

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4834179号  
(P4834179)

(45) 発行日 平成23年12月14日(2011.12.14)

(24) 登録日 平成23年9月30日(2011.9.30)

(51) Int.Cl. F I  
 H O 3 M 7/36 (2006.01) H O 3 M 7/36  
 G 1 O L 19/08 (2006.01) G 1 O L 19/08

請求項の数 24 (全 55 頁)

(21) 出願番号	特願2010-542107 (P2010-542107)	(73) 特許権者	00004226
(86) (22) 出願日	平成21年12月8日(2009.12.8)		日本電信電話株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/070550		東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(87) 国際公開番号	W02010/067799	(74) 代理人	100121706
(87) 国際公開日	平成22年6月17日(2010.6.17)		弁理士 中尾 直樹
審査請求日	平成23年3月31日(2011.3.31)	(74) 代理人	100128705
(31) 優先権主張番号	特願2008-313582 (P2008-313582)		弁理士 中村 幸雄
(32) 優先日	平成20年12月9日(2008.12.9)	(74) 代理人	100147773
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 義村 宗洋
		(74) 代理人	100066153
			弁理士 草野 卓
		(72) 発明者	守谷 健弘
			東京都千代田区大手町二丁目3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】 符号化方法、その装置、プログラム及び記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

時系列信号を予測分析した結果に基づいて生成される整数表現された予測残差を符号化する符号化方法であって、

(A) 或る時間区間ごとに分離パラメータを設定するステップと、

(B) 前記予測残差又は当該予測残差の大きさの増加に応じて単調増加する0以上の整数を被除数とし、当該予測残差が属する前記時間区間に対して設定された前記分離パラメータ又は当該分離パラメータの写像値である整数を法数とした除算によって得られる整数の商を特定する第1情報と、前記被除数の前記法数に関する剰余を特定する第2情報とを含む情報を、前記予測残差に対応する符号として出力するステップと、

(C) 前記分離パラメータを含む補助情報ごとに当該補助情報を可変長符号化して得られた符号を出力するステップと、

を有し、

前記分離パラメータは、前記時間区間に属する前記予測残差若しくは当該予測残差の写像値をゴロムライス符号化するためのライスパラメータの写像値であり、

前記時間区間に設定された前記分離パラメータは、当該時間区間に属する前記予測残差若しくは当該予測残差の写像値をゴロムライス符号化するためのライスパラメータよりも小さく、

前記第1情報は、複数の可変長符号化方法から選択された可変長符号化方法によって、前記商を可変長符号化した符号であり、前記複数の可変長符号化方法は、アルファ符号化

方法以外の可変長符号化方法を含む、符号化方法。

【請求項 2】

時系列信号を予測分析した結果に基づいて生成される整数表現された予測残差を符号化する符号化方法であって、

(A) 或る時間区間ごとに分離パラメータを設定するステップと、

(B) 前記予測残差又は当該予測残差の大きさの増加に応じて単調増加する 0 以上の整数を被除数とし、当該予測残差が属する前記時間区間に対して設定された前記分離パラメータ又は当該分離パラメータの写像値である整数を法数とした除算によって得られる整数の商を特定する第 1 情報と、前記被除数の前記法数に関する剰余を特定する第 2 情報とを含む情報を、前記予測残差に対応する符号として出力するステップと、

(C) 前記分離パラメータを含む補助情報ごとに当該補助情報を可変長符号化して得られた符号を出力するステップと、

を有し、

前記分離パラメータが前記予測残差の振幅の増加に応じて広義単調増加する整数であるとともに、前記法数が前記分離パラメータの増加に応じて単調増加する整数であるという条件が満たされるか、又は、前記分離パラメータが前記予測残差の振幅の増加に応じて広義単調減少する整数であるとともに、前記法数が前記分離パラメータの減少に応じて単調増加する整数であるという条件がみたされ、

前記ステップ(C)は、予め定められた特定の値からの距離が第 1 距離である分離パラメータを含む補助情報に割り当てられる第 1 符号の符号長が、当該予め定められた特定の値からの距離が第 1 距離よりも大きい第 2 距離である分離パラメータを含む補助情報に割り当てられる第 2 符号の符号長よりも短い場合が、前記第 1 符号の符号長が前記第 2 符号の符号長よりも長い場合よりも多い可変長符号化方法を用い、前記補助情報を可変長符号化するステップである、符号化方法。

【請求項 3】

請求項 2 の符号化方法であって、

前記予め定められた特定の値は、前記法数を 1 以上かつ前記被除数の最大値以下にする前記分離パラメータがとり得る範囲内にあり、

前記予め定められた特定の値は、前記分離パラメータがとり得る範囲の下限値及び上限値を除く値である、符号化方法。

【請求項 4】

請求項 3 の符号化方法であって、

前記被除数は、B を 3 以上の整数とした場合における、0 以上  $2^B$  未満の整数であり、前記分離パラメータがとり得る範囲は、0 以上  $B - 1$  以下の範囲である、符号化方法。

【請求項 5】

請求項 2 の符号化方法であって、

前記予め定められた特定の値は、前記法数を 1 以上かつ前記被除数の最大値以下にする前記分離パラメータがとり得る範囲内にあり、

前記予め定められた特定の値は、前記分離パラメータの下限値及び上限値よりも、当該下限値と当該上限値との中間値に近い値である、符号化方法。

【請求項 6】

請求項 5 の符号化方法であって、

前記被除数は、B を 3 以上の整数とした場合における、0 以上  $2^B$  未満の整数であり、前記分離パラメータがとり得る範囲は、0 以上  $B - 1$  以下の範囲である、符号化方法。

【請求項 7】

請求項 2 の符号化方法であって、

前記分離パラメータがとり得る範囲は、0 以上 7 以下の範囲であり、

前記予め定められた特定の値は、2 又は 3 である、符号化方法。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 の何れかの符号化方法であって、

10

20

30

40

50

前記予測残差は、予め定められた時間区間であるフレームごとに時系列信号を予測分析した結果から得られたものであり、

前記ステップ(A)は、前記フレームをさらに複数に区分した各時間区間であるサブフレームごとに前記分離パラメータを設定するステップであり、

前記除算の法数は、前記予測残差が属するサブフレームに対して設定された前記分離パラメータ又は当該分離パラメータの写像値である整数であり、

前記補助情報は、同一のフレームに属する各サブフレームに対してそれぞれ設定された各分離パラメータを結合した結合パラメータを含む、符号化方法。

【請求項 9】

請求項 1 から 7 の何れかの符号化方法であって、

前記第 1 情報は、前記商を可変長符号化した符号であり、

前記ステップ(B)は、

(B-1) 前記商を求めるステップと、

(B-2) 前記商を可変長符号化するための符号化方法を予め定められた時間区間ごとに選択するステップと、

(B-3) 前記商に対応する前記予測残差が属する時間区間に対して設定された符号化方法を用い、当該商を可変長符号化して前記第 1 情報を生成するステップと、を含み、

前記補助情報は、前記分離パラメータと、前記ステップ(B-2)で選択された符号化方法を特定するためのインデックスとの組を含む、符号化方法。

【請求項 10】

時系列信号を予測分析した結果に基づいて生成される整数表現された予測残差を符号化する符号化方法であって、

(A) 或る時間区間ごとに分離パラメータを設定するステップと、

(B) 前記予測残差又は当該予測残差の大きさの増加に応じて単調増加する 0 以上の整数を被除数とし、当該予測残差が属する前記時間区間に対して設定された前記分離パラメータ又は当該分離パラメータの写像値である整数を法数とした除算によって得られる整数の商を特定する第 1 情報と、前記被除数の前記法数に関する剰余を特定する第 2 情報とを含む情報を、前記予測残差に対応する符号として出力するステップと、

(C) 前記分離パラメータを含む補助情報ごとに当該補助情報を可変長符号化して得られた符号を出力するステップと、

を有し、

前記第 1 情報は、前記商を可変長符号化した符号であり、

前記ステップ(B)は、

(B-1) 前記商を求めるステップと、

(B-2) 前記商を可変長符号化するための符号化方法を予め定められた時間区間ごとに選択するステップと、

(B-3) 前記商に対応する前記予測残差が属する時間区間に対して設定された符号化方法を用い、当該商を可変長符号化して前記第 1 情報を生成するステップと、を含み、

前記補助情報は、前記分離パラメータと、前記ステップ(B-2)で選択された符号化方法を特定するためのインデックスとの組を含む、符号化方法。

【請求項 11】

請求項 9 又は 10 の符号化方法であって、

前記ステップ(C)は、特定の可変長符号化方法を用い、或る同一値の分離パラメータを含む複数の前記補助情報をそれぞれ可変長符号化するステップを含み、

前記特定の可変長符号化方法は、前記同一値の分離パラメータを含む複数の前記補助情報のうち、特定の補助情報に対し、前記同一値の分離パラメータを含む複数の前記補助情報にそれぞれ割り当てられる符号の中で最も短い符号長の符号を割り当てる符号化方法であり、

前記特定の補助情報は、アルファ符号化又は最もアルファ符号化に近い可変長符号化を行う符号化方法を特定するためのインデックスを含む補助情報である、符号化方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 1 2】

請求項 1 1 の符号化方法であって、

アルファ符号化で符号化対象値 $k$ に割り当てられる符号のビット長を $bu(k)$ とし、或る可変長符号化で符号化対象値 $k$ に割り当てられる符号のビット長を $bx(k)$ とし、 $fu(k)=0.5^{bu(k)}$ とし、 $fx(k)=0.5^{bx(k)}$ とした場合における、 $(bu(k) - bx(k))(fu(k) - fx(k))$ の各 $k$ についての総和が小さいほど、当該可変長符号化はアルファ符号化に近い、符号化方法。

## 【請求項 1 3】

請求項 9 又は 1 0 の符号化方法であって、

前記ステップ(C)は、

前記分離パラメータが前記法数を予め定められた閾値以上とするものである場合に、第 3 符号の符号長が第 4 符号の符号長よりも短い場合が、前記第 3 符号の符号長が前記第 4 符号の符号長よりも長い場合よりも多い可変長符号化方法を用い、前記補助情報を可変長符号化するステップであり、

前記第 4 符号は、アルファ符号化と異なる第 1 可変長符号化を行うための第 1 符号化方法を特定するためのインデックスを含む補助情報に割り当てられる符号であり、

前記第 3 符号は、当該第 1 可変長符号化よりもアルファ符号化に近い第 2 可変長符号化を行うための第 2 符号化方法を特定するためのインデックスを含む補助情報に割り当てられる符号である、符号化方法。

## 【請求項 1 4】

請求項 1 3 の符号化方法であって、

アルファ符号化で符号化対象値 $k$ に割り当てられる符号のビット長を $bu(k)$ とし、或る可変長符号化で符号化対象値 $k$ に割り当てられる符号のビット長を $bx(k)$ とし、 $fu(k)=0.5^{bu(k)}$ とし、 $fx(k)=0.5^{bx(k)}$ とした場合における、 $(bu(k) - bx(k))(fu(k) - fx(k))$ の各 $k$ についての総和が小さいほど、当該可変長符号化はアルファ符号化に近い、符号化方法。

## 【請求項 1 5】

請求項 9 又は 1 0 の符号化方法であって、

前記予測残差は、予め定められた時間区間であるフレームごとに時系列信号を予測分析した結果から得られたものであり、

前記ステップ(B-2)は、前記フレームをさらに複数に区分した各時間区間であるサブフレームごとに符号化方法を選択するステップであり、

前記ステップ(B-3)は、前記商に対応する前記予測残差が属する前記サブフレームに対して設定された符号化方法を用い、当該商を可変長符号化して前記第 1 情報を生成するステップであり、

前記補助情報は、前記分離パラメータと、結合インデックスとの組を含み、

前記結合インデックスは、同一のフレームに属する各サブフレームに対してそれぞれ選択された符号化方法を特定するためのインデックスを結合したものである、符号化方法。

## 【請求項 1 6】

請求項 1 5 の符号化方法であって、

前記ステップ(C)は、

或る同一値の分離パラメータを含む前記補助情報のうち、アルファ符号化又は最もアルファ符号化に近い可変長符号化を行う符号化方法を特定するためのインデックスを含む前記補助情報に対し、当該同一値の分離パラメータを含む前記補助情報に割り当てられる符号の中で最も短い符号長の符号を割り当てる可変長符号化方法を用い、当該同一値の分離パラメータを含む前記補助情報を可変長符号化するステップを含む、符号化方法。

## 【請求項 1 7】

請求項 1 5 の符号化方法であって、

前記ステップ(C)は、

前記分離パラメータが前記法数を予め定められた閾値以上とするものである場合に、第 3 符号の符号長が第 4 符号の符号長よりも短い場合が、前記第 3 符号の符号長が前記第 4 符号の符号長よりも長い場合よりも多い可変長符号化方法を用い、前記補助情報を可変長

10

20

30

40

50

符号化するステップであり、

前記第 4 符号は、アルファ符号化と異なる第 1 可変長符号化を行うための第 1 符号化方法を特定するためのインデックスを含む補助情報に割り当てられる符号であり、

前記第 3 符号は、当該第 1 可変長符号化よりもアルファ符号化に近い第 2 可変長符号化を行うための第 2 符号化方法を特定するためのインデックスを含む補助情報に割り当てられる符号である、符号化方法。

【請求項 18】

時系列信号を予測分析した結果に基づいて生成される整数表現された予測残差を符号化する符号化方法であって、

或る時間区間ごとに、分離パラメータを設定するステップと、

前記分離パラメータを含む補助情報ごとに当該補助情報を可変長符号化して得られた符号を出力するステップと、を有し、

前記時間区間に設定された前記分離パラメータは、当該時間区間に属する前記予測残差若しくは当該予測残差の写像値をゴロムライス符号化するためのライスパラメータよりも小さい、符号化方法。

【請求項 19】

時系列信号を予測分析した結果に基づいて生成される整数表現された予測残差を符号化する符号化装置であって、

或る時間区間ごとに整数の分離パラメータを設定し、前記予測残差又は当該予測残差の大きさの増加に応じて単調増加する 0 以上の整数を被除数とし、当該予測残差が属する前記時間区間に対して設定された前記分離パラメータ又は当該分離パラメータの写像値である整数を法数とした除算によって得られる整数の商を特定する第 1 情報と、前記被除数の前記法数に関する剰余を特定する第 2 情報とを含む情報を、前記予測残差に対応する符号として出力する符号化部と、

前記分離パラメータを含む補助情報ごとに当該補助情報を可変長符号化して得られた符号を出力する可変長符号化部と、

を有し、

前記分離パラメータは、前記時間区間に属する前記予測残差若しくは当該予測残差の写像値をゴロムライス符号化するためのライスパラメータの写像値であり、

前記時間区間に設定された前記分離パラメータは、当該時間区間に属する前記予測残差若しくは当該予測残差の写像値をゴロムライス符号化するためのライスパラメータよりも小さく、

前記第 1 情報は、複数の可変長符号化方法から選択された可変長符号化方法によって、前記商を可変長符号化した符号であり、前記複数の可変長符号化方法は、アルファ符号化方法以外の可変長符号化方法を含む、符号化装置。

【請求項 20】

時系列信号を予測分析した結果に基づいて生成される整数表現された予測残差を符号化する符号化装置であって、

或る時間区間ごとに整数の分離パラメータを設定し、前記予測残差又は当該予測残差の大きさの増加に応じて単調増加する 0 以上の整数を被除数とし、当該予測残差が属する前記時間区間に対して設定された前記分離パラメータ又は当該分離パラメータの写像値である整数を法数とした除算によって得られる整数の商を特定する第 1 情報と、前記被除数の前記法数に関する剰余を特定する第 2 情報とを含む情報を、前記予測残差に対応する符号として出力する符号化部と、

前記分離パラメータを含む補助情報ごとに当該補助情報を可変長符号化して得られた符号を出力する可変長符号化部と、

を有し、

前記分離パラメータが前記予測残差の振幅の増加に応じて広義単調増加する整数であるとともに、前記法数が前記分離パラメータの増加に応じて単調増加する整数であるという条件が満たされるか、又は、前記分離パラメータが前記予測残差の振幅の増加に応じて広

10

20

30

40

50

義単調減少する整数であるとともに、前記法数が前記分離パラメータの減少に応じて単調増加する整数であるという条件がみたされ、

前記可変長符号化部は、予め定められた特定の値からの距離が第1距離である分離パラメータを含む補助情報に割り当てられる第1符号の符号長が、当該予め定められた特定の値からの距離が第1距離よりも大きい第2距離である分離パラメータを含む補助情報に割り当てられる第2符号の符号長よりも短い場合が、前記第1符号の符号長が前記第2符号の符号長よりも長い場合よりも多い可変長符号化方法を用い、前記補助情報を可変長符号化する、符号化装置。

【請求項21】

時系列信号を予測分析した結果に基づいて生成される整数表現された予測残差を符号化する符号化装置であって、

或る時間区間ごとに整数の分離パラメータを設定し、前記予測残差又は当該予測残差の大きさの増加に応じて単調増加する0以上の整数を被除数とし、当該予測残差が属する前記時間区間に対して設定された前記分離パラメータ又は当該分離パラメータの写像値である整数を法数とした除算によって得られる整数の商を特定する第1情報と、前記被除数の前記法数に関する剰余を特定する第2情報とを含む情報を、前記予測残差に対応する符号として出力する符号化部と、

前記分離パラメータを含む補助情報ごとに当該補助情報を可変長符号化して得られた符号を出力する可変長符号化部と、

を有し、

前記第1情報は、前記商を可変長符号化した符号であり、

前記符号化部は、前記商を求め、前記商を可変長符号化するための符号化方法を予め定められた時間区間ごとに選択し、前記商に対応する前記予測残差が属する時間区間に対して設定された符号化方法を用い、当該商を可変長符号化して前記第1情報を生成し、

前記補助情報は、前記分離パラメータと、選択された前記商を可変長符号化するための符号化方法を特定するためのインデックスとの組を含む、符号化装置。

【請求項22】

時系列信号を予測分析した結果に基づいて生成される整数表現された予測残差を符号化する符号化装置であって、

或る時間区間ごとに、分離パラメータを設定する符号化部と、

前記分離パラメータを含む補助情報ごとに当該補助情報を可変長符号化して得られた符号を出力する可変長符号化部と、を有し、

前記時間区間に設定された前記分離パラメータは、当該時間区間に属する前記予測残差若しくは当該予測残差の写像値をゴロムライス符号化するためのライスパラメータよりも小さい、符号化装置。

【請求項23】

請求項1から18の何れかの符号化方法の各ステップをコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項24】

請求項1から18の何れかの符号化方法の各ステップをコンピュータに実行させるためのプログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、時系列信号を予測分析して符号化する技術に関し、特に、予測残差の符号化方法、復号方法、それらの装置、プログラム及び記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

音響信号や映像情報などの時系列信号を通信路によって伝送したり、情報記録媒体に記録する場合、時系列信号を圧縮符号に変換してから伝送したり記録する方法が、伝送効率

10

20

30

40

50

や記録効率の点で有効である。また、近年のブロードバンドの普及や記憶装置の容量増加に伴い、圧縮率の高さを優先する非可逆圧縮符号化方式よりも原信号の完全再生を条件とした可逆圧縮符号化方式が重視されつつある（例えば、非特許文献1参照）。そのような中、線形予測分析等の要素技術を用いて音響信号を可逆圧縮符号化する技術がMPEG (Moving Picture Expert Group) の国際標準規格「MPEG-4 ALS」として承認されている（例えば、非特許文献2参照）。

#### 【0003】

図1は、従来における可逆圧縮符号化方式の符号化装置2100の機能構成を説明するためのブロック図である。図2は、図1に示す残差符号化部2120の機能構成を説明するためのブロック図である。また、図3は、従来における可逆圧縮符号化方式の復号装置2200の機能構成を説明するためのブロック図である。図4は、図3に示す残差復号部2220の機能構成を説明するためのブロック図である。まず、これらの図を用いて従来の可逆圧縮符号化方式を説明する。

10

#### 【0004】

<符号化方法>

符号化装置2100のフレームバッファ2111には、標本化・量子化されたPCM (pulse code modulation)形式の時系列信号 $x(n)$  ( $n$ は離散時間を示すインデックス)が入力される。フレームバッファ2111は、予め定められた時間区間(以下、「フレーム」と呼ぶ)分の時系列信号 $x(n)$  ( $n=1, \dots, N$ ) ( $N$ は正の整数)をバッファする。バッファされた1フレーム分の時系列信号 $x(n)$  ( $n=1, \dots, N$ )は予測符号化部2110の線形予測分析部2112に送られ、線形予測分析部2112は、線形予測分析によって1次から $M$ 次までのPARCOR係数 $k(m)$  ( $m=1, 2, \dots, M$ )を算出して出力する。

20

#### 【0005】

なお、線形予測分析では、ある時点 $n$ の時系列信号 $x(n)$ と、その時点 $n$ よりも過去の $M$ 個 ( $M$ は正の整数。 $M$ を「予測次数」と呼ぶ。)の時点 $n-1, n-2, \dots, n-M$ の時系列信号 $x(n-1), x(n-2), \dots, x(n-M)$ をそれぞれ係数 $a(m)$  ( $m=1, \dots, M$ ) (「線形予測係数」と呼ぶ)で重み付けしたものと、予測残差 $e(n)$  (「予測誤差」と呼ぶ場合もある)と間に線形1次結合が成り立つと仮定する。この仮定に基づいた線形予測モデルは以下ようになる。線形予測分析では、入力された時系列信号 $x(n)$  ( $n=1, \dots, N$ )に対し、予測残差 $e(n)$  ( $n=1, \dots, N$ )のエネルギーを最小化する線形予測係数 $a(m)$  ( $m=1, \dots, M$ )又はそれに変換可能なPARCOR係数 $k(m)$  ( $m=1, \dots, M$ )などの係数を算出する。

30

#### 【0006】

$$e(n) = x(n) + a(1) \cdot x(n-1) + a(2) \cdot x(n-2) + \dots + a(M) \cdot x(n-M)$$

線形予測分析の具体例としては、レビンソン・ダービン (Levinson-Durbin) 法やバーグ (Burg) 法などの逐次的方法や、自己相関法や共分散法のように予測次数ごとに連立方程式(予測残差を最小にする線形予測係数を解とする連立方程式)を解く方法などがある。

#### 【0007】

また、ある時点 $n$ の時系列信号 $y(n)$ を、その時点 $n$ よりも過去の $M$ 個の時点 $n-1, n-2, \dots, n-M$ の時系列信号 $x(n-1), x(n-2), \dots, x(n-M)$ を用いて推定する下式の線形FIR(Finite Impulse Response)フィルタを「線形予測フィルタ」と呼ぶ。

40

#### 【0008】

$$y(n) = -\{ a(1) \cdot x(n-1) + a(2) \cdot x(n-2) + \dots + a(M) \cdot x(n-M) \}$$

算出されたPARCOR係数 $k(m)$  ( $m=1, \dots, M$ )は、量子化部2113に送られ、量子化されて量子化PARCOR係数 $i(m)$  ( $m=1, \dots, M$ )が生成される。なお、「量子化PARCOR係数」は、PARCOR係数の量子化値そのものであってもよいし、当該PARCOR係数の量子化値に付されたインデックスであってもよい。量子化PARCOR係数 $i(m)$  ( $m=1, \dots, M$ )は、係数符号化部2114に送られ、そこで可変長符号化される。また、量子化PARCOR係数 $i(m)$  ( $m=1, \dots, M$ )は、線形予測係数変換部2115にも送られ、線形予測係数変換部2115は、これらを用いて線形予測係数 $a(m)$  ( $m=1, 2, \dots, M$ )

50

)を算出する。線形予測部 2 0 1 6 は、1 フレーム分の時系列信号 $x(n)$  ( $n=1, \dots, N$ )と各線形予測係数  $(m)$  ( $m=1, \dots, M$ )とを用い、線形予測フィルタによって線形予測値 $y(n)$  ( $n=1, \dots, N$ )を生成し、減算部 2 1 1 7 は、時系列信号 $x(n)$ から線形予測値 $y(n)$ を減算した結果である予測残差 $e(n)$ を算出する(予測フィルタ処理)。

#### 【0009】

算出された予測残差 $e(n)$ は所定の範囲の整数で表現された値である。例えば、入力された時系列信号 $x(n)$ が有限ビット数の整数形式で表現され、小数点以下を四捨五入するなどして整数化された線形予測係数をフィルタ係数とする線形予測フィルタの出力値を線形予測値 $y(n)$ とする場合には、時系列信号 $x(n)$ から線形予測値 $y(n)$ を減算した値を予測残差 $e(n)$ とすることで、有限ビット数の整数形式で表現された(所定の範囲の整数で表現された)予測残差 $e(n)$ が得られる。また、時系列信号 $x(n)$ や線形予測値 $y(n)$ が整数形式で表現されたものでない場合には、時系列信号 $x(n)$ から線形予測値 $y(n)$ を減算した値を有限ビット数の整数形式で表現したものを予測残差 $e(n)$ としてもよい。残差符号化部 2 1 2 0 は、当該整数表現された予測残差 $e(n)$  ( $n=1, \dots, N$ )をゴロムライス(Golomb-Rice)符号化する。ゴロムライス符号化では、まず、ライスパラメータ計算部 2 1 2 1 が、入力された予測残差 $e(n)$  ( $n=1, \dots, N$ )を用い、整数であるライスパラメータ $s$ を生成する。後述するようにライスパラメータ $s$ の最適値は、入力された予測残差 $e(n)$ の振幅(例えば、或る時間区間に属する1個以上の予測残差 $e(n)$ の平均振幅に依存)に依存する。このライスパラメータ $s$ は、フレームごとに生成されてもよいし、フレームをさらに複数に区分した各時間区間でサブフレームごとに生成されてもよい。

#### 【0010】

次に、ゴロムライス符号化部 2 1 2 2 の分離演算部 2 1 2 2 a に予測残差 $e(n)$  ( $n=1, \dots, N$ )とライスパラメータ $s$ が入力される。分離演算部 2 1 2 2 a は、これらを用いた所定の除算によって、整数の商 $q(n)$ とそれに対応する剰余を特定する情報 $sub(n)$ とを算出する。この除算は、基本的には予測残差 $e(n)$ を法数 $2^s$ で割る演算である。しかし、正負が存在する予測残差 $e(n)$ を区別して取り扱う必要性や符号長削減等の観点から、単なる予測残差 $e(n)$ を法数 $2^s$ で割る演算から多少の変更が加えられる場合もある。なお、法数が2のべき乗であり、被除数が2進数表現された整数である場合、割り算は被除数を複数ビットで表現した場合の下位ビットを削る処理となり、商は被除数を複数ビットで表現した場合の上位ビットとなり、剰余は被除数を複数ビットで表現した場合の下位ビットとなる。

#### 【0011】

次に、アルファ符号化部 2 1 2 2 b が、この商 $q(n)$ をアルファ符号(「一進法符号(単進符号, unary)」と呼ぶ場合もある)化し、情報 $prefix(n)$ を生成する。生成された情報 $prefix(n)$ と情報 $sub(n)$ とは合成部 2 1 2 2 c に入力され、合成部 2 1 2 2 c は、それらのビット結合値 $prefix(n)|sub(n)$ を予測残差 $e(n)$ に対応する残差符号 $C_e$ として出力する。また、残差符号化部 2 1 2 0 は、この残差符号 $C_e$ と、ライスパラメータ $s$ を特定するための補助符号 $C_s$ とを出力する。例えば、フレームごとにライスパラメータ $s$ が生成された場合には、サブフレーム分割を行わないことを示す情報と、ライスパラメータ $s$ そのものが補助符号 $C_s$ として出力される。また、サブフレームごとにライスパラメータ $s$ が生成された場合には、先頭のサブフレームに対して生成されたライスパラメータ $s$ と、隣接するサブフレームに対してそれぞれ生成されたライスパラメータ $s$ 間の差分をゴロムライス符号化した差分符号 $C_d$ と、サブフレームごとにライスパラメータ $s$ が生成されたことを示すフラグ情報とが補助符号 $C_s$ として出力される。

#### 【0012】

予測符号化部 2 1 1 0 で生成された係数符号 $C_k$ と残差符号化部 2 1 2 0 で生成された残差符号 $C_e$ 及び補助符号 $C_s$ とは合成部 2 1 3 0 に送られ、そこで合成されて符号 $C_g$ が生成される。

#### 【0013】

<復号方法>

復号装置 2 2 0 0 に入力された符号 $C_g$ は、分離部 2 2 1 0 で係数符号 $C_k$ と残差符号 $C_e$ と

10

20

30

40

50



補助符号 $C_c$ とに分離される。係数符号 $C_k$ は予測復号部 2 2 3 0 に入力され、残差符号 $C_e$ 及び補助符号 $C_c$ は残差復号部 2 2 2 0 に入力される。

【 0 0 1 4 】

残差復号部 2 2 2 0 は、入力された補助符号 $C_c$ からライスパラメータ $s$ を得る。例えば、補助符号 $C_c$ が前述のフラグ情報を含む場合、まず、ライスパラメータ復元部 2 2 2 2 は、補助符号 $C_c$ が含む差分符号 $C_d$ から、隣接するサブフレームに対してそれぞれ生成されたライスパラメータ $s$ 間の差分を復元する。次に、ライスパラメータ復元部 2 2 2 2 は、各差分と、補助符号 $C_c$ が含む先頭のサブフレームのライスパラメータ $s$ とを用い、2 番目以降のサブフレームのライスパラメータ $s$ を復元する。また、例えば、補助符号 $C_c$ が前述のサブフレーム分割を行わないことを示す情報を含む場合には、補助符号 $C_c$ が含むライスパラメータ $s$ が当該補助符号 $C_c$ に対応するフレームのライスパラメータ $s$ である。また、残差復号部 2 2 2 0 のゴロムライス復号部 2 2 2 1 は、入力された残差符号 $C_e$ を情報 $prefix(n)$ と情報 $sub(n)$ とに分離する。分離された情報 $prefix(n)$ は、アルファ復号部 2 2 2 1 c で復号されて商 $q(n)$ が生成される。そして、合成演算部 2 2 2 1 b に情報 $sub(n)$ と商 $q(n)$ とライスパラメータ $s$ とが入力され、合成演算部 2 2 2 1 b はこれらを用いて予測残差 $e(n)$ を復号する。

10

【 0 0 1 5 】

一方、予測復号部 2 2 3 0 に入力された係数符号 $C_k$ は、係数復号部 2 2 3 1 で復号されて量子化 P A R C O R 係数 $i(m)$  ( $m=1, \dots, M$ ) が生成される。量子化 P A R C O R 係数 $i(m)$  ( $m=1, \dots, M$ ) は線形予測係数変換部 2 2 3 2 に送られ、線形予測係数変換部 2 2 3 2 は、これらを用いて予測次数 $M$ の線形予測フィルタの各線形予測係数 $i(m)$  ( $m=1, \dots, M$ ) を算出する。線形予測部 2 2 3 3 は、算出された各線形予測係数 $i(m)$  ( $m=1, \dots, M$ ) と過去に加算部 2 2 3 4 から出力された時系列信号 $x(n)$  ( $n=1, \dots, N$ ) とを用い、線形予測フィルタによって線形予測値 $y(n)$  ( $n=1, \dots, N$ ) を生成する。加算部 2 2 3 4 は、線形予測値 $y(n)$ と残差復号部 2 2 2 0 で復号された予測残差 $e(n)$ とを加算して時系列信号 $x(n)$  ( $n=1, \dots, N$ ) を生成する(逆予測フィルタ処理)。

20

【先行技術文献】

【非特許文献】

【 0 0 1 6 】

【非特許文献 1】Mat Hans and Ronald W. Schafer, "Lossless Compression of Digital Audio", IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, July 2001, pp.21-32.

30

【非特許文献 2】ISO/IEC 14496-3 AMENDMENT 2: Audio Lossless Coding(ALS), new audio profiles and BSAC extensions.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 7 】

本発明は、予測残差の符号化に関する符号化圧縮率を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 8 】

ゴロムライス符号化の変形方法として、前述の商をアルファ符号化する代わりに、当該商を他の方法で符号化する方法(非公知)も想定できる。上述の商を算出するための法数を特定するパラメータを総称して「分離パラメータ」と呼ぶ。本発明では、整数表現された予測残差を符号化する際に、このような分離パラメータを含む補助情報を可変長符号化する。これにより、分離パラメータの符号化圧縮率を向上させる。そして、予測残差に対応する符号を復号する際には、このような分離パラメータを含む補助情報が可変長符号化された符号を復号して当該分離パラメータを生成し、当該分離パラメータを用いて予測残差に対応する符号を復号する。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 9 】

本発明では、予測残差の符号化に関する符号化圧縮率が向上する。

50

## 【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】従来における可逆圧縮符号化方式の符号化装置の機能構成を説明するためのブロック図。

【図2】図1に示す残差符号化部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図3】従来における可逆圧縮符号化方式の復号装置の機能構成を説明するためのブロック図。

【図4】図3に示す残差復号部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図5】図5(A)は、ゴロムライス符号化の分離パラメータ(ライスパラメータ)の頻度分布を例示した図であり、図5(B)は、ライステイルの頻度分布を例示した図である

10

【図6】第1実施形態の符号化装置の機能構成を説明するためのブロック図。

【図7】図6に示した残差符号化部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図8】第1実施形態の復号装置の機能構成を説明するためのブロック図。

【図9】図8に示した残差復号部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図10】図10(A)は、残差符号化部の符号表格納部及び残差復号部の符号表格納部に格納される符号表と分離パラメータ及びインデックスとの対応関係を例示するための対応表である。図10(B)は、図10(A)に例示した各符号表が選択される頻度と分離パラメータs及びインデックスhとの関係を例示するための図である。

【図11】図11(A)~(C)は、図10(A)の対応表の符号表を例示するための図

20

【図12】残差符号化部の可変長符号化部が行う可変長符号化、及び残差復号部の可変長復号部が行う復号方法に対応する符号表の例示。

【図13】第1実施形態の符号化方法を説明するためのフローチャート。

【図14】図14(A)は、図13のステップS20の詳細を例示するためのフローチャートであり、図14(B)は、図13のステップS30の詳細を例示するためのフローチャートである。

【図15】第1実施形態の復号方法を説明するためのフローチャート。

【図16】ステップS150の詳細を例示するためのフローチャート。

【図17】第1実施形態の変形例1における残差符号化部の機能構成を説明するためのブロック図。

30

【図18】第1実施形態の変形例1における残差復号部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図19】第1実施形態の変形例1の符号化方法を説明するためのフローチャート。

【図20】図19のステップS330の詳細を例示するためのフローチャート。

【図21】第1実施形態の変形例1の復号方法を説明するためのフローチャート。

【図22】ステップS450の詳細を例示するためのフローチャート。

【図23】図23(A)は、符号表格納部及び符号表格納部に格納される符号表 $T[h,s]$ と分離パラメータs及びインデックスhとの対応関係を例示するための対応表である。また、図23(B)は、図23(A)の対応表に例示した各符号表が選択される頻度と分離パラメータs及びインデックスhとの関係を例示するための図である。

40

【図24】図24(A), 図24(C)は、符号表格納部及び符号表格納部に格納される符号表 $T[h,s]$ と分離パラメータs及びインデックスhとの対応関係を例示するための対応表である。また、図24(B), 図24(D)は、図24(A), 図24(C)の対応表に例示した各符号表が選択される頻度と分離パラメータs及びインデックスhとの関係を例示するための図である。

【図25】第1実施形態の変形例3における残差符号化部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図26】第1実施形態の変形例3における残差復号部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図27】図27(A)は、残差符号化部の符号表格納部及び残差復号部の符号表格納部

50

に格納される符号表と分離パラメータ及びインデックスとの対応関係を例示するための対応表である。また、図27(B)は、図27(A)の対応表に例示した各符号表が選択される頻度と分離パラメータ $s$ (上位・下位)及びインデックス $h$ との関係を例示するための図である。

【図28】図28(A)(B)は、図27(A)の対応表の符号表を例示するための図である。

【図29】残差符号化部の可変長符号化部が行う可変長符号化、及び残差復号部の可変長復号部が行う復号方法に対応する符号表の例示。

【図30】第2実施形態における残差符号化部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図31】第2実施形態における残差復号部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図32】残差符号化部の符号表選択部でサブフレームごとに選択される、商 $q(n)$ を可変長符号化するため符号表の頻度と分離パラメータ $s$ 及びインデックス $h_i$ との関係を例示するための図。

【図33】第2実施形態の符号化方法を説明するためのフローチャート。

【図34】第2実施形態の復号方法を説明するためのフローチャート。

【図35】第3実施形態における残差符号化部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図36】第3実施形態における残差復号部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図37】残差符号化部の符号表選択部でサブフレームごとに選択される、商 $q(n)$ を可変長符号化するため符号表の頻度と分離パラメータ $s_i$ 及びインデックス $h$ との関係を例示するための図。

【図38】第3実施形態の符号化方法を説明するためのフローチャート。

【図39】第3実施形態の復号方法を説明するためのフローチャート。

【図40】第4実施形態における残差符号化部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図41】第4実施形態における残差復号部の機能構成を説明するためのブロック図。

【図42】残差符号化部の符号表選択部でサブフレームごとに選択される、商 $q(n)$ を可変長符号化するため符号表の頻度と分離パラメータ $s_i$ 及びインデックス $h_i$ との関係を例示するための図。

【図43】第4実施形態の符号化方法を説明するためのフローチャート。

【図44】第4実施形態の復号方法を説明するためのフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下では本発明の原理を説明した後、各実施形態の説明を行っていく。

【0022】

〔原理1〕

音響信号、映像情報、生体信号、地震波信号などの時系列信号に対し、線形予測分析(「短期予測分析」と呼ぶ場合もある)、長期予測分析、マルチチャネル予測分析などの予測分析を行って予測残差を求めた場合、その予測残差の振幅には独自の偏りが生じる(非公知)。また、分離パラメータは予測残差の振幅に依存し(例えば、或る時間区間に属する1個以上の予測残差の平均振幅に依存)、分離パラメータの頻度分布にも独自の偏りが生じる(非公知)。本形態ではこの性質を利用し、分離パラメータを含む補助情報を可変長符号化する。以下、この原理を説明する。

【0023】

本形態では、時系列信号の予測分析結果から得られる整数表現された予測残差を、ゴロムライス符号化方法、又は、ゴロムライス符号化方法の変形方法によって符号化する。すなわち、この予測残差の符号化方法は、(A) 予め定められた時間区間ごとに整数の分離パラメータを設定するステップと、(B) 第1情報と第2情報とを含む情報を、予測残差の少なくとも一部に対応する符号として出力するステップと、を有する。なお、上述の第1情報は、除算によって得られる整数の商を特定する情報である。上述の除算の被除数は、予測残差又は予測残差の大きさの増加に応じて単調増加する0以上の整数である。上述の除算の法数は、予測残差が属する時間区間に対して設定された分離パラメータに依存する整

10

20

30

40

50

数（分離パラメータ又は分離パラメータの写像値である整数）である。また、上述の第2情報は、上述の被除数の法数に関する剰余を特定する情報である。なお、予測残差の何れかに対応する符号が、第1情報を含むが第2情報を含まないものであってもよい。また、予測残差の大きさの増加に応じて単調増加する0以上の整数とは、例えば、予測残差の絶対値の増加に応じて単調増加する0以上の整数や、負の予測残差の減少に応じて単調増加する0以上の整数（例えば、後述の式(2)(4)）や、予測残差のエネルギーの増加に応じて単調増加する0以上の整数などを意味する。

【0024】

ここで、ステップ(B)の除算によって得られる商は、法数が大きくなるほど小さくなって0付近に偏り、法数が小さくなるほど被除数の大きさに依存する範囲に広く分布する。一方、その商に対応する剰余は、法数が小さいほど偏りが大きくなって小さな値に偏って分布し、法数が大きいほど偏りが小さくなって広い範囲に分布する。つまり、法数が大きいほど、商を特定する第1情報の情報量を小さくすることができるが、剰余を特定する第2情報の情報量が大きくなってしまいう傾向がある。予測残差の符号の符号量（「符号長」と呼ぶ場合もある）を小さくするためには、予測残差の振幅に応じて適切な法数を用いなければならない。このような分離パラメータは予測残差の振幅に依存し、予測残差の振幅には独自の偏りがあるのだから、当該分離パラメータの頻度分布にも独自の偏りが生じる（非公知）。

【0025】

そこで、本形態では、さらに、(C) 分離パラメータを含む補助情報ごとに、当該補助情報を可変長符号化する。これにより、分離パラメータの符号化圧縮率を向上させる。なお、可変長符号化の例は、アルファ符号化、デルタ符号化、ハフマン（Huffman）符号化、ゴロムライス符号化、ゴロム（Golomb）符号化、及びその他のエントロピー符号化である。

【0026】

例えば、以下の条件1又は2が満たされると想定する。

【0027】

（条件1）上述の分離パラメータが予測残差の振幅の増加に応じて広義単調増加（単調非減少）する整数であって、上述の法数が分離パラメータの増加に応じて単調増加する整数である。

【0028】

（条件2）上述の分離パラメータが予測残差の振幅の増加に応じて広義単調減少する整数であって、上述の法数が分離パラメータの減少に応じて単調増加する整数である。

【0029】

条件1の一例は、分離パラメータが或る時間区間での予測残差の平均振幅の増加に応じて広義単調増加する整数であって、法数が分離パラメータの増加に応じて単調増加する整数である、という条件である。

【0030】

条件2の一例は、分離パラメータが或る時間区間での予測残差の平均振幅の増加に応じて広義単調減少する整数であって、法数が分離パラメータの減少に応じて単調増加する整数である、という条件である。

【0031】

このような条件は、例えば、分離パラメータが、ゴロムライス符号におけるライスパラメータ、又は、ライスパラメータの写像値、又は、予め定められた時間区間における予測残差の符号の総符号量を最小化する整数であって、法数が、2を底とし、分離パラメータ又は分離パラメータの写像値を指数とする冪乗値である場合に成り立つ。なお、ライスパラメータの写像値の一例は、ライスパラメータと正又は負の整数定数との和である。また、商の符号化方法としてアルファ符号化以外をも許す場合には、それに基づく自由度の拡大を考慮し、ライスパラメータと負の整数定数（例えば「-1」）との和を分離パラメー

たすることが望ましい。すなわち、このような場合には、分離パラメータがライスパラメータの写像値であり、少なくとも一部の時間区間では、当該時間区間に設定された分離パラメータが、当該時間区間に属する予測残差若しくは当該予測残差の写像値をゴロムライス符号化するためのライスパラメータよりも小さいことが望ましい。また、値の最小化とは、当該値を厳密な意味で最小にすることのみならず、当該値を最小であると近似できる値にすることや、当該値を予め定められた閾値以下若しくは未満とすることをも含む概念である。

【 0 0 3 2 】

上記の想定のもとでは、予め定められた特定の値からの距離が第1距離である分離パラメータが選択される頻度が、当該予め定められた特定の値からの距離が第1距離よりも大きい第2距離である分離パラメータが選択される頻度よりも高くなる。

10

【 0 0 3 3 】

なお、この「予め定められた特定の値」は、ステップ(B)の法数を1以上かつ被除数の最大値以下にするために分離パラメータがとり得る範囲内の値であって、なおかつ、当該分離パラメータがとり得る範囲 ( $s_{min}$  以上  $s_{max}$  以下) の下限値  $s_{min}$  及び上限値  $s_{max}$  を除く値である。例えば、被除数が0以上  $2^B$  未満 ( $B$  は3以上の整数) の整数である場合、「予め定められた特定の値」は、1以上  $B - 2$  以下の整数である。言い換えると、上記「予め定められた特定の値」は、例えば、ステップ(B)の法数を1以上かつ被除数の最大値以下にするために分離パラメータがとり得る範囲内の値であって、なおかつ、当該分離パラメータがとり得る範囲 ( $s_{min}$  以上  $s_{max}$  以下) の下限値  $s_{min}$  及び上限値  $s_{max}$  よりも、下限値  $s_{min}$  と上限値  $s_{max}$  との中間値  $(s_{min} + s_{max}) / 2$  に近い値である。例えば、被除数が0以上  $2^B$  未満 ( $B$  は3以上の整数) の整数である場合、上記「予め定められた特定の値」は、0及び  $B - 1$  よりも  $(B - 1) / 2$  に近い値である。具体例を挙げれば、分離パラメータがとり得る範囲が0以上7以下の範囲である場合、上記「予め定められた特定の値」は、例えば、2又は3である。すなわち、分離パラメータの頻度分布は、分離パラメータがとり得る範囲の下限又は上限に近い値の頻度よりも、当該範囲の中心に近い値の頻度のほうが高い分布となる。

20

【 0 0 3 4 】

上記の想定のもとでは、ステップ(C)において、第1符号の符号長が第2符号の符号長よりも短い場合が、第1符号の符号長が第2符号の符号長よりも長い場合よりも多い可変長符号化方法を用い、補助情報を可変長符号化する。なお、第1符号とは、予め定められた特定の値からの距離が第1距離である分離パラメータを含む補助情報に割り当てられる符号である。第2符号とは、予め定められた特定の値からの距離が第2距離である分離パラメータを含む補助情報に割り当てられる符号である。また、第2距離は第1距離よりも大きい。

30

【 0 0 3 5 】

<ライスパラメータでの例>

以上のことを、分離パラメータがゴロムライス符号化のライスパラメータである場合について説明する。

【 0 0 3 6 】

[ゴロムライス符号化]

ゴロムライス符号化では、例えば、以下のように予測残差の符号を生成する。ただし、 $e(n)$  は予測残差であり、 $q(n)$  は整数の商であり、 $prefix(n)$  は商を可変長符号化した第1情報であり、 $sub(n)$  は剰余を特定する第2情報であり、 $s$  は分離パラメータ (この例ではライスパラメータ) であり、 $floor(x)$  は  $x$  以下の最大の整数である。

40

【 0 0 3 7 】

分離パラメータ  $s > 0$  の場合、ステップ(B)では以下のように商  $q(n)$  を生成する。

【 0 0 3 8 】

$$q(n) = floor(e(n) / 2^{s-1}) \quad (\text{for } e(n) \geq 0) \quad \dots (1)$$

$$q(n) = floor\{(-e(n) - 1) / 2^{s-1}\} \quad (\text{for } e(n) < 0) \quad \dots (2)$$

50

一方、分離パラメータ  $s = 0$  の場合、ステップ(B)では以下のように商  $q(n)$  を生成する。

【 0 0 3 9 】

$$q(n)=2 \cdot e(n) \text{ (for } e(n) \geq 0 \text{)} \quad \dots(3)$$

$$q(n)=-2 \cdot e(n) - 1 \text{ (for } e(n) < 0 \text{)} \quad \dots(4)$$

また、分離パラメータ  $s > 0$  の場合、ステップ(B)で使用される剰余を特定する第 2 情報  $sub(n)$  は以下のように特定される。

【 0 0 4 0 】

$$sub(n)=e(n) - 2^{s-1} \cdot q(n)+2^{s-1} \text{ (for } e(n) \geq 0 \text{)} \quad \dots(5)$$

$$sub(n)=( - e(n) - 1) - 2^{s-1} \cdot q(n) \text{ (for } e(n) < 0 \text{)} \quad \dots(6)$$

一方、分離パラメータ  $s = 0$  の場合、剰余を特定する第 2 情報  $sub(n)$  は存在しない ( $sub(n)=null$ )。

【 0 0 4 1 】

[ 分離パラメータ  $s$  の生成方法 ]

或る時間区間の予測残差  $e(n)$  に対応する符号の総符号量を最小化する整数が分離パラメータ  $s$  となる。例えば、各フレームにおける予測残差  $e(n)$  ( $n=1, \dots, N$ ) に対する符号の総符号量をそれぞれ最小化する整数を当該フレームの分離パラメータ  $s$  としてもよい。また、各サブフレームにおける予測残差  $e(n)$  ( $n=SFS, \dots, SFE$ ) ( $SFS \sim SFE, SFS, SFE \{1, \dots, N\}$ ) に対応する符号の総符号量をそれぞれ最小化する整数を当該サブフレームの分離パラメータ  $s$  としてもよい。以下では、各フレームにおける予測残差  $e(n)$  ( $n=1, \dots, N$ ) に対応する符号の総符号量をそれぞれ最小化する整数を当該フレームの分離パラメータ  $s$  とする。

【 0 0 4 2 】

式(1)~(4)を共通化して商  $q(n)$  を表現すると以下の式となる。ただし、 $|\cdot|$  は  $\cdot$  の絶対値を示す。

【 0 0 4 3 】

$$q(n)=\text{floor}\{(2 \cdot |e(n)| - z)/2^s\} \text{ (} z=0 \text{ or } 1 \text{ or } 2 \text{)} \quad \dots(7)$$

ゴロムライス符号化の場合、 $prefix(n)$  は商  $q(n)$  をアルファ符号化した符号であり、その符号長は、式(7)を用いて以下のように表現できる。

【 0 0 4 4 】

$$\text{floor}\{(2 \cdot |e(n)| - z)/2^s\}+1 \quad \dots(8)$$

また、ゴロムライス符号化の場合、式(5)(6)の剰余を特定する第 2 情報  $sub(n)$  はビットで表現される。よって、1 フレーム ( $N$  サンプル) あたりのゴロムライス符号の符号長  $C(s, e(n), N)$  の符号長は、以下のように表現できる。

【 0 0 4 5 】

【 数 1 】

$$C(s, e(n), N) = \sum_{n=1}^N \left[ \text{floor}\{(2 \cdot |e(n)| - z)/2^s\} + 1 + s \right] \quad \dots(9)$$

【 0 0 4 6 】

ここで  $\text{floor}\{(2 \cdot |e(n)| - z)/2^s\} = \{(2 \cdot |e(n)| - z)/2^s\}$  と近似すると、式(9)は以下のように近似できる。

【 0 0 4 7 】

10

20

30

40

【数 2】

$$C(s, e(n), N) = 2^{-s} (2 \cdot D - z \cdot N) + (1 + s) \cdot N$$

$$D = \sum_{n=1}^N |e(n)| \quad \dots (10)$$

【0048】

そして、式(10)のsについての偏微分結果が0となるsを求めると以下のようになる。なお、このsはフレームにおける予測残差e(n) (n=1, ..., N) に対応する符号の総符号量を最小化する値である。

10

【0049】

$$s = \log_2 \{ \ln 2 \cdot (2 \cdot D / N - z) \} \quad \dots (11)$$

ここで、D/Nがzよりも十分大きいならば以下の式が近似できる。

【0050】

$$s = \log_2 \{ \ln 2 \cdot (2 \cdot D / N) \} \quad \dots (12)$$

式(12)で得られる値sは整数化されていない連続値であるため、式(12)で得られる値sを整数に量子化した値を分離パラメータsとする。

【0051】

[ 分離パラメータsの頻度分布 ]

20

式(12)に示すように、分離パラメータsは予測残差e(n)の振幅に依存し、分離パラメータsの値は予測残差e(n)の振幅の増加に応じて広義単調増加する。そして、この分離パラメータsの頻度分布には独自の偏りがある。

【0052】

図5(A)は、ゴロムライス符号化の分離パラメータ(ライスパラメータ)の頻度分布を例示した図である。ここで、図5(A)の横軸は分離パラメータsを示し、縦軸はN=40, 80, 160, 240, 320の各場合における分離パラメータsの頻度を示す。なお、この縦軸では、各分離パラメータsの頻度の合計が1になるように正規化されている。また、図5(A)では、音響信号を線形予測分析した結果から得られた予測残差e(n)又は予測残差e(n)の大きさの増加に応じて単調増加する0以上の整数である被除数が0以上 $2^8$ 未満の整数である場合に算出された分離パラメータsの頻度分布を示す。

30

【0053】

被除数が0以上 $2^8$ 未満の整数(被除数を8ビットで表現)であり、法数が $2^5$ である場合、分離パラメータsは0以上7以下の範囲の整数値となる。図5(A)に示すように、分離パラメータsの頻度分布には独自の偏りがある。具体的には、予め定められた特定の値からの距離が第1距離である分離パラメータが選択される頻度が、当該予め定められた特定の値からの距離が第1距離よりも大きい第2距離である分離パラメータが選択される頻度よりも高くなる。

【0054】

そのため、ゴロムライス符号化の例では、前述の第1符号は、予め定められた特定の値からの距離が第1距離である分離パラメータsを含む補助情報に割り当てられる符号となる。また、前述の第2符号は、当該予め定められた特定の値からの距離が第2距離(第2距離 > 第1距離)である分離パラメータsを含む補助情報に割り当てる符号となる。そして、上記のステップ(C)において、当該第1符号の符号長が当該第2符号の符号長よりも短い場合が、当該第1符号の符号長が当該第2符号の符号長よりも長い場合よりも多い可変長符号化方法を用い、補助情報を可変長符号化する。

40

【0055】

なお、このゴロムライス符号化の例での「予め定められた特定の値」は、例えば、分離パラメータがとり得る0以上7以下の範囲内の値であって、なおかつ、分離パラメータがとり得る範囲の下限値0及び上限値7を除く値である。言い換えると、この例での「予め

50

定められた特定の値」は1以上6以下の値であり、例えば、0及び7よりも $7/2 = 3.5$ に近い値である。すなわち、分離パラメータsがとり得る0以上7以下の範囲の下限値又は上限値に近い分離パラメータsが選択される頻度よりも、当該範囲の中心に近い分離パラメータsが選択される頻度のほうが高くなる。より具体的に図5(A)の頻度分布をとる場合の「予め定められた特定の値」は、例えば、2若しくは3である(<ゴロムライス符号化の例>の説明終わり)。

【0056】

〔原理2〕

本形態では、上記の原理1に加え、好ましくは以下の原理2を採用することで、予測残差の符号化に関する符号化圧縮率をさらに向上させる。

【0057】

ゴロムライス符号化方法では、前述のように算出された整数の商 $q(n)$ (例えば、式(1)~(4)で例示した商 $q(n)$ )をアルファ符号化し、予測残差 $e(n)$ に対応する符号の一部である情報prefix(n)を生成する。ここで、ゴロムライス符号化処理において算出される整数の商 $q(n)$ (例えば、式(1)~(4)で例示した商 $q(n)$ )に対応するアルファ符号の符号長(ストップビットを含むビット長)をライステイルと呼ぶことにする。すなわち、 $q(n)+1$ をライステイルと呼ぶ。図5(B)は、ライステイルの頻度分布を例示した図である。なお、図5(B)の横軸はライステイルを示し、縦軸は分離パラメータsが3である場合のライステイルの頻度を示す。また、この図では、ライステイルの頻度の合計が1になるように、各ライステイルの頻度が正規化されている。

【0058】

ゴロムライス符号化では、整数の商 $q(n)$ をアルファ符号に符号化する。当該整数の商 $q(n)$ がラプラス(Laplace)分布に従うのであれば、整数の商 $q(n)$ をアルファ符号に符号化することは最適な可変長符号化であるといえる。しかし、当該整数の商 $q(n)$ の分布がラプラス分布に従わない場合、他の可変長符号化の方が符号化圧縮率を向上できる場合がある。そのため、原理2では、整数の商 $q(n)$ の可変長符号化するための可変長符号化方法を複数用意しておき、そこから最適な可変長符号化方法を選択して符号化を行う。すなわち、第1情報は、商を可変長符号化した符号であり、ステップ(B)は、(B-1)商を求めるステップと、(B-2)商を可変長符号化するための可変長符号化方法を予め定められた時間区間ごとに選択するステップと、(B-3)商に対応する予測残差が属する時間区間に対して設定された可変長符号化方法を用い、当該商を可変長符号化して第1情報を生成するステップとを含む。可変長符号化の例は、アルファ符号化、デルタ符号化、ハフマン符号化、ゴロムライス符号化、ゴロム符号化、及びその他のエントロピー符号化である。候補として複数用意される可変長符号化方法は、アルファ符号化方法以外の可変長符号化方法を含む。例えば、整数の商 $q(n)$ をハフマン符号化するための複数種類のハフマン表を用意しておき、そこから最適なハフマン表を選択して符号化を行う。このハフマン表にはアルファ符号と同一の符号化を行うための符号表が含まれていてもよい。また、アルファ符号化方法やデルタ符号化方法のような符号表を用いることなく計算可能な符号化方法を選択可能とする場合には、符号表を選択するのではなく、符号化関数を選択する構成であってもよい。

【0059】

符号化装置が最適な可変長符号化方法を選択して商 $q(n)$ の符号化を行う場合、復号装置がその可変長符号化方法を特定できないと、その復号装置は適切に復号を行うことができない。そのため、符号化装置は、選択した商 $q(n)$ の可変長符号化方法を示すインデックスを含む補助情報に対応する符号を生成し、これを復号装置に送る。原理2では、このインデックスを含む補助情報の符号化方法を工夫することで符号化圧縮率を向上させる。

【0060】

前述のステップ(B-1)で算出される商 $q(n)$ ( $n=1, \dots, N$ )は、法数が大きくなるほど小さくなって0付近に偏る。また、これらの商 $q(n)$ ( $n=1, \dots, N$ )は、法数が小さくなるほど被除数の大きさに依存する範囲に広く分布する。よって、法数が大きいほど、商 $q(n)$ ( $n=1, \dots, N$ )の頻度分布がラプラス分布に近づく頻度が高まる。そのため、或る時間区間での総符

10

20

30

40

50



号量を最小化するという基準のもとでは、法数が大きいほど、商 $q(n)$ の可変長符号化方法として、アルファ符号化方法に近い可変長符号化方法（アルファ符号化方法を含む）が選択される頻度が高くなる（非公知）。この性質を利用してインデックスを含む補助情報の可変長符号化を行えば、符号化圧縮率を向上させることができる。

【0061】

商 $q(n)$ の可変長符号化方法を示すインデックスを含む補助情報を符号化するための最適な可変長符号化方法は、以下の性質1及び2を持つ。

【0062】

（性質1）選択される頻度が高い商 $q(n)$ の可変長符号化方法を示すインデックスを含む補助情報ほど、短い符号長の符号が割り当てられる。

10

【0063】

（性質2）選択される頻度が低い商 $q(n)$ の可変長符号化方法を示すインデックスを含む補助情報ほど、長い符号長の符号が割り当てられる。

【0064】

例えば、以下のような特定の可変長符号化方法を用い、或る同一値の分離パラメータを含む複数の補助情報をそれぞれ可変長符号化することが望ましい。

【0065】

（特定の可変長符号化方法）或る同一値の分離パラメータを含む補助情報のうち、特定の補助情報に対し、当該同一値の分離パラメータを含む補助情報に割り当てられる符号の中で最も短い符号長の符号を割り当てる可変長符号化方法。なお、「特定の補助情報」は、アルファ符号化又は最もアルファ符号化に近い可変長符号化を行う可変長符号化方法を特定するためのインデックスを含む補助情報である。

20

【0066】

或いは、第3符号の符号長が第4符号の符号長よりも短い場合が、第3符号の符号長が第4符号の符号長よりも長い場合よりも多い可変長符号化方法を用い、上述のインデックスを含む補助情報を可変長符号化してもよい。なお、第4符号は、アルファ符号化と異なる第1可変長符号化を行うための第1符号化方法を特定するためのインデックスを含む補助情報に割り当てられる符号である。また、第3符号は、当該第1可変長符号化よりもアルファ符号化に近い第2可変長符号化を行うための第2符号化方法を特定するためのインデックスを含む補助情報に割り当てられる符号である。

30

【0067】

また、上述の法数が大きいほど商 $q(n)$ の分布がラプラス分布に近似する頻度が高い。そのため、分離パラメータが上述の法数を予め定められた閾値以上とするものである場合に、このような可変長符号化方法を用いて補助情報を可変長符号化してもよい。すなわち、当該法数を特定する分離パラメータの大きさに応じ、「第3符号の符号長が第4符号の符号長よりも短い場合が、第3符号の符号長が第4符号の符号長よりも長い場合よりも多い可変長符号化方法」を用いるか否かが決められてもよい。

【0068】

具体的には、例えば、法数が分離パラメータの増加に応じて単調増加する場合には、分離パラメータが「予め定められた閾値」以上のときにこのような可変長符号化方法が用いられればよい。この場合の「予め定められた閾値」は、ステップ(B)の法数を1以上かつ被除数の最大値以下にするために分離パラメータがとり得る範囲内の値である。

40

【0069】

また、例えば、法数が分離パラメータの増加に応じて単調減少する場合には、分離パラメータが「予め定められた閾値」以下のときにこのような可変長符号化方法が用いられればよい。この場合の「予め定められた閾値」は、ステップ(B)の法数を1以上かつ被除数の最大値以下にするために分離パラメータがとり得る範囲内の値である。

【0070】

なお、2つの可変長符号化方法間の距離は、例えば、以下のように定義できる。

【0071】

50

可変長符号化方法Uで符号化対象値kに割り当てられる符号のビット長を $bu(k)$ とし、可変長符号化方法Xで符号化対象値kに割り当てられる符号のビット長を $bx(k)$ とする。そして、各可変長符号化方法U, Xについて、符号化対象値kの頻度を $fu(k)=0.5^{bu(k)}$ 及び $fx(k)=0.5^{bx(k)}$ と近似する。そして、 $(bu(k) - bx(k))(fu(k) - fx(k))$ の各kについての総和

$$E = (bu(k) - bx(k))(fu(k) - fx(k)) \quad \dots (13)$$

を可変長符号化方法Uと可変長符号化方法Xとの距離と定義する。この距離Eが小さいほど、可変長符号化方法Uと可変長符号化方法Xとは近く、類似する。

【0072】

また、分離パラメータと、選択された符号化方法を示すインデックスとは、それぞれ独立に符号化されてもよいが、分離パラメータと当該インデックスとは上記のような相関があるため、分離パラメータと当該インデックスとを統合し、これらを含む補助情報ごとに可変長符号化を行ってもよい。すなわち、補助情報が、ステップ(A)で生成された分離パラメータと、ステップ(B-2)で選択された符号化方法を特定するためのインデックスとを含んでもよい。

【0073】

また、各サブフレームに対応する分離パラメータが結合された情報が、可変長符号化されてもよい。すなわち、予測残差が、予め定められた時間区間であるフレームごとに時系列信号を予測分析した結果から得られたものであり、ステップ(A)が、フレームをさらに複数に区分した各時間区間であるサブフレームごとに分離パラメータを設定するステップであり、ステップ(B)が、第1情報と第2情報とを含む符号を生成するステップであり、ステップ(C)が、同一のフレームに属する各サブフレームに対してそれぞれ設定された各分離パラメータを結合した結合パラメータを含む補助情報ごとに、当該補助情報を可変長符号化するステップであってもよい。なお、この場合の第1情報は、予測残差又は予測残差の大きさの増加に応じて単調増加する0以上の整数を被除数とし、当該予測残差が属するサブフレームに対して設定された分離パラメータに依存する整数(分離パラメータ又は分離パラメータの写像値である整数)を法数とした除算によって得られる整数の商を特定する情報である。また、この場合の第2情報は、当該被除数の法数に関する剰余を特定する情報である。

【0074】

また、各サブフレームに対応するインデックスが結合された情報が、可変長符号化されてもよい。すなわち、予測残差が、予め定められた時間区間であるフレームごとに時系列信号を予測分析した結果から得られたものであり、ステップ(B-2)が、フレームをさらに複数に区分した各時間区間であるサブフレームごとに可変長符号化方法を選択するステップであり、ステップ(B-3)が、商に対応する予測残差が属するサブフレームに対して設定された可変長符号化方法を用い、当該商を可変長符号化して第1情報を生成するステップであり、補助情報が、分離パラメータと、同一のフレームに属する各サブフレームに対してそれぞれ選択された符号化方法を特定するためのインデックスを結合した結合インデックスとの組を含んでもよい。

【0075】

〔第1実施形態〕

次に、本発明の第1実施形態を説明する。

【0076】

<構成>

図6は、第1実施形態の符号化装置100の機能構成を説明するためのブロック図であり、図7は、図6に示した残差符号化部120の機能構成を説明するためのブロック図である。また、図8は、第1実施形態の復号装置200の機能構成を説明するためのブロック図であり、図9は、図8に示した残差復号部220の機能構成を説明するためのブロック図である。なお、これらの図において図1から図4と同じ構成については、図1から図4と同じ符号を用い、説明を省略する。

【0077】

図6に示すように、本形態の符号化装置100は、予測符号化部2110、残差符号化部120、及び合成部1130を有する。また、図7に示すように、残差符号化部120は、分離パラメータ生成部121、符号化部122、及び可変長符号化部123を有する。また、分離パラメータ生成部121は、パラメータ演算部121a、及び量子化部121bを有し、符号化部122は、分離演算部2122a、合成部2122c、ハフマン符号化部122b、符号表選択部122d、及び符号表格納部122eを有する。

【0078】

また、図8に示すように、本形態の復号装置200は、分離部1210、残差復号部220、及び予測復号部2230を有する。また、図9に示すように、残差復号部220は、復号部221、及び可変長復号部222を有する。また、復号部221は、分離部221a、合成演算部2221b、ハフマン復号部221c、及び符号表格納部221eを有する。

10

【0079】

なお、本形態の符号化装置100や復号装置200は、例えば、CPU (central processing unit)、RAM (random-access memory)、ROM (read-only memory)等を備えた公知又は専用のコンピュータに所定のプログラムが読み込まれ、CPUがそれを実行することによって構成される特別な装置である。すなわち、フレームバッファ2111、及び符号表格納部122e、221eは、例えば、RAM、キャッシュメモリ、レジスタ等のメモリであり、その他の各処理部は、例えば、CPUが所定のプログラムを実行することで構築される処理部である。また、これらの処理部の少なくとも一部が集積回路等の電子回路によって構成されてもよい。さらに、必要に応じ、符号化装置100や復号装置200に、各処理部の処理によって出力されたデータを格納し、各処理部の別の処理時にデータが読み出される一時メモリを設けてもよい。また、このような各処理部の実現方法は、以下の各実施形態やその変形例でも同様である。

20

【0080】

<前処理>

図10(A)は、残差符号化部120の符号表格納部122e及び残差復号部220の符号表格納部221eに格納される符号表と分離パラメータ及びインデックスとの対応関係を例示するための対応表である。また、図10(B)は、図10(A)に例示した各符号表が選択される頻度と分離パラメータs及びインデックスhとの関係を例示するための図である。また、図11(A)~(C)は、図10(A)の対応表の符号表を例示するための図である。これらの符号表では、符号化対象である入力値と、それに対応する符号と、その符号のビット長とが対応付けられている。また、図12は、残差符号化部120の可変長符号化部123が行う可変長符号化、及び残差復号部220の可変長復号部222が行う復号方法に対応する符号表の例示である。

30

【0081】

符号化処理や復号処理の前処理として、残差符号化部120(図7)の符号表格納部122e及び残差復号部220(図9)の符号表格納部221eに、商 $q(n)$ を符号化するための複数の可変長符号化方法をそれぞれ示す符号表 $T[h,s]$ が格納される。符号表 $T[h,s]$ は各分離パラメータsに対して $M(s)$ ( $M(s)$ は1以上の整数)個ずつ設定され、各符号表 $T[h,s]$ にはそれぞれを特定するためのインデックスhが付されている。このインデックスhは符号表 $T[h,s]$ ごとに異なるものであってもよいが、本形態の符号表 $T[h,s]$ は分離パラメータsごとに設定されるため、分離パラメータsが同一の異なる符号表 $T[h,s]$ に対して異なるインデックスhを割り当てれば足りる。そのため、本形態では、分離パラメータsとインデックスhとの組み合わせで各符号表 $T[h,s]$ が特定されるものとする。図10(A)は、 $M(s)=5$ の場合の例であり、各分離パラメータsに対して5個ずつの符号表 $T[h,s]$ (インデックス $h=0\sim 4$ )が設定されている。各符号表 $T[h,s]$ は、分離パラメータsとインデックスhとの組に対応付けられ、分離パラメータsとインデックスhの組を指定することによって1つの符号表 $T[h,s]$ が特定される。なお、符号表格納部122eにおいて分離パラメータsとインデックスhとの組によって特定される符号表 $T[h,s]$ は、符号表格納部221eにおいて当

40

50

該分離パラメータ $s$ とインデックス $h$ との組によって特定される符号表 $T[h,s]$ と同一である。

【 0 0 8 2 】

また、符号表格納部 1 2 2 e や符号表格納部 2 2 1 e に格納される符号表 $T[h,s]$ の一例は、ハフマン符号化のためのハフマン表であり、これにはアルファ符号化と同一の符号化を行うためのハフマン表が含まれてもよい。例えば、図 1 1 の例では、符号表 $T[0,3]$ として、アルファ符号と同一の符号化を行うためのハフマン表が設定され(図 1 1 ( A ) )、符号表 $T[1,3]$ 及び符号表 $T[2,3]$ として、アルファ符号と異なるハフマン符号化を行うためのハフマン表が設定されている(図 1 1 ( B ) ( C ) )。

【 0 0 8 3 】

また、符号化装置 1 0 0 は、最適な分離パラメータ $s$ と前述の商の可変長符号化方法を特定するためのインデックス $h$ とを選択するが、選択される分離パラメータ $s$ とインデックス $h$ との頻度分布には前述したような偏りがある。本形態では、一例として、前述の被除数が 0 以上  $2^8$  未満の整数(8ビット表現された整数)であり、分離パラメータ $s$ がとり得る範囲が 0 以上 7 以下であり、3 からの距離が第 1 距離である分離パラメータ $s$ が選択される頻度が、3 からの距離が第 1 距離よりも大きい第 2 距離である分離パラメータ $s$ が選択される頻度よりも高くなると想定する。また、本形態のインデックス $h$ は、それに対応する符号表 $T[h,s]$ がアルファ符号化と同一の可変長符号化を行うための符号表に近いほど値が小さくなり、アルファ符号化と同一の可変長符号化を行うための符号表から遠いほど値が大きくなるものとする。なお、ここで説明するインデックス $h$ の大小と符号表 $T[h,s]$ との対応関係は一例であり、アルファ符号化と同一の可変長符号化を行うための符号表に近い符号表 $T[h,s]$ ほど、大きな値のインデックス $h$ が割り当ててもよいし、特定の値に近いインデックス $h$ が割り当てられてもよい。また、本形態では、分離パラメータ $s$ が大きくなるほど前述の法数が大きくなるものとする。よって、分離パラメータ $s$ が大きくなるほど、前述のステップ(B)で算出される商 $q(n)$ が小さくなって 0 付近に偏り、ラプラス分布に近似する頻度が高くなる。

【 0 0 8 4 】

図 1 0 ( B ) は、選択される各符号表 $T[h,s]$ の頻度を例示している。ここで、 は選択される頻度が最も高いことを示し、 はその次に選択される頻度が高いことを示し、 はそれよりも選択される頻度が低いことを示している。この例では、3 に近い分離パラメータ $s$ が選択される頻度が高く、また、分離パラメータ $s$ が 2 以上となる場合に 0 に近いインデックス $h$ が選択される(アルファ符号に近い)頻度が高い。

【 0 0 8 5 】

このような頻度分布は事前学習され、分離パラメータ $s$ とインデックス $h$ との組を含む補助情報 $[h,s]$ の頻度分布に応じ、補助情報 $[h,s]$ を符号化するために最適な可変長符号化方法の符号表が可変長符号化部 1 2 3 と可変長復号部 2 2 2 とに設定される(例えば、図 1 2 に例示)。図 1 2 の例では、補助情報 $[h,s]$ とそれに割り当てられた符号とが一对一で対応付けられている。

【 0 0 8 6 】

補助情報 $[h,s]$ を符号化するための最適な可変長符号化方法とは、選択される頻度が高い符号表 $T[h,s]$ を特定する補助情報 $[h,s]$ ほど短い符号長の符号を割り当て、選択される頻度が低い符号表 $T[h,s]$ を特定する補助情報 $[h,s]$ ほど長い符号長の符号を割り当てる符号化方法である。上述の想定の場合、このような符号化方法は、以下のような 2 つの特徴を備える可変長符号化方法となる。

【 0 0 8 7 】

・第 1 符号の符号長が第 2 符号の符号長よりも短い場合が、第 1 符号の符号長が第 2 符号の符号長よりも長い場合よりも多い。ただし、この例の第 1 符号は、3 (「予め定められた特定の値」に相当)からの距離が第 1 距離である分離パラメータ $s$ を含む補助情報 $[h,s]$ に割り当てる符号である。また、この例の第 2 符号は、3 (「予め定められた特定の値」に相当)からの距離が第 2 距離である分離パラメータ $s$ を含む補助情報 $[h,s]$ に割り当て

10

20

30

40

50

る符号である。また、第2距離は第1距離よりも大きい。

【0088】

・分離パラメータ $s$ が2以上の場合（「法数を予め定められた閾値以上とするものである場合」に相当）、第3符号の符号長が第4符号の符号長よりも短い場合が、第3符号の符号長が第4符号の符号長よりも長い場合よりも多い。ただし、第4符号は、アルファ符号化と異なる第1可変長符号化を行うための第1符号化方法を特定するためのインデックス $h$ を含む補助情報 $[h,s]$ に割り当てられる符号である。また、第3符号は、当該第1可変長符号化よりもアルファ符号化に近い第2可変長符号化を行うための第2符号化方法を特定するためのインデックス $h$ を含む補助情報 $[h,s]$ に割り当てられる符号である。なお、式(13)で例示したように、例えば、アルファ符号化で符号化対象値 $k$ に割り当てられる符号のビット長を $bu(k)$ とし、或る可変長符号化で符号化対象値 $k$ に割り当てられる符号のビット長を $bx(k)$ とし、 $fu(k)=0.5^{bu(k)}$ とし、 $fx(k)=0.5^{bx(k)}$ とした場合における、 $(bu(k) - bx(k))(fu(k) - fx(k))$ の各 $k$ についての総和が小さいほど、当該可変長符号化はアルファ符号化に近い。

10

【0089】

<符号化方法>

図13は、第1実施形態の符号化方法を説明するためのフローチャートである。また、図14(A)は、図13のステップS20の詳細を例示するためのフローチャートであり、図14(B)は、図13のステップS30の詳細を例示するためのフローチャートである。以下、これらの図を用いて本形態の符号化方法を説明する。

20

【0090】

符号化装置100(図6)の予測符号化部2110には、標本化・量子化されたPCM形式の時系列信号 $x(n)$ が入力される。これらの時系列信号 $x(n)$ は、線形量子化（「一様量子化」と呼ぶ場合もある）されたものであってもよいし、圧伸量子化（例えば、ITU-T Recommendation G.711, "Pulse Code Modulation (PCM) of Voice Frequencies" 参照）のような非線形量子化（「非一様量子化」と呼ぶ場合もある）されたものであってもよい。また、時系列信号 $x(n)$ がPCM形式の信号ではなく、量子化されていない信号であってもよい。予測符号化部2110は、前述したようにフレームごとに時系列信号 $x(n)$  ( $n=1, \dots, N$ )を線形予測分析し、その線形予測分析結果に基づいて、PARCOR係数に対応する係数符号 $C_k$ と予測残差 $e(n)$  ( $n=1, \dots, N$ )とを生成して出力する(ステップS10)。なお、予測符号化部2110は、入力された時系列信号 $x(n)$ をそのまま線形予測分析する構成であってもよいし、非線形量子化されて入力された時系列信号 $x(n)$ を線形量子化や他の非線形量子化にマッピングしてから線形予測分析を行う構成であってもよい。

30

【0091】

予測符号化部2110から出力された予測残差 $e(n)$  ( $n=1, \dots, N$ )は残差符号化部120に入力される。なお、残差符号化部120に入力される予測残差 $e(n)$ は整数表現された値であり、例えば  $-(2^8 - 1)$  から  $+(2^8 - 1)$  までの整数である。

【0092】

残差符号化部120(図7)に入力された予測残差 $e(n)$ は分離パラメータ生成部121に送られ、分離パラメータ生成部121は、予測残差 $e(n)$ の大きさに依存する整数の分離パラメータ $s$ をフレームごとに設定して出力する(ステップS20)。

40

【0093】

[ステップS20の詳細の例]

本形態では、まず、分離パラメータ生成部121のパラメータ演算部121aが以下の式に従って、予測残差 $e(n)$ の振幅の増加に応じて単調増加する連続量パラメータ $s'$ をフレームごとに算出して出力する(ステップS21)。

【0094】

【数3】

$$s' = \log_2 \{ \ln 2 \cdot (2 \cdot D / N) \}$$

$$D = \sum_{n=1}^N |e(n)| \quad \dots (14)$$

【0095】

連続量パラメータ $s'$ は量子化部121bに入力され、量子化部121bは連続量パラメータ $s'$ を整数値に量子化した分離パラメータ $s$ を生成して出力する(ステップS22)。なお、この量子化は、例えば、 $s' < s+1$ の範囲にある連続量パラメータ $s'$ を整数である分離パラメータ $s$ に写像する処理である([ステップS20の詳細の例]の説明終わり)。

【0096】

次に、符号化部122(図7)において、予測残差 $e(n)$ に対応する残差符号 $C_e$ を生成して出力する(ステップS30~S60)。少なくとも一部の当該残差符号 $C_e$ は、第1情報prefix(n)と第2情報sub(n)とを含む。この例の第1情報prefix(n)は、除算によって得られる整数の商 $q(n)$ を特定する情報である。当該除算の被除数は、予測残差 $e(n)$ 又は予測残差 $e(n)$ の大きさの増加に応じて単調増加する0以上の整数である。また、当該除算の法数は、当該予測残差 $e(n)$ が属する時間区間に対して設定された分離パラメータ $s$ に依存する整数(分離パラメータ $s$ 又は分離パラメータ $s$ の写像値である整数)である。また、この例の第2情報sub(n)は、当該被除数の法数に関する剰余を特定する情報である。なお、一部の当該残差符号 $C_e$ が第2情報sub(n)を含まなくてもよい。

【0097】

まず、符号化部122の分離演算部2122aに、残差符号化部120に入力された予測残差 $e(n)$ と、分離パラメータ生成部121から出力された分離パラメータ $s$ とが入力される。なお、この分離パラメータ $s$ は、入力された予測残差 $e(n)$ が属するフレームに対して設定されたものである。分離演算部2122aは、これらを用い、予測残差 $e(n)$ 又は予測残差 $e(n)$ の大きさの増加に応じて単調増加する0以上の整数を被除数とし、分離パラメータ $s$ に依存する整数を法数とした、除算によって得られる整数の商 $q(n)$ と、それに対応する剰余を特定するための情報sub(n)(「第2情報」に相当)と、を生成して出力する(ステップS30)。

【0098】

[ステップS30の詳細の例]

まず、分離演算部2122aは、入力された分離パラメータ $s$ が0であるか否かを判定する(ステップS31)。ここで、 $s=0$ でなかった場合、分離演算部2122aは、入力された予測残差 $e(n)$ が0以上であるか否かを判定する(ステップS32a)。ここで、 $e(n) > 0$ であると判定された場合、前述の式(1)に従って整数の商 $q(n)$ を生成し(ステップS33a)、前述の式(5)に従って剰余を特定するための情報sub(n)を生成して出力する(ステップS34a)。なお、式(1)における「 $2^{s-1}$ 」が「分離パラメータ $s$ に依存する整数(法数)」に相当する。一方、ステップS32aで $e(n) \leq 0$ と判定された場合、分離演算部2122aは、前述の式(2)に従って整数の商 $q(n)$ を生成し(ステップS33b)、前述の式(6)に従って剰余を特定するための情報sub(n)を生成して出力する(ステップS34b)。なお、式(2)における「 $(-e(n)-1)$ 」が「予測残差 $e(n)$ の大きさの増加に応じて単調増加する0以上の整数(被除数)」に相当し、「 $2^{s-1}$ 」が「分離パラメータ $s$ に依存する整数(法数)」に相当する。

【0099】

一方、ステップS31で $s=0$ であると判定された場合、分離演算部2122aは、入力された予測残差 $e(n)$ が0以上であるか否かを判定し(ステップS32b)、 $e(n) > 0$ であると判定された場合、前述の式(3)に従って商 $q(n)$ を生成し(ステップS33c)、sub(n)をnullとして出力する(ステップS34c)。なお、式(3)「 $q(n)=2 \cdot e(n)=2 \cdot e(n)/2^s$ 」

( $s=0$ )」における「 $2 \cdot e(n)$ 」が「予測残差 $e(n)$ の大きさの増加に応じて単調増加する0以上の整数(被除数)」に相当し、「 $2^s=1$ ( $s=0$ )」が「分離パラメータ $s$ に依存する整数(法数)」に相当する。

【0100】

一方、ステップS32bで $e(n) \neq 0$ でないと判定された場合、分離演算部2122aは、前述の式(4)に従って商 $q(n)$ を生成し(ステップS33d)、 $sub(n)$ をnullとして出力する(ステップS34c)。なお、式(4)「 $q(n) = -2 \cdot e(n) - 1 = (-2 \cdot e(n) - 1)/2^s$ ( $s=0$ )」における「 $-2 \cdot e(n) - 1$ 」が「予測残差 $e(n)$ の大きさの増加に応じて単調増加する0以上の整数(被除数)」に相当し、「 $2^s=1$ ( $s=0$ )」が「分離パラメータ $s$ に依存する整数(法数)」に相当する([ステップS30の詳細の例]の説明終わり)。

10

【0101】

次に、分離演算部2122aから出力された商 $q(n)$ ( $n=1, \dots, N$ )と分離パラメータ生成部121から出力された分離パラメータ $s$ とが符号表選択部122dに入力される。符号表選択部122dは、これらを用いて商 $q(n)$ ( $n=1, \dots, N$ )を可変長符号化するための可変長符号化方法をフレームごとに選択する(ステップS40)。例えば、符号表選択部122dは、符号表格納部122eを参照し、入力された分離パラメータ $s$ に対応する符号表 $T[h, s]$ ごとに1フレーム分の各商 $q(n)$ ( $n=1, \dots, N$ )にそれぞれ対応する符号のビット数の総和を求め、その総和が最小となる符号表 $T[h, s]$ を選択する。例えば、図10(A)の例において $s=2$ であった場合、符号表選択部122dは、符号表 $T[0, 2], T[1, 2], T[2, 2], T[3, 2], T[4, 2]$ それぞれについて、1フレーム分の各商 $q(n)$ ( $n=1, \dots, N$ )にそれぞれ対応する符号のビット数の総和を求め、その総和が最小となる符号表を符号表 $T[0, 2], T[1, 2], T[2, 2], T[3, 2], T[4, 2]$ から選択する。符号表選択部122dは、フレームごとに選択した可変長符号化方法を特定するためのインデックス $h$ と入力された分離パラメータ $s$ とを含む補助情報 $[h, s]$ を出力する。補助情報 $[h, s]$ は、インデックス $h$ と分離パラメータ $s$ とのみからなる情報であってもよいし、これにヘッダ等の付加情報が追加されたものでもよい。

20

【0102】

次に、符号表選択部122dから出力された各フレームの補助情報 $[h, s]$ と、当該フレームに対応する分離演算部2122aから出力された商 $q(n)$ ( $n=1, \dots, N$ )とが、ハフマン符号化部122bに入力される。ハフマン符号化部122bは、この補助情報 $[h, s]$ を用いて符号表格納部122eを検索し、補助情報 $[h, s]$ に対応する符号表 $T[h, s]$ を抽出する。そして、ハフマン符号化部122bは、抽出した符号表 $T[h, s]$ を用いて当該フレームに属する各商 $q(n)$ を可変長符号化して情報 $prefix(n)$ (「第1情報」に相当)を生成して出力する(ステップS50)。

30

【0103】

ハフマン符号化部122bから出力された情報 $prefix(n)$ と、分離演算部2122aから出力された情報 $sub(n)$ とは合成部2122cに入力される。合成部2122cは、情報 $prefix(n)$ (「第1情報」に相当)と情報 $sub(n)$ (「第2情報」に相当)とを含む符号を、予測残差 $e(n)$ の少なくとも一部に対応する残差符号 $C_e$ として出力する(ステップS60)。例えば、合成部2122cは、 $sub(n)$ がnullでない場合には、情報 $prefix(n)$ と情報 $sub(n)$ とを合成し、それらのビット結合値 $prefix(n)|sub(n)$ を残差符号 $C_e$ として出力するステップを実行し、 $sub(n)$ がnullである場合には、情報 $prefix(n)$ を残差符号 $C_e$ として出力するステップを実行する。また、残差符号 $C_e$ が、情報 $prefix(n)$ や情報 $sub(n)$ 以外のヘッダ等の付加情報を含んでもよい。

40

【0104】

また、符号表選択部122dから出力された補助情報 $[h, s]$ は、可変長符号化部123に入力される。可変長符号化部123は、前述のように設定された符号表(例えば、図12)を用い、補助情報 $[h, s]$ ごとに当該補助情報 $[h, s]$ を可変長符号化し、補助情報 $[h, s]$ に対応する補助符号 $C_c$ を生成して出力する(ステップS70)。

【0105】

以上のように生成されたPARCOR係数に対応する係数符号 $C_k$ と、予測残差 $e(n)$ に対

50

応する残差符号 $C_e$ と、補助情報[h,s]に対応する補助符号 $C_c$ とは、合成部1130(図6)に入力される。合成部1130は、これらを合成した符号 $C_g$ を生成して出力する(ステップS80)。

【0106】

<復号方法>

図15は、第1実施形態の復号方法を説明するためのフローチャートである。また、図16は、ステップS150の詳細を例示するためのフローチャートである。以下、これらの図を用いて本形態の復号方法を説明する。

【0107】

復号装置200(図8)の分離部1210は、復号装置200に入力された符号 $C_g$ を分離し、係数に対応する係数符号 $C_k$ と、予測残差 $e(n)$ に対応する残差符号 $C_e$ と、補助情報[h,s]に対応する補助符号 $C_c$ とを生成して出力する(ステップS110)。

【0108】

補助情報[h,s]に対応する補助符号 $C_c$ は、可変長復号部222に入力される。可変長復号部222は、前述のように設定された符号表(例えば、図12)を用い、補助符号 $C_c$ を可変長復号し、分離パラメータsと、可変長符号化方法を特定するためのインデックスhと、を含む補助情報[h,s]を生成して出力する(ステップS120)。

【0109】

また、復号部221において、予測残差 $e(n)$ に対応する残差符号 $C_e$ と、補助情報[h,s]とを用い、予測残差 $e(n)$ を生成して出力する(ステップS130~S150)

まず、予測残差 $e(n)$ に対応する残差符号 $C_e$ は、残差復号部220(図9)の分離部2221aに入力される。分離部2221aは、入力された残差符号 $C_e$ を分離し、情報prefix(n)と、情報sub(n)とを生成して出力する(ステップS130)。なお、入力された残差符号 $C_e$ が情報sub(n)を含まない場合、分離部2221aは、入力された残差符号 $C_e$ から情報prefix(n)を得る。

【0110】

可変長復号部222から出力された補助情報[h,s]と、分離部2221aから出力された情報prefix(n)とは、ハフマン復号部221cに入力される。ハフマン復号部221cは、この補助情報[h,s]を用いて符号表格納部221eを検索し、補助情報[h,s]に対応する符号表T[h,s]を抽出する。そして、ハフマン復号部221cは、抽出した符号表T[h,s]を用いて情報prefix(n)を復号し、商 $q(n)$ を生成して出力する(ステップS140)。

【0111】

その後、ハフマン復号部221cから出力された商 $q(n)$ と、分離部2221aから出力された情報sub(n)と、可変長復号部222から出力された補助情報[h,s]が含む分離パラメータsとが、合成演算部2221bに入力される。合成演算部2221bは、これらを用いて予測残差 $e(n)$ を算出して出力する(ステップS150)。

【0112】

[ステップS150の詳細の例示]

まず、合成演算部2221bは、入力された分離パラメータsが0であるか否かを判定する(ステップS151)。ここで、 $s=0$ でないとは判定された場合、次に合成演算部2221bは、情報sub(n)が $2^{s-1}$ 以上であるか否かを判定する(ステップS152a)。この判定は予測残差 $e(n)$ が0以上であるか否かを判定することに相当する。ステップS152aで $\text{sub}(n) \geq 2^{s-1}$ と判定された場合、合成演算部2221bは、以下の式によって予測残差 $e(n)$ を算出して出力する(ステップS153a)。

【0113】

$$e(n) = \text{sub}(n) + 2^{s-1} \cdot q(n) - 2^{s-1} \quad \dots (15)$$

一方、ステップS152aで $\text{sub}(n) < 2^{s-1}$ と判定された場合、合成演算部2221bは、以下の式によって予測残差 $e(n)$ を算出して出力する(ステップS153b)。

【0114】

$$e(n) = -\text{sub}(n) - 1 - 2^{s-1} \cdot q(n) \quad \dots (16)$$

10

20

30

40

50



一方、ステップ S 1 5 1 で  $s=0$  と判定された場合、次に合成演算部 2 2 2 1 b は、商  $q(n)$  が偶数であるか否かを判定する (ステップ S 1 5 2 b)。この判定は予測残差  $e(n)$  が 0 以上であるか否かを判定することに相当する。ステップ S 1 5 2 b で  $q(n)$  が偶数であると判定された場合、合成演算部 2 2 2 1 b は、以下の式によって予測残差  $e(n)$  を算出して出力する (ステップ S 1 5 3 c)。

【 0 1 1 5 】

$$e(n)=q(n)/2 \quad \dots (17)$$

一方、ステップ S 1 5 2 b で  $q(n)$  が奇数であると判定された場合、合成演算部 2 2 2 1 b は、以下の式によって予測残差  $e(n)$  を算出して出力する (ステップ S 1 5 3 d)。

【 0 1 1 6 】

$$e(n)=-(q(n)+1)/2 \quad \dots (18)$$

以上のように生成された予測残差  $e(n)$  は、合成演算部 2 2 2 1 b から出力される ([ステップ S 1 5 0 の詳細の例示] の説明終わり)。

【 0 1 1 7 】

また、残差復号部 2 2 0 から出力された予測残差  $e(n)$  ( $n=1, \dots, N$ ) と、分離部 1 2 1 0 から出力された係数符号  $C_k$  とは、予測復号部 2 2 3 0 に入力される。予測復号部 2 2 3 0 の係数復号部 2 2 3 1 は、係数符号  $C_k$  を復号して量子化 P A R C O R 係数  $i(m)$  ( $m=1, \dots, M$ ) を生成して出力する (ステップ S 1 6 0)。予測復号部 2 2 3 0 は、その復号値である量子化 P A R C O R 係数  $i(m)$  ( $m=1, \dots, M$ ) と予測残差  $e(n)$  ( $n=1, \dots, N$ ) とを用い、前述のように時系列信号  $x(n)$  ( $n=1, \dots, N$ ) を生成して出力する (ステップ S 1 7 0)。

【 0 1 1 8 】

〔第 1 実施形態の変形例 1〕

次に、第 1 実施形態の変形例 1 を説明する。この変形例では、符号化装置において、予測残差  $e(n)$  を 0 以上の整数  $e'(n)$  に写像してから分離パラメータの設定や符号化処理を行う。また、復号装置では、復号された整数  $e'(n)$  を逆変換して予測残差  $e(n)$  を復元する。以下では、第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、第 1 実施形態と共通する事項については説明を省略する。

【 0 1 1 9 】

< 構成 >

第 1 実施形態とこの変形例 1 との構成上の相違点は、符号化装置 1 0 0 の残差符号化部 1 2 0 が残差符号化部 3 2 0 に置換され、復号装置 2 0 0 の残差復号部 2 2 0 が残差復号部 4 2 0 に置換される点である。図 1 7 に、第 1 実施形態の変形例 1 における残差符号化部 3 2 0 の機能構成を説明するためのブロック図を示し、図 1 8 に、第 1 実施形態の変形例 1 における残差復号部 4 2 0 の機能構成を説明するためのブロック図を示す。なお、これらの図において第 1 実施形態と共通する事項については、第 1 実施形態と同じ符号を付して説明を省略する。

【 0 1 2 0 】

図 1 7 に示すように、残差符号化部 3 2 0 は、信号変換部 3 2 1、分離パラメータ生成部 1 2 1、符号化部 3 2 2、及び可変長符号化部 1 2 3 を有する。また、符号化部 1 2 2 は、分離演算部 3 2 2 a、合成部 2 1 2 2 c、ハフマン符号化部 1 2 2 b、符号表選択部 1 2 2 d、及び符号表格納部 1 2 2 e を有する。また、図 1 8 に示すように、残差復号部 4 2 0 は、復号部 2 2 1、可変長復号部 2 2 2、及び信号逆変換部 4 2 1 を有する。

【 0 1 2 1 】

< 前処理 >

第 1 実施形態と同様である。

【 0 1 2 2 】

< 符号化方法 >

図 1 9 は、第 1 実施形態の変形例 1 の符号化方法を説明するためのフローチャートである。また、図 2 0 は、図 1 9 のステップ S 3 3 0 の詳細を例示するためのフローチャート

10

20

30

40

50

である。以下、これらの図を用いて本変形例の符号化方法を説明する。

【 0 1 2 3 】

まず、前述のステップ S 1 0 が実行され、残差符号化部 3 2 0 ( 図 1 7 ) に入力された予測残差 e(n) は信号変換部 3 2 1 に入力される。信号変換部 3 2 1 は、入力された予測残差 e(n) を 0 以上の整数の値 e'(n) に写像する ( ステップ S 2 1 0 ) 。この値 e'(n) は、予測残差 e(n) の大きさの増加に応じて単調増加する 0 以上の整数である。また、この写像は予め定められた規則に従って行われ、例えば、入力された予測残差 e(n) が 0 以上の場合にはそれを大小関係の順序を保ったまま奇数の整数に写像し、入力された予測残差 e(n) が 0 未満の場合にはそれを大きさの大小関係の順序を保ったまま偶数の整数に写像する。

10

【 0 1 2 4 】

信号変換部 3 2 1 から出力された値 e'(n) ( n=1, ..., N ) は分離パラメータ生成部 1 2 1 に送られ、分離パラメータ生成部 1 2 1 は値 e'(n) ( n=1, ..., N ) の大きさに依存する整数の分離パラメータ s をフレームごとに設定して出力する ( ステップ S 2 2 0 ) 。なお、ステップ S 2 2 0 の処理は、予測残差 e(n) が値 e'(n) に置き換わる以外はステップ S 2 0 と同様である。

【 0 1 2 5 】

次に、符号化部 3 2 2 ( 図 1 7 ) において、第 1 情報 prefix(n) と第 2 情報 sub(n) とを含む情報を、予測残差 e(n) の少なくとも一部に対応する残差符号 C<sub>e</sub> として生成して出力する ( ステップ S 3 3 0 , S 4 0 ~ 6 0 ) 。この例の第 1 情報 prefix(n) は、除算によって得られる整数の商 q(n) を特定する情報である。ただし、当該除算の被除数は、値 e'(n) ( 「予測残差 e(n) の大きさの増加に応じて単調増加する 0 以上の整数」 に相当 ) である。また、当該除算の法数は、当該値 e'(n) に対応する予測残差 e(n) が属する時間区間に対して設定された分離パラメータ s に依存する整数 ( 分離パラメータ s 又は分離パラメータ s の写像値である整数 ) である。また、この例の第 2 情報 sub(n) は、被除数の法数に関する剰余を特定する情報である。なお、一部の当該残差符号 C<sub>e</sub> が第 2 情報 sub(n) を含まなくてもよい。

20

【 0 1 2 6 】

まず、符号化部 3 2 2 の分離演算部 3 2 2 a に、信号変換部 3 2 1 から出力された値 e'(n) と、分離パラメータ生成部 1 2 1 から出力された分離パラメータ s とが入力される。なお、この分離パラメータ s は、入力された値 e'(n) に対応する予測残差 e(n) のフレームに対して設定されたものである。分離演算部 3 2 2 a は、これらを用い、値 e'(n) を被除数とし、分離パラメータ s に依存する整数を法数とした、除算によって得られる整数の商 q(n) と、それに対応する剰余を特定するための情報 sub(n) ( 「第 2 情報」 に相当 ) と、を生成して出力する ( ステップ S 3 3 0 ) 。

30

【 0 1 2 7 】

[ ステップ S 3 3 0 の詳細の例 ]

まず、分離演算部 3 2 2 a は、入力された分離パラメータ s が 0 であるか否かを判定する ( ステップ S 3 3 1 ) 。ここで、s=0 でなかった場合、分離演算部 3 2 2 a は、

$$q(n) = \text{floor}(e'(n) / 2^s) \quad \dots (19)$$

に従って整数の商 q(n) を生成し ( ステップ S 3 3 2 a ) 、

40

$$\text{sub}(n) = e'(n) - 2^s \cdot q(n) \quad \dots (20)$$

に従って剰余を特定するための情報 sub(n) を生成して出力する ( ステップ S 3 3 3 a ) 。なお、式 (19) における「2<sup>s</sup>」が「分離パラメータ s に依存する整数 ( 法数 ) 」に相当する。

【 0 1 2 8 】

一方、s=0 であった場合、分離演算部 3 2 2 a は、

$$q(n) = e'(n) \quad \dots (21)$$

に従って整数の商 q(n) を生成し ( ステップ S 3 3 2 b ) 、sub(n) を null として出力する ( ステップ S 3 3 3 b ) 。なお、式 (21) 「q(n)=e'(n)=e'(n)/2<sup>s</sup> ( s=0 ) 」における「e'(n)」が「予測残差 e(n) の大きさの増加に応じて単調増加する 0 以上の整数 ( 被除数 ) 」に相

50

当し、「 $2^s=1 (s=0)$ 」が「分離パラメータsに依存する整数（法数）」に相当する（[ステップS 3 3 0の詳細の例]の説明終わり）。

【0 1 2 9】

その後、第1実施形態で説明したステップS 4 0 ~ S 8 0の処理が実行される。

【0 1 3 0】

<復号方法>

図2 1は、第1実施形態の変形例1の復号方法を説明するためのフローチャートである。また、図2 2は、ステップS 4 5 0の詳細を例示するためのフローチャートである。以下、これらの図を用いて本変形例の復号方法を説明する。

【0 1 3 1】

まず、第1実施形態で説明したステップS 1 1 0及びS 1 2 0の処理が実行された後、復号部2 2 1において、予測残差 $e(n)$ に対応する残差符号 $C_e$ と、補助情報[h,s]とを用い、予測残差 $e(n)$ の大きさの増加に応じて単調増加する0以上の整数の値 $e'(n)$ を生成して出力する（ステップS 1 3 0, S 1 4 0, S 4 5 0）。まず、第1実施形態で説明したステップS 1 3 0及びS 1 4 0の処理が実行された後、ハフマン復号部2 2 1 cから出力された商 $q(n)$ と、分離部2 2 2 1 aから出力された情報sub(n)と、可変長復号部2 2 2から出力された補助情報[h,s]が含む分離パラメータsとが、合成演算部2 2 2 1 bに入力される。合成演算部2 2 2 1 bは、これらを用いて値 $e'(n)$ を算出して出力する（ステップS 4 5 0）。

10

【0 1 3 2】

[ステップS 4 5 0の詳細の例示]

まず、合成演算部2 2 2 1 bは、入力された分離パラメータsが0であるか否かを判定する（ステップS 4 5 1）。ここで、 $s=0$ でないと判定された場合、合成演算部2 2 2 1 bは、

$$e'(n)=2^s \cdot q(n)+sub(n) \quad \dots (22)$$

によって値 $e'(n)$ を算出して出力する（ステップS 4 5 2 a）。

20

【0 1 3 3】

一方、 $s=0$ であると判定された場合、合成演算部2 2 2 1 bは、

$$e'(n)=q(n) \quad \dots (23)$$

によって値 $e'(n)$ を算出して出力する（ステップS 4 5 2 b）（[ステップS 4 5 0の詳細の例示]の説明終わり）。

30

【0 1 3 4】

合成演算部2 2 2 1 bから出力された値 $e'(n)$ は、信号逆変換部4 2 1に入力され、信号逆変換部4 2 1は、値 $e'(n)$ を逆変換して予測残差 $e(n)$ を求めて出力する（ステップS 4 6 0）。なお、この逆変換は、信号変換部3 2 1の処理の逆変換である。

【0 1 3 5】

その後、第1実施形態で説明したステップS 1 6 0及びS 1 7 0の処理が実行される。なお、式(19)(20)の代わりに $e(n)$ を $e'(n)$ とおいた式(1)(5)を用いてもよいし、式(21)の代わりに $e(n)$ を $e'(n)$ とおいた式(3)を用いてもよい。この場合には、式(22)の代わりに $e(n)$ を $e'(n)$ とおいた式(15)を用い、式(23)の代わりに $e(n)$ を $e'(n)$ とおいた式(17)を用いる。また、sが0であるか否かにかかわらず、分離演算部3 2 2 aが式(19)に従って整数の商 $q(n)$ を生成し、式(20)に従って剰余を特定するための情報sub(n)を生成し、合成演算部2 2 2 1 bが、式(22)によって値 $e'(n)$ を算してもよい。

40

【0 1 3 6】

[第1実施形態の変形例2]

次に、第1実施形態の変形例2を説明する。この変形例は、残差符号化部1 2 0, 3 2 0や残差復号部2 2 0, 4 2 0の符号表格納部1 2 2 e, 2 2 1 eに格納される符号表の組み合わせについての変形例である。以下では、第1実施形態との相違点を中心に説明し、第1実施形態と共通する事項については説明を省略する。

【0 1 3 7】

50

図 2 3 ( A ) , 図 2 4 ( A ) , 図 2 4 ( C ) は、符号表格納部 1 2 2 e 及び符号表格納部 2 2 1 e に格納される符号表  $T[h,s]$  と分離パラメータ  $s$  及びインデックス  $h$  との対応関係を例示するための対応表である。また、図 2 3 ( B ) , 図 2 4 ( B ) , 図 2 4 ( D ) は、図 2 3 ( A ) , 図 2 4 ( A ) , 図 2 4 ( C ) の対応表に例示した各符号表が選択される頻度と分離パラメータ  $s$  及びインデックス  $h$  との関係を例示するための図である。

【 0 1 3 8 】

図 2 3 ( A ) に示す変形例では、設定範囲内の分離パラメータ  $s$  とインデックス  $h$  との組すべてについて符号表  $T[h,s]$  が設定されるのではなく、それらの一部の組み合わせについて符号表  $T[h,s]$  が設定されない。なお、 $x$  は、それに対応する分離パラメータ  $s$  とインデックス  $h$  との組に対して符号表  $T[h,s]$  が設定されていないことを示す（他の図でも同様）。なお、図 2 3 ( A ) の例では分離パラメータ  $s=1,3$  に対応する列が存在しないが、この例では分離パラメータ  $s=1,3$  自体が生成されない。このように、分離パラメータ  $s$  が所定範囲で連続する整数値（例えば、 $0,1,2,3,4,\dots,7$ ）のいずれの値をもとり得るのではなく、所定範囲で連続する整数値から一部の整数を間引いた範囲内（例えば、 $0,2,4,6$ ）の値のみをとる構成であってもよい。この場合には、可変長符号化部 1 2 3（図 7 等）で可変長符号化すべき補助情報  $[h,s]$  の種類を減らせるため、補助情報  $[h,s]$  に対応する補助符号  $C_c$  の符号量を削減できる。

10

【 0 1 3 9 】

また、図 2 4 ( A ) の例は、分離パラメータ  $s$  ごとに異なる符号表が設定されるのではなく、すべての分離パラメータ  $s$  について共通の複数の符号表が設定される例である。図 2 4 ( A ) の例では、分離パラメータ  $s$  の値にかかわらず 5 つの符号表  $T[0,A] \sim T[4,A]$  の何れかが選択される。また、図 2 4 ( C ) の例は、分離パラメータ  $s=0,1,2,3,4$  に対してそれぞれ 1 つずつの符号表  $T[0,s]$  が設定され、その他の分離パラメータ  $s$  について 1 つの符号表  $T[0,E]$  が設定される例である。

20

【 0 1 4 0 】

〔 第 1 実施形態の変形例 3 〕

次に、第 1 実施形態の変形例 3 を説明する。この変形例では、少なくとも一部の分離パラメータ  $s$  について、それに対応する連続量パラメータ  $s'$  の大きさに応じて異なる符合表（商  $q(n)$  を符号化するための符号表）を設定する。すなわち、この変形例では、分離パラメータ  $s$  とインデックス  $h$  との組が同一であっても、その分離パラメータ  $s$  に対応する連続量パラメータ  $s'$  の大きさに応じて異なる符合表（商  $q(n)$  を符号化するための符号表）が設定される場合がある。これにより、より最適な符合表設定が可能となり、それによって可変長符号化された商  $q(n)$  の符号の符号量をより小さくできる。以下では、第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、第 1 実施形態と共通する事項については説明を省略する。

30

【 0 1 4 1 】

< 構成 >

図 2 5 は、第 1 実施形態の変形例 3 における残差符号化部 5 2 0 の機能構成を説明するためのブロック図である。また、図 2 6 は、第 1 実施形態の変形例 3 における残差復号部 6 2 0 の機能構成を説明するためのブロック図である。なお、これらの図において第 1 実施形態と共通する部分については第 1 実施形態と同じ符号を付して説明を省略する。

40

【 0 1 4 2 】

第 1 実施形態の変形例 3 の構成は、第 1 実施形態の残差符号化部 1 2 0 が残差符号化部 5 2 0 に置換され、第 1 実施形態の残差復号部 2 2 0 が残差復号部 6 2 0 に置換されたものとなる。

【 0 1 4 3 】

ここで、残差符号化部 5 2 0 は、残差符号化部 1 2 0 の符号化部 1 2 2 と可変長符号化部 1 2 3 を、符号化部 5 2 2 と可変長符号化部 5 2 3 に置換したものである。また、符号化部 5 2 2 は、符号化部 1 2 2 の符号表選択部 1 2 2 d とハフマン符号化部 1 2 2 b を、符号表選択部 5 2 2 d とハフマン符号化部 5 2 2 b に置換したものである。

【 0 1 4 4 】

50

また、残差復号部 6 2 0 は、残差復号部 2 2 0 の復号部 2 2 1 と可変長復号部 2 2 2 を、復号部 6 2 1 と可変長復号部 6 2 2 に置換したものであり、復号部 6 2 1 は、復号部 2 2 1 のハフマン復号部 2 2 1 c を、ハフマン復号部 6 2 1 c に置換したものである。

【 0 1 4 5 】

< 前処理 >

図 2 7 ( A ) は、残差符号化部 5 2 0 の符号表格納部 1 2 2 e 及び残差復号部 6 2 0 の符号表格納部 2 2 1 e に格納される符号表と分離パラメータ及びインデックスとの対応関係を例示するための対応表である。また、図 2 7 ( B ) は、図 2 7 ( A ) の対応表に例示した各符号表が選択される頻度と分離パラメータ  $s$  (上位・下位) 及びインデックス  $h$  との関係関係を例示するための図である。また、図 2 8 ( A ) ( B ) は、図 2 7 ( A ) の対応表の符号表を例示するための図である。これらの符号表では、符号化対象である入力値と、それに対応する符号と、その符号のビット長とが対応付けられている。また、図 2 9 は、残差符号化部 5 2 0 の可変長符号化部 5 2 3 が行う可変長符号化、及び残差復号部 6 2 0 の可変長復号部 6 2 2 が行う復号方法に対応する符号表の例示である。

【 0 1 4 6 】

第 1 実施形態の変形例 3 でも、分離パラメータ  $s$  及びインデックス  $h$  の組に対応する符号表 (商  $q(n)$  を可変長符号化するための符号表) が設定される。しかし、この変形例では、少なくとも一部の分離パラメータ  $s$  について、その分離パラメータ  $s$  に対応する連続量パラメータ  $s'$  が上位のものか下位のものかに応じて異なる符号表が設定される。なお、「分離パラメータ  $s$  に対応する連続量パラメータ  $s'$  が上位」とは、分離パラメータ  $s$  に量子化される連続量パラメータ領域の所定範囲を 2 つの区分に分割した場合の上位側の区分に当該連続量パラメータ  $s'$  が属することを意味する。また、「分離パラメータ  $s$  に対応する連続量パラメータ  $s'$  が下位」とは、分離パラメータ  $s$  に量子化される連続量パラメータ領域の所定範囲を 2 つの区分に分割した場合の下位側の区分に当該連続量パラメータ  $s'$  が属することを意味する。例えば、 $s - s' < s+1$  の範囲にある連続量パラメータ  $s'$  が整数である分離パラメータ  $s$  に量子化される場合、 $s$  以上  $s+0.5$  未満の範囲に属する連続量パラメータ  $s'$  が下位のものであり、 $s+0.5$  以上  $s+1$  未満の範囲に属する連続量パラメータ  $s'$  が上位のものである。

【 0 1 4 7 】

図 2 7 ( A ) の例では、例えば、分離パラメータ  $s$  が 2 であってそれに対応する連続量パラメータ  $s'$  が下位である場合に対し、インデックス  $h=0, 1, \dots, 4$  に対応する符号表  $T[0, 2, L], T[1, 2, L], T[2, 2, L], T[3, 2, L], T[4, 2, L]$  が設定される。また、例えば、分離パラメータ  $s$  が 2 であってそれに対応する連続量パラメータ  $s'$  が上位である場合に対し、インデックス  $h=0, 1, \dots, 4$  に対応する符号表  $T[0, 2, U], T[1, 2, U], T[2, 2, U], T[3, 2, U], T[4, 2, U]$  が設定される。なお、符号表  $T[h, 2, L]$  と符号表  $T[h, 2, U]$  との組の少なくとも一部は、互いに異なる符号表の組である (図 2 8 に例示)。また、例えば、分離パラメータ  $s=1$  については、連続量パラメータ  $s'$  の上位・下位にかかわらず、インデックス  $h=0, 1, 2, 3$  に対応する符号表  $T[0, 1], T[1, 1], T[2, 1], T[3, 1]$  が設定される。

【 0 1 4 8 】

以上のように設定された各符号表  $T[h, s, add]$  ( $add="L"$  or  $"U"$ ) は、それぞれに対応するインデックス  $h$  と、分離パラメータ  $s$  と、連続量パラメータ  $s'$  の上位・下位を示す付加情報  $add$  との組に対応付けられる。また、各符号表  $T[h, s]$  は、それぞれに対応するインデックス  $h$  と分離パラメータ  $s$  との組に対応付けられる。各符号表  $T[h, s, add]$ 、 $T[h, s]$  は、残差符号化部 5 2 0 の符号表格納部 1 2 2 e と残差復号部 6 2 0 の符号表格納部 2 2 1 e とに格納される。なお、符号表格納部 1 2 2 e において分離パラメータ  $s$  とインデックス  $h$  と付加情報  $add$  との組によって特定される符号表  $T[h, s, add]$  は、符号表格納部 2 2 1 e において当該分離パラメータ  $s$  とインデックス  $h$  と付加情報  $add$  との組によって特定される符号表  $T[h, s, add]$  と同一である。また、符号表格納部 1 2 2 e において分離パラメータ  $s$  とインデックス  $h$  との組によって特定される符号表  $T[h, s]$  は、符号表格納部 2 2 1 e において当該分離パラメータ  $s$  とインデックス  $h$  との組によって特定される符号表  $T[h, s]$  と同一で

10

20

30

40

50

ある。

【 0 1 4 9 】

また、第 1 実施形態と同様、選択される符号表 $T[h,s,add]$ 、 $T[h,s]$ の頻度分布（図 2 7（B）に例示）は事前学習され、分離パラメータ $s$ とインデックス $h$ との組である補助情報 $[h,s]$ 、又は、分離パラメータ $s$ とインデックス $h$ と上位・下位を示す付加情報 $add$ との組である補助情報 $[h,s,add]$ を、符号化するために最適な可変長符号化方法の符号表が、可変長符号化部 1 2 3 と可変長復号部 2 2 2 とに設定される（例えば、図 2 9 に例示）。なお、補助情報 $[h,s,add]$ を符号化するために最適な可変長符号化方法は、[原理 2] や第 1 実施形態で説明したとおりである。

【 0 1 5 0 】

< 符号化方法 >

第 1 実施形態からの相違点は、符号表選択部 5 2 2 d の処理（図 1 3 / ステップ S 4 0 の変形）と、ハフマン符号化部 5 2 2 b の処理（ステップ S 5 0 の変形）と、可変長符号化分 5 2 3 の処理（ステップ S 7 0 の変形）のみである。以下では、これらの相違点のみを説明する。

【 0 1 5 1 】

[ 符号表選択部 5 2 2 d の処理（ステップ S 4 0 の変形） ]

第 1 実施形態で説明したステップ S 1 0 ~ S 3 0（図 1 3）の処理が実行された後、分離演算部 2 1 2 2 a から出力された商 $q(n)$ と分離パラメータ生成部 1 2 1 から出力された連続量パラメータ $s'$ とが符号表選択部 5 2 2 d に入力される。符号表選択部 5 2 2 d は、これらを用いて商 $q(n)$ を可変長符号化するための可変長符号化方法をフレームごとに選択する。

【 0 1 5 2 】

例えばまず、符号表選択部 5 2 2 d は、連続量パラメータ $s'$ を用い、連続量パラメータ $s'$ の量子化値である分離パラメータ $s$ と、連続量パラメータ $s'$ の上位・下位を示す付加情報 $add$ とを求める。次に、符号表選択部 5 2 2 d は、符号表格納部 1 2 2 e を参照し、当該分離パラメータ $s$ に対応する符号表 $T[h,s]$ ごとに、又は、当該分離パラメータ $s$ と付加情報 $add$ とに対応する符号表 $T[h,s,add]$ ごとに、1 フレーム分の各商 $q(n)$  ( $n=1, \dots, N$ ) にそれぞれ対応する符号のビット数の総和を求め、その総和が最小となる符号表 $T[h,s]$ 又は $T[h,s,add]$ を選択する。符号表選択部 5 2 2 d は、フレームごとに選択した可変長符号化方法を特定するためのインデックス $h$ と分離パラメータ $s$ とを含む補助情報 $[h,s]$ 、又は、さらに付加情報 $add$ を含む補助情報 $[h,s,add]$ を出力する。

【 0 1 5 3 】

なお、符号表選択部 5 2 2 d が連続量パラメータ $s'$ を用い、連続量パラメータ $s'$ の量子化値である分離パラメータ $s$ と、連続量パラメータ $s'$ の上位・下位を示す付加情報 $add$ とを求めるのではなく、分離演算部 2 1 2 2 a においてさらに付加情報 $add$ を求める構成であってもよい。この場合、符号表選択部 5 2 2 d は、分離演算部 2 1 2 2 a から出力された分離パラメータ $s$ と付加情報 $add$ とを用い、商 $q(n)$ を可変長符号化するための可変長符号化方法を選択する。

【 0 1 5 4 】

[ ハフマン符号化部 5 2 2 b の処理（ステップ S 5 0 の変形） ]

符号表選択部 5 2 2 d から出力された各フレームの補助情報 $[h,s]$ 又は $[h,s,add]$ と、当該フレームに対応する分離演算部 2 1 2 2 a から出力された商 $q(n)$ とが、ハフマン符号化部 5 2 2 b に入力される。ハフマン符号化部 5 2 2 b は、この補助情報 $[h,s]$ 又は $[h,s,add]$ を用いて符号表格納部 1 2 2 e を検索し、補助情報 $[h,s]$ 又は $[h,s,add]$ に対応する符号表 $T[h,s]$ 又は $T[h,s,add]$ を抽出する。そして、ハフマン符号化部 1 2 2 b は、抽出した符号表 $T[h,s]$ 又は $T[h,s,add]$ を用いて当該フレームの商 $q(n)$ を可変長符号化して情報 $prefix(n)$ （「第 1 情報」に相当）を生成して出力する。

【 0 1 5 5 】

[ 可変長符号化分 5 2 3 の処理（ステップ S 7 0 の変形） ]

10

20

30

40

50

符号表選択部 5 2 2 d から出力されたフレームの補助情報  $[h, s]$  又は  $[h, s, add]$  は可変長符号化部 5 2 3 に入力される。可変長符号化部 5 2 3 は、前述のように設定された符号表（例えば、図 2 9）を用い、補助情報  $[h, s]$  又は  $[h, s, add]$  ごとに当該補助情報  $[h, s]$  又は  $[h, s, add]$  を可変長符号化し、補助情報  $[h, s]$  又は  $[h, s, add]$  に対応する補助符号  $C_c$  を生成して出力する。

【 0 1 5 6 】

< 復号方法 >

第 1 実施形態からの相違点は、可変長復号部 6 2 2 の処理（図 1 5 / ステップ S 1 2 0 の変形）と、ハフマン復号部 6 2 1 c の処理（ステップ S 1 4 0 の変形）のみである。以下では、これらの相違点のみを説明する。

10

【 0 1 5 7 】

[ 可変長復号部 6 2 2 の処理（ステップ S 1 2 0 の変形） ]

第 1 実施形態で説明したステップ S 1 1 0 の処理が実行された後、補助情報  $[h, s]$  又は  $[h, s, add]$  に対応する補助符号  $C_c$  が可変長復号部 6 2 2 に入力される。可変長復号部 6 2 2 は、前述のように設定された符号表（例えば、図 2 9）を用いて補助符号  $C_c$  を可変長復号し、補助情報  $[h, s]$  又は  $[h, s, add]$  を生成して出力する。

【 0 1 5 8 】

[ ハフマン復号部 6 2 1 c の処理（ステップ S 1 4 0 の変形） ]

可変長復号部 6 2 2 から出力された補助情報  $[h, s]$  又は  $[h, s, add]$  と、分離部 2 2 2 1 a から出力された情報  $prefix(n)$  とは、ハフマン復号部 6 2 1 c に入力される。ハフマン復号部 6 2 1 c は、この補助情報  $[h, s]$  又は  $[h, s, add]$  を用いて符号表格納部 2 2 1 e を検索し、補助情報  $[h, s]$  又は  $[h, s, add]$  に対応する符号表  $T[h, s]$  又は  $T[h, s, add]$  を抽出する。そして、ハフマン復号部 6 2 1 c は、抽出した符号表  $T[h, s]$  又は  $T[h, s, add]$  を用いて情報  $prefix(n)$  を復号し、商  $q(n)$  を生成して出力する。

20

【 0 1 5 9 】

なお、この変形例では、少なくとも一部の分離パラメータ  $s$  について、当該分離パラメータ  $s$  に対応する連続量パラメータ  $s'$  が上位であるか下位であるかに応じ、異なる符号表  $T[h, s, add]$  を設定することとした。しかし、当該分離パラメータ  $s$  に対応する連続量パラメータ  $s'$  の大きさに応じ、さらに細かい区分ごとに異なる符号表を設定してもよい。例えば、 $s - s' < s+1$  の範囲にある連続量パラメータ  $s'$  が整数である分離パラメータ  $s$  に量子化される場合に、連続量パラメータ  $s'$  が、 $s$  以上  $s+0.25$  未満の範囲に属するか、 $s+0.25$  以上  $s+0.5$  未満の範囲に属するか、 $s+0.5$  以上  $s+0.75$  未満の範囲に属するか、 $s+0.75$  以上  $s+1$  未満の範囲に属するかに応じ、異なる符号表を設定してもよい。

30

【 0 1 6 0 】

[ 第 2 実施形態 ]

次に、本発明の第 2 実施形態を説明する。本形態の予測残差  $e(n)$  は、予め定められた時間区間であるフレームごとに時系列信号を予測分析した結果から得られたものである。本形態では、フレームをさらに複数に区分した各時間区間であるサブフレームごとに商  $q(n)$  を可変長符号化するための可変長符号化方法を選択する。また、商  $q(n)$  に対応する予測残差  $e(n)$  が属するサブフレームに対して設定された可変長符号化方法を用い、当該商  $q(n)$  を可変長符号化して第 1 情報を生成する。そして、分離パラメータ  $s$  と、同一のフレームに属する各サブフレームに対してそれぞれ選択された可変長符号化方法を特定するためのインデックス  $h_i$  ( $i=1, 2$ ) を結合した結合インデックス  $H$  と、の組を含む補助情報  $[H, s]$  を可変長符号化する。なお、本形態では、各フレームを 2 つに区分した各時間区間をサブフレームとする例を示す ( $i=1, 2$ )。しかし、これは本発明を限定するものではなく、各フレームを 3 以上に区分した各時間区間をサブフレームとしてもよい ( $i=1, 2, \dots, l$  ( $l$  は 3 以上の整数))。また、以下では、第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、第 1 実施形態と共通する事項については説明を省略する。

40

【 0 1 6 1 】

< 構成 >

50

第1実施形態と第2実施形態との構成上の相違点は、符号化装置100の残差符号化部120が残差符号化部720に置換され、復号装置200の残差復号部220が残差復号部820に置換される点である。

【0162】

図30に、第2実施形態における残差符号化部720の機能構成を説明するためのブロック図を示し、図31に、第2実施形態における残差復号部820の機能構成を説明するためのブロック図を示す。なお、これらの図において第1実施形態と共通する事項については、第1実施形態と同じ符号を付して説明を省略する。

【0163】

図30に示すように、残差符号化部720は、分離パラメータ生成部121、符号化部722、及び可変長符号化部723を有する。また、符号化部722は、分離演算部2122a、合成部2122c、ハフマン符号化部722b、符号表選択部722d、及び符号表格納部122eを有する。

10

【0164】

また、図31に示すように、残差復号部820は、復号部821、及び可変長復号部822を有する。また、復号部821は、分離部2221a、合成演算部2221b、ハフマン復号部821c、及び符号表格納部221eを有する。

【0165】

<前処理>

前述のように、本形態では、分離パラメータsと、同一のフレームに属する各サブフレームに対してそれぞれ選択された可変長符号化方法を特定するためのインデックス $h_i$  ( $i=1, 2$ )を結合した結合インデックス $H=h_1|h_2$ との組を含む補助情報 $[H, s]$ が可変長符号化される。

20

【0166】

サブフレームでの総符号量を最小化するという基準のもとでは、商 $q(n)$ を可変長符号化するために選択される可変長符号化方法の頻度分布に偏りが生じ、当該可変長符号化方法を特定するためのインデックス $h_i$ の頻度分布に偏りが生じる。そのため、同一のフレームに属する各サブフレームに対するインデックス $h_i$ を結合した結合インデックス $H=h_1|h_2$ の頻度分布にも偏りが生じる。また、フレームでの総符号量を最小化するという基準のもとで選択される分離パラメータsの頻度分布にも偏りが生じる。

30

【0167】

図32は、残差符号化部720の符号表選択部722dでサブフレームごとに選択される、商 $q(n)$ を可変長符号化するため符号表の頻度と分離パラメータs及びインデックス $h_i$ との関係を例示するための図である。なお、図32では、各フレームの前半のサブフレームに対するインデックスを $h_1$ と記し、後半のサブフレームに対するインデックスを $h_2$ と記す。例えば、 $H=01$ とは、前半のサブフレームで選択された可変長符号化方法を特定するためのインデックス $h_1$ が0であり、後半のサブフレームで選択された可変長符号化方法を特定するためのインデックス $h_2$ が1であることを意味する。また、図32の結合インデックス $H=h_1|h_2$ と分離パラメータsとで特定される各欄には、前半のサブフレームで選択された符号表が $T[h_1, s]$ であり、なおかつ、後半のサブフレームで選択された符号表が $T[h_2, s]$ である頻度を示してある。なお、頻度の表記方法は第1実施形態と同じである。

40

【0168】

本形態では、一例として、前述の被除数が0以上 $2^8$ 未満の整数(8ビット表現された整数)であり、分離パラメータsがとり得る範囲が0以上7以下であるが、そのうち設定可能な分離パラメータsが0, 2, 4に制限されているとする。また、2からの距離が第1距離(図32の例では第1距離は0)である分離パラメータsが選択される頻度が、2からの距離が第1距離よりも大きい第2距離である分離パラメータが選択される頻度よりも高くなると想定する。また、本形態のインデックス $h_1$ や $h_2$ は、それに対応する符号表 $T[h_1, s]$ や $T[h_2, s]$ がアルファ符号化と同一の可変長符号化を行うための符号表に近いほど値が小さくなり、アルファ符号化と同一の可変長符号化を行うための符号表から遠いほど値

50



が大きくなるものとする。

【 0 1 6 9 】

このような頻度分布は事前学習され、分離パラメータ $s$ と結合インデックス $H$ との組を含む補助情報 $[H,s]$ の頻度分布に応じ、補助情報 $[H,s]$ を符号化するために最適な可変長符号化方法の符号表が可変長符号化部 7 2 3 と可変長復号部 8 2 2 とに設定される。

【 0 1 7 0 】

補助情報 $[H,s]$ を符号化するための最適な可変長符号化方法とは、頻度が高い補助情報 $[H,s]$ ほど短い符号長の符号を割り当て、頻度が低い補助情報 $[H,s]$ ほど長い符号長の符号を割り当てる符号化方法である。上述の想定の場合、このような符号化方法は、以下のよう  
10

【 0 1 7 1 】

・第 1 符号の符号長が第 2 符号の符号長よりも短い場合が、第 1 符号の符号長が第 2 符号の符号長よりも長い場合よりも多い。ただし、この例の第 1 符号は、2 (「予め定められた特定の値」に相当) からの距離が第 1 距離である分離パラメータ $s$ を含む補助情報 $[H,s]$ に割り当てられる符号である。また、この例の第 2 符号は、2 (「予め定められた特定の値」に相当) からの距離が第 2 距離である分離パラメータ $s$ を含む補助情報 $[H,s]$ に割り  
20

【 0 1 7 2 】

・分離パラメータ $s$ が 2 以上の場合 (「法数を予め定められた閾値以上とするものである場合」に相当)、第 3 符号の符号長が第 4 符号の符号長よりも短い場合が、第 3 符号の符号長が第 4 符号の符号長よりも長い場合よりも多い。ただし、第 4 符号は、アルファ符号化と異なる第 1 可変長符号化を行うための第 1 符号化方法を特定するためのインデックス $h_1$ 又は $h_2$ を含む補助情報 $[H,s]$ に割り当てられる符号である。また、第 3 符号は、当該第 1 可変長符号化よりもアルファ符号化に近い第 2 可変長符号化を行うための第 2 符号化方法を特定するためのインデックス $h_1$ 又は $h_2$ を含む補助情報 $[H,s]$ に割り当てられる符号  
20

【 0 1 7 3 】

< 符号化方法 >

次に、第 2 実施形態の符号化方法を説明する。

【 0 1 7 4 】

図 3 3 は、第 2 実施形態の符号化方法を説明するためのフローチャートである。以下、この図を用いて本形態の符号化方法を説明する。  
30

【 0 1 7 5 】

第 1 実施形態で説明したステップ S 1 0 ~ S 3 0 の処理が実行された後、分離演算部 2 1 2 2 a から出力された商 $q(n)$ と、分離パラメータ生成部 1 2 1 から出力された分離パラメータ $s$ とが符号表選択部 7 2 2 d に入力される。符号表選択部 7 2 2 d は、これらを用いて商 $q(n)$ を可変長符号化するための可変長符号化方法をサブフレームごとに選択する (ステップ S 5 4 0)。例えば、符号表選択部 7 2 2 d は、符号表格納部 1 2 2 e を参照し、入力された分離パラメータ $s$ に対応する符号表 $T[h,s]$ ごとに、サブフレーム分の各商 $q(n)$  ( $n=SFS(i), \dots, SFE(i)$ ) ( $i=1, 2, SFS(1)=1, SFE(1) \{2, \dots, N-2\}, SFS(2)=SFE(1)+1, SFS(2)=N$ ) にそれぞれ対応する符号のビット数の総和を求め、その総和が最小となる符号表 $T[h,s]$ を当該サブフレームに対して選択する。符号表選択部 7 2 2 d は、同一のフレームを構成するサブフレームごとに選択した可変長符号化方法を特定するためのインデックス $h_1$ 及び $h_2$ を結合した結合インデックス $H$ と、入力された分離パラメータ $s$ と、を含む補助情報 $[H,s]$ を出力する。なお、本形態では、前半のサブフレームに対応する各商 $q(SFS(1)), \dots, q(SFE(1))$ をそれぞれ可変長符号化するための符号化方法を特定するインデックスを $h_1$ と表現する。また、後半のサブフレームに属する各商 $q(SFS(2)), \dots, q(SFE(2))$ をそれぞれ可変長符号化するための符号化方法を特定するインデックスを $h_2$ と表現する。補助情報 $[H,s]$ は、結合インデックス $H$ と分離パラメータ $s$ とのみからなる情報であってもよい  
40

し、これにヘッダ等の付加情報が追加されたものでもよい。  
50

## 【 0 1 7 6 】

次に、符号表選択部 7 2 2 d から出力された各フレームの補助情報  $[H, s]$  と、当該フレームに対応する分離演算部 2 1 2 2 a から出力された商  $q(n)$  ( $n=1, \dots, N$ ) とが、ハフマン符号化部 7 2 2 b に入力される。ハフマン符号化部 7 2 2 b は、この補助情報  $[H, s]$  を用いて符号表格納部 1 2 2 e を検索し、補助情報  $[H, s]$  に対応する符号表  $T[h_1, s]$  及び  $T[h_2, s]$  を抽出する。ハフマン符号化部 7 2 2 b は、抽出した符号表  $T[h_1, s]$  を用いて当該フレームに属する前半のサブフレームに対応する各商  $q(n)$  をそれぞれ可変長符号化する。また、ハフマン符号化部 7 2 2 b は、抽出した符号表  $T[h_2, s]$  を用いて当該フレームに属する後半のサブフレームに対応する各商  $q(n)$  をそれぞれ可変長符号化する。これにより、ハフマン符号化部 7 2 2 b は、当該フレームに対応する各情報  $\text{prefix}(n)$  (「第 1 情報」に相当) を生成する (ステップ S 5 5 0)。

10

## 【 0 1 7 7 】

その後、第 1 実施形態で説明したステップ S 6 0 の処理が実行された後、符号表選択部 7 2 2 d から出力された補助情報  $[H, s]$  が可変長符号化部 7 2 3 に入力される。可変長符号化部 7 2 3 は、前述のように設定された符号表を用い、生成された分離パラメータ  $s$  と、各サブフレームに対してそれぞれ選択された符号化方法を特定するためのインデックス  $h_i$  ( $i=1, 2$ ) をフレームごとに結合した結合インデックス  $H$  との組、を含む補助情報  $[H, s]$  ごとに、当該補助情報  $[H, s]$  を可変長符号化し、補助情報  $[H, s]$  に対応する補助符号  $C_c$  を生成する (ステップ S 5 7 0)。

## 【 0 1 7 8 】

その後、第 1 実施形態で説明したステップ S 8 0 が実行される。

20

## 【 0 1 7 9 】

< 復号方法 >

次に、第 2 実施形態の復号方法を説明する。

## 【 0 1 8 0 】

図 3 4 は、第 2 実施形態の復号方法を説明するためのフローチャートである。以下、この図を用いて本形態の復号方法を説明する。

## 【 0 1 8 1 】

復号装置 2 0 0 (図 8) の分離部 1 2 1 0 は、復号装置 2 0 0 に入力された符号  $C_g$  を分離し、係数に対応する係数符号  $C_k$  と予測残差  $e(n)$  に対応する残差符号  $C_e$  と補助情報  $[H, s]$  に対応する補助符号  $C_c$  とを生成する (ステップ S 6 1 0)。補助情報  $[H, s]$  に対応する補助符号  $C_c$  は可変長復号部 2 2 2 に入力され、可変長復号部 8 2 2 は、前述のように設定された符号表を用い、補助符号  $C_c$  を可変長復号し、分離パラメータ  $s$  と統合インデックス  $H$  との組みを含む補助情報  $[H, s]$  を生成する (ステップ S 6 2 0)。

30

## 【 0 1 8 2 】

その後、第 1 実施形態で説明したステップ S 1 3 0 の処理が実行された後、可変長復号部 8 2 2 から出力された補助情報  $[H, s]$  と、分離部 2 2 2 1 a から出力された情報  $\text{prefix}(n)$  ( $n=1, \dots, N$ ) とが、ハフマン復号部 8 2 1 c に入力される。ハフマン復号部 8 2 1 c は、この補助情報  $[H, s]$  を用いて符号表格納部 2 2 1 e を検索し、補助情報  $[H, s]$  に対応する符号表  $T[h_1, s]$  及び  $T[h_2, s]$  を抽出する。そして、ハフマン復号部 8 2 1 c は、抽出した符号表  $T[h_1, s]$  を用いて前半のサブフレームに対応する情報  $\text{prefix}(n)$  をそれぞれ復号して商  $q(n)$  を生成し、 $T[h_2, s]$  を用いて後半のサブフレームに対応する情報  $\text{prefix}(n)$  を復号して商  $q(n)$  を生成する (ステップ S 6 4 0)。

40

## 【 0 1 8 3 】

その後、第 1 実施形態で説明したステップ S 1 5 0 ~ S 1 7 0 の処理が実行される。

## 【 0 1 8 4 】

[ 第 3 実施形態 ]

次に、本発明の第 3 実施形態を説明する。本形態では、予測残差  $e(n)$  が、予め定められた時間区間であるフレームごとに時系列信号を予測分析した結果から得られたものであり、フレームをさらに複数に区分した各時間区間であるサブフレームごとに分離パラメータ

50

$s_i$  ( $i=1,2$ )が設定される。本形態の予測残差に対応する符号は、予測残差又は予測残差の大きさの増加に応じて単調増加する0以上の整数を被除数とし、当該予測残差が属するサブフレームに対して設定された分離パラメータ $s_i$ に依存する整数を法数とした除算によって得られる整数の商を特定する第1情報と、被除数の法数に関する剰余を特定する第2情報と、を含む。そして、本形態では、同一のフレームに属する各サブフレームに対してそれぞれ設定された各分離パラメータ $s_i$ を結合した結合パラメータ $S$ を含む補助情報が、それぞれ、可変長符号化される。なお、本形態では、各フレームを2つに区分した各時間区間をサブフレームとする例を示すが( $i=1,2$ )、これは本発明を限定するものではなく、各フレームを3以上に区分した各時間区間をサブフレームとしてもよい( $i=1,2,\dots,l$ ( $l$ は3以上の整数))。また、以下では、第1実施形態との相違点を中心に説明し、第1実施形態と共通する事項については説明を省略する。

10

## 【0185】

## &lt;構成&gt;

第1実施形態と第3実施形態との構成上の相違点は、符号化装置100の残差符号化部120が残差符号化部920に置換され、復号装置200の残差復号部220が残差復号部1020に置換される点である。

## 【0186】

図35に、第3実施形態における残差符号化部920の機能構成を説明するためのブロック図を示し、図36に、第3実施形態における残差復号部1020の機能構成を説明するためのブロック図を示す。なお、これらの図において第1実施形態と共通する事項については、第1実施形態と同じ符号を付して説明を省略する。

20

## 【0187】

図35に示すように、残差符号化部920は、分離パラメータ生成部921、符号化部922、及び可変長符号化部923を有する。また、分離パラメータ生成部921は、パラメータ演算部921a、及び量子化部121bを有する。また、符号化部922は、分離演算部922a、合成部2122c、ハフマン符号化部922b、符号表選択部922d、及び符号表格納部122eを有する。

## 【0188】

また、図36に示すように、残差復号部1020は、復号部1021、及び可変長復号部1022を有する。また、復号部1021は、分離部2221a、合成演算部1021b、ハフマン復号部1021c、及び符号表格納部221eを有する。

30

## 【0189】

## &lt;前処理&gt;

前述のように、本形態では、同一のフレームに属する各サブフレームに対してそれぞれ設定された各分離パラメータ $s_i$  ( $i=1,2$ )を結合した結合パラメータ $S=s_1|s_2$ と、当該フレームに対して選択された符号化方法を特定するためのインデックス $h$ と、の組を含む補助情報 $[h,S]$ が、可変長符号化される。

## 【0190】

フレームでの総符号量を最小化するという基準のもとでは、商 $q(n)$ を可変長符号化するために選択される符号化方法の頻度分布に偏りが生じ、当該符号化方法を特定するためのインデックス $h$ の頻度分布に偏りが生じる。また、サブフレームでの総符号量を最小化するという基準のもとで選択される分離パラメータ $s_i$ の頻度分布にも偏りが生じる。そのため、各サブフレームに対する分離パラメータ $s_i$ をフレームごとに結合した結合パラメータ $S=s_1|s_2$ の頻度分布にも偏りが生じる。

40

## 【0191】

図37は、残差符号化部920の符号表選択部922dでサブフレームごとに選択される、商 $q(n)$ を可変長符号化するため符号表の頻度と分離パラメータ $s_i$ 及びインデックス $h$ との関係を例示するための図である。なお、図37では、各フレームの前半のサブフレームに対する分離パラメータを $s_1$ と記し、後半のサブフレームに対する分離パラメータを $s_2$ と記す。例えば、 $S=01$ とは、前半のサブフレームに対する分離パラメータ $s_1$ が0であり、

50

後半のサブフレームに対する分離パラメータ $s_2$ が1であることを意味する。また、図37のインデックス $h$ と結合パラメータ $S=s_1|s_2$ とで特定される各欄には、フレームごとに選択された符号表が $T[h, s_1]$  (又は $T[h, s_2]$ ) である頻度を示してある。なお、頻度の表記方法は第1実施形態と同じである。

【0192】

本形態では、一例として、前述の被除数が0以上 $2^8$ 未満の整数(8ビット表現された整数)であり、分離パラメータ $s_i$ がとり得る範囲が0以上7以下であるが、そのうち設定可能な分離パラメータ $s_i$ が0, 1, 2に制限されているとする。また、2からの距離が第1距離である分離パラメータ $s_i$ が選択される頻度が、2からの距離が第1距離よりも大きい第2距離である分離パラメータが選択される頻度よりも高くなると想定する。また、本形態のインデックス $h$ は、それに対応する符号表 $T[h, s_1]$  (又は $T[h, s_2]$ ) がアルファ符号化と同一の変長符号化を行うための符号表に近いほど値が小さくなり、アルファ符号化と同一の変長符号化を行うための符号表から遠いほど値が大きくなるものとする。

10

【0193】

このような頻度分布は事前学習され、結合パラメータ $S$ とインデックス $h$ との組を含む補助情報 $[h, S]$ の頻度分布に応じ、補助情報 $[h, S]$ を符号化するために最適な可変長符号化方法の符号表が可変長符号化部923と可変長復号部1022とに設定される。

【0194】

補助情報 $[h, S]$ を符号化するための最適な可変長符号化方法とは、頻度が高い補助情報 $[h, S]$ ほど短い符号長の符号を割り当て、頻度が低い補助情報 $[h, S]$ ほど長い符号長の符号を割り当てる符号化方法である。上述の想定の場合、このような符号化方法は、以下のような2つの特徴を備える可変長符号化方法となる。

20

【0195】

・第1符号の符号長が第2符号の符号長よりも短い場合が、第1符号の符号長が第2符号の符号長よりも長い場合よりも多い。ただし、この例の第1符号は、2(「予め定められた特定の値」に相当)からの距離が第1距離である分離パラメータ $s_1$ 又は $s_2$ を含む補助情報 $[h, S]$ に割り当てられる符号である。また、この例の第2符号は、2(「予め定められた特定の値」に相当)からの距離が第2距離である分離パラメータ $s_1$ 又は $s_2$ を含む補助情報 $[h, S]$ に割り当てられる符号である。また、第2距離は第1距離よりも大きい。

30

【0196】

・分離パラメータ $s$ が2以上の場合(「法数を予め定められた閾値以上とするものである場合」に相当)、第3符号の符号長が第4符号の符号長よりも短い場合が、第3符号の符号長が第4符号の符号長よりも長い場合よりも多い。ただし、第4符号は、アルファ符号化と異なる第1可変長符号化を行うための第1符号化方法を特定するためのインデックス $h$ を含む補助情報 $[h, S]$ に割り当てられる符号である。また、第3符号は、当該第1可変長符号化よりもアルファ符号化に近い第2可変長符号化を行うための第2符号化方法を特定するためのインデックス $h$ を含む補助情報 $[h, S]$ に割り当てられる符号である。

【0197】

<符号化方法>

次に、第3実施形態の符号化方法を説明する。

40

【0198】

図38は、第3実施形態の符号化方法を説明するためのフローチャートである。以下、この図を用いて本形態の符号化方法を説明する。

【0199】

第1実施形態で説明したステップS10の処理が実行された後、残差符号化部920(図35)に入力された予測残差 $e(n)$ が分離パラメータ生成部921に送られる。分離パラメータ生成部921は、サブフレームごとに、予測残差 $e(n)$ の大きさに依存する整数の分離パラメータ $s_i$  ( $i=1, 2$ )を設定して出力する(ステップS720)。この処理は、フレームごとに行った第1実施形態で説明したステップ20の処理をサブフレームごとに行うことで実現できる。具体的には、例えば、パラメータ演算部921aが、式(14)の $N$ をサブ

50

フレームのサンプル数に置換した式に従ってサブフレームごとに連続量パラメータ $s_i'$ を算出し、算出された連続量パラメータ $s_i'$ を量子化部121bが整数値に量子化してサブフレームごとの分離パラメータ $s_i$ を生成する。

【0200】

次に、符号化部922の分離演算部922aに、残差符号化部920に入力された予測残差 $e(n)$ と、分離パラメータ生成部921から出力されたサブフレームごとの分離パラメータ $s_i$ とが入力される。なお、この分離パラメータ $s_i$ は、入力された予測残差 $e(n)$ に対応するサブフレームに対して設定されたものである。分離演算部922aは、これらを用い、予測残差 $e(n)$ 又は予測残差 $e(n)$ の大きさの増加に応じて単調増加する0以上の整数を被除数とし、分離パラメータ $s_i$ に依存する整数を法数とした除算によって得られる整数の商 $q(n)$ と、それに対応する剰余を特定するための情報 $sub(n)$ (「第2情報」に相当)と、を生成する(ステップS730)。なお、ステップS730の詳細は、例えば、前述したステップS30の詳細の例と同様である。

10

【0201】

次に、分離演算部922aから出力された商 $q(n)$ と分離パラメータ生成部921から出力された分離パラメータ $s_1$ (又は $s_2$ )とが符号表選択部922dに入力される。符号表選択部922dは、これらを用いて商 $q(n)$ を可変長符号化するための符号化方法をフレームごとに選択する(ステップS740)。すなわち、本形態では、分離パラメータ $s_i$ はサブフレームごとに設定されるが、商 $q(n)$ を可変長符号化するための符号化方法はフレームごとに選択される。例えば、符号表選択部922dは、符号表格納部122eを参照し、入力された分離パラメータ $s_1$ に対応する符号表 $T[h, s_1]$ ごとに1フレーム分の各商 $q(n)$ にそれぞれ対応する符号のビット数の総和を求め、その総和が最小となる符号表 $T[h, s_1]$ をフレームごとに選択する。又は、例えば、符号表選択部922dは、符号表格納部122eを参照し、入力された分離パラメータ $s_2$ に対応する符号表 $T[h, s_2]$ ごとに1フレーム分の各商 $q(n)$ にそれぞれ対応する符号のビット数の総和を求め、その総和が最小となる符号表 $T[h, s_2]$ をフレームごとに選択する。そして、符号表選択部922dは、同一のフレームに属する各サブフレームに対してそれぞれ生成された各分離パラメータ $s_i$ を結合した結合パラメータ $S$ と、各フレームに対してそれぞれ選択された符号化方法を特定するためのインデックス $h$ と、を含む補助情報 $[h, S]$ を出力する。

20

【0202】

その後、第1実施形態で説明したステップS50及びS60の処理が実行され、符号表選択部922dから出力された補助情報 $[h, S]$ は可変長符号化部923に入力される。可変長符号化部923は、前述のように設定された符号表を用い、補助情報 $[h, S]$ ごとに当該補助情報 $[h, S]$ を可変長符号化し、補助情報 $[h, S]$ に対応する補助符号 $C_c$ を生成して出力する(ステップS770)。

30

【0203】

その後、第1実施形態で説明したステップS80の処理が実行される。

【0204】

<復号方法>

図39は、第3実施形態の復号方法を説明するためのフローチャートである。以下、この図を用いて本形態の復号方法を説明する。

40

【0205】

復号装置200(図8)の分離部1210は、復号装置200に入力された符号 $C_g$ を分離し、係数に対応する係数符号 $C_k$ と予測残差 $e(n)$ に対応する残差符号 $C_e$ と補助情報 $[h, S]$ に対応する補助符号 $C_c$ とを生成する(ステップS810)。

【0206】

補助情報 $[h, S]$ に対応する補助符号 $C_c$ は可変長復号部1022に入力され、可変長復号部1022は、前述のように設定された符号表を用い、補助符号 $C_c$ を可変長復号し、結合パラメータ $S$ と、符号化方法を特定するためのインデックス $h$ と、を含む補助情報 $[h, S]$ を生成して出力する(ステップS820)。

50

## 【 0 2 0 7 】

また、第 1 実施形態で説明したステップ S 1 3 0 の処理が実行された後、可変長復号部 1 0 2 2 から出力された補助情報[h,S]と、分離部 2 2 2 1 a から出力された情報prefix(n)とが、ハフマン復号部 1 0 2 1 c に入力される。ハフマン復号部 1 0 2 1 c は、この補助情報[h,S]を用いて符号表格納部 2 2 1 e を検索し、補助情報[h,S]に対応する符号表T[h,s<sub>1</sub>] (又はT[h,s<sub>2</sub>]) を抽出する。そして、ハフマン復号部 1 0 2 1 c は、抽出した符号表T[h,s<sub>1</sub>] (又はT[h,s<sub>2</sub>]) を用いて情報prefix(n)を復号し、商q(n)を生成する(ステップ S 8 4 0)。

## 【 0 2 0 8 】

その後、ハフマン復号部 1 0 2 1 c から出力された商q(n)と、分離部 2 2 2 1 a から出力された情報sub(n)と、可変長復号部 1 0 2 2 から出力された補助情報[h,S]が含む分離パラメータs<sub>i</sub>とが、合成演算部 1 0 2 1 b に入力される。合成演算部 1 0 2 1 b は、これらを用いて予測残差e(n)を算出して出力する(ステップ S 8 5 0)。この予測残差e(n)の算出には、商q(n)及び情報sub(n)が属するサブフレームに対する分離パラメータs<sub>i</sub>が用いられる。

10

## 【 0 2 0 9 】

その後、第 1 実施形態で説明したステップ S 1 6 0 及び S 1 7 0 の処理が実行される。

## 【 0 2 1 0 】

〔第 4 実施形態〕

次に、本発明の第 4 実施形態を説明する。

20

## 【 0 2 1 1 】

本形態は、第 2 実施形態と第 3 実施形態とを組み合わせた形態である。すなわち、本形態では、予測残差e(n)が、予め定められた時間区間であるフレームごとに時系列信号を予測分析した結果から得られたものであり、フレームをさらに複数に区分した各時間区間であるサブフレームごとに分離パラメータs<sub>i</sub> (i=1,2)が設定され、サブフレームごとに商q(n)を可変長符号化するための符号化方法が選択される。そして、商q(n)に対応する予測残差e(n)が属するサブフレームに対して設定された符号化方法を用い、当該商q(n)が可変長符号化され、第 1 情報が生成される。また、同一のフレームに属する各サブフレームに対してそれぞれ設定された各分離パラメータs<sub>i</sub>を結合した結合パラメータs=s<sub>1</sub>|s<sub>2</sub>と、同一のフレームに属する各サブフレームに対してそれぞれ選択された符号化方法を特定するためのインデックスh<sub>i</sub> (i=1,2)を結合した結合インデックスH=h<sub>1</sub>|h<sub>2</sub>と、の組を含む補助情報[H,S]が可変長符号化される。なお、本形態では、各フレームを 2 つに区分した各時間区間をサブフレームとする例を示すが (i=1,2)、これは本発明を限定するものではなく、各フレームを 3 以上に区分した各時間区間をサブフレームとしてもよい (i=1,2,...,l (l は 3 以上の整数))。また、以下では、第 1 ~ 3 実施形態との相違点を中心に説明し、第 1 ~ 3 実施形態と共通する事項については説明を省略する。

30

## 【 0 2 1 2 】

<構成>

第 1 実施形態と第 4 実施形態との構成上の相違点は、符号化装置 1 0 0 の残差符号化部 1 2 0 が残差符号化部 1 1 2 0 に置換され、復号装置 2 0 0 の残差復号部 2 2 0 が残差復号部 1 2 2 0 に置換される点である。

40

## 【 0 2 1 3 】

図 4 0 に、第 4 実施形態における残差符号化部 1 1 2 0 の機能構成を説明するためのブロック図を示し、図 4 1 に、第 4 実施形態における残差復号部 1 2 2 0 の機能構成を説明するためのブロック図を示す。なお、これらの図において第 1 ~ 3 実施形態と共通する事項については、第 1 ~ 3 実施形態と同じ符号を付して説明を省略する。

## 【 0 2 1 4 】

図 4 0 に示すように、残差符号化部 1 1 2 0 は、分離パラメータ生成部 9 2 1、符号化部 1 1 2 2、及び可変長符号化部 1 1 2 3 を有する。また、符号化部 1 1 2 2 は、分離演算部 9 2 2 a、合成部 2 1 2 2 c、ハフマン符号化部 9 2 2 b、符号表選択部 1 1 2 2 d

50

、及び符号表格納部 1 2 2 e を有する。

【 0 2 1 5 】

また、図 4 1 に示すように、残差復号部 1 2 2 0 は、復号部 1 2 2 1、及び可変長復号部 1 2 2 2 を有する。また、復号部 1 2 2 1 は、分離部 2 2 2 1 a、合成演算部 1 0 2 1 b、 Huffman 復号部 1 2 2 1 c、及び符号表格納部 2 2 1 e を有する。

【 0 2 1 6 】

< 前処理 >

前述のように、本形態では、同一のフレームに属する各サブフレームに対してそれぞれ設定された各分離パラメータ  $s_i$  ( $i=1,2$ ) を結合した結合パラメータ  $S=s_1|s_2$  と、同一のフレームに属する各サブフレームに対してそれぞれ選択された符号化方法を特定するためのインデックス  $h_i$  ( $i=1,2$ ) を結合した結合インデックス  $H=h_1|h_2$  と、の組を含む補助情報  $[H,S]$  が、可変長符号化される。

10

【 0 2 1 7 】

第 2 , 3 実施形態で説明したように、結合パラメータ  $S$  や結合インデックスの頻度分布には偏りがある。

【 0 2 1 8 】

図 4 2 は、残差符号化部 1 1 2 0 の符号表選択部 1 1 2 2 d でサブフレームごとに選択される、商  $q(n)$  を可変長符号化するため符号表の頻度と分離パラメータ  $s_i$  及びインデックス  $h_i$  との関係を例示するための図である。また、図 4 2 の結合インデックス  $H=h_1|h_2$  と結合パラメータ  $S$  とで特定される各欄には、前半のサブフレームで選択された符号表が  $T[h_1, s_1]$  であり、なおかつ、後半のサブフレームで選択された符号表が  $T[h_2, s_2]$  である頻度を示してある。なお、頻度の表記方法は第 1 実施形態と同じである。

20

【 0 2 1 9 】

本形態では、一例として、前述の被除数が 0 以上  $2^8$  未満の整数 ( 8 ビット表現された整数 ) であり、分離パラメータ  $s_i$  がとり得る範囲が 0 以上 7 以下であるが、そのうち設定可能な分離パラメータ  $s_i$  が 0 , 1 , 2 に制限されているとする。また、2 からの距離が第 1 距離である分離パラメータ  $s_i$  が選択される頻度が、2 からの距離が第 1 距離よりも大きい第 2 距離である分離パラメータが選択される頻度よりも高くなると想定する。また、本形態のインデックス  $h_i$  は、それに対応する符号表  $T[h_i, s_1]$  がアルファ符号化と同一の可変長符号化を行うための符号表に近いほど値が小さくなり、アルファ符号化と同一の可変長符号化を行うための符号表から遠いほど値が大きくなるものとする。

30

【 0 2 2 0 】

このような頻度分布は事前学習され、結合パラメータ  $S$  と結合インデックス  $H$  との組を含む補助情報  $[H,S]$  の頻度分布に応じ、補助情報  $[H,S]$  を符号化するために最適な可変長符号化方法の符号表が可変長符号化部 1 1 2 3 と可変長復号部 1 2 2 2 とに設定される。

【 0 2 2 1 】

補助情報  $[H,S]$  を符号化するための最適な可変長符号化方法とは、頻度が高い補助情報  $[H,S]$  ほど短い符号長の符号を割り当て、頻度が低い補助情報  $[H,S]$  ほど長い符号長の符号を割り当てる符号化方法である。上述の想定の場合、このような符号化方法は、以下のような 2 つの特徴を備える可変長符号化方法となる。

40

【 0 2 2 2 】

・第 1 符号の符号長が第 2 符号の符号長よりも短い場合が、第 1 符号の符号長が第 2 符号の符号長よりも長い場合よりも多い。ただし、この例の第 1 符号は、2 ( 「予め定められた特定の値」に相当 ) からの距離が第 1 距離である分離パラメータ  $s_i$  を含む補助情報  $[H,S]$  に割り当てられる符号である。また、この例の第 2 符号は、2 ( 「予め定められた特定の値」に相当 ) からの距離が第 2 距離である分離パラメータ  $s_i$  を含む補助情報  $[H,S]$  に割り当てられる符号である。また、第 2 距離は第 1 距離よりも大きい。

【 0 2 2 3 】

・分離パラメータ  $s_i$  が 2 以上の場合 ( 「法数を予め定められた閾値以上とするものである場合」に相当 )、第 3 符号の符号長が第 4 符号の符号長よりも短い場合が、第 3 符号の

50

符号長が第 4 符号の符号長よりも長い場合よりも多い。ただし、第 4 符号は、アルファ符号化と異なる第 1 可変長符号化を行うための第 1 符号化方法を特定するためのインデックス $h_1$ 又は $h_2$ を含む補助情報[H,S]に割り当てられる符号である。また、第 3 符号は、当該第 1 可変長符号化よりもアルファ符号化に近い第 2 可変長符号化を行うための第 2 符号化方法を特定するためのインデックス $h_1$ 又は $h_2$ を含む補助情報[H,S]に割り当てられる符号である。

【 0 2 2 4 】

< 符号化方法 >

図 4 3 は、第 4 実施形態の符号化方法を説明するためのフローチャートである。以下、この図を用いて本形態の符号化方法を説明する。

10

【 0 2 2 5 】

まず、第 1 実施形態で説明したステップ S 1 0 の処理が実行され、次に、第 3 実施形態で説明したステップ S 7 2 0 及び S 7 3 0 の処理が実行される。次に、第 2 実施形態で説明したステップ S 5 4 0 及び S 5 5 0 の処理が実行され、第 1 実施形態で説明したステップ S 6 0 の処理が実行される。その後、符号表選択部 1 1 2 2 d から出力された、同一のフレームに属する各サブフレームに対してそれぞれ生成された各分離パラメータ $s_i$ を結合した結合パラメータSと、同一のフレームに属する各サブフレームに対してそれぞれ選択された符号化方法を特定するためのインデックス $h_i$ を結合した結合インデックスHとが、可変長符号化部 1 1 2 3 に入力される。可変長符号化部 1 1 2 3 は、結合パラメータSと、結合インデックスHと、を含む補助情報[H,S]を、補助情報[H,S]ごとに可変長符号化し、補助情報[H,S]に対応する補助符号 $C_c$ を生成し、出力する(ステップ S 9 7 0)。その後、第 1 実施形態で説明したステップ S 8 0 の処理が実行される。

20

【 0 2 2 6 】

< 復号方法 >

図 4 4 は、第 4 実施形態の復号方法を説明するためのフローチャートである。以下、この図を用いて本形態の復号方法を説明する。

【 0 2 2 7 】

復号装置 2 0 0 (図 8) の分離部 1 2 1 0 は、復号装置 2 0 0 に入力された符号 $C_g$ を分離し、係数に対応する係数符号 $C_k$ と、予測残差 $e(n)$ に対応する残差符号 $C_e$ と、補助情報[H,S]に対応する補助符号 $C_c$ とを生成する(ステップ S 1 0 1 0)。補助情報[H,S]に対応する補助符号 $C_c$ は可変長復号部 1 2 2 2 に入力される。可変長復号部 1 2 2 2 は、前述のように設定された符号表を用い、補助符号 $C_c$ を可変長復号し、結合パラメータSと、結合インデックスHと、を含む補助情報[H,S]を生成して出力する(ステップ S 1 0 2 0)。

30

【 0 2 2 8 】

また、第 1 実施形態で説明したステップ S 1 3 0 の処理が実行された後、可変長復号部 1 2 2 2 から出力された補助情報[H,S]と、分離部 2 2 2 1 a から出力された情報prefix(n)とが、ハフマン復号部 1 2 2 1 c に入力される。ハフマン復号部 1 2 2 1 c は、この補助情報[H,S]を用いて符号表格納部 2 2 1 e を検索し、補助情報[H,S]に対応する符号表 $T[h_1, s_1]$ 及び $T[h_2, s_2]$ を抽出する。そして、ハフマン復号部 1 0 2 1 c は、抽出した符号表 $T[h_1, s_1]$ 及び $T[h_2, s_2]$ を用いて情報prefix(n)を復号し、商 $q(n)$ を生成して出力する(ステップ S 1 0 4 0)。すなわち、前半のサブフレームについては符号表 $T[h_1, s_1]$ を用いて情報prefix(n)を復号して商 $q(n)$ を生成し、後半のサブフレームについては符号表 $T[h_2, s_2]$ を用いて情報prefix(n)を復号して商 $q(n)$ を生成して出力する。その後、第 3 実施形態で説明したステップ S 8 5 0 の処理が実行され、さらに、第 1 実施形態で説明したステップ S 1 6 0 及び S 1 7 0 の処理が実行される。

40

【 0 2 2 9 】

[ その他の変形例等 ]

本発明は上述の実施の形態に限定されるものではない。例えば、上述の各実施形態では、分離パラメータとインデックスとの組を含む補助情報や、分離パラメータと結合インデックスとの組を含む補助情報や、結合パラメータとインデックスとの組を含む補助情報や

50



、結合パラメータと結合インデックスとの組を含む補助情報等を、補助情報ごとに可変長符号化する形態を説明した。しかし、分離パラメータを含むがインデックスを含まない補助情報や、インデックスを含むが分離パラメータを含まない補助情報を、補助情報ごとに可変長符号化してもよい。例えば、分離パラメータの Huffman 符号と、インデックスの Huffman 符号とを独立に生成し、それらの Huffman 符号の組を補助情報に対応する符号としてもよい。また、フレームをサブフレームに分割する場合には、例えば、独立に生成された、前半のサブフレームに対する、分離パラメータの Huffman 符号とインデックスの Huffman 符号の組を前半のサブフレームの補助情報に対応する符号とし、独立に生成された、後半のサブフレームに対する、分離パラメータの Huffman 符号とインデックスの Huffman 符号の組を後半のサブフレームの補助情報に対応する符号としてもよい。

10

## 【0230】

また、上述の各実施形態やその変形例を組み合わせた形態が実行されてもよい。例えば、第1実施形態の変形例1～3を第2～第4実施形態に適用してもよいし、当該変形例1～3を組み合わせてもよいし、その組み合わせを第2～第4実施形態に適用してもよい。

## 【0231】

また、上述の各実施形態では、Huffman表等の符号表を特定するためのインデックスを含む補助情報を可変長符号化することとした。しかし、符号表を必要としないアルファ符号等の可変長符号化方法で上記の商 $q(n)$ を符号化した場合には、符号表を特定するためのインデックスではなく、その符号化方法を特定するためのインデックスを含む補助情報を可変長符号化してもよい。

20

## 【0232】

また、上記の各実施形態では、分離パラメータとしてライスパラメータを用いる例を示した。しかし、上記の方式は、商 $q(n)$ をアルファ符号よりも自由度の高い可変長符号化方法で符号化することが可能なものであるため、商 $q(n)$ の符号化方法をアルファ符号化方法に限定するゴロムライス符号化方法のライスパラメータよりも小さな値を分離パラメータとするほうが、予測残差 $e(n)$ に対応する符号量を小さくできる場合がある。そのため、少なくとも一部の時間区間において、当該時間区間に設定された分離パラメータが、当該時間区間に対して最適なライスパラメータよりも小さな値であってもよい。例えば、ライスパラメータから所定の整数（例えば1）を減じた値を分離パラメータとしてもよい。また、逆に、ライスパラメータに所定の整数（例えば1）を加算した値を分離パラメータとして

30

## 【0233】

また、上記の各実施形態では、分離パラメータ $s$ に対して $2^s$ や $2^{s-1}$ を、分離演算部における除算のための法数としたが、分離パラメータ自体を $2^s$ や $2^{s-1}$ とし、分離パラメータ自体を分離演算部における除算のための法数としてもよい。また、上記の各実施形態では分離パラメータ $s$ が整数であった。しかし、分離パラメータ $s$ が整数以外の値も採り得る実数値であってもよい。例えば、前述の連続量パラメータ $s'$ を「分離パラメータ」と呼んでもよい。また、整数化された分離パラメータ $s$ の代わりに連続量パラメータ $s'$ を用い、図14(B)や図16に例示した処理が実行されてもよい。また、分離パラメータ $s$ が整数以外の値も採り得る実数値である場合に、 $sg = \text{floor}(s)$ とし、 $2^{sg}$ や $2^{sg-1}$ を分離演算部における除算のための法数としてもよい。

40

## 【0234】

また、上記の各実施形態では、符号化の際に、まず最適な分離パラメータを設定し、設定した分離パラメータを用いて分離演算部における除算を行って商 $q(n)$ と剰余を特定するための情報 $\text{sub}(n)$ とを求めていた。しかし、予め定められた整数集合から順番に整数を選択することで分離パラメータを設定し、設定した各分離パラメータを用いて分離演算部における除算を行って商 $q(n)$ と剰余を特定するための情報 $\text{sub}(n)$ とを求め、求めた商 $q(n)$ 及び情報 $\text{sub}(n)$ の情報量の総和を算出し、それが最小となる分離パラメータを採用する構成であってもよい。

## 【0235】

50

また、上記の各実施形態は、時系列信号を線形予測分析した結果に基づいて得られた予測残差を符号化する際に本発明を適用した例であった。しかし、ピッチ予測分析などの長期予測分析や、チャンネル間予測分析や、線形予測分析と長期予測分析との組み合わせ、線形予測分析と長期予測分析とチャンネル間予測分析との組み合わせ、線形予測分析とチャンネル間予測分析との組み合わせ等の結果に基づいて得られた予測残差（例えば「鎌本優、守谷健弘、西本卓也、嵯峨山茂樹、“チャンネル間相関を用いた多チャンネル信号の可逆圧縮符号化，”情処学論，Vol.46，No.5，pp.1118-1128，2005.」「鎌本優、守谷健弘、原田登、西本卓也、嵯峨山茂樹、“ISO/IEC MPEG-4 Audio Lossless Coding (ALS)におけるチャンネル内とチャンネル間の長期予測，”信学論，Vol.J89-B，No.2，pp.214-222，2006.」等参照）を符号化する際に本発明を適用してもよい。

10

## 【0236】

また、上述の各種の処理は、記載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あるいは個別に実行されてもよい。その他、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能であることはいうまでもない。

## 【0237】

また、上述の構成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、上記処理機能がコンピュータ上で実現される。

## 【0238】

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、半導体メモリ等のようなものでもよい。

20

## 【0239】

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。

## 【0240】

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若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、自己の記録媒体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。

30

40

## 【0241】

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。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0242】

本発明の産業上の利用分野としては、例えば、音響信号の可逆圧縮符号化・復号化技術

50

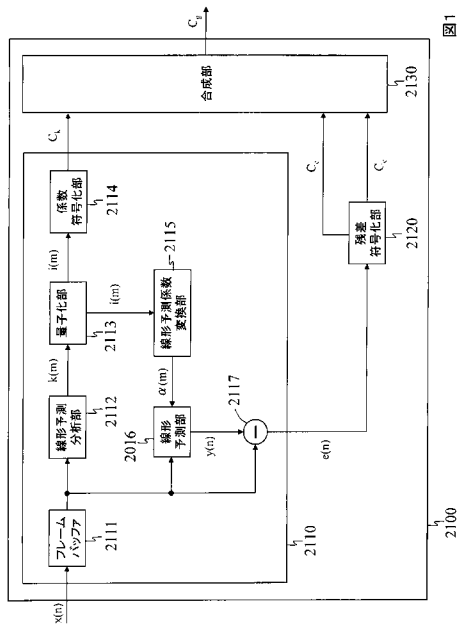
を例示できる。また、本発明は、音響信号以外にも、映像信号、生体信号、地震波信号などの可逆圧縮符号化・復号化技術にも応用可能である。

【符号の説明】

【0243】

- 100, 2100 符号化装置
- 200, 2200 復号装置

【図1】



【図2】

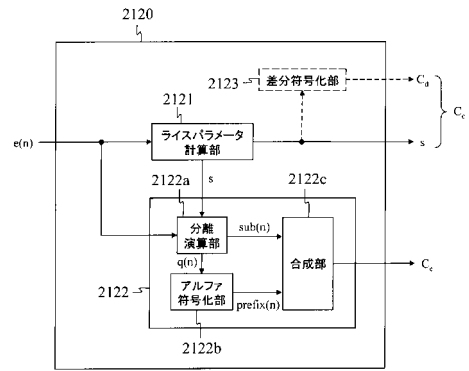


図2

【図3】

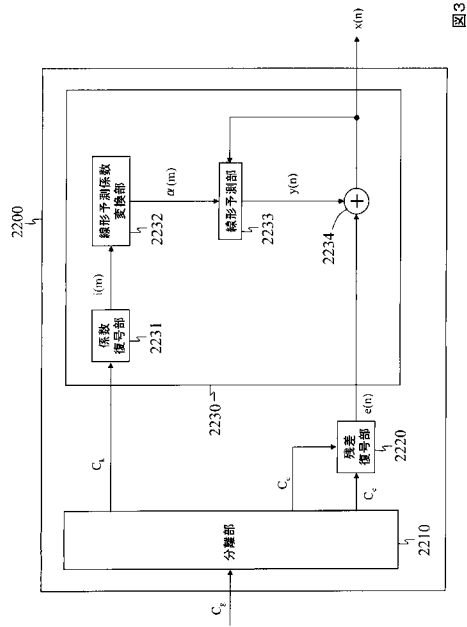


図3

【図4】

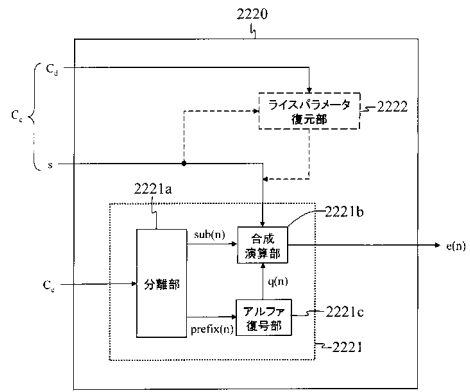
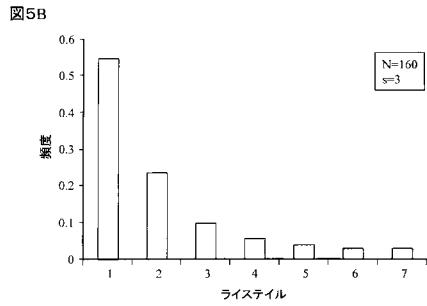
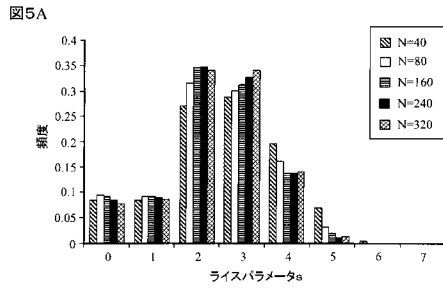


図4

【図5】



【図6】

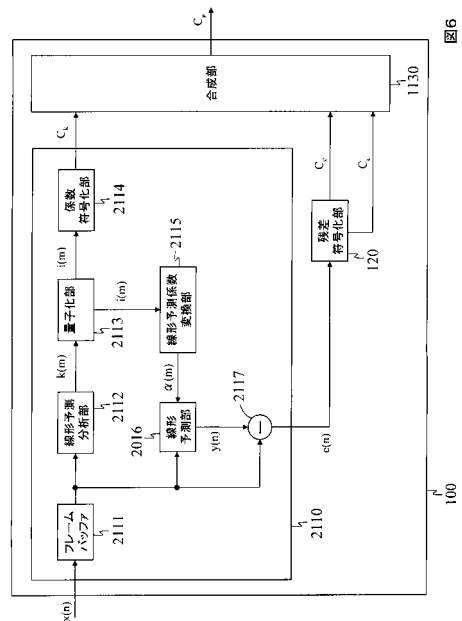


図6

100

【 図 7 】

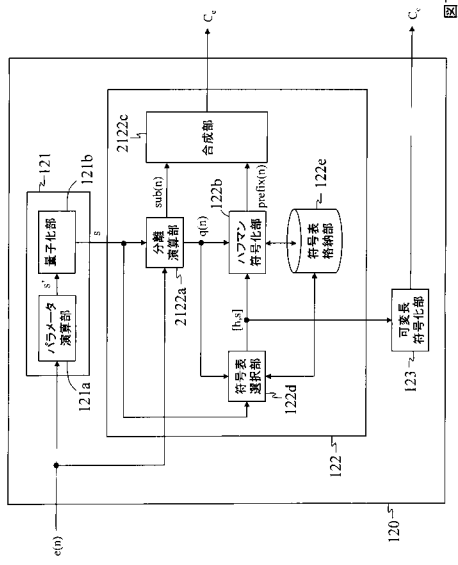


図7

【 図 8 】

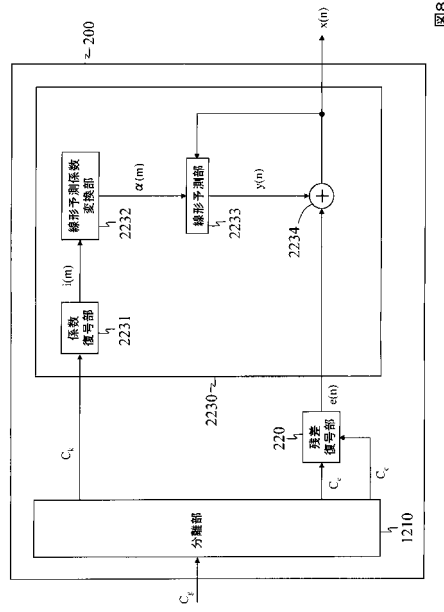


図8

【 図 9 】

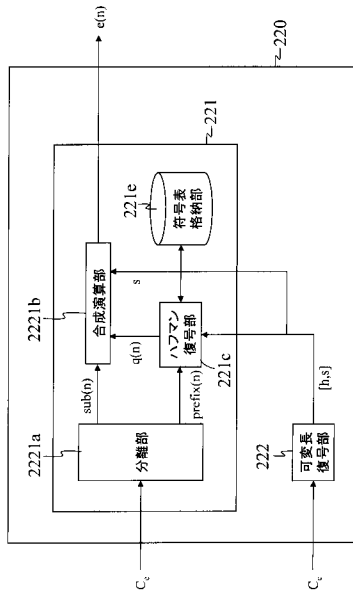


図9

【 図 10 】

図 10A

h \ s	0	1	2	3	4	その他
0	T[0,0]	T[0,1]	T[0,2]	T[0,3]	T[0,4]	T[0,E]
1	T[1,0]	T[1,1]	T[1,2]	T[1,3]	T[1,4]	T[1,E]
2	T[2,0]	T[2,1]	T[2,2]	T[2,3]	T[2,4]	T[2,E]
3	T[3,0]	T[3,1]	T[3,2]	T[3,3]	T[3,4]	T[3,E]
4	T[4,0]	T[4,1]	T[4,2]	T[4,3]	T[4,4]	T[4,E]

図 10B

h \ s	0	1	2	3	4	その他
0	△	△	⊗	⊗	○	△
1	△	△	⊗	⊗	△	△
2	○	○	○	⊗	△	△
3	○	○	○	○	△	△
4	△	△	○	○	△	△

【図11】

T[0,3]		ビット数
入力値	符号	
0	0	1
1	10	2
2	110	3
3	1110	4
4	11110	5
5	111110	6
6	1111110	7
7	11111110	8

T[1,3]		ビット数
入力値	符号	
0	0	1
1	10	2
2	110	3
3	1110	4
4	11110	4
5	111110	6
6	1111110	7
7	1111111	7

T[2,3]		ビット数
入力値	符号	
0	01	2
1	1	1
2	001	3
3	0010	4
4	00110	5
5	001110	6
6	0011110	7
7	0011111	7

【図12】

[h,s]	符号
[0,2]	0
[0,3]	10
[1,2]	110
[1,3]	1110
[2,2]	11110
[2,3]	111110
[2,0]	1111111
[2,1]	11111100
[3,2]	111111010
⋮	⋮
[4,E]	111111...10

図12

【図13】

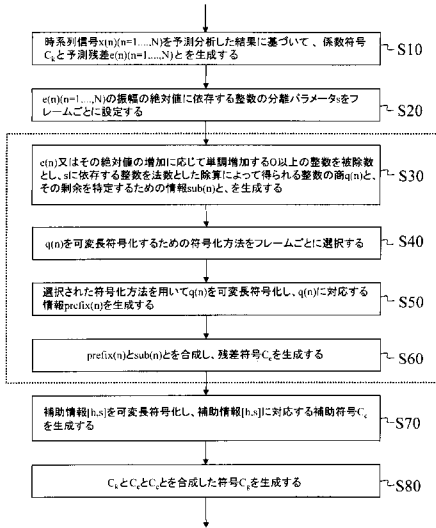


図13

【図14】

図14A

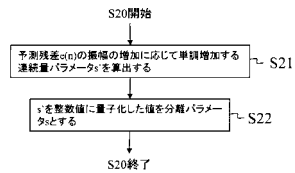
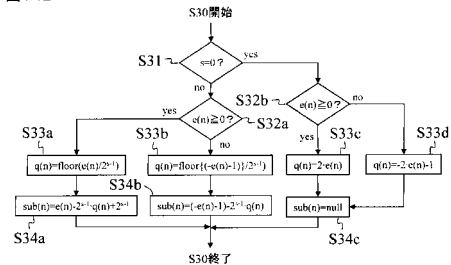


図14B



【図15】

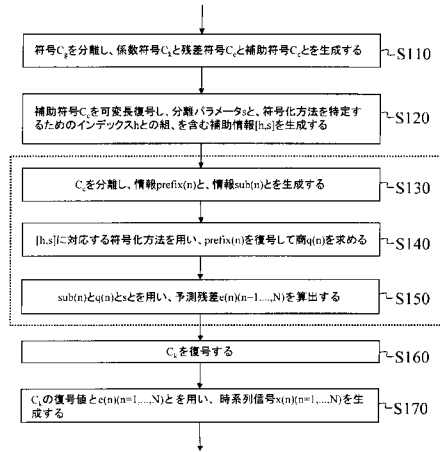


図15

【図16】

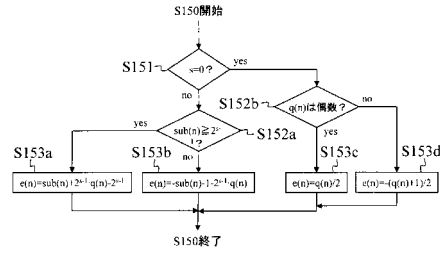


図16

【図17】

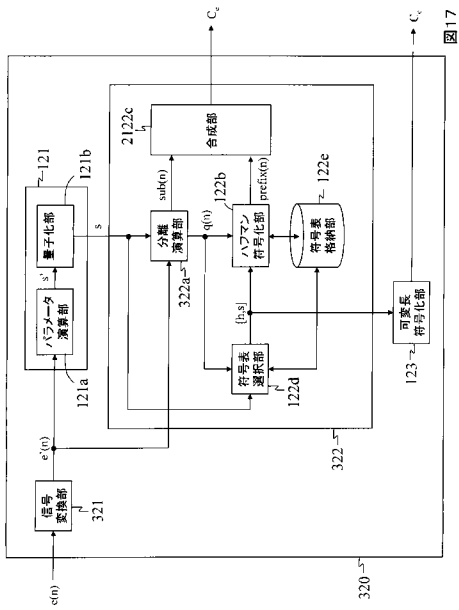


図17

【図18】

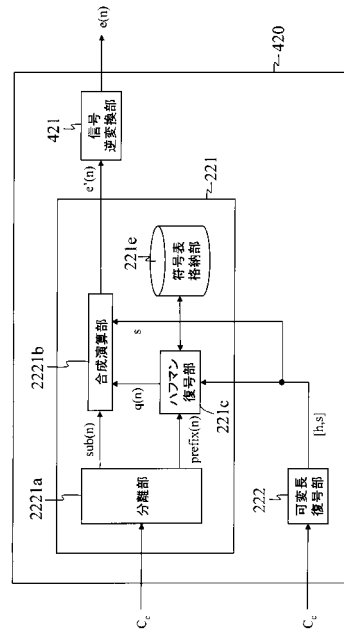


図18

【図19】

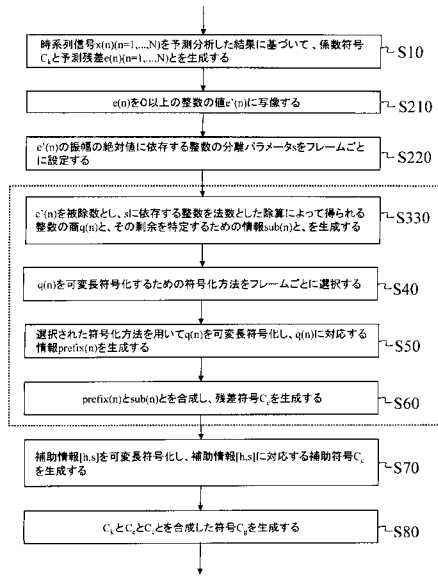


図19

【図20】

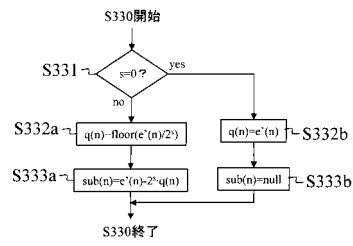


図20

【図21】

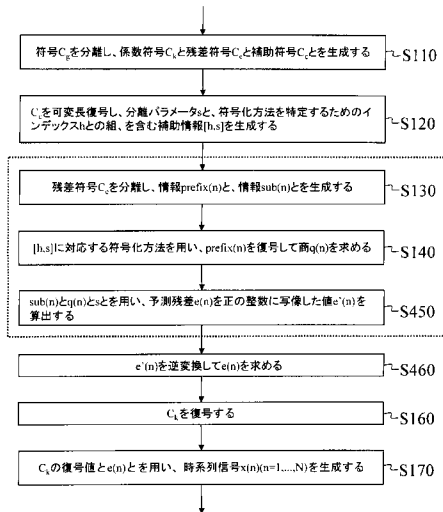


図21

【図22】

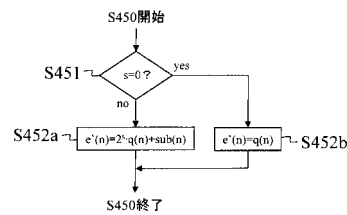


図22



【 図 2 3 】

図23A

h \ s	0	2	4	その他
0	T[0,0]	T[0,2]	T[0,4]	T[0,E]
1	x	T[1,2]	T[1,4]	T[1,E]
2	x	T[2,2]	x	x
3	x	T[3,2]	x	x
4	x	T[4,2]	x	x

図23B

h \ s	0	2	4	その他
0	△	◎	△	△
1	x	◎	△	△
2	x	○	x	x
3	x	○	x	x
4	x	○	x	x

【 図 2 4 】

図24A

h \ s	すべて
0	T[0,A]
1	T[1,A]
2	T[2,A]
3	T[3,A]
4	T[4,A]

図24B

h \ s	すべて
0	◎
1	◎
2	○
3	○
4	△

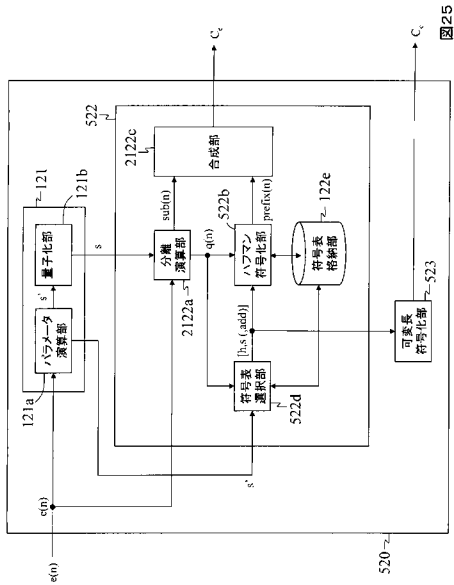
図24C

h \ s	0	1	2	3	4	その他
0	T[0,0]	T[0,1]	T[0,2]	T[0,3]	T[0,4]	T[0,E]

図24D

h \ s	0	1	2	3	4	その他
0	△	△	◎	◎	△	△

【 図 2 5 】



【 図 2 6 】

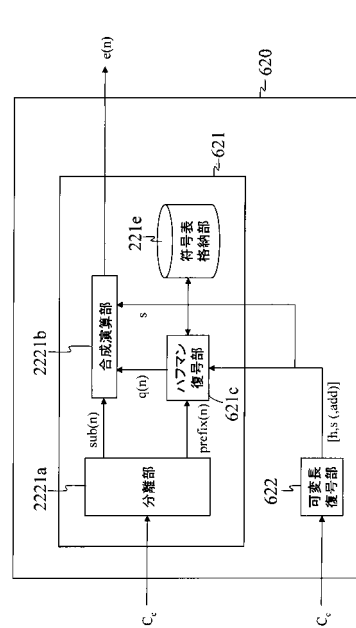


図26

【 図 27 】

h	s	0	1	2(下位)	2(上位)	3(下位)	3(上位)	4	その他
h	0	T[0,0]	T[0,1]	T[0,2,L]	T[0,2,U]	T[0,3,L]	T[0,3,U]	T[0,4]	T[0,E]
	1	x	T[1,1]	T[1,2,L]	T[1,2,U]	T[1,3,L]	T[1,3,U]	T[1,4]	T[1,E]
	2	x	T[2,1]	T[2,2,L]	T[2,2,U]	T[2,3,L]	T[2,3,U]	x	x
	3	x	T[3,1]	T[3,2,L]	T[3,2,U]	T[3,3,L]	T[3,3,U]	x	x
	4	x	x	T[4,2,L]	T[4,2,U]	T[4,3,L]	T[4,3,U]	x	x

h	s	0	1	2(下位)	2(上位)	3(下位)	3(上位)	4	その他
h	0	△	○	◎	◎	◎	◎	△	△
	1	x	○	◎	◎	◎	◎	△	△
	2	x	△	○	○	○	○	x	x
	3	x	△	△	△	△	△	x	x
	4	x	x	△	△	△	△	x	x

【 図 28 】

入力値	T[0,2,L]	
	符号	ビット数
0	0	1
1	10	2
2	110	3
3	1110	4
4	11110	5
5	111110	6
6	1111110	7
7	11111110	8

入力値	T[0,2,U]	
	符号	ビット数
0	0	1
1	10	2
2	110	3
3	1110	4
4	11110	4
5	111110	6
6	1111110	7
7	11111110	7

【 図 29 】

[h,s,add]	符号
[0,2,L]	0
[0,3,L]	10
[0,2,U]	110
[0,3,U]	1110
[1,2,L]	11110
[1,2,U]	111110
[1,3,L]	1111111
[1,3,U]	11111100
[2,2]	111111010
⋮	⋮
[4,1]	111111...10

図29

【 図 30 】

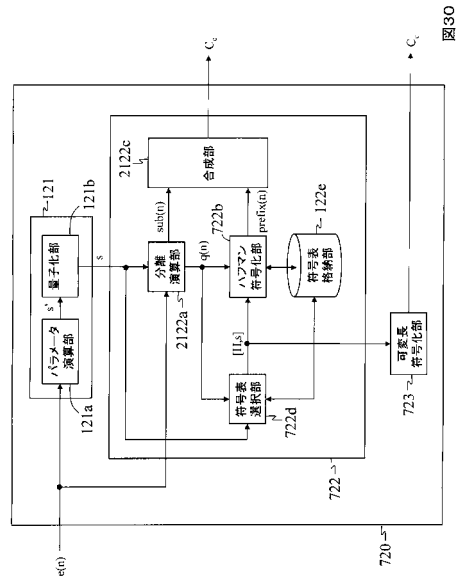


図30

【図31】

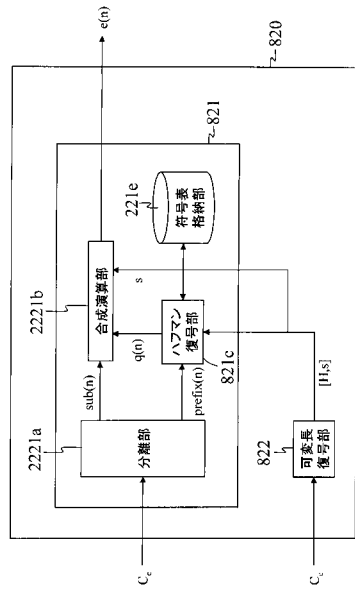


図31

【図32】

$H=h_1h_2$	$s$	0	2	4
00	○	◎	○	○
01	○	◎	○	○
02	△	○	△	○
03	△	○	△	○
10	○	◎	○	○
11	○	◎	○	○
12	△	○	○	○
13	△	○	△	○
20	×	○	△	○
21	×	○	△	○
22	×	△	△	○
23	×	△	△	○
30	×	○	△	○
31	×	△	×	○
32	×	△	×	○
33	×	△	×	○

図32

【図33】

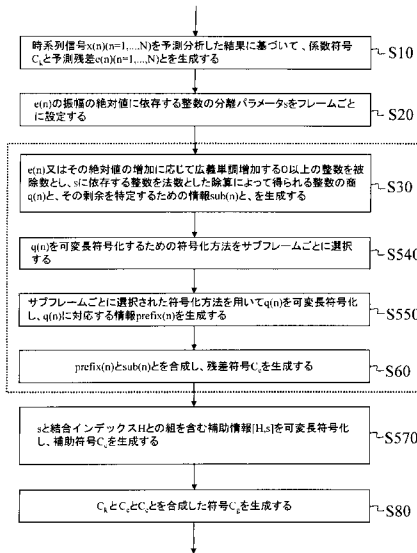


図33

【図34】

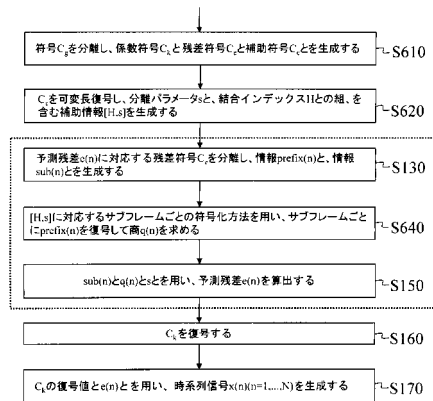


図34

【図35】

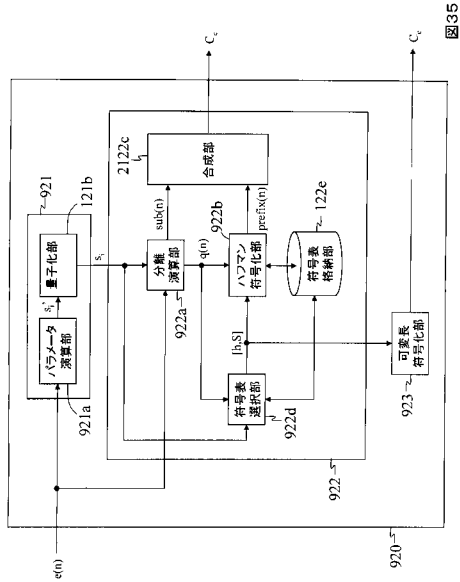


図35

【図36】

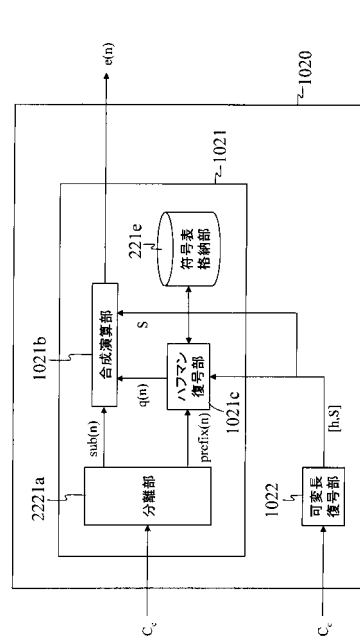


図36

【図37】

$S=s_1 s_2$	00	01	02	10	11	12	20	21	22
h	△	△	◎	△	△	◎	◎	◎	◎
0	x	△	◎	△	△	◎	◎	◎	◎
1	x	△	◎	x	△	◎	◎	◎	◎
2	x	△	◎	x	△	◎	◎	◎	◎
3	x	△	◎	x	△	◎	◎	◎	◎

図37

【図38】

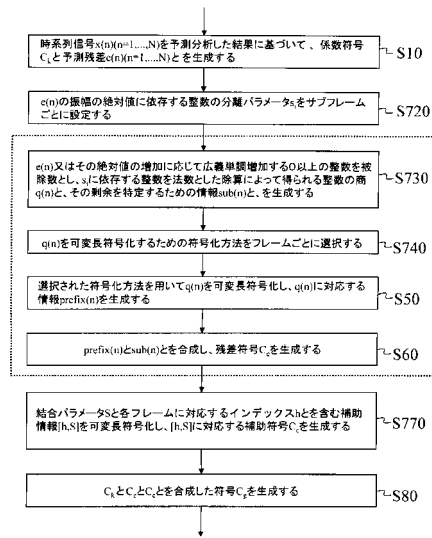


図38

【図39】

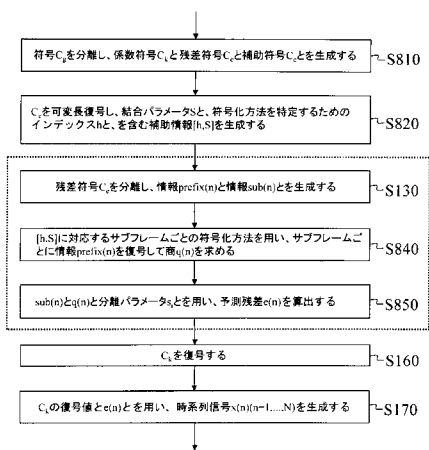


図39

【図40】

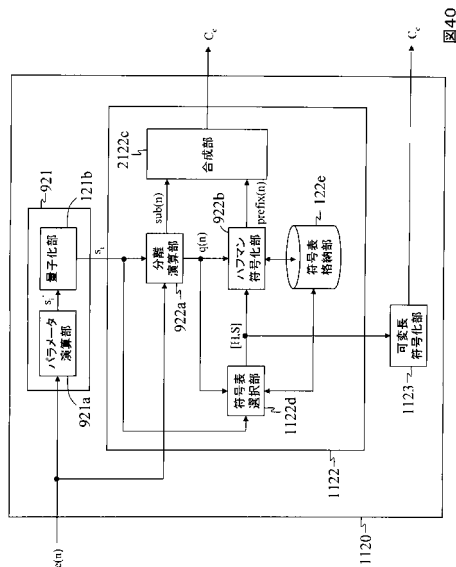


図40

【図41】

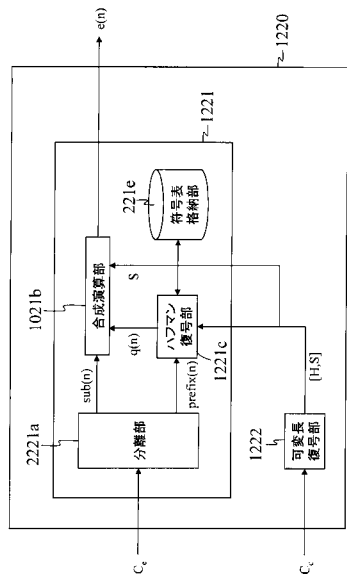


図41

【図42】

$S=h s$	00	01	02	10	11	12	20	21	22
$I=h h$	00	01	02	...	32	33			
	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	x	△	△	x	△	△	△	△	△
	x	△	△	x	△	△	△	△	△
	x	△	△	x	△	△	△	△	△
	x	△	△	x	△	△	△	△	△
	x	△	△	x	△	△	△	△	△

図42

【図43】

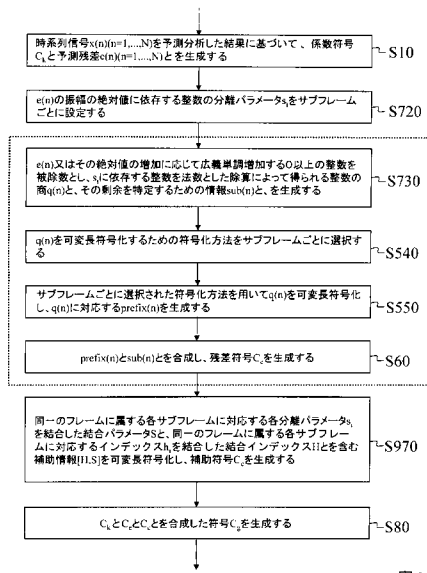


図43

【図44】

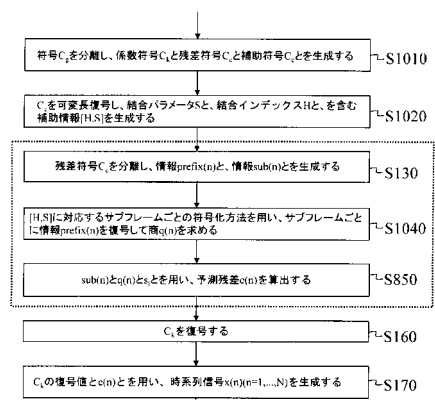


図44

## フロントページの続き

(72)発明者 原田 登

東京都千代田区大手町二丁目3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二丁目3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 特開2000-503510(JP,A)

特開2007-318691(JP,A)

特開2007-286200(JP,A)

特開2007-286146(JP,A)

特開2007-279393(JP,A)

特開2008-026460(JP,A)

Liebchen,t.,Reznik,Y.A.,MPEG-4 ALS:an Emerging Standard for LosslessAudio Coding,Data Compression Conference,2004.Proceedings.DCC 2004,2004年3月,pp.439-448

鎌本優,守谷健弘,原田登,Csaba Kos,ロスレス・オーディオ符号化MPEG-4 ALSの高性能化,NTT技術ジャーナル,2008年2月,Vol. 20、No. 2,pp.11-18

Liebchen,T.,AN INTORODUCTION TO MPEG-4 AUDIO LOSSLESS CODING,Acoustics,Speech,and Signal Processing,2004.Proceedings.(ICASSP'04).IEEEInternational Conference on,2004年5月,Vol.3,pp.III-1012-III-1015

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H03M3/00-11/00

G10L 19/08