前記レンジコーダによる符号化を実行する前に、前記第2変換データを構成する複数のデータがガウス分布を形成するように、前記第2変換データを処理し、前記処理された第2変換データを、ガウス分布データとして出力する。

10

【 0 0 1 5 】

本発明の符号化装置は、ランレングス符号化部をさらに備える。ランレングス符号化部は、前記レンジコーダによる符号化を実行する前に、前記ガウス分布データの高周波成分を走査して、前記高周波成分が形成するガウス分布の期待値と同一値が連続して出現する数を示すランレングスを検出し、所定値と前記ランレングスとを含むデータを作成する。前記ランレングス符号化部は、複数の前記データの各々に含まれる前記ランレングスが前記期待値と同一値を期待値とするガウス分布を形成するように、前記複数のデータを処理し、前記処理された複数のデータと、前記ガウス分布データの前記高周波成分のうち前記期待値と異なる値を示す複数のデータと、前記ガウス分布データの低周波成分とをランレングス符号化データとして出力する。

20

【 0 0 1 6 】

本発明の第2観点によれば、復号装置は、レンジコーダにより画像データを符号化した符号化データを復号するレンジコーダ復号部を備える。前記符号化データは、分子指数算出処理と分母指数算出処理とを実行して生成されたデータである。前記分子指数算出処理は、前記画像データを構成する複数の要素データの各々が表す要素値ごとに、前記要素値の出現確率の分子を2の累乗で表したときの指数を算出し、前記要素値に前記指数を対応付ける処理である。前記分母指数算出処理は、前記出現確率の分母を2の累乗で表したときの指数を算出する処理である。前記レンジコーダ復号部は、下限値分子算出部と、テーブル作成部とを含む。下限値分子算出部は、前記要素値ごとに、前記要素値の前記出現確率の前記分子を2の累乗で表したときの前記指数に基づいて、前記出現確率の下限値の分子を算出する。テーブル作成部は、前記下限値の前記分子に基づいて、前記下限値の予測値の分子と前記要素値とを対応付けたテーブルを作成する。

30

【 0 0 1 7 】

本発明の復号装置において、前記レンジコーダ復号部は、復号部をさらに含む。復号部は、前記要素値を復号するたびに、数直線上に設定された区間を細分化し、前記符号化データを復号する。前記復号部は、式(3)により、前記下限値の前記予測値の前記分子 $iLrc$ を算出し、式(4)により、復号のための計算媒体 $Code$ を更新し、式(5)により、前記区間の区間長を2の累乗で表したときの指数 iR を更新する。 iTR は、前記出現確率の前記分母を2の累乗で表したときの前記指数を示す。 Lrc は、前記復号された要素値の前記出現確率の前記下限値の前記分子を示す。 iC は、前記復号された要素値の前記出現確率の前記分子を2の累乗で表したときの前記指数を示す。

40

【 0 0 1 8 】

$$iLrc = Code \times 2^{-(iR - iTR)} \quad \dots (3)$$

$$Code = Code - Lrc \times 2^{(iR - iTR)} \quad \dots (4)$$

$$iR = iR + iC - iTR \quad \dots (5)$$

【 0 0 1 9 】

本発明の第3の観点によれば、符号化復号装置は、上記第1の観点による符号化装置と

50

、上記第2の観点による復号装置とを備える。

【0020】

本発明の第4の観点によれば、符号化方法は、レンジコーダーにより画像データを符号化する。符号化方法は、前記画像データを構成する複数の要素データの各々が表す要素値ごとに、前記要素値の出現確率の分子を2の累乗で表したときの指数を算出し、前記要素値に前記指数を対応付けるステップと、前記出現確率の分母を2の累乗で表したときの指数を算出するステップとを含む。

【0021】

本発明の第5の観点によれば、復号方法は、レンジコーダーにより画像データを符号化した符号化データを復号する。前記符号化データは、分子指数算出処理と分母指数算出処理とを実行して生成されたデータである。前記分子指数算出処理は、前記画像データを構成する複数の要素データの各々が表す要素値ごとに、前記要素値の出現確率の分子を2の累乗で表したときの指数を算出し、前記要素値に前記指数を対応付ける処理である。前記分母指数算出処理は、前記出現確率の分母を2の累乗で表したときの指数を算出する処理である。前記要素値ごとに、前記要素値の前記出現確率の前記分子を2の累乗で表したときの前記指数に基づいて、前記出現確率の下限値の分子を算出するステップと、前記下限値の前記分子に基づいて、前記下限値の予測値の分子と前記要素値とを対応付けたテーブルを作成するステップとを含む。

10

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、搭載するコンピューターに制約のある環境下においても、レンジコーダーによる符号化の処理速度を向上させることができる。また、本発明によれば、搭載するコンピューターに制約のある環境下においても、レンジコーダーによる符号化データを復号するときの処理速度を向上させることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の実施形態に係るロボットシステムを示す機能ブロック図である。

【図2】本発明の実施形態に係るロボットの色形式変換部の処理を示す図である。

【図3】本発明の実施形態に係るロボットの離散ウェーブレット変換部の処理を示す図である。

30

【図4】(a)一般的な算術符号化で算出される出現確率テーブルを示す図である。(b)一般的な算術符号化で算出される数直線上の区間を示す図である。(c)一般的なレンジコーダーによる符号化の手順を示す図である。

【図5】本発明の実施形態に係るロボットのレンジコーダー符号化部を示す機能ブロック図である。

【図6】本発明の実施形態に係るロボットのレンジコーダー符号化部が実行するレンジコーダー符号化処理を示すフローチャートである。

【図7】(a)本発明の実施形態に係るロボットのレンジコーダー符号化部が作成する出現確率テーブルを示す図である。(b)本発明の実施形態に係るロボットのレンジコーダー符号化部による符号化の手順を示す図である。

40

【図8】本発明の実施形態に係るロボットが実行する符号化方法を示すフローチャートである。

【図9】本発明の実施形態に係るロボットの電氣的構成を示す図である。

【図10】本発明の実施形態に係る操縦装置を示す機能ブロック図である。

【図11】一般的なレンジコーダーによる符号化データの復号の手順を示す図である。

【図12】本発明の実施形態に係る操縦装置のレンジコーダー復号部を示す機能ブロック図である。

【図13】本発明の実施形態に係る操縦装置のレンジコーダー復号部が実行するレンジコーダー復号処理を示すフローチャートである。

【図14】本発明の実施形態に係る操縦装置のレンジコーダー復号部が作成する復号テ

50

ブルを示す図である。

【図 15】本発明の実施形態に係る操縦装置のレンジコーダー復号部による復号の手順を示す図である。

【図 16】本発明の実施形態に係る操縦装置が実行する復号方法を示すフローチャートである。

【図 17】本発明の実施形態に係る操縦装置の電気的構成を示す図である。

【図 18】(a)本発明の実施例 1 に係る符号化装置による符号化対象の原画像を示す図である。(b)~(d)本発明の実施例 1 に係る復号装置による復号画像を示す図である。

【図 19】(a)本発明の実施例 2 に係る符号化装置の DWT 部が作成した変換データの表す画像を示す図である。(b)本発明の実施例 2 に係る符号化装置のゼロ変換部が作成した近似データの表す画像を示す図である。(c)本発明の実施例 2 に係る符号化装置の DWT 部が作成した変換データの表す画像を示す図である。(d)本発明の実施例 2 に係る符号化装置のゼロ変換部が作成した近似データの表す画像を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。なお、図中、同一または相当部分については同一の参照符号を付して説明を繰り返さない。

【0025】

図 1 は、本発明の実施形態に係るロボットシステム 1 を示す機能ブロック図である。ロボットシステム 1 は符号化復号装置として機能する。ロボットシステム 1 は、ロボット 100 と、操縦装置 200 とを備える。ロボット 100 はネットワーク 300 に接続され、操縦装置 200 はネットワーク 300 に接続される。従って、ロボット 100 と操縦装置 200 とはネットワーク 300 を介して接続される。ネットワーク 300 は、例えば、LAN (Local Area Network)、インターネット、及び公衆通信網を含む。

20

【0026】

ロボット 100 は、操縦装置 200 によって、ネットワーク 300 を介して遠隔操縦される。つまり、操縦者は、ロボット 100 から操縦装置 200 にネットワーク 300 を介して送信された映像を見ながら、操縦装置 200 を操作して、ネットワーク 300 を介してロボット 100 を遠隔操縦する。

30

【0027】

ロボット 100 は、撮影部 110 と、符号化装置 120 と、通信部 130 とを備える。撮影部 110 は、撮影部 110 の視野内の物体及び環境を撮影し、カラー画像を表す画像データ AD を符号化装置 120 に出力する。本実施形態では、撮影部 110 は、1 フレーム当たり、QVGA (Quarter Video Graphics Array) の解像度を有する画像データ AD を出力する。QVGA は、320 画素 x 240 画素を示す。

【0028】

また、本実施形態では、画像データ AD の色形式は、RGB 形式又は YUV 422 形式である。RGB 形式は、R (赤) と G (緑) と B (青) とで色彩を表現する形式であり、1 個の画素データのサイズは 3 バイトである。YUV 422 形式は、Y (輝度) と U (色差: 輝度と青色との差) と V (色差: 輝度と赤色との差) とで色彩を表現する形式であり、1 個の画素データのサイズは 2 バイトである。

40

【0029】

符号化装置 120 は、画像データ AD を符号化することによって圧縮し、圧縮画像データを通信部 130 に出力する。符号化装置 120 は、例えば、コンピューターによって実現される。

【0030】

通信部 130 は、ネットワーク 300 を介して圧縮画像データを操縦装置 200 に送信

50

する。通信部 130 は、例えば、ネットワーク 300 と無線で接続され、無線通信を実行する。本実施形態では、通信部 130 は、ネットワーク 300 にアクセスするときの通信プロトコルとして、UDP/IP (User Datagram Protocol / Internet Protocol) を採用する。UDP は、コネクションレス型の通信プロトコルであり、TCP (Transmission Control Protocol) よりも、高速に通信できる。従って、UDP/IP は、ロボット 100 を遠隔操縦する場合のように、リアルタイムで画像を送受信する場合に特に好適である。なお、通信プロトコルとして、TCP/IP を採用することもできる。

【0031】

以下、具体例を挙げながら、符号化装置 120 の詳細を説明する。符号化装置 120 は、色形式変換部 10 と、画像分割部 20 と、色成分結合部 30 と、離散ウェーブレット変換部 40 (以下、「DWT部 40」と記載する。) と、ゼロ変換部 50 と、ガウス分布作成部 60 と、ランレングス符号化部 70 と、レンジコーダ符号化部 80 とを含む。DWT部 40 は記憶部 40a を含む。なお、本実施形態では、色形式変換部 10、画像分割部 20、色成分結合部 30、DWT部 40、ゼロ変換部 50、ガウス分布作成部 60、及びランレングス符号化部 70 の各々の処理は、レンジコーダ符号化部 80 がレンジコーダによる符号化を実行する前に実行される。

【0032】

色形式変換部 10 は、撮影部 110 が出力する画像データ AD の色形式を変換し、色形式の変換された画像データ AD を画像データ BD として画像分割部 20 に出力する。具体的には、色形式変換部 10 は、RGB 形式又は YUV 422 形式の画像データ AD を YUV 411 形式の画像データ BD に変換する。YUV 411 形式は、Y (輝度) と U (色差) と V (色差) とで色彩を表現する形式であり、1 個の画素データのサイズは 12 ビットである。

【0033】

画像分割部 20 は、1 フレームの画像データ BD を複数の画像データに分割し、複数の画像データを複数の分割画像データ CD として色成分結合部 30 に出力する。具体的には、画像分割部 20 は、1 フレームの画像データ BD を、第 1 方向 (本実施形態では、水平方向) に m 分割するとともに、第 1 方向に直交する第 2 方向 (本実施形態では、垂直方向) に n 分割して、 $m \times n$ 個の分割画像データ CD を生成する。 m 及び n のうちの少なくとも一方は 2 以上の整数であり、他方は 1 以上の整数である。本実施形態では、 $m = 5$ 、 $n = 3$ であり、1 フレームの画像データ BD が 15 分割される。分割前の画像データ BD の解像度は 320 画素 \times 240 画素であるため、分割画像データ CD の各々の解像度は 64 画素 \times 80 画素である。

【0034】

図 1 及び図 2 を参照して、色成分結合部 30 について説明する。図 1 に示すように、色成分結合部 30 は、分割画像データ CD ごとに、分割画像データ CD から Y 成分と U 成分と V 成分とを抽出し、Y 成分と U 成分と V 成分とを結合し、結合した Y 成分と U 成分と V 成分とを画像データ DD として DWT 部 40 に出力する。

【0035】

図 2 は、色成分結合部 30 の処理を示す図である。図 1 及び図 2 に示すように、色成分結合部 30 は、 M 画素 \times N 画素の分割画像データ CD から、 M 画素 \times N 画素の Y 成分 I_1 と、 K 画素 \times L 画素の U 成分 I_2 と、 K 画素 \times L 画素の V 成分 I_3 とを抽出する。 M 、 N 、 K 、及び L は 2 以上の整数である。本実施形態では、 $M = 64$ 、 $N = 80$ 、 $K = 32$ 、 $L = 40$ である。

【0036】

そして、色成分結合部 30 は、Y 成分 I_1 と U 成分 I_2 と V 成分 I_3 とを、Y 成分 I_1 の 1 辺に U 成分 I_2 の 1 辺と V 成分 I_3 の 1 辺とが隣接するように結合し、 $(M + K)$ 画素 \times N 画素の画像データ DD を作成する。本実施形態では、96 画素 \times 80 画素の画像データ DD が作成され、画像データ DD を構成する各画素データのサイズは 1 バイトである

10

20

30

40

50

。

【 0 0 3 7 】

図 1 及び図 3 を参照して、DWT 部 4 0 について説明する。図 1 に示すように、DWT 部 4 0 は、画像データ D D ごとに、画像データ D D に対して離散ウェーブレット変換を実行し、離散ウェーブレット変換が実行された画像データ D D を変換データ E D (第 1 変換データ)としてゼロ変換部 5 0 に出力する。なお、離散ウェーブレット変換を好適に実行するため、4 で割り切れる数値 (6 4 と 8 0) を選択し、6 4 画素 × 8 0 画素の分割画像データ C D、及び 9 6 画素 × 8 0 画素の画像データ D D を生成した。

【 0 0 3 8 】

図 3 は、DWT 部 4 0 の処理を示す図である。図 1 及び図 3 に示すように、DWT 部 4 0 は、画像データ D D に対して、所定の分解レベル 2 より下位の分解レベル 1 を有する低周波成分を作成することなく、1 次元の離散ウェーブレット変換 (DWT: discrete wavelet transform) を第 1 方向 x (本実施形態では、水平方向 x) に実行し、第 1 方向 x に所定の分解レベル 2 を有する低周波成分 L 0 (黒色の太線で囲まれた領域)と、第 1 方向 x に所定の分解レベル 2 を有する高周波成分 H 0 (右上がり斜線の領域)とを作成する。分解レベルは、離散ウェーブレット変換における展開階層を示す。低周波成分 L 0 と高周波成分 H 0 との各々は、複数の係数データを含む。

10

【 0 0 3 9 】

さらに、DWT 部 4 0 は、低周波成分 L 0 に対して、所定の分解レベル 2 より下位の分解レベル 1 を有する低周波成分を作成することなく、1 次元の離散ウェーブレット変換を第 1 方向 x に直交する第 2 方向 y (本実施形態では、垂直方向 y) に実行し、第 2 方向 y に所定の分解レベル 2 を有する低周波成分 L 1 (黒色の太線で囲まれた領域)と、第 2 方向 y に所定の分解レベル 2 を有する高周波成分 H 1 (右下がり斜線の領域)とを作成する。低周波成分 L 1 と高周波成分 H 1 との各々は、複数の係数データを含む。高周波成分 H 0 と高周波成分 H 1 とは、高周波成分 H 2 を構成する。

20

【 0 0 4 0 】

そして、DWT 部 4 0 は、低周波成分 L 1 と高周波成分 H 2 とを、変換データ E D として、ゼロ変換部 5 0 に出力する。変換データ E D は、(M + K) × N 個の係数データを含む。

【 0 0 4 1 】

具体的には、DWT 部 4 0 は、次のようにして、画像データ D D に対して、離散ウェーブレット変換を実行する。

30

【 0 0 4 2 】

記憶部 4 0 a は所定数の乗算値 (以下、「DWT 用乗算値」と記載する。)を予め記憶する。所定数の DWT 用乗算値は、離散ウェーブレット変換のための第 1 数列を構成する各数値と画像データ D D を構成する各画素データが取り得る各数値 (つまり、各画素値)との乗算値、離散ウェーブレット変換のための第 2 数列を構成する各数値と画像データ D D を構成する各画素データが取り得る各数値 (つまり、各画素値)との乗算値、及び離散ウェーブレット変換のための第 3 数列を構成する各数値と画像データ D D を構成する各画素データが取り得る各数値 (つまり、各画素値)との乗算値を含む。

40

【 0 0 4 3 】

第 1 数列は、スケーリングを表す数列であり、ドベシイ (Daubechies) の数列 (ドベシイのパラメーター = 2) である。なお、ハール (Haar) の数列を使用することもできる。第 1 数列は、一般的な離散ウェーブレット変換において、低周波成分を生成するために使用される。第 1 数列は、次に示すように、 $k S 1 [0]$ 、 $k S 1 [1]$ 、 $k S 1 [2]$ 、 $k S 1 [3]$ 、である。

【 0 0 4 4 】

【数 1】

$$kS1[0] = 0.482962913145$$

$$kS1[1] = 0.836516303738$$

$$kS1[2] = 0.224143868042$$

$$kS1[3] = -0.129409522551$$

【0045】

第2数列は、次に示すように、 $kS2[0]$ 、 $kS2[1]$ 、 $kS2[2]$ 、 $kS2[3]$ 、 $kS2[4]$ 、 $kS2[5]$ 、 $kS2[6]$ 、 $kS2[7]$ 、 $kS2[8]$ 、 $kS2[9]$ 、であり、第1数列から作成されている。

10

【0046】

【数 2】

$$kS2[0] = kS1[0] \times kS1[0]$$

$$kS2[1] = kS1[1] \times kS1[0]$$

$$kS2[2] = kS1[2] \times kS1[0] + kS1[0] \times kS1[1]$$

$$kS2[3] = kS1[3] \times kS1[0] + kS1[1] \times kS1[1]$$

$$kS2[4] = kS1[2] \times kS1[1] + kS1[0] \times kS1[2]$$

$$kS2[5] = kS1[3] \times kS1[1] + kS1[1] \times kS1[2]$$

$$kS2[6] = kS1[2] \times kS1[2] + kS1[0] \times kS1[3]$$

$$kS2[7] = kS1[3] \times kS1[2] + kS1[1] \times kS1[3]$$

$$kS2[8] = kS1[2] \times kS1[3]$$

$$kS2[9] = kS1[3] \times kS1[3]$$

20

【0047】

第3数列は、次に示すように、 $kW2[0]$ 、 $kW2[1]$ 、 $kW2[2]$ 、 $kW2[3]$ 、 $kW2[4]$ 、 $kW2[5]$ 、 $kW2[6]$ 、 $kW2[7]$ 、 $kW2[8]$ 、 $kW2[9]$ 、であり、第1数列と第4数列とから作成されている。第4数列は、ウェーブレットを表す数列であり、第1数列から作成されている。第4数列は、次に示すように、 $kW1[0]$ 、 $kW1[1]$ 、 $kW1[2]$ 、 $kW1[3]$ 、である。第4数列は、一般的な離散ウェーブレット変換において、高周波成分を生成するために使用される。

30

【0048】

【数 3】

$$kW2[0] = kS1[0] \times kW1[0]$$

$$kW2[1] = kS1[1] \times kW1[0]$$

$$kW2[2] = kS1[2] \times kW1[0] + kS1[0] \times kW1[1]$$

$$kW2[3] = kS1[3] \times kW1[0] + kS1[1] \times kW1[1]$$

$$kW2[4] = kS1[2] \times kW1[1] + kS1[0] \times kW1[2]$$

$$kW2[5] = kS1[3] \times kW1[1] + kS1[1] \times kW1[2]$$

$$kW2[6] = kS1[2] \times kW1[2] + kS1[0] \times kW1[3]$$

$$kW2[7] = kS1[3] \times kW1[2] + kS1[1] \times kW1[3]$$

$$kW2[8] = kS1[2] \times kW1[3]$$

$$kW2[9] = kS1[3] \times kW1[3]$$

40

【0049】

50

【数 4】

```

kW1[0] = -0.129409522551
kW1[1] = -0.224143868042
kW1[2] = 0.836516303738
kW1[3] = -0.482962913145

```

【0050】

第1数列は4項からなり、第2数列は10項からなり、第3数列は10項からなり、項数の合計は24である。また、本実施形態では、画像データDDを構成する各画素データのサイズは、1バイトであり、各画素データは0～255の数値を取り得る。従って、所定数のDWT用乗算値は、 24×256 個のDWT用乗算値である。そこで、 24×256 個のDWT用乗算値を記憶するために必要な容量は、9216バイト(= $24 \times 256 \times 1.5$ バイト)であり、12ビットで足りる。

【0051】

DWT部40は、画像データDDを構成する各画素データが表す画素値に基づいて、DWT用乗算値を取得し、複数のDWT用乗算値に対して和算及び/又は減算を実行することによって、画像データDDに対して離散ウェーブレット変換を実行し、変換データEDを作成する。従って、DWT部40は、乗算及び除算を実行することなく、離散ウェーブレット変換を実行する。

【0052】

図1を参照して、ゼロ変換部50に付いて説明する。ゼロ変換部50は、変換データEDごとに、変換データEDに対して近似処理を実行し、近似処理後の変換データEDを、近似データFD(第2変換データ)として、ガウス分布作成部60に出力する。近似処理とは、0に近似する係数データを0に変換する処理のことである。

【0053】

具体的には、ゼロ変換部50は、変換データEDの高周波成分H2を構成する複数の係数データ(データ)に対して、所定ビット数B(Bは1以上の整数)だけ右にシフトするビット演算を実行し、高周波成分H2を構成する複数の係数データのうち、 $-(2^B - 1)$ 以上 $(2^B - 1)$ 以下の係数値(値)を表す係数データ(つまり、0に近似する係数データ)を0に変換する。

【0054】

すなわち、所定ビット数Bだけ右にシフトするビット演算は、係数データの表す係数値を $1/2^B$ 倍して、小数点以下の数を切り捨てる演算と同じである。従って、このビット演算を実行することによって、 $-(2^B - 1)$ 以上 $(2^B - 1)$ 以下の係数値を表す係数データが0に変換される。本実施形態では、ゼロ変換部50は、2ビットだけ右にシフトするビット演算を実行する。従って、 $-(2^2 - 1)$ 以上 $(2^2 - 1)$ 以下の係数値を表す係数データが0に変換される。その結果、データ量を大幅に削減できる。

【0055】

以下、ビット演算の実行によって近似処理された高周波成分H2を「高周波成分H3」と記載する。ゼロ変換部50は、高周波成分H3を構成する複数の係数データと、変換データEDの低周波成分L1を構成する複数の係数データ(データ)とを、近似データFDとしてガウス分布作成部60に出力する。近似データFDは、 $(M + K) \times N$ 個の係数データを含む。

【0056】

ガウス分布作成部60は、近似データFDごとに、近似データFDを構成する複数の係数データ(データ)がガウス分布を形成するように、近似データFDを処理し、処理された近似データFDを、ガウス分布データGDとしてランレングス符号化部70に出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

具体的には、ガウス分布作成部 6 0 は、近似データ F D の高周波成分 H 3 を構成する係数データの各々の表す係数値に、1 2 8 を加算することによって、負数を消す。その結果、高周波成分 H 3 が表す複数の係数値は、1 2 8 を期待値とし、6 5 を下限値とし、1 9 1 を上限値とするガウス分布を形成する。

【 0 0 5 8 】

ガウス分布が形成される理由は、高周波成分 H 3 を構成する係数データの各々が表す係数値は、次に示す理由により、- 6 3 以上 6 3 以下の整数値だからである。すなわち、変換データ E D の高周波成分 H 2 を構成する係数データの各々の表す係数値は、- 2 5 5 以上 2 5 5 以下の整数値である。従って、ゼロ変換部 5 0 が高周波成分 H 2 に対して 2 ビットだけ右にシフトするビット演算を実行した結果、作成される高周波成分 H 3 を構成する係数データの各々の表す係数値は、- 6 3 以上 6 3 以下の整数値になる。

10

【 0 0 5 9 】

また、ガウス分布作成部 6 0 は、近似データ F D の低周波成分 L 1 を構成する係数データの各々の表す係数値から、1 2 8 を減算する。その結果、低周波成分 L 1 の表す複数の係数値は、0 を期待値とし、- 1 2 8 を下限値とし、1 2 7 を上限値とするガウス分布を形成する。1 2 8 を減算する前では、低周波成分 L 1 を構成する係数データの各々が表す係数値は、0 以上 2 5 5 以下の整数値だからである。さらに、ガウス分布作成部 6 0 は、負数を消すために、ガウス分布を形成する低周波成分 L 1 を構成する係数データの各々の表す係数値に、1 2 8 を加算する。その結果、低周波成分 L 1 の表す複数の係数値は、1 2 8 を期待値とし、0 を下限値とし、2 5 5 を上限値とするガウス分布を形成する。

20

【 0 0 6 0 】

以下、負数を有しないガウス分布を形成する低周波成分 L 1 を「低周波成分 G 1」と記載し、負数を有しないガウス分布を形成する高周波成分 H 3 を「高周波成分 G 2」と記載する。また、低周波成分 G 1 の表す複数の係数値が形成するガウス分布の期待値を「期待値 E P 1」と記載し、高周波成分 G 2 の表す複数の係数値が形成するガウス分布の期待値を「期待値 E P 2」と記載する。期待値 E P 1 と期待値 E P 2 とは、同じ値、つまり、1 2 8 である。

【 0 0 6 1 】

ガウス分布作成部 6 0 は、低周波成分 G 1 と高周波成分 G 2 とを、ガウス分布データ G D としてランレンジ符号化部 7 0 に出力する。ガウス分布データ G D は、 $(M + K) \times N$ 個の係数データを含む。

30

【 0 0 6 2 】

ランレンジ符号化部 7 0 は、ガウス分布データ G D ごとに、ガウス分布データ G D に対して、ランレンジ符号化を実行し、ランレンジ符号化後のガウス分布データ G D を、ランレンジ符号化データ H D として、レンジコーダ符号化部 8 0 に出力する。

【 0 0 6 3 】

具体的には、ランレンジ符号化部 7 0 は、ガウス分布データ G D の低周波成分 G 1 を走査して、低周波成分 G 1 を構成する複数の係数データを、それぞれ、複数の要素データ G G 1 として設定する。

40

【 0 0 6 4 】

また、ランレンジ符号化部 7 0 は、ガウス分布データ G D の高周波成分 G 2 を走査して、高周波成分 G 2 における期待値 E P 2 と同じ係数値が連続して出現する数を示すランレンジ R L を順次検出する。係数値は高周波成分 G 2 を構成する係数データが表す値である。そして、ランレンジ符号化部 7 0 は、ランレンジ R L ごとに、所定値 P V とランレンジ R L とを含む要素データ G G 2 1 (データ) を作成する。

【 0 0 6 5 】

ただし、ランレンジ符号化部 7 0 は、ランレンジ R L が 1 の場合は、期待値 E P 2 と同じ係数値を要素データ G G 2 1 として設定する。また、ランレンジ符号化部 7 0 は、ランレンジ R L が所定長 P L を超えた場合、所定長 P L を超えるたびに、所定長 P L

50

を保持するとともに、ランレングス R L をリセットし、再びランレングス R L の検出を開始する。そして、ランレングス符号化部 7 0 は、所定値 P V 及び所定長 P L と、所定値 P V 及びランレングス R L とを含む要素データ G G 2 1 を作成する。この場合、所定長 P L を超えた回数を g (g は 1 以上の整数) と記載すると、要素データ G G 2 1 に含まれる所定値 P V 及び所定長 P L の組は、 g 回連続する。

【 0 0 6 6 】

さらに、ランレングス符号化部 7 0 は、複数の要素データ G G 2 1 の各々に含まれるランレングス R L が期待値 E P 2 と同じ値を期待値とするガウス分布を形成するように、複数の要素データ G G 2 1 を処理し、複数の要素データ G G 2 2 を作成する。

【 0 0 6 7 】

また、ランレングス符号化部 7 0 は、高周波成分 G 2 を走査する際、高周波成分 G 2 における期待値 E P 2 と異なる係数値を表す複数の係数データを、それぞれ、複数の要素データ G G 2 3 として設定する。

【 0 0 6 8 】

そして、ランレングス符号化部 7 0 は、複数の要素データ G G 1 と、複数の要素データ G G 2 2 と、複数の要素データ G G 2 3 とを、ランレングス符号化データ H D としてレンジコーダ符号化部 8 0 に出力する。

【 0 0 6 9 】

以下、具体例を挙げながら要素データ G G 2 1 及び要素データ G G 2 2 について説明する。ガウス分布の期待値 E P 2 を、ガウス分布作成部 6 0 の説明で例示した 1 2 8 とする。また、ランレングス符号化部 7 0 は、要素データ G 2 1 を作成するときの所定値 P V を 0 に設定する。なぜなら、高周波成分 G 2 の係数データの表す係数値が 1 2 8 であることは、ゼロ変換部 5 0 によって作成された高周波成分 H 3 の係数データの表す係数値が 0 であることを示すからである。

【 0 0 7 0 】

ランレングス符号化部 7 0 は、例えば、高周波成分 G 2 において、期待値 E P 2 と同じ 1 2 8 が 5 個続いた場合、“ 1 2 8 , 1 2 8 , 1 2 8 , 1 2 8 , 1 2 8 ” を “ 0 , 5 ” と置き換える。“ 0 , 5 ” は、1 つの要素データ G G 2 1 を構成する。“ 0 , 5 ” のうち、“ 0 ” は所定値 P V を示し、“ 5 ” はランレングス R L を示す。本実施形態では、所定値 P V 及びランレングス R L の各々を 1 バイトで表す。

【 0 0 7 1 】

ただし、ランレングス符号化部 7 0 は、1 2 8 が 1 つの場合は、“ 1 2 8 ” を “ 0 , 1 ” と置き換えることなく、1 2 8 を要素データ G G 2 1 に設定する。本実施形態では、1 2 8 を 1 バイトで表す。従って、“ 0 , 1 ” を要素データ G G 2 1 に設定する場合よりも、データ保存量を少なくできる。

【 0 0 7 2 】

また、1 2 8 が 2 5 5 個を超えて続いた場合は、ランレングス R L を 1 バイトで表すことができない。そこで、ランレングス符号化部 7 0 は、例えば、1 2 8 が 3 0 0 個続いた場合は、“ 1 2 8 , ... , 1 2 8 ” を “ 0 , 2 5 5 , 0 , 5 ” と置き換える。“ 0 , 2 5 5 , 0 , 5 ” は 1 つの要素データ G G 2 1 を構成する。

【 0 0 7 3 】

要素データ G G 2 1 を構成するランレングス R L を表す数値の出現確率は、2 が最も高く、3、4、5、... と数値が大きくなるほど低下する。そこで、ランレングス符号化部 7 0 は、“ 0 , 2 ” を “ 0 , 1 2 8 ” に、“ 0 , 3 ” を “ 0 , 1 2 7 ” に、“ 0 , 4 ” を “ 0 , 1 2 9 ” にというように、数値転換を実行する。この場合、“ 0 , 2 ”、“ 0 , 3 ”、及び “ 0 , 4 ” の各々は要素データ G 2 1 である。また、“ 0 , 1 2 8 ”、“ 0 , 1 2 7 ”、及び “ 0 , 1 2 9 ” の各々は要素データ G 2 2 である。数値転換の結果、複数の要素データ G G 2 2 は、期待値 E P 2 と同じ値 (つまり、1 2 8) を期待値とするガウス分布を形成する。

【 0 0 7 4 】

10

20

30

40

50

次に、レンジコーダ符号化部 80 を説明する前に、一般的な算術符号化と一般的なレンジコーダについて説明する。一般的な算術的符号化は、0 と 1 との間の実数区間を、画像を構成する各画素値の出現確率に応じて次々に細分化し、最終的な区間に含まれる 1 つの実数によって画像を表現し、画像を符号化する符号化技術である。これに対して、一般的なレンジコーダは、0 と所定の整数値との間の整数区間を、画像を構成する各画素値の出現確率に応じて次々に細分化し、最終的な区間に含まれる 1 つの整数によって画像を表現し、画像を符号化する符号化技術である。

【0075】

図 4 (a) 及び図 4 (b) を参照して、一般的な算術符号化によって 10 個の画素からなる画像を符号化する例を説明する。図 4 (a) は、一般的な算術符号化で算出される出現確率テーブルを示す図である。図 4 (b) は、一般的な算術符号化で算出される区間を示す図である。

10

【0076】

図 4 (a) に示すように、各画素の画素値は、1 ~ 4 のいずれかの整数値を取り得る。画像を構成する 10 個の画素の画素値は、4、3、4、2、3、4、1、3、4、2、である。算術符号化では、各画素値の出現確率 Crc を算出する。例えば、3 を示す画素値は 10 画素中 3 回出現しているため、3 を示す画素値の出現確率 Crc は $3 / 10$ である。

【0077】

図 4 (a) 及び図 4 (b) に示すように、算術符号化では、0 と 1 との間の数直線上の区間が、各画素値の出現確率 Crc に応じて分割される。例えば、3 を示す画素値の出現確率 Crc の下限値 Lr は $3 / 10$ であり、上限値 Hr は $6 / 10$ である。

20

【0078】

算術符号化では、図 4 (a) に示す出現確率テーブルを使用して、図 4 (b) に示す 0 と 1 との間を次々に細分化する。すなわち、10 個の画素値のうち第 1 番目の画素値が 4 であるため、下限値 Lr は $6 / 10$ であり、上限値 Hr は $10 / 10$ である。従って、0 ~ 1 の区間のうち、 $6 / 10 \sim 10 / 10$ に対応する $0.6 \sim 1$ の区間が選択される。つまり、4 から始まる数値群は、 $0.6 \sim 1$ の区間に含まれる実数によって符号化可能であることが確定する。次に、第 2 番目の画素値が 3 であるため、下限値 Lr は $3 / 10$ であり、上限値 Hr は $6 / 10$ である。従って、 $0.6 \sim 1$ の区間のうち、 $3 / 10 \sim 6 / 10$ に対応する $0.72 \sim 0.84$ の区間が選択される。つまり、4 と 3 とから始まる数値群は、 $0.72 \sim 0.84$ の区間に含まれる実数によって符号化可能であることが確定する。以降、同様にして、後続する画素値に対応する出現確率 Crc の下限値 Lr 及び上限値 Hr に応じて次々に区間が選択され、第 10 番目の画素値に対応する出現確率 Crc の下限値 Lr 及び上限値 Hr に応じた区間に含まれる 1 つの実数を、画像の符号化データとして決定する。

30

【0079】

図 4 (a) 及び図 4 (c) を参照して、一般的なレンジコーダによって 10 個の画素からなる画像を符号化する例を説明する。各画素の画素値は、1 ~ 4 のいずれかの整数値を取り得る。画像を構成する 10 個の画素の画素値は、4、3、4、2、3、4、1、3、4、2、である。レンジコーダでは、図 4 (a) に示す出現確率テーブルを使用して、0 と所定の整数値との間の区間を次々に細分化する。所定の整数値を 1000000 に設定する。具体的には、次に示す演算が実行される。

40

【0080】

図 4 (c) は、一般的なレンジコーダによる符号化の手順を示す図である。図 4 (c) に示す数値は 10 進数である。図 4 (a) 及び図 4 (c) に示すように、一般的なレンジコーダでは、画素値の出現確率 Crc 及び画素値に対応する下限値 Lr を使用して、区間の下限値 Lo を式 (1) により算出するとともに、区間の区間長 RNG を式 (2) により算出することによって、区間を次々に細分化する。式 (1) 及び式 (2) において、演算子「=」は代入を示す。

50

【 0 0 8 1 】

$$L_o = L_o + R N G \times L r \quad \dots (1)$$

$$R N G = R N G \times C r c \quad \dots (2)$$

【 0 0 8 2 】

下限値 L_o の初期値として 0 を設定する。また、所定の整数値が 1 0 0 0 0 0 0 であるため、区間長 $R N G$ の初期値を 1 0 0 0 0 0 0 に設定する。区間長 $R N G$ が更新され、区間長 $R N G$ が 1 0 0 0 0 より小さくなった場合は、区間長 $R N G$ 及び下限値 L_o の各々を 1 0 0 倍することによって、区間を拡張する。

【 0 0 8 3 】

図 4 (c) に示すように、1 0 個の画素値のうち第 1 番目の画素値は 4 であるため、下限値 L_o は 6 0 0 0 0 0 (= 0 + 1 0 0 0 0 0 0 × 0 . 6) に更新されるとともに、区間長 $R N G$ は 4 0 0 0 0 0 (= 1 0 0 0 0 0 0 × 0 . 4) に更新される。つまり、第 1 番目の画素値に対応して、6 0 0 0 0 0 の下限値 L_o と、1 0 0 0 0 0 0 の上限値と、4 0 0 0 0 0 の区間長 $R N G$ とを有する区間が選択される。

10

【 0 0 8 4 】

第 2 番目の画素値は 3 であるため、下限値 L_o は 7 2 0 0 0 0 (= 6 0 0 0 0 0 + 4 0 0 0 0 0 × 0 . 3) に更新されるとともに、区間長 $R N G$ は 1 2 0 0 0 0 (= 4 0 0 0 0 0 × 0 . 3) に更新される。つまり、第 2 番目の画素値に対応して、7 2 0 0 0 0 の下限値 L_o と、8 4 0 0 0 0 の上限値と、1 2 0 0 0 0 の区間長 $R N G$ とを有する区間が選択される。

20

【 0 0 8 5 】

同様の演算により、第 3 番目の画素値に対応して、7 9 2 0 0 0 の下限値 L_o と、8 4 0 0 0 0 の上限値と、4 8 0 0 0 の区間長とを有する区間が選択される。

【 0 0 8 6 】

同様の演算により、第 4 番目の画素値に対応して、7 9 6 8 0 0 の下限値 L_o と、8 0 6 4 0 0 の上限値と、9 6 0 0 の区間長 $R N G$ とを有する区間が選択される。この場合、区間長 $R N G$ が 1 0 0 0 0 より小さいため、区間長 $R N G$ の 9 6 0 0 を 1 0 0 倍するとともに、下限値 L_o の 7 9 6 8 0 0 を 1 0 0 倍することによって、区間を拡張する。従って、下限値 L_o は、7 9 6 8 0 0 0 0 になり、オーバーフローする。そこで、上位 2 桁の「7 9」を取り出し、オーバーフロー値として保持するとともに、下限値 L_o を 6 8 0 0 0 に修正する。

30

【 0 0 8 7 】

以降、第 1 番目の画素値から第 4 番目の画素値までの処理と同様にして、第 5 番目の画素値から第 1 0 番目の画素値まで、式 (1) 及び式 (2) に基づいて、区間を次々に細分化する。そして、オーバーフロー値「7 9」と、オーバーフロー値「1 1 4」と、最終的な区間の下限値 L_o 「6 4 6 7 8 4」とに基づいて、符号化データ「8 0 1 4 6 4 6 7 8 4」を作成し、画像の符号化を完了する。

【 0 0 8 8 】

次に、図 1、図 5、図 6、図 7 (a)、及び図 7 (b) を参照して、レンジコーダ符号化部 8 0 について説明する。図 1 に示すように、レンジコーダ符号化部 8 0 は、ランレングス符号化部 7 0 が出力したランレングス符号化データ $H D$ を受け取る。ランレングス符号化データ $H D$ は、複数の要素データ $G G 1$ と、複数の要素データ $G G 2 2$ と、複数の要素データ $G G 2 3$ とにより構成される。以下、要素データ $G G 1$ 、要素データ $G G 2 2$ 、及び要素データ $G G 2 3$ を総称して「要素データ $E L$ 」と記載し、「要素データ $E L$ 」が表す係数値を要素値と記載する場合がある。

40

【 0 0 8 9 】

レンジコーダ符号化部 8 0 は、ランレングス符号化データ $H D$ ごとに、レンジコーダによりランレングス符号化データ $H D$ を符号化し、符号化データ $I D$ を作成して通信部 1 3 0 に出力する。レンジコーダは、0 と所定の整数値との間の整数区間を、ランレングス符号化データ $H D$ を構成する各要素値の出現確率に応じて次々に細分化し、最終的な

50

区間に含まれる1つの整数によってランレングス符号化データHDを表現し、ランレングス符号化データHDを符号化する符号化技術である。この場合、所定の整数は1より大きい整数値である。所定の整数として、比較的大きい整数値が採用される。また、レンジコーダでは、区間の区間長が一定値よりも小さくなった場合、区間長を整数倍することによって、区間を拡張し、要素値の出現確率に応じた区間の細分化を継続する。

【0090】

ただし、本実施形態では、図4(a)及び図4(c)を参照して説明した一般的なレンジコーダの手順と異なる手順を採用する。

【0091】

以下、レンジコーダ符号化部80が、10個の要素データELから構成されるランレングス符号化データHDを符号化する例を参照しながら説明する。要素データELの各々が表す要素値は、1~4のいずれかの整数値を取り得る。10個の要素データELが表す要素値は、4、3、4、2、3、4、1、3、4、2、である。

10

【0092】

図5は、レンジコーダ符号化部80を示す機能ブロック図である。図6は、レンジコーダ符号化部80が実行するレンジコーダ符号化処理を示すフローチャートである。図7(a)は、レンジコーダ符号化部80が作成する出現確率テーブル82を示す図である。出現確率テーブル82は、要素値と、要素値の出現確率の分子の指数iCと、要素値の出現確率の下限値の分子Lrcとを対応付けたテーブルである。図7(b)は、レンジコーダ符号化部80による符号化の手順を示す図である。図7(b)において、「0x」は数値が16進数で表されていることを示す。

20

【0093】

図5に示すように、レンジコーダ符号化部80は、出現確率算出部80aと、分子指数算出部80bと、下限値分子算出部80cと、分母指数算出部80dと、符号化部80eとを含む。

【0094】

図5、図6、及び図7(a)に示すように、レンジコーダ符号化部80は、ステップS1~ステップS7の処理を実行し、出現確率テーブル82を作成する。

【0095】

すなわち、ステップS1において、レンジコーダ符号化部80の出現確率算出部80aは、ランレングス符号化データHDの要素データELが表す要素値の出現確率を算出する。要素値が1の場合は、出現確率は1/10であり、要素値が2の場合は、出現確率は2/10であり、要素値が3の場合は、出現確率は3/10であり、要素値が4の場合は、出現確率は4/10である。

30

【0096】

ステップS3において、分子指数算出部80bは、要素値の出現確率の分子を2の累乗で表したときの指数iCを算出し、要素値に指数iCを対応付ける。ステップS3は分子指数算出処理に相当する。例えば、図7(a)に示すように、要素値が1の場合は、要素値の出現確率(=1/10)の分子は1(=2⁰)であり、指数iCは0である。要素値が2の場合は、要素値の出現確率(=2/10)の分子は2(=2¹)であり、指数iCは1である。要素値が4の場合は、要素値の出現確率(=4/10)の分子は4(=2²)であり、指数iCは2である。

40

【0097】

ただし、分子指数算出部80bは、要素値の出現確率の分子が2の累乗でない場合、2の累乗でない分子に代えて、2の累乗でない分子よりも小さく、2の累乗でない分子に最も近似する2の累乗を、要素値の出現確率の分子として設定し、設定された分子を2の累乗で表したときの指数iCを要素値に対応付ける。例えば、図7(a)に示すように、要素値が3の場合は、要素値の出現確率(=3/10)の分子(=3)は2の累乗でないため、分子(=3)よりも小さく分子(=3)に最も近似する2の累乗(=2¹)を、要素値の出現確率の分子(=2¹)として設定し、設定された分子(=2¹)を2の累乗で表し

50

たときの指数 $i_C (= 1)$ を要素値に対応付ける。

【0098】

なお、分子指数算出部 80b は、要素値の出現確率の分子が 2 の累乗でない場合、2 の累乗でない分子に代えて、2 の累乗でない分子よりも大きく、2 の累乗でない分子に最も近似する 2 の累乗を、要素値の出現確率の分子として設定し、設定された分子を 2 の累乗で表したときの指数 i_C を要素値に対応付けてもよい。

【0099】

ステップ S5 において、下限値分子算出部 80c は、式 (3) により、要素値の出現確率の下限値の分子 Lrc を算出する。式 (3) において、 $Lrcp$ は前回の処理対象としての要素値の出現確率の下限値の分子 Lrc を示し、 Ap は前回の処理対象としての要素値の出現確率の分子を示す。最初の処理対象の要素値の場合、本実施形態では、 $Lrcp$ 及び Ap の各々に 0 が入力される。

10

【0100】

$$Lrc = Lrcp + Ap \quad \dots (3)$$

【0101】

例えば、図 7 (a) に示すように、最初の処理対象としての要素値 (= 1) の場合は、 $Lrcp$ 及び Ap の各々には 0 が入力されるため、下限値の分子 Lrc は 0 である。次の処理対象としての要素値 (= 2) の場合は、 $Lrcp$ に前回の処理対象としての要素値 (= 1) の出現確率の下限値の分子 $Lrc (= 0)$ が入力され、 Ap に前回の処理対象としての要素値 (= 1) の出現確率の分子 (= 1) が入力されるため、下限値の分子 Lrc は 1 である。更に次の処理対象としての要素値 (= 3) の場合は、 $Lrcp$ に前回の処理対象としての要素値 (= 2) の出現確率の下限値の分子 $Lrc (= 1)$ が入力され、 Ap に前回の処理対象としての要素値 (= 2) の出現確率の分子 (= 2) が入力されるため、下限値の分子 Lrc は 3 である。

20

【0102】

更に次の処理対象としての要素値 (= 4) の場合は、 $Lrcp$ に前回の処理対象としての要素値 (= 3) の出現確率の下限値の分子 $Lrc (= 3)$ が入力され、 Ap に前回の処理対象としての要素値 (= 3) の出現確率の分子 (= 2) が入力されるため、下限値の分子 Lrc は 5 である。なお、前回の処理対象としての要素値 (= 3) の場合は、要素値の出現確率 (= $3/10$) の分子 (= 3) は 2 の累乗でないため、分子 (= 3) よりも小さく分子 (= 3) に最も近似する 2 の累乗 (= 2^1) が、要素値の出現確率の分子 (= 2^1) として設定されている (ステップ S3)。

30

【0103】

なお、要素値の出現確率の下限値を Lw 、前回の処理対象としての要素値の出現確率の下限値を Lwp 、前回の処理対象としての要素値の出現確率を Crc で表すと、 Lw は、式 (4) により算出される。 Lwp 及び Crc の初期値は 0 である。

【0104】

$$Lw = Lwp + Crc \quad \dots (4)$$

【0105】

ステップ S7 において、下限値分子算出部 80c は、全ての要素値 (1 ~ 4) に対して、ステップ S1 ~ ステップ S5 の処理が完了したか否か判定する。下限値分子算出部 80c は、処理が完了していないと判定した場合 (ステップ S7 で No)、処理をステップ S1 に進め、処理が完了したと判定した場合 (ステップ S7 で Yes)、出現確率テーブル 82 が完成したため、処理をステップ S9 に進める。本実施形態では、要素値は 4 種類 (1 ~ 4) であるため、ステップ S1 ~ ステップ S7 の処理が 4 回実行される。

40

【0106】

ステップ S9 において、分母指数算出部 80d は、要素値の出現確率の分母を 2 の累乗で表したときの指数 i_{TR} を算出する。ステップ S9 は分母指数算出処理に相当する。具体的には、分母指数算出部 80d は、要素値の各々の出現確率の下限値の分子 Lrc のうちの最大値よりも大きく、最大値に最も近似する 2 の累乗を、要素値の出現確率の分母と

50

して設定し、指数 i_{TR} を算出する。例えば、図 7 (a) に示すように、要素値の出現確率の下限値の分子 L_{rc} は、0、1、3、5 であり、最大値は 5 である。従って、最大値 (= 5) よりも大きく、最大値 (= 5) に最も近似する 2 の累乗 (= 2^3) を、要素値の出現確率の分母として設定し、指数 i_{TR} (= 3) を算出する。

【 0 1 0 7 】

ステップ S 9 の後、符号化部 8 0 e は、ステップ S 1 1 ~ ステップ S 2 1 の処理を実行し、ランレングス符号化データ HD を構成する複数の要素データ EL のうちの処理対象の要素データ EL を更新するたびに、数直線上に設定された区間を細分化し、ランレングス符号化データ HD を符号化する。

【 0 1 0 8 】

すなわち、ステップ S 1 1 において、符号化部 8 0 e は、処理対象の要素データ EL が表す要素値の出現確率の下限値の分子 L_{rc} 、要素値の出現確率の分母を 2 の累乗で表したときの指数 i_{TR} 、及び数直線上に設定された区間の区間長を 2 の累乗で表したときの指数 i_R を使用して、式 (5) により、数直線上に設定された区間の下限値 L_{ow} を更新する。式 (5) において、演算子「 = 」は代入を示す。例えば、図 7 (b) に示すように、下限値 L_{ow} の初期値として、 0×000 を設定し、指数 i_R の初期値として、1 2 を設定する。

【 0 1 0 9 】

$$L_{ow} = L_{ow} + L_{rc} \times 2^{(i_R - i_{TR})} \quad \dots (5)$$

【 0 1 1 0 】

具体的には、符号化部 8 0 e は、式 (5) を演算するときには、2 進数で表された分子 L_{rc} を、「 $i_R - i_{TR}$ 」で表されるビット数だけ左にシフトするビット演算を実行して、 $L_{rc} \times 2^{(i_R - i_{TR})}$ を算出する。なお、図 6 のステップ S 1 1 における演算子「 << 」は、2 進数で表された各ビットを左にシフトするビット演算 (つまり、シフト演算) を示す。従って、「 $L_{rc} << (i_R - i_{TR})$ 」は、2 進数で表される「 L_{rc} 」を、「 $i_R - i_{TR}$ 」で表されるビット数だけ左にシフトするビット演算を実行することを示す。その結果、1 0 進数で表される「 L_{rc} 」が「 $2^{(i_R - i_{TR})}$ 」倍される。

【 0 1 1 1 】

ステップ S 1 3 において、符号化部 8 0 e は、処理対象の要素データ EL が表す要素値の出現確率の分子を 2 の累乗で表したときの指数 i_C 、及び指数 i_{TR} を使用して、式 (6) により、指数 i_R を更新する。式 (6) において、演算子「 = 」は代入を示す。例えば、図 7 (b) に示すように、指数 i_R の初期値として、1 2 を設定する。

【 0 1 1 2 】

$$i_R = i_R + i_C - i_{TR} \quad \dots (6)$$

【 0 1 1 3 】

ステップ S 1 1 及びステップ S 1 3 の処理について具体例を挙げて説明する。図 7 (b) に示すように、1 0 個の要素データ EL のうち第 1 番目の要素データ EL が表す要素値は 4 であるため、下限値 L_{ow} は $0 \times A00$ (= $0 \times 00 + 5 \times 2^{12-3}$) に更新されるとともに、指数 i_R は 1 1 (= $12 + 2 - 3$) に更新される。つまり、第 1 番目の要素データ EL が表す要素値に対応して、 $0 \times A00$ の下限値 L_{ow} と 2^{11} の区間長とを有する区間が選択される。

【 0 1 1 4 】

次に、第 2 番目の要素データ EL が表す要素値は 3 であるため、下限値 L_{ow} は $0 \times D00$ (= $0 \times A00 + 3 \times 2^{11-3}$) に更新されるとともに、指数 i_R は 9 (= $11 + 1 - 3$) に更新される。つまり、第 2 番目の要素データ EL が表す要素値に対応して、 $0 \times D00$ の下限値 L_{ow} と 2^9 の区間長とを有する区間が選択される。以降、同様の演算により、下限値 L_{ow} 及び指数 i_R が更新される。

【 0 1 1 5 】

ステップ S 1 5 において、符号化部 8 0 e は、指数 i_R が所定値 MAX 以下か否かを判定する。符号化部 8 0 e は、指数 i_R が所定値 MAX 以下でないと判定した場合 (ステッ

10

20

30

40

50

ブ S 1 5 で N o)、処理をステップ S 1 9 に進め、指数 i_R が所定値 M A X 以下であると判定した場合 (ステップ S 1 5 で Y e s)、処理をステップ S 1 7 に進める。本実施形態では、所定値 M A X は 1 より大きい整数である。

【 0 1 1 6 】

例えば、所定値 M A X を 4 に設定する。この場合、図 7 (b) に示すように、第 5 番目の要素データ E L が表す要素値 (= 3) に対応して算出された指数 i_R は 4 であるため、処理はステップ S 1 7 に進む。

【 0 1 1 7 】

ステップ S 1 7 において、符号化部 8 0 e は、下限値 L o w に所定数 2^C を掛け合わせるとともに (2^C 倍)、指数 i_R で表される区間長 (= 2^{i_R}) に所定数 2^C を掛け合わせる (2^C 倍)。本実施形態では、所定数 2^C の指数 C は 0 より大きい整数である。具体的には、区間長 (= 2^{i_R}) に所定数 2^C を掛け合わせる演算を実行する代わりに、指数 i_R に指数 C を加算して、指数 i_R を更新することによって区間を拡張する。

10

【 0 1 1 8 】

例えば、所定数 2^C を 2^8 に設定する。この場合、図 7 (b) に示すように、第 5 番目の要素データが表す要素値 (= 3) に対応して算出された下限値 L o (= $0 \times E 7 8$) を 2^8 倍するとともに、指数 i_R (= 4) で表される区間長 (= 2^4) を 2^8 倍することによって区間を拡張する。従って、指数 i_R は 1 2 になる。しかし、下限値 L o w が、 $0 \times E 7 8 0 0$ になり、オーバーフローする。そこで、上位 2 桁の「 E 7 」を取り出し、オーバーフロー値として保持するとともに、下限値 L o w を $0 \times 8 0 0$ に修正する。

20

【 0 1 1 9 】

ステップ S 1 9 において、符号化部 8 0 e は、ランレングス符号化データ H D を構成する全ての要素データ E L が表す要素値に対して、ステップ S 1 1 ~ ステップ S 1 7 の処理が完了したか否かを判定する。符号化部 8 0 e は、処理が完了していないと判定した場合 (ステップ S 1 9 で N o)、処理をステップ S 1 1 に進め、処理が完了したと判定した場合 (ステップ S 1 9 で Y e s)、処理をステップ S 2 1 に進める。本実施形態では、1 0 個の要素データ E L を処理するため、ステップ S 1 1 ~ ステップ S 1 9 の処理が 1 0 回実行される。

【 0 1 2 0 】

ステップ S 2 1 において、符号化部 8 0 e は、最後尾の要素データ E L の表す要素値に対応して算出された下限値 L o w (つまり、区間長の最も短い区間の下限値 L o w) に基づいて符号化データ I D を作成し、ランレングス符号化データ H D の符号化を完了する。さらに、符号化部 8 0 e は、符号化データ I D に、複数の指数データ E X を付属データ A T として付属させる。複数の指数データ E X は、それぞれ、複数の指数 i_C を表す。複数の指数データ E X は、それぞれ、複数の要素値と関連付けられている。本実施形態では、付属データ A T は、1 を示す要素値に対応する指数 i_C (= 0) を表す指数データ E X と、2 を示す要素値に対応する指数 i_C (= 1) を表す指数データ E X と、3 を示す要素値に対応する指数 i_C (= 1) を表す指数データ E X と、4 を示す要素値に対応する指数 i_C (= 2) を表す指数データ E X とを含む。

30

【 0 1 2 1 】

また、符号化部 8 0 e は、オーバーフロー値を保持している場合は、オーバーフロー値と、最後尾の要素データ E L の表す要素値に対応して算出された下限値 L o w とに基づいて符号化データ I D を作成する。例えば、図 7 (b) に示すように、オーバーフロー値 (= $0 \times E 7 0 0 0$) と下限値 L o w (= $0 \times E 1 2 8 C$) とに基づいて、符号化データ I D (= $0 \times E 8 2 8 C$) が作成される。なお、図 7 (b) において、演算子「 & 」は、ビット演算におけるビットごとの論理積を示す。また、1 回だけ桁上がりをしているため、オーバーフロー値 (= $0 \times E 7$) の下位に 3 桁の $0 \times 0 0 0$ を付加して、オーバーフロー値 (= $0 \times E 7 0 0 0$) を作成している。 $0 \times 0 0 0$ を付加したのは、下限値 L o w の初期値が 3 桁だからである。

40

【 0 1 2 2 】

50

符号化部 80e は、圧縮画像データとして、符号化データ ID (= 0 x E 8 2 8 C) と付属データ AT とを通信部 130 に出力し、処理を終了する。

【0123】

図 1 を参照して、通信部 130 について説明する。通信部 130 は、レンジコーダ符号化部 80 が出力した符号化データ ID 及び付属データ AT を、圧縮画像データとして、ネットワーク 300 を介して、操縦装置 200 に送信する。

【0124】

以上、図 1 及び図 5 ~ 図 7 を参照して説明したように、本実施形態に係る符号化装置によれば、レンジコーダ符号化部 80 の分子指数算出部 80b が要素値の出現確率の分子を 2 の累乗で表したときの指数 i_C を算出するとともに、分母指数算出部 80d が要素値の出現確率の分母を 2 の累乗で表したときの指数 i_{TR} を算出する。すなわち、要素値の出現確率の分子が 2 の累乗で表されるとともに、要素値の出現確率の分母が 2 の累乗で表される。

10

【0125】

従って、符号化の際に使用する式 (5) には、除算が含まれず、乗算は、2 の累乗 (つまり、 $2^{(i_R - i_{TR})}$) と整数 (つまり、 Lrc) との乗算になる。その結果、2 進数のシフト演算と和算とにより、数直線上の区間の下限値 Low を算出できる。シフト演算及び和算は、乗算及び除算と比較して、コンピューターによる高速処理が可能な演算である。加えて、符号化の際に使用する式 (6) には、除算及び乗算が含まれず、和算と減算とにより、数直線上の区間を表す指数 i_R を算出できる。和算及び減算は、乗算及び除算と比較して、コンピューターによる高速処理が可能な演算である。

20

【0126】

式 (5) 及び式 (6) を、シフト演算と和算と減算とで実行することにより、乗算及び / 又は除算を実行する場合と比較して、コンピューターに対する負荷を抑制しつつ、レンジコーダによる符号化を高速に実行できる。従って、搭載するコンピューターに制約のある環境下においても、レンジコーダによる符号化の処理速度を向上させることができる。例えば、ロボット 100 が高速なコンピューターを搭載することが困難な場合であっても、レンジコーダによる符号化の処理速度を向上させることができる。また、レンジコーダ符号化部 80 は、浮動小数点数を使用せず、整数値だけを使用するため、更に処理を高速化できる。

30

【0127】

また、本実施形態によれば、分子指数算出部 80b は、要素値の出現確率の分子が 2 の累乗でない場合、2 の累乗でない分子よりも小さく、2 の累乗でない分子に最も近似する 2 の累乗を、要素値の出現確率の分子として設定する。加えて、分母指数算出部 80d は、要素値の各々の出現確率の下限値の分子 Lrc のうちの最大値よりも大きく、最大値に最も近似する 2 の累乗を、要素値の出現確率の分母として設定する。従って、簡易な処理により、出現確率の分子と分母との各々を確実に 2 の累乗で表すことができる。

【0128】

さらに、本実施形態によれば、式 (5) 及び式 (6) を使用して、数直線上の区間の下限値 Low と区間長を表す指数 i_R とを更新することによって、コンピューターに対する負荷を抑制しつつ、レンジコーダによる符号化を高速に実行できる。

40

【0129】

また、図 1 及び図 3 を参照して説明したように、本実施形態によれば、記憶部 40a は、所定数の DWT 用乗算値を予め記憶している。従って、DWT 部 40 は、DWT 用乗算値を使用することで、乗算及び除算を実行することなく、離散ウェーブレット変換を実行できる。その結果、乗算を実行して離散ウェーブレット変換を実行する場合と比較して、高速に離散ウェーブレット変換を実行できる。なお、一般的な離散ウェーブレット変換でも除算は含まない。

【0130】

さらに、本実施形態によれば、DWT 部 40 は、分解レベル 0 の画像データ DD を、分

50

解レベル 1 を経由することなく、分解レベル 2 の変換データ E D に変換する。従って、記憶部 4 0 a に記憶された D W T 用乗算値を使用した D W T 部 4 0 による演算時の誤差の蓄積を抑制できる。その結果、復号後の画像の画質の低下を抑制できる。

【 0 1 3 1 】

なお、分解レベル 0 の画像データを、分解レベル 1 を経由して、分解レベル 2 の変換データに変換する場合について説明する。この場合に、離散ウェーブレット変換で使用する複数の乗算値を予め記憶部に記憶して、離散ウェーブレット変換を実行すると、分解レベル 1 に変換した後、分解レベル 2 に変換するためには、ドベシィの数列と掛け算すべき画素値を 0 ~ 2 5 5 の範囲の整数値に丸める必要がある。この丸める処理が頻発すると、丸め誤差が蓄積して画像の品質を低下させる可能性がある。そこで、本実施形態では、分解レベル 1 を経由していない。

10

【 0 1 3 2 】

また、図 1 を参照して説明したように、本実施形態によれば、ゼロ変換部 5 0 は、変換データ E D の高周波成分 H 2 に対して、所定ビット数 B だけ右にシフトするビット演算を実行し、0 に近似する係数データを 0 に変換する。従って、変換データ E D から近似データ F D を作成する処理の高速化を図ることができる。

【 0 1 3 3 】

さらに、本実施形態によれば、ガウス分布作成部 6 0 は、近似データ F D を構成する複数の係数データがガウス分布を形成するように、近似データ F D を処理する。従って、ガウス分布作成部 6 0 よりも後段に位置するレンジコーダ符号化部 8 0 によるデータ圧縮率を向上させることができる。

20

【 0 1 3 4 】

さらに、本実施形態によれば、ランレンジ符号化部 7 0 は、ランレンジ符号化を実行するため、データ圧縮率を更に向上させることができる。また、ランレンジ符号化部 7 0 は、期待値 E P 2 を有するガウス分布を形成するように、高周波成分 G 2 に対応する複数の要素データ G G 2 2 を作成する。一方、低周波成分 G 1 に対応する複数の要素データ G G 1 は、期待値 E P 2 と同じ期待値 E P 1 を有するガウス分布を形成している。従って、複数の要素データ G G 1 のガウス分布と複数の要素データ G G 2 2 のガウス分布とを重ねることができる。その結果、ランレンジ符号化部 7 0 よりも後段に位置するレンジコーダ符号化部 8 0 によるデータ圧縮率を更に向上させることができる。

30

【 0 1 3 5 】

さらに、本実施形態に係る符号化装置 1 2 0 によれば、6 4 画素 × 8 0 画素のカラー画像を表す画像データ A D を、1 5 3 6 0 バイトから約 1 3 0 0 バイトまで圧縮できる（後述する実施例 1 を参照）。無線 L A N の規格では、一般的に、1 パケットで送信できるデータのサイズの最大値は、1 5 0 0 バイトである。従って、6 4 画素 × 8 0 画素のカラー画像を 1 パケットで送信できる。1 フレーム（1 枚）が 3 2 0 画素 × 2 4 0 画素のカラー画像を送信する場合は、画像分割部 2 0 により、カラー画像に対応する画像データ B D を 1 5 分割する。従って、3 2 0 画素 × 2 4 0 画素のカラー画像を 1 5 パケットで送信できる。また、1 3 0 0 バイト × 1 5 は 1 9 5 0 0 バイトである。従って、通信部 1 3 0 による通信速度が 5 M b p s の場合、操縦装置 2 0 0 に 1 秒当たり 3 2 フレーム（3 2 枚）のカラー画像を送信できる。その結果、撮影部 1 1 0 が 1 秒当たり 3 0 フレーム（3 0 枚）のカラー画像を出力する場合に、リアルタイムで全てのカラー画像を送信でき、操縦装置 2 0 0 でロボット 1 0 0 を操縦する場合に好適である。

40

【 0 1 3 6 】

ただし、1 秒当たり 3 0 フレームより少ないカラー画像を送信してもよい。例えば、平坦な路面においてロボット 1 0 0 を水平移動させる場合、又は障害物のない垂直な場所においてロボット 1 0 0 を垂直移動させる場合では、操縦装置 2 0 0 に 1 秒当たり 1 0 フレーム（1 0 枚）のカラー画像を送信できればよい。また、ロボット 1 0 0 が静止している場合は、操縦装置 2 0 0 に 1 秒当たり 3 フレーム（3 枚）のカラー画像を送信できればよい。

50

【 0 1 3 7 】

ロボット 1 0 0 の置かれている環境によって、1 秒あたりに送信するカラー画像のフレーム数（枚数）を調整できるが、データ圧縮率は高い程好ましい。必要なフレーム数のカラー画像の通信の完了後に、次の通信まで通信部 1 3 0 を待機させることにより、ロボット 1 0 0 の消費エネルギーを抑制できる。

【 0 1 3 8 】

ロボット 1 0 0 の消費エネルギーを抑制できるため、ロボット 1 0 0 に搭載するバッテリーを小型化できる。バッテリーの小型化によって、ロボット 1 0 0 を軽量化できる。ロボット 1 0 0 の軽量化によって、ロボット 1 0 0 に搭載するモーターを小型化できる。その結果、更に消費エネルギーが抑制され、更にバッテリーを小型化できる。つまり、ロボット 1 0 0 の開発において良質なスパイラルが生じ得る。

10

【 0 1 3 9 】

次に、図 1 及び図 8 を参照して、ロボット 1 0 0 が実行する符号化方法について説明する。図 8 は、ロボット 1 0 0 が実行する符号化方法を示すフローチャートである。

【 0 1 4 0 】

図 1 及び図 8 に示すように、ステップ S 1 0 1 において、ロボット 1 0 0 の撮影部 1 1 0 は、撮影部 1 1 0 の視野内の物体及び環境を撮影し、画像データ A D を符号化装置 1 2 0 の色形式変換部 1 0 に出力する。

【 0 1 4 1 】

ステップ S 1 0 3 において、色形式変換部 1 0 は、画像データ A D の色形式を変換し、画像データ B D を画像分割部 2 0 に出力する。

20

【 0 1 4 2 】

ステップ S 1 0 5 において、画像分割部 2 0 は、画像データ B D を複数の画像データに分割し、複数の画像データを複数の分割画像データ C D として色成分結合部 3 0 に出力する。

【 0 1 4 3 】

ステップ S 1 0 7 において、色成分結合部 3 0 は、分割画像データ C D から Y 成分と U 成分と V 成分とを抽出し、Y 成分と U 成分と V 成分とを結合し、結合した Y 成分と U 成分と V 成分とを画像データ D D として D W T 部 4 0 に出力する。

【 0 1 4 4 】

ステップ S 1 0 9 において、D W T 部 4 0 は、画像データ D D に対して離散ウェーブレット変換を実行し、離散ウェーブレット変換が実行された画像データ D D を変換データ E D（第 1 変換データ）としてゼロ変換部 5 0 に出力する。

30

【 0 1 4 5 】

ステップ S 1 1 1 において、ゼロ変換部 5 0 は、変換データ E D に対して近似処理を実行し、近似処理後の変換データ E D を、近似データ F D（第 2 変換データ）として、ガウス分布作成部 6 0 に出力する。近似処理とは、0 に近似する係数データを 0 に変換する処理のことである。

【 0 1 4 6 】

ステップ S 1 1 3 において、ガウス分布作成部 6 0 は、近似データ F D を構成する複数の係数データがガウス分布を形成するように、近似データ F D を処理し、処理された近似データ F D を、ガウス分布データ G D としてランレンジ符号化部 7 0 に出力する。

40

【 0 1 4 7 】

ステップ S 1 1 5 において、ランレンジ符号化部 7 0 は、ガウス分布データ G D に対して、ランレンジ符号化を実行し、ランレンジ符号化後のガウス分布データ G D を、ランレンジ符号化データ H D として、レンジコーダ符号化部 8 0 に出力する。

【 0 1 4 8 】

ステップ S 1 1 7 において、レンジコーダ符号化部 8 0 は、レンジコーダによりランレンジ符号化データ H D を符号化し、符号化データ I D 及び付随データ A T を作成して通信部 1 3 0 に出力する。ステップ S 1 1 7 の処理の詳細は、図 6 に示したレンジコー

50

ダー符号化処理と同様である。

【0149】

ステップS119において、通信部130は、圧縮画像データとしての符号化データID及び付属データATを、ネットワーク300を介して、操縦装置200に送信する。以降、ステップS101で順次作成される画像データADに対して、ステップS103～ステップS119の処理が繰り返し実行される。

【0150】

なお、変換データED、近似データFD、ガウス分布データGD、ランレングス符号化データHD、及び符号化データIDは、画像データADに基づくデータであるため、画像データと称することもできる。

【0151】

以上、図8を参照して説明したように、本実施形態に係る符号化方法によれば、搭載するコンピューターに制約のある環境下においても、レンジコーダーによる符号化の処理速度を向上させることができる。

【0152】

次に、図1及び図9を参照して、ロボット100の電気的構成について説明する。図9は、ロボット100の電気的構成を示す図である。ロボット100は、コンピューターとしてのFPGA(Field Programmable Gate Array)140と、カメラ110Aと、通信機130Aと、単数又は複数のモーター150とを備える。FPGA140はメモリー140aを含む。メモリー140aは、各種データを記憶したり、FPGA140のワーク領域として機能したりする。メモリー140aは、例えば、単数又は複数の半導体メモリーである。半導体メモリーは、例えば、フラッシュメモリー、RAM、及び/又はROMである。

【0153】

FPGA140は、各種演算を実行して、カメラ110A、通信機130A、及び各モーター150を制御する。また、図1に示すように、FPGA140は、符号化装置120として機能する。メモリー140aは記憶部40aとして機能する。カメラ110Aは、FPGA140に制御され、撮影部110として機能する。カメラ110Aは、例えば、イメージセンサーである。通信機130Aは、FPGA140に制御され、通信部130として機能する。通信機130Aは、アンテナを有し、ネットワーク300と無線接続される。モーター150は、ロボット100の機能に応じた数だけ備えられる。モーター150は、FPGA140に制御され、ロボット100の被駆動部を駆動する。モーター150は、例えば、サーボモーターである。

【0154】

次に、図10を参照して、操縦装置200の詳細について説明する。図10は、操縦装置200を示す機能ブロック図である。操縦装置200は、通信部210と、復号装置220と、表示部230とを備える。

【0155】

通信部210は、ネットワーク300を介して圧縮画像データとしての符号化データID及び付属データATをロボット100から受信し、符号化データID及び付属データATを復号装置220に出力する。通信部210は、例えば、ネットワーク300と無線で接続され、無線通信を実行する。本実施形態では、通信部210は、ネットワーク300にアクセスするときの通信プロトコルとして、UDP/IPを採用する。復号装置220は、符号化データIDを復号することによって解凍し、画像データAD#を表示部230に出力する。表示部230は、画像データAD#に基づく画像を表示する。

【0156】

以下、具体例を挙げながら、復号装置220の詳細について説明する。復号装置220は、レンジコーダー復号部15と、ランレングス復号部25と、ガウス分布解消部35と、逆離散ウェーブレット変換部45(以下、「IDWT部45」と記載する。)と、分割画像復元部55と、分割画像結合部65と、色形式変換部75とを備える。IDWT部4

10

20

30

40

50

5 は記憶部 45 a を含む。

【0157】

レンジコーダ復号部 15 について説明する前に、一般的なレンジコーダによる符号化データの復号について説明する。一般的なレンジコーダによる復号では、画素値の出現確率 Crc 及び画素値に対応する下限値 Lr を使用して、復号のための計算媒体 Cod を式 (7) により算出するとともに、区間の区間長 RNG を式 (8) により算出することによって、区間を次々に細分化する。式 (7) 及び式 (8) において、演算子「=」は代入を示す。

【0158】

$$Cod = Cod - RNG \times Lr \quad \dots (7)$$

$$RNG = RNG \times Crc \quad \dots (8)$$

10

【0159】

以下、図 4 (a) 及び図 4 (c) を参照して説明した一般的なレンジコーダによる符号化データ「8014646784」を復号する例を説明する。図 11 を参照する。図 11 は、一般的なレンジコーダによる符号化データの復号の手順を示す図である。図 11 に示す数値は 10 進数である。

【0160】

図 11 に示すように、符号化データ「8014646784」の上位 6 桁「801464」を抽出し、計算媒体 Cod として扱う。区間長 RNG として、符号化のときと同じ 1000000 を使用する。従って、画素値の出現確率の下限値の予測値 ($= Cod / RNG$) は 0.801 と算出される。そして、図 4 (a) の出現確率テーブルを参照して、予測値「0.801」が属する下限値 Lr と上限値 Hr とにより形成される区間を探索し、探索した区間に対応する画素値を特定する。予測値「0.801」が属する区間は、0.6 ~ 1.0 の区間である。従って、0.6 ~ 1.0 の区間に対応する画素値が 4 であると特定される。つまり、最初の画素値が復号された。区間を探索して画素値を特定する手法としては、二分探索法等の反復法を使用する。

20

【0161】

以降、式 (7) 及び式 (8) を使用して、計算媒体 Cod 及び区間長 RNG を更新し、画素値の出現確率の下限値の予測値 ($= Cod / RNG$) を順次算出する。そして、図 4 (a) の出現確率テーブルを参照して、順次算出される予測値に基づいて、画素値を順次特定し、復号を完了する。その結果、画像を構成する 10 個の画素の画素値として、4、3、4、2、3、4、1、3、4、2 を取得できる。

30

【0162】

例えば、第 2 番目の画素値を復号するために、計算媒体 Cod が 201464 ($= 801464 - 1000000 \times 0.6$) と算出され、区間長 RNG が 400000 ($= 1000000 \times 0.4$) と算出される。その結果、予測値 ($= Cod / RNG$) が 0.504 と算出される。そして、図 4 (a) の出現確率テーブルを参照して、画素値が 3 と特定される。

【0163】

次に、図 1、図 10、及び図 12 ~ 図 15 を参照して、レンジコーダ復号部 15 について説明する。図 1 及び図 10 に示すように、レンジコーダ復号部 15 は、通信部 210 が出力した符号化データ ID 及び付属データ AT を受け取る。レンジコーダ復号部 15 は、符号化データ ID ごとに、符号化データ ID を復号し、ランレングス符号化データ HD をランレングス復号部 25 に出力する。符号化データ ID は、レンジコーダ符号化部 80 がレンジコーダによりランレングス符号化データ HD を符号化した符号化データである。本実施形態では、図 11 を参照して説明した一般的なレンジコーダによる符号化データの復号の手順と異なる手順を採用する。

40

【0164】

以下、レンジコーダ復号部 15 が、図 7 (a) 及び図 7 (b) を参照して説明した符号化データ ID ($= 0 \times E828C$) を復号する例を参照しながら説明する。

50

【0165】

図12は、レンジコーダ復号部15を示す機能ブロック図である。図13は、レンジコーダ復号部15が実行する処理を示すフローチャートである。図14は、レンジコーダ復号部15が作成する復号テーブル17(テーブル)を示す図である。復号テーブル17は、要素値の出現確率の下限値の予測値の分子 $iLrc$ と、要素値と、要素値の出現確率の下限値の分子 Lrc とを対応付けたテーブルである。図15は、レンジコーダ復号部15による復号の手順を示す図である。図15において、「0x」は数値が16進数で表されていることを示す。

【0166】

図12に示すように、レンジコーダ復号部15は、下限値分子算出部15aと、分母指数算出部15bと、テーブル作成部15cと、復号部15dとを含む。

10

【0167】

図12及び図13に示すように、レンジコーダ復号部15は、ステップS51~ステップS73の処理を実行することによって、符号化データIDを復号し、ランレングス符号化データHDを出力する。

【0168】

すなわち、レンジコーダ復号部15の下限値分子算出部15aは、要素値の出現確率の分子を2の累乗で表したときの指数 iC に基づいて、要素値の出現確率の下限値の分子 Lrc を算出する。具体的には、下限値分子算出部15aは、式(9)及び式(10)により、出現確率の下限値の分子 Lrc を算出する。式(9)において、 $Lrcp$ は前回の対象としての要素値の出現確率の下限値の分子 Lrc を示し、 W は、式(10)で示される。式(10)において、 iC は、前回の対象としての要素値に関連付けられた指数データEXが表す指数 iC を示す。指数データEXは付属データATに含まれている。

20

【0169】

$$Lrc = Lrcp + W \quad \dots (9)$$

$$W = 2^{iC} \quad \dots (10)$$

【0170】

例えば、最初の対象としての要素値(=1)の場合は、 $Lrcp$ 及び W の各々には0が入力されるため、下限値の分子 Lrc は0である。次の対象としての要素値(=2)の場合は、 $Lrcp$ に前回の対象としての要素値(=1)に対応する下限値の分子 Lrc (=0)が入力され、 iC に前回の対象としての要素値(=1)に対応する指数 iC (=0)が入力されるため、下限値の分子 Lrc は1である。更に次の対象としての要素値(=3)の場合は、 $Lrcp$ に前回の対象としての要素値(=2)に対応する下限値の分子 Lrc (=1)が入力され、 iC に前回の対象としての要素値(=2)に対応する指数 iC (=1)が入力されるため、下限値の分子 Lrc は3である。更に次の対象としての要素値(=4)の場合は、 $Lrcp$ に前回の対象としての要素値(=3)に対応する下限値の分子 Lrc (=3)が入力され、 iC に前回の対象としての要素値(=3)に対応する指数 iC (=1)が入力されるため、下限値の分子 Lrc は5である。

30

【0171】

ステップS53において、下限値分子算出部15aは、付属データATに含まれる各指数データEXに関連付けられている各要素値(1~4)に対して、ステップS51の処理が完了したか否か判定する。下限値分子算出部15aは、処理が完了していないと判定した場合(ステップS53でNo)、処理をステップS51に進め、処理が完了したと判定した場合(ステップS53でYes)、処理をステップS55に進める。

40

【0172】

本実施形態では、要素値は4種類(1~4)であるため、ステップS51の処理が4回実行される。その結果、操縦装置200において、ロボット100において作成された出現確率テーブル82(図7(a))と同じ出現確率テーブル(以下、「出現確率テーブル82」と記載する。)が作成される。つまり、下限値分子算出部15aは、ステップS51を繰り返すことで、要素値と、出現確率の分子の指数 iC と、出現確率の下限値の分子

50

L r c とに基づいて、出現確率テーブル 8 2 を算出する。

【 0 1 7 3 】

ステップ S 5 5 において、分母指数算出部 1 5 b は、要素値の出現確率の分母を 2 の累乗で表したときの指数 $i T R$ を算出する。具体的な処理は、図 6 のステップ S 9 の処理と同様である。従って、分母指数算出部 1 5 b は、指数 $i T R$ (= 3) を算出する。

【 0 1 7 4 】

図 1 2 ~ 図 1 4 に示すように、ステップ S 5 7 において、テーブル作成部 1 5 c は、出現確率の下限値の分子 L r c に基づいて、出現確率の下限値の予測値の分子 $i L r c$ と要素値とを対応付けた復号テーブル 1 7 を作成する。具体的には、テーブル作成部 1 5 c は、分子 $i L r c$ を更新しながら、出現確率テーブル 8 2 を参照して、分子 $i L r c$ の各々 10
に対して、分子 L r c を対応付け、対応付けた分子 L r c に基づき要素値を特定し、復号テーブル 1 7 を作成する。

【 0 1 7 5 】

例えば、テーブル作成部 1 5 c は、予測値の分子 $i L r c$ を、0 を最初の値として、0 に 1 を加算して更新する。テーブル作成部 1 5 c は、例えば、分子 $i L r c$ が 0 の場合、0 を示す分子 L r c が出現確率テーブル 8 2 に存在するため、分子 L r c に対応する要素値 (= 1) を、分子 $i L r c$ (= 0) と対応付ける。

【 0 1 7 6 】

例えば、テーブル作成部 1 5 c は、分子 $i L r c$ が 4 の場合、4 を示す分子 L r c が出現確率テーブル 8 2 に存在しないため、4 より小さく 4 に最も近似する 3 を示す分子 L r c 20
に対応する要素値 (= 3) を、分子 $i L r c$ (= 4) と対応付ける。なお、例えば、テーブル作成部 1 5 c は、分子 $i L r c$ が 4 の場合、4 を示す分子 L r c が出現確率テーブル 8 2 に存在しないため、4 より大きく 4 に最も近似する 5 を示す分子 L r c に対応する要素値 (= 4) を、分子 $i L r c$ (= 4) と対応付けてもよい。

【 0 1 7 7 】

ステップ S 5 7 の後、復号部 1 5 d は、ステップ S 5 9 ~ ステップ S 7 1 の処理を実行し、要素値を復号するたびに、数直線上に設定された区間を細分化し、符号化データ I D を復号する。

【 0 1 7 8 】

すなわち、ステップ S 5 9 において、復号部 1 5 d は、復号のための計算媒体 C o d e 30
、区間の区間長を 2 の累乗で表したときの指数 $i R$ 、及び指数 $i T R$ を使用して、式 (1 1) により、要素値の出現確率の下限値の予測値の分子 $i L r c$ を算出する。式 (1 1) において、演算子「 = 」は代入を示す。例えば、図 1 5 に示すように、計算媒体 C o d e の初期値として、符号化データ I D 「 0 x E 8 2 8 C 」のうちの上位 3 桁 0 x E 8 2 を設定し、指数 $i R$ の初期値として、1 2 を設定する。指数 $i T R$ は 3 である (ステップ S 5 5) 。なお、符号化データ I D の上位 3 桁を初期値に設定したのは、下限値 L o w の初期値が 3 桁だからである (図 7 (b)) 。

【 0 1 7 9 】

$$i L r c = C o d e \times 2^{-(i R - i T R)} \quad \dots (1 1)$$

【 0 1 8 0 】

具体的には、復号部 1 5 d は、式 (1 1) を演算するときには、2 進数で表された計算媒体 C o d e を、「 $i R - i T R$ 」で表されるビット数だけ右にシフトするビット演算を実行して、 $C o d e \times 2^{-(i R - i T R)}$ を算出する。なお、図 1 3 のステップ S 5 9 における演算子「 >> 」は、2 進数で表された各ビットを右にシフトするビット演算 (つまり、シフト演算) を示す。従って、「 $C o d e >> (i R - i T R)$ 」は、2 進数で表される「 C o d e 」を、「 $i R - i T R$ 」で表されるビット数だけ右にシフトするビット演算を実行することを示す。その結果、1 0 進数で表される「 C o d e 」が「 $2^{-(i R - i T R)}$ 」倍される。 40

【 0 1 8 1 】

ステップ S 6 1 において、復号部 1 5 d は、復号テーブル 1 7 を参照して、予測値の分 50

子 $iLrc$ に基づいて、要素値を決定する。例えば、図 14 及び図 15 に示すように、予測値の分子 $iLrc$ が 7 の場合、復号テーブル 17 の分子 $iLrc$ が示す 7 に対応する 4 を、要素値として決定する。要素値を決定することは、要素値を復号することに相当する。

【0182】

ステップ S63 において、復号部 15d は、復号された要素値の出現確率の下限値の分子 Lrc 、指数 iR 、及び指数 iTR を使用して、式 (12) により、計算媒体 $Code$ を更新する。式 (12) において、演算子「 $=$ 」は代入を示す。例えば、図 15 に示すように、計算媒体 $Code$ の初期値として、 $0 \times E82$ を設定し、指数 iR の初期値として、12 を設定する。指数 iTR は 3 である (ステップ S55)。

10

【0183】

$$Code = Code - Lrc \times 2^{(iR - iTR)} \quad \dots (12)$$

【0184】

具体的には、復号部 15d は、式 (12) を演算するときには、2進数で表された分子 Lrc を、「 $iR - iTR$ 」で表されるビット数だけ左にシフトするビット演算を実行して、 $Lrc \times 2^{(iR - iTR)}$ を算出する。なお、図 13 のステップ S63 における演算子「 $<<$ 」は、2進数で表された各ビットを左にシフトするビット演算 (つまり、シフト演算) を示す。従って、「 $Lrc << (iR - iTR)$ 」は、2進数で表される「 Lrc 」を、「 $iR - iTR$ 」で表されるビット数だけ左にシフトするビット演算を実行することを示す。その結果、10進数で表される「 Lrc 」が「 $2^{(iR - iTR)}$ 」倍される。

20

【0185】

ステップ S65 において、復号部 15d は、復号された要素値の出現確率の分子を 2 の累乗で表したときの指数 iC 、及び指数 iTR を使用して、式 (13) により、指数 iR を更新する。式 (13) において、演算子「 $=$ 」は代入を示す。例えば、図 15 に示すように、指数 iR の初期値として、12 を設定する。

【0186】

$$iR = iR + iC - iTR \quad \dots (13)$$

【0187】

ステップ S59 ~ ステップ S65 の処理について具体例を挙げて説明する。図 15 に示すように、まず、式 (11) により、最初の分子 $iLrc$ として $7 (= 0 \times E82 \times 2^{-(12-3)})$ が算出される。そして、復号テーブル 17 を参照して、要素値として 4 が復号される。次に、式 (12) により、計算媒体 $Code$ が $0 \times 482 (= 0 \times E82 - 5 \times 2^{12-3})$ に更新され、式 (13) により、指数 iR が $11 (= 12 + 2 - 3)$ に更新される。

30

【0188】

次に、式 (11) により、分子 $iLrc$ として $4 (= 0 \times 482 \times 2^{-(11-3)})$ が算出される。そして、復号テーブル 17 を参照して、要素値として 3 が復号される。次に、式 (12) により、計算媒体 $Code$ が $0 \times 182 (= 0 \times 482 - 3 \times 2^{11-3})$ に更新され、式 (13) により、指数 iR が $9 (= 11 + 1 - 3)$ に更新される。以降、同様の演算により、分子 $iLrc$ の算出及び要素値の復号、並びに計算媒体 $Code$ 及び指数 iR の更新が実行される。

40

【0189】

ステップ S67 において、復号部 15d は、指数 iR が所定値 MAX 以下か否かを判定する。復号部 15d は、指数 iR が所定値 MAX 以下でないと判定した場合 (ステップ S67 で No)、処理をステップ S71 に進め、指数 iR が所定値 MAX 以下であると判定した場合 (ステップ S67 で Yes)、処理をステップ S69 に進める。本実施形態では、所定値 MAX は、符号化部 80e における所定値 MAX と同じであり、1 より大きい整数である。

【0190】

例えば、所定値 MAX を 4 に設定する。この場合、図 15 に示すように、第 5 番目に復

50

号された要素値 (= 3) に対応して算出された指数 i_R は 4 であるため、処理はステップ S 6 9 に進む。

【0191】

ステップ S 6 9 において、復号部 1 5 d は、計算媒体 Code に所定数 2^C を掛け合わせるとともに (2^C 倍)、指数 i_R で表される区間長 (= 2^{i_R}) に所定数 2^C を掛け合わせる (2^C 倍)。本実施形態では、所定数 2^C の指数 C は 0 より大きい整数である。具体的には、区間長 (= 2^{i_R}) に所定数 2^C を掛け合わせる演算を実行する代わりに、指数 i_R に指数 C を加算して、指数 i_R を更新することによって区間を拡張する。

【0192】

例えば、所定数 2^C を 2^8 に設定する。この場合、図 1 5 に示すように、第 5 番目に復号された要素値 (= 3) に対応して算出された計算媒体 Code (= 0 x 0 0 A) を 2^8 倍するとともに、指数 i_R (= 4) で表される区間長 (= 2^4) を 2^8 倍することによって区間を拡張する。従って、計算媒体 Code は、0 x A 0 0 になり、指数 i_R は 1 2 になる。ただし、符号化のときの桁上げ (図 6 のステップ S 1 7、図 7 (b)) に対応して、計算媒体 Code の下位 2 桁の「0 0」に代えて、符号化データ ID の下位 2 桁の「8 C」を「A」に付加する。

【0193】

ステップ S 7 1 において、復号部 1 5 d は、全ての要素値の復号が完了したか否かを判定する。復号部 1 5 d は、処理が完了していないと判定した場合 (ステップ S 7 1 で No)、処理をステップ S 5 9 に進め、処理が完了したと判定した場合 (ステップ S 7 1 で Yes)、処理をステップ S 7 3 に進める。本実施形態では、1 0 個の要素値を復号するため、ステップ S 5 9 ~ ステップ S 7 1 の処理が 1 0 回実行される。

【0194】

ステップ S 7 3 において、復号部 1 5 d は、複数の要素データ EL をランレングス符号化データ HD として、ランレングス復号部 2 5 へ出力し、処理を終了する。複数の要素データ EL の各々は、復号した要素値を表す。

【0195】

以上、図 1 0、図 1 2、及び図 1 3 ~ 図 1 5 を参照して説明したように、本実施形態に係る復号装置 2 2 0 によれば、レンジコーダ復号部 1 5 は、予測値の分子 i_{Lrc} と要素値と対応付けた復号テーブル 1 7 を作成する。従って、予測値の分子 i_{Lrc} を算出し、復号テーブル 1 7 を参照することにより、容易に要素値を決定できる。従って、反復法等の負荷の大きい処理が要求されない。その結果、搭載するコンピューターに制約のある環境下においても、レンジコーダによる符号化データ ID を復号するときの処理速度を向上させることができる。例えば、操縦装置 2 0 0 が高速なコンピューターを搭載することが困難な場合であっても、レンジコーダによる符号化データ ID を復号するときの処理速度を向上させることができる。

【0196】

また、本実施形態によれば、式 (1 1) ~ 式 (1 3) を使用して、予測値の分子 i_{Lrc} を算出するとともに、計算媒体 Code 及び区間長を表す指数 i_R を更新することによって、コンピューターに対する負荷を抑制しつつ、レンジコーダによる符号化データ ID を復号するときの処理速度を更に向上させることができる。

【0197】

また、本実施形態によれば、復号の際に使用する式 (1 1) には、除算が含まれず、乗算は、2 の累乗 (つまり、 $2^{-(i_R - i_{TR})}$) と整数 (つまり、Code) との乗算になる。その結果、2 進数のシフト演算により、予測値の分子 i_{Lrc} を算出できる。また、復号の際に使用する式 (1 2) には、除算が含まれず、乗算は、2 の累乗 (つまり、 $2^{(i_R - i_{TR})}$) と整数 (つまり、Lrc) との乗算になる。その結果、2 進数のシフト演算と減算とにより、計算媒体 Code を算出できる。さらに、復号の際に使用する式 (1 3) には、除算及び乗算が含まれず、和算と減算とにより、指数 i_R を算出できる。

【0198】

10

20

30

40

50

式(11)～式(13)を、シフト演算と和算と減算とで実行することにより、乗算及び/又は除算を実行する場合と比較して、コンピューターに対する負荷を抑制しつつ、レンジコーダーによる符号化データIDの復号を高速に実行できる。従って、搭載するコンピューターに制約のある環境下においても、符号化データIDを復号するときの処理速度を向上させることができる。また、レンジコーダー復号部15は、浮動小数点数を使用せず、整数値だけを使用するため、更に処理を高速化できる。

【0199】

次に、図10及び図16を参照して、操縦装置200が実行する復号方法について、ランレンジ復号部25、ガウス分布解消部35、IDWT部45、分割画像復元部55、分割画像結合部65、及び色形式変換部75を含めて説明する。図16は、操縦装置200が実行する復号方法を示すフローチャートである。

10

【0200】

図10及び図16に示すように、ステップS201において、操縦装置200の通信部210は、符号化データID及び付属データATをロボット100から受信し、符号化データID及び付属データATを復号装置220のレンジコーダー復号部15に出力する。

【0201】

ステップS203において、レンジコーダー復号部15は、符号化データIDごとに、符号化データIDを復号し、ランレンジ符号化データHDをランレンジ復号部25に出力する。ステップS203の処理の詳細は、図13に示したレンジコーダー復号処理と同様である。

20

【0202】

ステップS205において、ランレンジ復号部25は、ランレンジ符号化データHDごとに、ランレンジ符号化データHDに対して、ランレンジ符号化部70(図1)の処理と逆の処理(ランレンジ復号)を実行して、ランレンジ符号化データHDを復号する。そして、ランレンジ復号部25は、ガウス分布データGDをガウス分布解消部35に出力する。

【0203】

ステップS207において、ガウス分布解消部35は、ガウス分布データGDごとに、ガウス分布データGDに対して、ガウス分布作成部60(図1)の処理と逆の処理を実行して、ガウス分布データGDのガウス分布を解消する。そして、ガウス分布解消部35は、近似データFDを変換データED#としてIDWT部45に出力する。なお、変換データED#は、変換データED(図1)に対応するが、ゼロ変換部50(図1)によって0に近似する係数データが0に変換されている点で、変換データEDと完全には一致していない。

30

【0204】

ステップS209において、IDWT部45は、変換データED#ごとに、変換データED#に対して、DWT70(図1)の処理と逆の処理(逆離散ウェーブレット変換)を実行して、変換データED#を画像データDD#に変換し、画像データDD#を分割画像復元部55に出力する。この場合、IDWT部45は、分解レベル2の変換データED#を、分解レベル1を経由することなく、分解レベル0の画像データDD#に変換する。なお、画像データDD#は、画像データDD(図1)に対応し、画像データDDと同じデータ形式を有する。

40

【0205】

具体的には、記憶部45aは、記憶部40a(図1)が記憶している所定数のDWT用乗算値と同じ所定数の乗算値(以下、「IDWT用乗算値」と記載する。)を記憶している。従って、IDWT部45は、複数のIDWT用乗算値に対して和算及び/又は減算を実行することによって、乗算及び除算を実行することなく、変換データED#に対して逆離散ウェーブレット変換を実行する。なお、変換データED#は、画像データADに基づくデータであるため、画像データと称することもできる。

【0206】

50

ステップS 2 1 1において、分割画像復元部5 5は、画像データD D #ごとに、画像データD D #に対して、色成分結合部3 0(図1)と逆の処理を実行して、画像データD D #から分割画像データC D #を復元する。そして、分割画像復元部5 5は、分割画像データC D #を分割画像結合部6 5に出力する。本実施形態では、6 4画素×8 0画素の分割画像データC D #が復元される。なお、分割画像データC D #は、分割画像データC D(図1)に対応し、分割画像データC Dと同じデータ形式を有する。

【0 2 0 7】

ステップS 2 1 3において、分割画像結合部6 5は、複数の分割画像データC D #に対して、画像分割部2 0(図1)と逆の処理を実行して、複数の分割画像データC D #を結合した画像データB D #を作成する。そして、分割画像結合部6 5は、画像データB D #を色形式変換部7 5に出力する。本実施形態では、5 × 3個の分割画像データC D # (6 4画素×8 0画素)が結合され、3 2 0画素×2 4 0画素の画像データB D #が作成される。なお、画像データB D #は、画像データB D(図1)に対応し、画像データB Dと同じデータ形式を有する。

10

【0 2 0 8】

ステップS 2 1 5において、色形式変換部7 5は、画像データB D #の色形式を、Y U V 4 1 1形式からR G B形式に変換し、画像データA D #を表示部2 3 0に出力する。なお、画像データA D #は、画像データA D(図1)に対応し、画像データA Dと同じデータ形式を有する。ステップS 2 0 3 ~ ステップS 2 1 5の実行によって、符号化データI Dが復号されて解凍され、撮影部1 1 0(図1)が出力した画像データA Dに対応する画像データA D #が作成された。

20

【0 2 0 9】

ステップS 2 1 7において、表示部2 3 0は、画像データA D #に基づく画像を表示する。操縦者は、順次出力される画像データA D #に基づく画像(つまり、動画)を見ながら、操縦装置2 0 0を操作して、ロボット1 0 0を操縦する。

【0 2 1 0】

以上、図1 0及び図1 6を参照して説明したように、本実施形態に係る復号方法によれば、搭載するコンピューターに制約のある環境下においても、レンジコーダーによる符号化データI Dを復号するときの処理速度を向上させることができる。

【0 2 1 1】

次に、図1 0及び図1 7を参照して、操縦装置2 0 0の電氣的構成について説明する。図1 7は、操縦装置2 0 0の電氣的構成を示す図である。図1 7に示すように、操縦装置2 0 0は、コンピューターとしてのF P G A 2 4 0と、通信機2 1 0 Aと、ディスプレイ2 3 0 Aと、入力装置2 5 0とを備える。F P G A 2 4 0はメモリー2 4 0 aを含む。メモリー2 4 0 aは、各種データを記憶したり、F P G A 2 4 0のワーク領域として機能したりする。メモリー2 4 0 aとして、メモリー1 4 0 a(図9)と同様の構成を採用できる。

30

【0 2 1 2】

F P G A 2 4 0は、各種演算を実行して、通信機2 1 0 A、ディスプレイ2 3 0 A、及び入力装置2 5 0を制御する。また、図1 0に示すように、F P G A 2 4 0は、復号装置2 2 0として機能する。メモリー2 4 0 aは記憶部4 5 aとして機能する。通信機2 1 0 Aは、F P G A 2 4 0に制御され、通信部2 1 0として機能する。通信機2 1 0 Aは、アンテナを有し、ネットワーク3 0 0と無線接続される。ディスプレイ2 3 0 Aは、F P G A 2 4 0に制御され、表示部2 3 0として機能する。ディスプレイ2 3 0 Aは、例えば、液晶ディスプレイである。入力装置2 5 0は、操縦者と操縦装置2 0 0とのインターフェースであり、操縦者の命令をF P G A 2 4 0に入力する。入力装置2 5 0は、例えば、スティック、ハンドル、ダイヤル、スイッチ、及び/又はスライダである。

40

【0 2 1 3】

以上、図1 ~ 図3、図5 ~ 図1 0、及び図1 2 ~ 図1 7を参照して説明したように、本実施形態に係るロボットシステム1によれば、符号化装置1 2 0の画像分割部2 0の処理

50

(ステップS105)からレンジコーダ符号化部80の処理(ステップS117)まで、さらに、復号装置220のレンジコーダ復号部15の処理(ステップS203)から分割画像結合部65の処理(ステップS213)までは、整数だけを使用し、乗算と除算とを実行していない。つまり、画像分割部20の処理からレンジコーダ符号化部80の処理までと、レンジコーダ復号部15の処理から分割画像結合部65の処理までとにおいて、整数だけを使用するとともに、和算、減算、及びシフト演算だけを実行して、符号化及び復号を行っている。従って、符号化及び復号化の処理を高速化できる。

【0214】

(変形例)

図1及び図10を参照して、本発明の実施形態の変形例に係るロボットシステム1について説明する。変形例に係るロボットシステム1では、主に、画像分割部20及び分割画像結合部65が、それぞれ、本発明の実施形態(本実施形態)に係る画像分割部20及び分割画像結合部65と異なる。以下、変形例が本実施形態と異なる点を主に説明する。

10

【0215】

画像分割部20が画像データBDを第1方向x(変形例では、水平方向x)に2分割し、2個の分割画像データCDを作成する例について説明する。画像データBDの解像度は、128画素×80画素であり、分割画像データCDの解像度は、64画素×80画素である。2個の分割画像データCDのうち一方の分割画像データCDを「第1分割画像データCDL」と記載し、他方の分割画像データCDを「第2分割画像データCDR」と記載する。また、第1分割画像データCDLを符号化後に復号した分割画像データCD#を第1復号分割画像データCDL#と記載し、第2分割画像データCDRを符号化後に復号した分割画像データCD#を第2復号分割画像データCDR#と記載する。

20

【0216】

画像分割部20に出力される画像データBDでは、128画素×80画素の画素データは、128列×80行のマトリクス状に配置されている。画像データBDでは、各行に128個の画素データが第1方向xに沿って配置されており、各列に80個の画素データが第2方向y(変形例では、垂直方向y)に沿って配置されている。第1方向xに沿って配置された128個の画素データの第1座標x(変形例では、水平座標x)を、それぞれ、0~127に設定する。また、第2方向yに沿って配置された80個の画素データの第2座標y(変形例では、垂直座標y)を、それぞれ、0~79に設定する。

30

【0217】

画像分割部20は、第2分割画像データCDRが第1方向xに沿って所定画素数PNだけ第1分割画像データCDLと重複するように、画像データBDから、第2分割画像データCDRを分割する。

【0218】

DWT部40は、第1分割画像データCDL及び第2分割画像データCDRの各々に対して、離散ウェーブレット変換を実行する。一方、IDWT部45は、第1分割画像データCDLに対応する変換データED#及び第2分割画像データCDRに対応する変換データED#に対して、逆離散ウェーブレット変換を実行し、それぞれに対応する画像データDD#を出力する。

40

【0219】

分割画像結合部65は、画像データDD#に基づく第2復号分割画像データCDR#のうち、画像データDD#に基づく第1復号分割画像データCDL#と重複している画素データを破棄した後、第1復号分割画像データCDL#と第2復号分割画像データCDR#とを結合して、画像データBD#を作成する。

【0220】

例えば、画像分割部20は、画像データBDのうち、第1座標xが0~63までの画素データを第1分割画像データCDLとして取得する。また、画像分割部20は、所定画素数PNを2に設定し、画像データBDのうち、第1座標xが62~125までの画素データを第2分割画像データCDRとして取得する。従って、第2分割画像データCDRのう

50

ち、第 1 座標 x が 6 2 及び 6 3 の画素データが、第 1 分割画像データ C D L と重複している。

【 0 2 2 1 】

例えば、分割画像結合部 6 5 は、第 2 復号分割画像データ C D R # のうち、第 1 座標 x が 6 2 及び 6 3 の画素データを破棄する。その後、分割画像結合部 6 5 は、第 1 復号分割画像データ C D L # と、第 2 復号分割画像データ C D R # とを結合して、画像データ B D # を作成する。

【 0 2 2 2 】

以上、本実施形態の変形例によれば、画像分割部 2 0 を設けているため、所定画素数 P N だけ第 1 分割画像データ C D L と重複する第 2 分割画像データ C D R に対して離散ウェーブレット変換が実行されるとともに、そのような第 2 分割画像データ C D R に基づく変換データ E D # に対して逆離散ウェーブレット変換が実行される。そして、分割画像結合部 6 5 によって、第 2 復号分割画像データ C D R # のうち第 1 復号分割画像データ C D L # と重複している画素データを破棄した後、第 1 復号分割画像データ C D L # と第 2 復号分割画像データ C D R # とが結合される。その結果、第 1 復号分割画像データ C D L # と第 2 復号分割画像データ C D R # との境界領域の画質の劣化を抑制できる。例えば、第 1 復号分割画像データ C D L # と第 2 復号分割画像データ C D R # との境界領域に発生する可能性のある筋状の画質の劣化を抑制できる。

10

【 0 2 2 3 】

次に、本発明が実施例に基づき具体的に説明されるが、本発明は以下の実施例によって限定されない。

20

【実施例】

【 0 2 2 4 】

本発明の実施例では、図 1 に示す符号化装置 1 2 0 と図 1 0 に示す復号装置 2 2 0 とをソフトウェアにより構築した。プログラム言語として、C 言語を採用した。また、原画像を符号化装置 1 2 0 によって符号化し、符号化データ I D を作成した。さらに、符号化データ I D を復号装置 2 2 0 によって復号し、復号画像を作成した。

【 0 2 2 5 】

(実施例 1)

図 1、図 1 0、図 1 8 (a) ~ 図 1 8 (d) を参照して、本発明の実施例 1 について説明する。図 1 8 (a) は、実施例 1 に係る符号化装置 1 2 0 による符号化対象の原画像 S A 0 を示す図である。原画像 S A 0 の解像度は 1 2 8 画素 \times 8 0 画素であった。原画像 S A 0 はカラー画像であった。

30

【 0 2 2 6 】

符号化装置 1 2 0 の画像分割部 2 0 は、色形式を変換した後の原画像 S A 0 を 2 枚の画像 (以下、「分割画像」と記載する。) に分割した。分割画像の各々の解像度は、6 4 画素 \times 8 0 画素であった。そして、各分割画像に対して、色成分結合部 3 0、DWT 部 4 0、ゼロ変換部 5 0、ガウス分布作成部 6 0、ランレングス符号化部 7 0、及びレンジコーダ符号化部 8 0 による符号化を実行し、符号化データ I D を作成した。そして、この符号化データ I D を、復号装置 2 2 0 によって復号し、復号画像を作成した。

40

【 0 2 2 7 】

図 1 8 (b) ~ 図 1 8 (d) は、それぞれ、実施例 1 に係る復号装置 2 2 0 による復号画像 S A 1 ~ 復号画像 S A 3 を示す図である。

【 0 2 2 8 】

図 1 8 (b) に示すように、復号画像 S A 1 の画質は優良である。復号画像 S A 1 では、ゼロ変換部 5 0 によって、 -1 以上 $1 (= 2^1 - 1)$ 以下の係数値が 0 に変換された ($B = 1$)。つまり、ゼロ変換部 5 0 は、1 ビットだけ右にシフトするビット演算を実行した。

【 0 2 2 9 】

図 1 8 (c) に示すように、復号画像 S A 2 の画質は優良である。復号画像 S A 2 では

50

、ゼロ変換部 50 によって、 -3 以上 $3 (= 2^2 - 1)$ 以下の係数値が 0 に変換された ($B = 2$)。つまり、ゼロ変換部 50 は、2 ビットだけ右にシフトするビット演算を実行した。

【0230】

図 18 (d) に示すように、復号画像 SA1 及び復号画像 SA2 の画質よりも多少の劣化が観測されるが、復号画像 SA3 の画質は良好であった。復号画像 SA3 では、ゼロ変換部 50 によって、 -7 以上 $7 (= 2^2 - 1)$ 以下の係数値が 0 に変換された ($B = 3$)。つまり、ゼロ変換部 50 は、3 ビットだけ右にシフトするビット演算を実行した。

【0231】

画像の圧縮の程度を検討した。原画像 SA0 のデータサイズは、30720 バイトであった。復号画像 SA1 を復号する前における符号化データ ID のサイズは、4293 バイトであった。1 分割画像当たり、約 2100 バイトであった。復号画像 SA2 を復号する前における符号化データ ID のサイズは、2618 バイトであった。1 分割画像当たり、約 1300 バイトであった。復号画像 SA3 を復号する前における符号化データ ID のサイズは、2009 バイトであった。1 分割画像当たり、約 1000 バイトであった。最も圧縮されていたのが復号画像 SA3 であり、次に圧縮されていたのが復号画像 SA2 であり、次に圧縮されていたのが復号画像 SA1 であった。

10

【0232】

データ送信について検討した。無線 LAN において、1 パケット当たりに送信できるデータサイズは、一般的に、1500 バイトであった。従って、復号画像 SA2 を復号する前における符号化データ ID (1 分割画像に対応) 及び復号画像 SA3 を復号する前における符号化データ ID (1 分割画像に対応) の各々を、1 パケットで送信可能なことが確認できた。また、符号化データ ID の復号に必要な付随データ AT を、符号化データ ID とともに、1 パケットで送信可能なことが確認できた。

20

【0233】

(実施例 2)

図 19 (a) ~ 図 19 (d) を参照して、本発明の実施例 2 について説明する。実施例 2 では、実施例 1 に係る復号画像 SA2 を復号する前における符号化データ ID の作成過程について検討した。原画像は、図 18 (a) に示す原画像 SA0 であった。

【0234】

図 19 (a) は、実施例 2 に係る符号化装置 120 の DWT 部 40 が作成した変換データ ED の表す画像 WIL を示す図である。この画像 WIL は、原画像 SA0 を 2 分割したうちの一方の分割画像に対応していた。画像 WIL は、低周波領域 LA1 (本実施形態の低周波成分 L1 に相当) と、高周波領域 LB1 (本実施形態の高周波成分 H2 に相当) とを含んだ。低周波領域 LA1 には、原画像 SA0 に含まれる女性の像のうちの左半分がぼんやりと含まれていた。

30

【0235】

図 19 (b) は、実施例 2 に係る符号化装置 120 のゼロ変換部 50 が作成した近似データ FD の表す画像 AIL を示す図である。この画像 AIL は、画像 WIL から作成された。画像 AIL は、低周波領域 LA1 に対応する低周波領域 LA2 (本実施形態の低周波成分 L1 に相当) と、高周波領域 LB1 に対応する高周波領域 LB2 (本実施形態の高周波成分 H3 に相当) とを含んだ。図 19 (b) において、黒色の領域は、係数値が 0 の領域を示した。ゼロ変換部 50 によって画像 WIL の高周波領域 LB1 の大部分が 0 に変換されていることが確認できた。

40

【0236】

図 19 (c) は、実施例 2 に係る符号化装置 120 の DWT 部 40 が作成した変換データ ED の表す画像 WIR を示す図である。この画像 WIR は、原画像 SA0 を 2 分割したうちの他方の分割画像に対応していた。画像 WIR は、低周波領域 RA1 (本実施形態の低周波成分 L1 に相当) と、高周波領域 RB1 (本実施形態の高周波成分 H2 に相当) とを含んだ。低周波領域 RA1 には、原画像 SA0 に含まれる女性の像のうちの右半分がぼ

50

んやりと含まれていた。

【0237】

図19(d)は、実施例2に係る符号化装置120のゼロ変換部50が作成した近似データFDの表す画像AIRを示す図である。この画像AIRは、画像WIRから作成された。画像AIRは、低周波領域RA1に対応する低周波領域RA2(本実施形態の低周波成分L1に相当)と、高周波領域RB1に対応する高周波領域RB2(本実施形態の高周波成分H3に相当)とを含んだ。図19(d)において、黒色の領域は、係数値が0の領域を示した。ゼロ変換部50によって画像WIRの高周波領域RB1の大部分が0に変換されていることが確認できた。

【0238】

以上、図面を参照しながら本発明の実施形態及び実施例について説明した。但し、本発明は、上記の実施形態及び実施例に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の態様において実施することが可能である(例えば、下記に示す(1)~(6))。また、上記の実施形態に開示されている複数の構成要素を適宜組み合わせることによって、種々の発明の形成が可能である。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。図面は、理解しやすくするために、それぞれの構成要素を主体に模式的に示しており、図示された各構成要素の厚み、長さ、個数、間隔等は、図面作成の都合上から実際とは異なる場合もある。また、上記の実施形態で示す各構成要素の材質、形状、寸法等は一例であって、特に限定されるものではなく、本発明の効果から実質的に逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

【0239】

(1)図9及び図17を参照して説明したように、符号化装置120及び復号装置220を実現するコンピューターとして、FPGA140及びFPGA240を例示した。ただし、符号化装置120及び復号装置220を実現するコンピューターは、FPGAに限定されず、例えば、CPU(Central Processing Unit)、MCU(Micro Controller Unit)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)、又はプロセッサでもよい。

【0240】

また、符号化装置120及び復号装置220をハードウェアにより実現したが、ソフトウェアにより実現してもよいし、ハードウェアとソフトウェアとにより実現してもよい。例えば、ロボット100に、図6のステップS1~ステップS21及び図8のステップS103~ステップS117をコンピューターに実行させるコンピュータープログラムを実装して、コンピューターにコンピュータープログラムを実行させることによって、符号化装置120を実現できる。コンピュータープログラムは、ロボット100に実装されたメモリーのような記憶媒体に記憶される。例えば、操縦装置200に、図13のステップS51~ステップS73及び図16のステップS203~ステップS215をコンピューターに実行させるコンピュータープログラムを実装して、コンピューターにコンピュータープログラムを実行させることによって、復号装置220を実現できる。コンピュータープログラムは、操縦装置200に実装されたメモリーのような記憶媒体に記憶される。

【0241】

さらに、図1~図3、図5~図10、及び図12~図17を参照して説明したように、本実施形態に係るロボットシステム1では、画像分割部20の処理からレンジコーダ符号化部80の処理までと、レンジコーダ復号部15の処理から分割画像結合部65の処理までとにおいて、整数だけを使用するとともに、和算、減算、及びシフト演算だけを実行している。

【0242】

従って、符号化の結果及び復号の結果が、符号化装置120及び復号装置220を実現するコンピューターの性能、CPUのような演算器の種別、OS(Operating

10

20

30

40

50

S y s t e m) の種類、及びコンパイラの種類に依存しない。また、符号化の結果及び復号の結果は、符号化装置 1 2 0 及び復号装置 2 2 0 を実現する CPU、MCU、FPGA (1 4 0、2 4 0)、ASIC、及びパーソナルコンピュータ等、ハードウェアに依存しない。従って、例えば、FPGA (1 4 0、2 4 0) のハードウェア記述言語 (例えば、VHDL) でプログラムを作成する際には、C 言語での計算結果を参考にしながら、一歩ずつ確実にプログラム開発が可能である。

【 0 2 4 3 】

また、記憶装置としてのメモリー 1 4 0 a は FPGA 1 4 0 の内部に配置され、記憶装置としてのメモリー 2 4 0 a は FPGA 2 4 0 の内部に配置された。ただし、記憶装置は、FPGA 1 4 0 及び FPGA 2 4 0 の各々の外部に配置してもよいし、FPGA 1 4 0 及び FPGA 2 4 0 の各々の内部と外部とに配置されてもよい。

10

【 0 2 4 4 】

(2) 図 1 を参照して説明したように、符号化対象の画像データの例として、QVGA の画像データ AD について説明したが、符号化対象の画像データの解像度及びサイズは特に限定されない。例えば、VGA (Video Graphics Array) の画像データ AD を符号化することもできる。VGA は、6 4 0 画素 × 4 8 0 画素の解像度を示す。この場合、画像分割部 2 0 は、画像データ AD を 6 0 分割し、6 0 個の 6 4 画素 × 8 0 画素の分割画像データ CD を作成する。また、画像データ AD は、カラー画像を示す画像データであってもよいし、白黒画像データを示す画像データであってもよい。

20

【 0 2 4 5 】

(3) 図 2 を参照して説明した色成分結合部 3 0 は、Y 成分 I 1 と U 成分 I 2 と V 成分 I 3 とを結合し、M 画素 × (N + L) 画素の画像データ DD を生成して、DWT 部 4 0 に出力してもよい。

【 0 2 4 6 】

(4) ロボット 1 0 0 は、例えば、魚型ロボットのような水中を移動するロボット、橋梁又は壁のような高所を移動するロボット、陸上を移動するロボット、又は空中を飛行するロボットである。また、符号化装置 1 2 0 は、ロボット 1 0 0 に限らず、遠隔操縦される様々な機器に搭載できる。例えば、符号化装置 1 2 0 は、ラジオコントロールされる模型船舶、模型自動車、又は模型飛行機に搭載できる。

30

【 0 2 4 7 】

(5) 図 1 を参照して説明した DWT 部 4 0、ゼロ変換部 5 0、ランレングス符号化部 7 0、及びレンジコーダ符号化部 8 0 の各々は、単独で符号化を実行することもできる。この場合は、DWT 部 4 0 に対応して IDWT 4 5 が用意され、ランレングス符号化部 7 0 に対応してランレングス復号部 2 5 が用意され、レンジコーダ符号化部 8 0 に対応してレンジコーダ復号部 1 5 が用意される。

【 0 2 4 8 】

(6) 未来社会において、社会インフラ等を小型ロボットの遠隔操縦で行う時代が訪れる可能性が高い。しかし、社会インフラ点検用等、落下の可能性を有する環境で用いるロボットにおいては、ロボット取得画像と操縦用画像の時間差を極力短くする必要がある。本発明の符号化技術は、移動ロボットの脆弱な演算装置に特に好適であり、操縦者の手元に送られる遠隔操縦用画像のリアルタイム性を向上させることができる。

40

【産業上の利用可能性】

【 0 2 4 9 】

本発明は、符号化装置、復号装置、符号化復号装置、符号化方法、及び復号方法に関するものであり、産業上の利用可能性を有する。

【符号の説明】

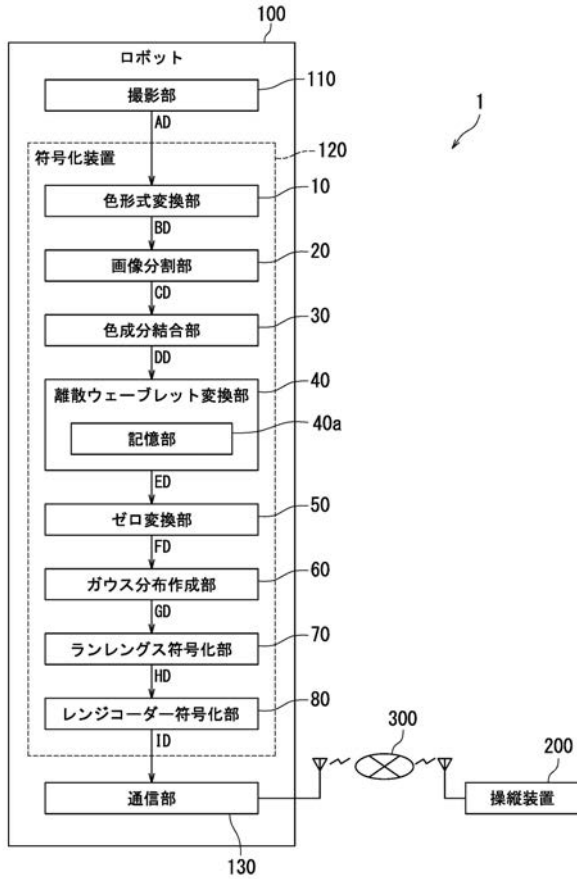
【 0 2 5 0 】

- 1 ロボットシステム
- 1 0 色形式変換部
- 1 5 レンジコーダ復号部

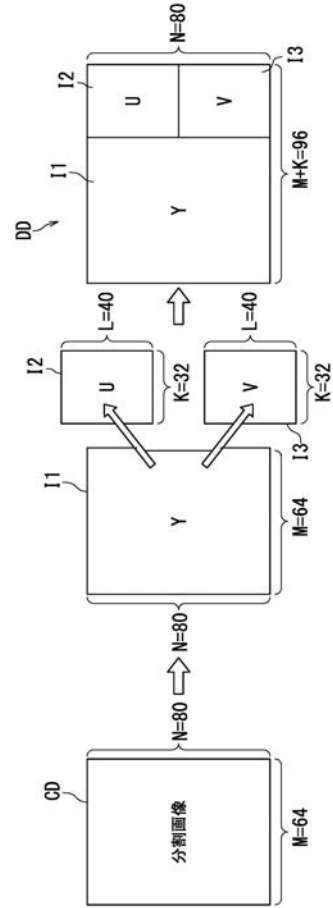
50

1 5 a	下限値分子算出部	
1 5 b	分母指数算出部	
1 5 c	テーブル作成部	
1 5 d	復号部	
2 0	画像分割部	
2 5	ランレングス復号部	
3 0	色成分結合部	
3 5	ガウス分布解消部	
4 0	離散ウェーブレット変換部	
4 5	逆離散ウェーブレット変換部	10
4 5 a	記憶部	
4 0 a	記憶部	
5 0	ゼロ変換部	
5 5	分割画像復元部	
6 0	ガウス分布作成部	
6 5	分割画像結合部	
7 0	ランレングス符号化部	
7 5	色形式変換部	
8 0	レンジコーダー符号化部	
8 0 a	出現確率算出部	20
8 0 b	分子指数算出部	
8 0 c	下限値分子算出部	
8 0 d	分母指数算出部	
8 0 e	符号化部	
1 0 0	ロボット	
1 1 0	撮影部	
1 2 0	符号化装置	
1 3 0	通信部	
2 0 0	操縦装置	
2 1 0	通信部	30
2 2 0	復号装置	
2 3 0	表示部	
3 0 0	ネットワーク	

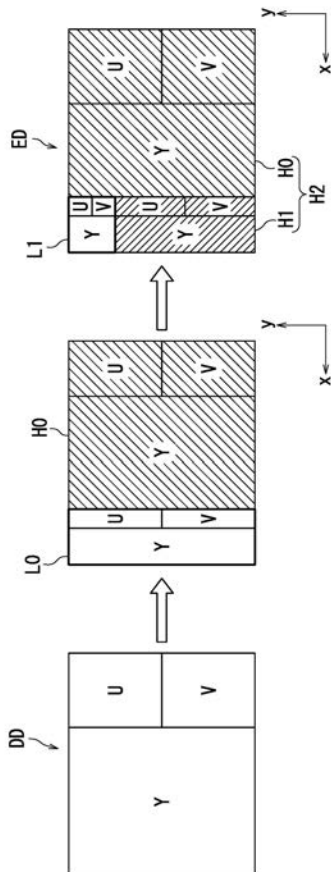
【図1】



【図2】



【図3】

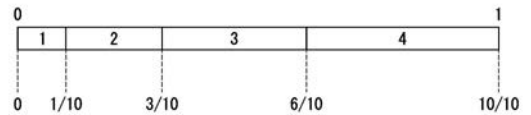


【図4】

(a)

画素値	1	2	3	4
出現確率Crc	1/10	2/10	3/10	4/10
下限値Lr	0	1/10	3/10	6/10
上限値Hr	1/10	3/10	6/10	10/10

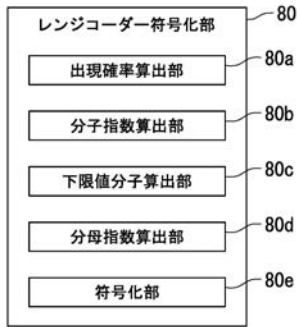
(b)



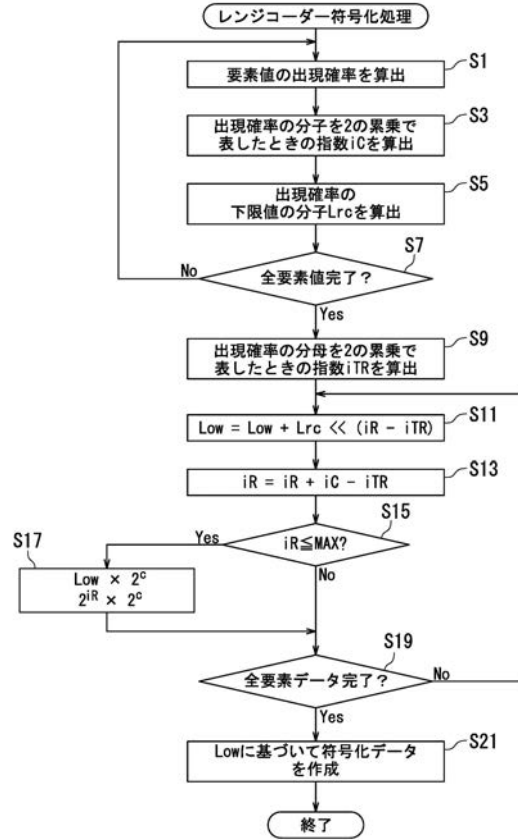
(c)

オーバーフロー	Lo	RNG	画素値	Lo	RNG	桁上げ
	0	1000000	4	600000	400000	
	600000	400000	3	720000	120000	
	720000	120000	4	792000	48000	
	792000	48000	2	796800	9600	次100倍
79	680000	960000	3	968000	288000	
	968000	288000	4	1140800	115200	
	1140800	115200	1	1140800	11520	
	1140800	11520	3	1144256	3456	次100倍
114	425600	345600	4	632960	138240	
	632960	138240	2	646784	27648	
符号化データ 79 × 10000000 + 114 × 1000000 + 646784 = 8014646784						

【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

(a)

82

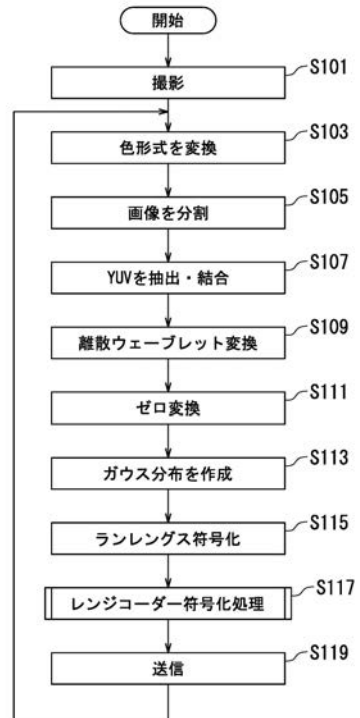
要素値	1	2	3	4
出現確率の分子の指数 <i>iC</i>	0	1	1	2
出現確率の下限値の分子 <i>Lrc</i>	0	1	3	5

(b)

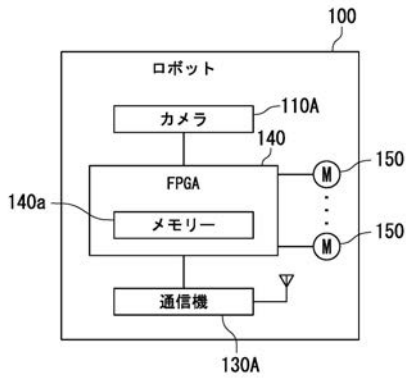
オーバーフロー	Low	iR	要素値	Low	iR	桁上げ
	0x000	12	4	0xA00	11	
	0xA00	11	3	0xD00	9	
	0xD00	9	4	0xE40	8	
	0xE40	8	2	0xE60	6	
	0xE60	6	3	0xE78	4	次2 ⁶ 倍
E7	0x800	12	4	0x1200	11	
	0x1200	11	1	0x1200	8	
	0x1200	8	3	0x1260	6	
	0x1260	6	4	0x1288	5	
	0x1288	5	2	0x128C	3	

符号化データ E7000 & 128C = E828C

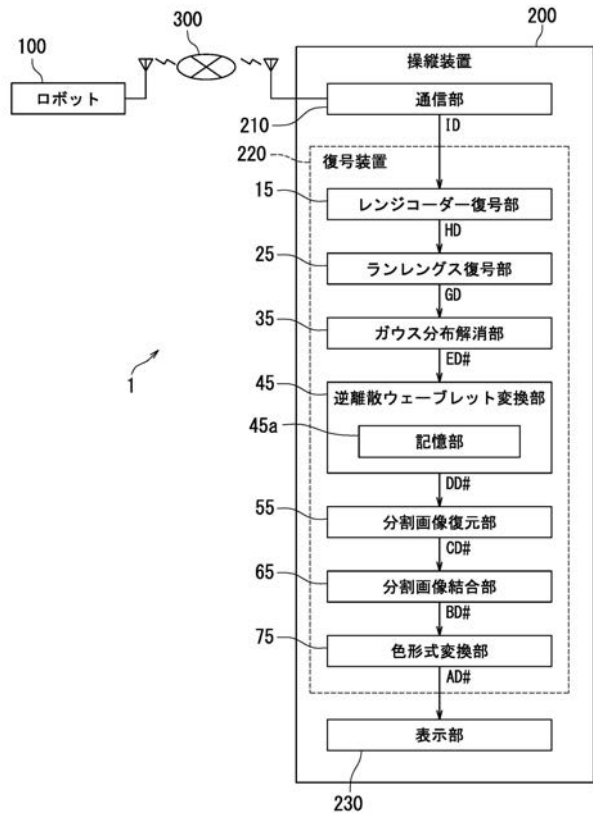
【 図 8 】



【図9】



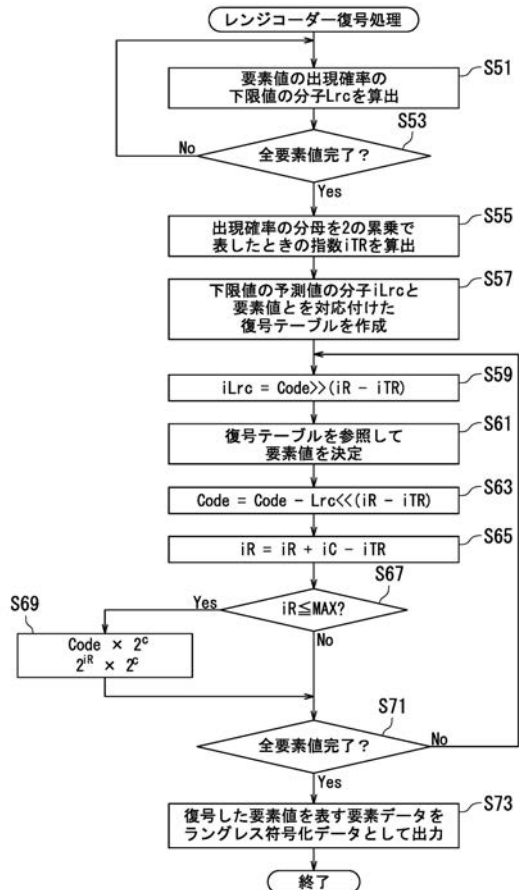
【図10】



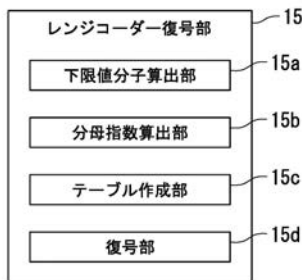
【図11】

Cod	RNG	Cod/RNG	画素値	Cod	RNG	桁上げ
801464	1000000	0.801	4	201464	400000	
201464	400000	0.504	3	81464	120000	
81464	120000	0.679	4	9464	48000	
9464	48000	0.197	2	4664	9600	次100倍
466467	960000	0.486	3	178467	288000	
178467	288000	0.620	4	5667	115200	
5667	115200	0.049	1	5667	11520	
5667	11520	0.492	3	2211	3456	次100倍
221184	345600	0.640	4	13824	138240	
13824	138240	0.100	2	0	27648	

【図13】



【図12】



【 図 1 4 】

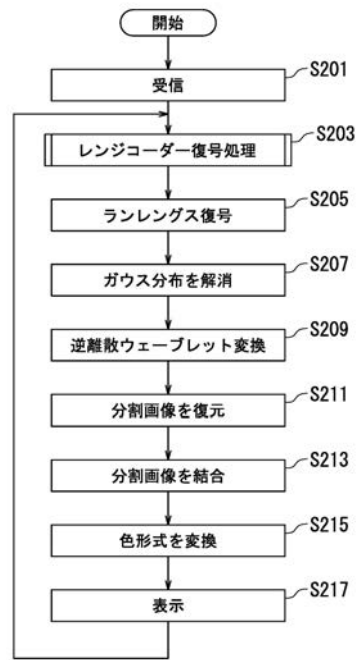
17 ↙

iLrc	0	1	2	3	4	5	6	7
要素値	1	2	2	3	3	4	4	4
Lrc	0	1	1	3	3	5	5	5

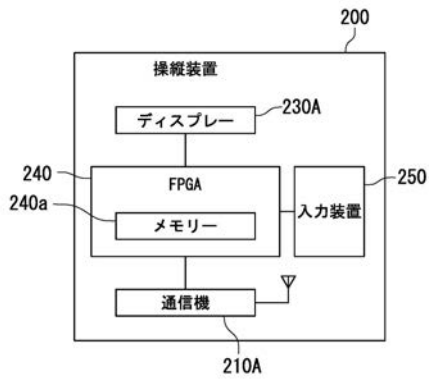
【 図 1 5 】

Code	iR	iLrc	要素値	Code	iR	桁上げ
0xE82	12	7	4	0x482	11	
0x482	11	4	3	0x182	9	
0x182	9	6	4	0x042	8	
0x042	8	2	2	0x022	6	
0x022	6	4	3	0x00A	4	次2 ⁸ 倍
0xA8C	12	5	4	0x08C	11	
0x08C	11	0	1	0x08C	8	
0x08C	8	4	3	0x02C	6	
0x02C	6	5	4	0x004	5	
0x004	5	1	2	0x000	3	

【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 19 】

