

(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2010-44305

(P2010-44305A)

(43) 公開日 平成22年2月25日(2010.2.25)

|                                |                     |             |
|--------------------------------|---------------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                   | F I                 | テーマコード (参考) |
| <b>G 1 O L 19/02 (2006.01)</b> | G 1 O L 19/02 1 5 O | 5 J O 6 4   |
| <b>H O 3 M 7/30 (2006.01)</b>  | H O 3 M 7/30 A      |             |
| <b>G 1 O L 19/08 (2006.01)</b> | G 1 O L 19/08 Z     |             |

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 33 頁)

|           |                              |          |                     |
|-----------|------------------------------|----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2008-209611 (P2008-209611) | (71) 出願人 | 000004226           |
| (22) 出願日  | 平成20年8月18日 (2008.8.18)       |          | 日本電信電話株式会社          |
|           |                              |          | 東京都千代田区大手町二丁目3番1号   |
|           |                              | (74) 代理人 | 100121706           |
|           |                              |          | 弁理士 中尾 直樹           |
|           |                              | (74) 代理人 | 100066153           |
|           |                              |          | 弁理士 草野 卓            |
|           |                              | (74) 代理人 | 100128705           |
|           |                              |          | 弁理士 中村 幸雄           |
|           |                              | (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          |

最終頁に続く

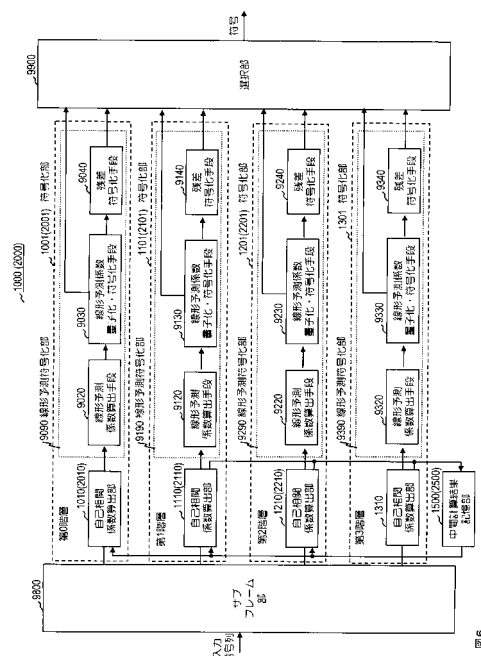
(54) 【発明の名称】 符号化装置、符号化方法、符号化プログラム、及び記録媒体

## (57) 【要約】

【課題】本発明の目的は、演算量を少なくしながら、高い圧縮率を得ることができる符号化技術を提供することである。

【解決手段】本発明の符号化装置は、サブフレーム部、自己相関係数算出部、線形予測符号化部、選択部、中間計算結果記憶部を備える。自己相関係数算出部は、窓関数処理手段と計算手段を有する。窓関数処理手段は、両端が1ではなく、かつ、両端以外に1である範囲が存在する窓関数を用いて、窓掛信号列を出力する。計算手段は、利用できる中間計算結果が存在する場合にはその中間計算結果を利用して、窓掛信号列から自己相関係数を計算する。計算手段は、複数種類のサブフレーム入力信号列に対する自己相関係数の算出は、サブフレームを構成するサンプル数が少ない方から行う。中間計算結果記憶部は、自己相関係数算出部での計算処理で求められた中間計算結果を記憶する。

【選択図】図6



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

フレーム単位の入力信号列（以下、「フレーム入力信号列」という）が入力され、前記フレーム入力信号列の一部または全部から構成されるサブフレーム単位の入力信号列（以下、「サブフレーム入力信号列」という）を、サブフレームを構成するサンプル数が異なる複数種類、出力するサブフレーム部と、

前記サブフレーム入力信号列ごとの自己相関係数を算出する自己相関係数算出部と、

前記自己相関係数を用いて前記サブフレーム入力信号列を符号化し、サブフレーム入力信号列ごとの符号（以下、「サブフレーム符号」という）を生成する線形予測符号化部と、

10

1つのフレーム入力信号列から生成された複数のサブフレーム符号の中から、1つ又は複数のサブフレーム符号を選択し、当該フレーム入力信号列に対する符号を生成する選択部と、

前記自己相関係数算出部での計算処理で求められた中間計算結果を記憶する中間計算結果記憶部と、

を備え、

前記自己相関係数算出部は、

両端が1ではなく、かつ、両端以外に1である範囲が存在する窓関数により、前記サブフレーム入力信号列に窓関数処理を施し、窓掛信号列を出力する窓関数処理手段と、

前記中間計算結果記憶部に利用できる中間計算結果が存在する場合には当該中間計算結果を利用して、前記窓掛信号列から自己相関係数を計算する計算手段と、

20

を有し、

複数種類のサブフレーム入力信号列に対する自己相関係数の算出は、サブフレームを構成するサンプル数が少ない方から行う符号化装置。

**【請求項 2】**

請求項 1 記載の符号化装置であって、

前記計算手段は、

前記中間計算結果記憶部に記憶されている前記中間計算結果を求めた際に用いた窓関数と、自己相関係数を計算する対象となっている窓掛信号列を求める際に用いた窓関数とを比較し、値が異なる部分に対しては、前記中間計算結果記憶部に記憶されている前記中間計算結果を利用しないで自己相関係数を計算する

30

ことを特徴とする符号化装置。

**【請求項 3】**

請求項 2 記載の符号化装置であって、

前記計算手段は、さらに、

計算する自己相関係数の次数が、前記中間計算結果記憶部に記憶されている前記中間計算結果を求めた際の次数よりも増加した場合には、増加した次数に対しては、前記中間計算結果記憶部に記憶されている前記中間計算結果を利用しないで自己相関係数を計算することも特徴とする符号化装置。

**【請求項 4】**

40

請求項 1 記載の符号化装置であって、

前記中間計算結果記憶部は、

前記窓掛信号列の窓関数の値が1の部分に対するFFT及び複素積和の結果を、前記中間計算結果として記憶し、

前記計算手段は、

自己相関係数を計算する対象となっている窓掛信号列の窓関数の値が1の部分に対しては、

前記中間計算結果が前記中間計算結果記憶部に記憶されている場合には、前記中間計算結果を利用する

ことを特徴とする符号化装置。

50

**【請求項 5】**

請求項 4 記載の符号化装置であって、  
前記計算手段は、さらに、  
計算する自己相関係数の次数が、前記中間計算結果記憶部に記憶されている前記中間計算結果を求めた際の次数よりも増加した場合には、  
増加した次数の自己相関係数の計算では、  
低い次数の F F T の結果を前記中間計算結果として利用すること  
も特徴とする符号化装置。

**【請求項 6】**

請求項 1 から 5 のいずれかに記載の符号化装置であって、  
後で利用する前記中間計算結果を選択し、前記中間計算結果記憶部に記憶する中間計算結果保存処理手段  
も備える符号化装置。

10

**【請求項 7】**

フレーム単位の入力信号列（以下、「フレーム入力信号列」という）が入力され、前記フレーム入力信号列の一部または全部から構成されるサブフレーム単位の入力信号列（以下、「サブフレーム入力信号列」という）を、サブフレームを構成するサンプル数が異なる複数種類、出力するサブフレームステップと、

前記サブフレーム入力信号列ごとの自己相関係数を算出する自己相関係数算出ステップと、

20

前記自己相関係数を用いて前記サブフレーム入力信号列を符号化し、サブフレーム入力信号列ごとの符号（以下、「サブフレーム符号」という）を生成する線形予測符号化ステップと、

1 つのフレーム入力信号列から生成された複数のサブフレーム符号の中から、1 つ又は複数のサブフレーム符号を選択し、当該フレーム入力信号列に対する符号を生成する選択ステップと、

前記自己相関係数算出ステップでの計算処理で求められた中間計算結果を中間計算結果記憶部に記憶する中間計算結果記憶ステップと、

を有し、

前記自己相関係数算出ステップは、

30

両端が 1 ではなく、かつ、両端以外に 1 である範囲が存在する窓関数により、前記サブフレーム入力信号列に窓関数処理を施し、窓掛信号列を出力する窓関数処理サブステップと、

前記中間計算結果記憶部に利用できる中間計算結果が存在する場合には当該中間計算結果を利用して、前記窓掛信号列から自己相関係数を計算する計算サブステップと、

を有し、

複数種類のサブフレーム入力信号列に対する自己相関係数の算出は、サブフレームを構成するサンプル数が少ない方から行う符号化方法。

**【請求項 8】**

請求項 7 記載の符号化方法であって、

40

前記計算サブステップは、

前記中間計算結果記憶部に記憶されている前記中間計算結果を求めた際に用いた窓関数と、自己相関係数を計算する対象となっている窓掛信号列を求める際に用いた窓関数とを比較し、値が異なる部分に対しては、前記中間計算結果記憶部に記憶されている前記中間計算結果を利用しないで自己相関係数を計算すること

を特徴とする符号化方法。

**【請求項 9】**

請求項 8 記載の符号化方法であって、

前記計算サブステップは、さらに、

計算する自己相関係数の次数が、前記中間計算結果記憶部に記憶されている前記中間計

50

算結果を求めた際の次数よりも増加した場合には、増加した次数に対しては、前記中間計算結果記憶部に記憶されている前記中間計算結果を利用しないで自己相関係数を計算することも特徴とする符号化方法。

【請求項 10】

請求項 7 記載の符号化方法であって、  
前記中間計算結果記憶ステップは、  
前記窓掛信号列の窓関数の値が 1 の部分に対する F F T 及び複素積和の結果を、中間計算結果記憶部に前記中間計算結果として記憶し、  
前記計算サブステップは、  
自己相関係数を計算する対象となっている窓掛信号列の窓関数の値が 1 の部分に対しては、

前記中間計算結果が前記中間計算結果記憶部に記憶されている場合には、前記中間計算結果を利用することを特徴とする符号化方法。

【請求項 11】

請求項 10 記載の符号化方法であって、  
前記計算サブステップは、さらに、  
計算する自己相関係数の次数が、前記中間計算結果記憶部に記憶されている前記中間計算結果を求めた際の次数よりも増加した場合には、  
増加した次数の自己相関係数の計算では、  
低い次数の F F T の結果を前記中間計算結果として利用することも特徴とする符号化方法。

【請求項 12】

請求項 7 から 11 のいずれかに記載の符号化方法であって、  
後で利用する前記中間計算結果を選択し、前記中間計算結果記憶部に記憶する中間計算結果保存処理サブステップも有する符号化方法。

【請求項 13】

請求項 1 から 6 のいずれかに記載の符号化装置としてコンピュータを動作させる符号化プログラム。

【請求項 14】

請求項 13 記載の符号化プログラムを記録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、時系列信号の圧縮符号化技術に関し、特にフレームを複数のサブフレーム（またはブロック）に階層的に分割して符号化を行う技術に関する。

【背景技術】

【0002】

フレーム単位の信号列の符号化において、分析する単位を適応的に選択することにより圧縮効率が改善できることが知られている。そのひとつとして、フレーム毎のサンプル数を固定し、各フレーム中を複数のサブフレーム（ブロック）に階層的に分割して符号化を行う方法が知られている（例えば、非特許文献 1、特許文献 1、特許文献 2）。以下ではまず、この各フレーム中を複数のサブフレームに階層的に分割して符号化を行う従来の方法について説明する。

【0003】

図 1 は、このような符号化処理を行う従来の符号化装置の構成を例示した図である。また、図 2 は、この符号化処理が行われるフレーム 100 の構成を例示した概念図である。図 3 は、自己相関係数算出部の構成を例示した図である。なお、それぞれ対応する離散時

10

20

30

40

50

間（サンプル間隔）を有する複数サンプル（通常数百～数千サンプル）からなる短時間区間を、フレームと呼ぶ。例えば、フレーム内のサンプル点数は、1024点から32768点程度である。また、以下ではフレーム内のサンプル点数をNと表現する。

#### 【0004】

符号化装置9000は、サブフレーム部9800、各階層用の符号化部9001、9101、9201、9301、選択部9900を備える。サブフレーム部9800は、フレーム単位の入力信号列（以下、「フレーム入力信号列」という）が入力され、フレーム入力信号列の一部または全部から構成されるサブフレーム単位の入力信号列（以下、「サブフレーム入力信号列」という）を、サブフレームを構成するサンプル数が異なる4種類、出力する。各階層用の符号化部9001（9101、9201、9301）は、自己相関係数算出部9010（9110、9210、9310）と、線形予測符号化部9090（9190、9290、9390）を備える。自己相関係数算出部9010（9110、9210、9310）は、図3に示すように、窓関数処理手段9050（9150、9250、9350）と自己相関計算手段9060（9160、9260、9360）を有する。窓関数処理手段9050（9150、9250、9350）は、サブフレーム入力信号列に対して窓関数を掛け、窓掛信号列を出力する。自己相関計算手段9060（9160、9260、9360）は、窓掛信号列を用いて自己相関係数を求める。線形予測符号化部9090（9190、9290、9390）は、線形予測係数算出手段9020（9120、9220、9320）、線形予測係数量子化・符号化手段9030（9130、9230、9330）、残差符号化手段9040（9140、9240、9340）を備え、自己相関係数を用いてサブフレーム入力信号列を符号化し、サブフレーム入力信号列ごとの符号（以下、「サブフレーム符号」という）を生成する。選択部9900は、1つのフレーム入力信号列から生成された複数のサブフレーム符号の中から、1つ又は複数のサブフレーム符号を選択し、当該フレーム入力信号列に対する符号を生成する。

#### 【0005】

図2の例では、1つのフレームを4つの階層（第0階層110～第3階層140）にサブフレーム分割する。この例の場合、第0階層110では、フレーム100がサブフレームB(0, 1)に一致する。また、第1階層120は、第0階層110のサブフレームB(0, 1)を2分割したサブフレームB(1, 1), B(1, 2)によって構成される。さらに、第2階層130は、第1階層120のサブフレームB(1, 1)を2分割したサブフレームB(2, 1), B(2, 2)と、サブフレームB(1, 2)を2分割したサブフレームB(2, 3), B(2, 4)とによって構成される。また、第3階層140は、第2階層130のサブフレームB(2, 1)を2分割したサブフレームB(3, 1), B(3, 2)と、サブフレームB(2, 2)を2分割したサブフレームB(3, 3), B(3, 4)と、サブフレームB(2, 3)を2分割したサブフレームB(3, 5), B(3, 6)と、サブフレームB(2, 4)を2分割したサブフレームB(3, 7), B(3, 8)とによって構成される。なお、図2における0,  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$ ,  $N_4$ , ...,  $N_7$ は、フレーム100内のサブフレームB(3, 0), ..., B(3, 7)の最初のサンプルの番号を示す。例えば、サブフレームB(2, 2)は、 $N_2$ から $N_4 - 1$ のサンプルによって構成されるサブフレーム、サブフレームB(1, 2)は、 $N_4$ から $N - 1$ のサンプルによって構成されるサブフレームである。また、図1の構成と図2のサブフレームへの分割方法は一例であり、階層数やサブフレーム分割数等はこれに限定されない。なお、サブフレームがフレームと一致するような場合（上記の例では第0階層の場合）を「1分割」と呼ぶ。また、分割数がより少ない階層を上位の階層と呼び、分割数がより多い階層を下位の階層と呼ぶ。そして、分割数が最も少ない階層が最上位の階層であり、図2の例では第0階層110である。分割数が最も多い階層が最下位の階層であり、図2の例では第3階層140である。最上位の階層と最下位の階層ではない階層が中間の階層であり、図2の例では第1階層120と第2階層130である。

#### 【0006】

この従来法では、各階層のサブフレーム毎に、自己相関係数算出、線形予測係数算出、

線形予測係数量子化・符号化、残差信号算出及びその符号化（エントロピー符号化等）を独立に実行し、サブフレーム毎の予測係数符号と残差符号を算出する。そして、下位の階層の複数のサブフレームに対応する符号量の合計値と、当該下位の階層の複数のサブフレームから構成される上位の階層のサブフレームに対応する符号量とを比較し、フレーム 100 内で符号量の合計が最小となるサブフレームの組合せを選択する。

【0007】

図 2 の例で具体的に説明すると、まず、サブフレーム B ( 0 , 1 ) , B ( 1 , 1 ) , B ( 1 , 2 ) , B ( 2 , 1 ) ~ B ( 2 , 4 ) , B ( 3 , 1 ) ~ B ( 3 , 8 ) 毎に、予測分析、予測係数符号化、予測フィルタによる予測残差信号算出及びその符号化を独立に実行して、サブフレーム毎の符号を算出し、それらの符号量を計算する。

10

【0008】

次に、第 3 階層 140 のサブフレーム B ( 3 , 1 ) , B ( 3 , 2 ) の符号の符号量の合計値と、それらの上位の階層である第 2 階層 130 のサブフレーム B ( 2 , 1 ) の符号の符号量とを比較し、符号量が小さい方を選択する。この図の例では、サブフレーム B ( 3 , 1 ) , B ( 3 , 2 ) の符号の符号量の合計値の方がサブフレーム B ( 2 , 1 ) の符号の符号量よりも大きいので、第 2 階層 130 のサブフレーム B ( 2 , 1 ) が選択されている。なお、この図では、選択されたサブフレームを網掛けで示している。同様に、第 3 階層 140 のサブフレーム B ( 3 , 3 ) , B ( 3 , 4 ) の符号の符号量の合計値と、それらの上位の階層である第 2 階層 130 のサブフレーム B ( 2 , 2 ) の符号の符号量とを比較し、符号量が小さい方を選択する。この図の例では、第 3 階層 140 のサブフレーム B ( 3 , 3 ) , B ( 3 , 4 ) が選択されている。さらに、第 2 , 3 階層のその他のサブフレーム B ( 2 , 3 ) , B ( 2 , 4 ) , B ( 3 , 5 ) ~ B ( 3 , 8 ) についても同様な処理を行い、サブフレーム選択を行う。

20

【0009】

次に、選択された第 2 階層 130 のサブフレーム B ( 2 , 1 ) 及び第 3 階層 140 の B ( 3 , 3 ) , B ( 3 , 4 ) の符号の符号量の合計と、それらの上位の階層である第 1 階層 120 のサブフレーム B ( 1 , 1 ) の符号の符号量とを比較し、符号量が小さい方を選択する。この図の例では、サブフレーム B ( 2 , 1 ) , B ( 3 , 3 ) , B ( 3 , 4 ) が選択されている。また、サブフレーム B ( 1 , 2 ) とその下位サブフレーム（サブフレーム B ( 2 , 3 ) , B ( 2 , 4 ) , B ( 3 , 5 ) ~ B ( 3 , 8 ) のうち選択されているサブフレーム）についても同様なサブフレーム選択が行われる。この図の例では、第 1 階層 120 のサブフレーム B ( 1 , 2 ) が選択されている。次に、これまで選択されたサブフレーム B ( 2 , 1 ) , B ( 3 , 3 ) , B ( 3 , 4 ) , B ( 1 , 2 ) の符号の符号量の合計と、それらの上位の階層である第 0 階層 110 のサブフレーム B ( 0 , 1 ) の符号の符号量とを比較し、符号量が小さい方を選択する。この図の例では、サブフレーム B ( 2 , 1 ) , B ( 3 , 3 ) , B ( 3 , 4 ) , B ( 1 , 2 ) が選択されている。そして、このように選択されたサブフレーム B ( 2 , 1 ) , B ( 3 , 3 ) , B ( 3 , 4 ) , B ( 1 , 2 ) に対応する予測係数符号と、残差符号と、サブフレーム B ( 2 , 1 ) , B ( 3 , 3 ) , B ( 3 , 4 ) , B ( 1 , 2 ) を示す選択情報とが、フレーム 100 の符号列として出力される。

30

サブフレーム内のサンプル数を  $N_i$  とするとき、 $p$  次の正規化自己相関係数は、以下の計算で求められる。

40

【0010】

【数 1】

$$c_{xx}(m) = \frac{1}{N_i} \sum_{n=0}^{N_i-|m|-1} x(n)x(n-m)$$

【0011】

ただし、 $0 \leq m \leq p-1$ 、 $c_{xx}(m)$  は  $m$  番目の正規化自己相関係数、 $x(n)$  は計算対象のサブフレームの窓掛信号列の  $n$  番目のサンプルの値である。窓関数としては、一般的には、ハミング窓、ハニング窓、ブラックマン窓などがある。なお、上述の  $m$  番目の正

50

規化自己相関係数の計算方法から分かるように、 $c_{xx}(m) = c_{xx}(-m)$  が成り立つ。そして、FFT（またはDFT）を用いることで、 $p$  が大きな値（高次）の場合に  $c_{xx}(m)$  の計算に必要な演算量を抑えることができることが知られている。具体的には、非特許文献2のRader法、非特許文献3のRader法に類似の方法などがある。

【0012】

図4に、FFT（高速フーリエ変換）を用いて自己相関係数を計算する場合の自己相関計算手段9060（9160、9260、9360）の構成例を示す。この場合、自己相関計算手段9060（9160、9260、9360）は、FFT分割処理手段9061（9161、9261、9361）、FFT計算手段9062（9162、9262、9362）、複素積和計算手段9063（9163、9263、9363）、逆FFT計算手段9064（9164、9264、9364）を備える。図5は、図4の自己相関計算手段9060（9160、9260、9360）の処理を説明するための概念図である。

10

【0013】

自己相関係数を求めたいサブフレーム（またはフレーム）のサンプル数を  $N$ 、求める自己相関係数の次数を  $p$  とする。FFT分割処理手段9061（9161、9261、9361）は、サブフレーム（またはフレーム）の信号列を  $p$  サンプルごとの  $K$ （ $K = N \div p$ ）個の小区間に分割する。図5中の  $x_k(n)$  は、 $k$  番目の小区間の信号列に  $p$  個の値が0の信号を付加した信号列である。ただし、 $1 \leq k \leq K$ 、 $0 \leq n \leq M-1$ 、 $M = 2 \times p$  である。FFT計算手段9062（9162、9262、9362）は、次式のように  $x_k(n)$  をFFTして  $X_k(j)$  を求める。

20

【0014】

【数2】

$$X_k(j) = \sum_{n=0}^{M-1} x_k(n) W_M^{jn}$$

ただし、 $W_M = e^{-2\pi i / M}$

$$i^2 = -1$$

【0015】

複素積和計算手段9063（9163、9263、9363）は、 $A_0(j) = 0$  とおき、 $j = 0, \dots, M-1$  および  $k = 1, \dots, K$  に対して、

30

【0016】

【数3】

$$A_k(j) = A_{k-1}(j) + X_k(j) [X_k^*(j) + (-1)^j \cdot X_{k+1}^*(j)]$$

【0017】

を計算する。ただし、 $X_k^*(j)$  は  $X_k(j)$  の共役複素数とする。そして、この演算によって求められた値から、 $V(j) = A_K(j)$  を得る。逆FFT計算手段9064（9164、9264、9364）は、 $V(j)$  を次式のように逆FFTし、自己相関係数  $c_{xx}(m)$  を求める。

【0018】

40

【数4】

$$c_{xx}(m) = \frac{1}{M} \sum_{j=0}^{M-1} V(j) W^{-jm}$$

ただし、 $W = e^{-2\pi i}$

【0019】

なお、特許文献1の方法は、符号量を推定し、推定した符号量が最小となるように分割パターン（サブフレーム）を選択する方法である。また、特許文献2の方法は、特許文献1の方法の演算量を削減する方法である。特許文献2の方法では、自己相関係数が計算済みのサブフレーム（ブロック）の和で構成されるサブフレームについては、窓形状（窓関

50

数の値)が異なることは無視して、計算済みの自己相関係数の和を、そのサブフレームの自己相関係数として代用している。

【非特許文献1】I S O / I E C 1 4 4 9 6 - 3 : 2 0 0 5 / A M D 2 ( 通称 M P E G - 4 A L S )

【非特許文献2】Oppenheim, Schafer 著, 伊達玄訳, デジタル信号処理(下), pp.230-231

【非特許文献3】Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Bran P. Flannery, NUMERICAL RECIPES in C++ Second Edition, William H. Press, pp.550-552, “13.2 Correlation and Autocorrelation Using the FFT”.

【特許文献1】特開2007-286146号公報

10

【特許文献2】特開2007-286200号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0020】

図1に示した符号化方法では、複数の階層のサブフレームの全サブフレームに対する分析をそれぞれ独立に行い、各サブフレームの符号量を比較した。しかし、この方法では、分析に必要な演算量が非常に大きくなってしまふ。また、特許文献1の方法では、近似によって演算量を大幅に削減できるが、この方法で得られる分析結果は精度が十分でないため最適なサブフレームの組み合わせが選択できず、高い圧縮率が得られない場合がある。さらに、特許文献2の方法は、演算量を大幅に削減できる。しかし、サブユニット長が異なると窓形状も異なるため、近似的にした自己相関係数を求めることができない。したがって、この方法も計算精度が十分でないため、最適なサブフレームの組み合わせが選択できず、高い圧縮率が得られない場合がある。

20

【0021】

本発明の目的は、このような問題を鑑み、演算量を少なくしながら、最適なサブフレームの組み合わせを選択し、高い圧縮率を得ることができる符号化技術を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0022】

本発明の符号化装置は、サブフレーム部、自己相関係数算出部、線形予測符号化部、選択部、中間計算結果記憶部を備える。サブフレーム部は、フレーム単位の入力信号列(以下、「フレーム入力信号列」という)が入力され、フレーム入力信号列の一部または全部から構成されるサブフレーム単位の入力信号列(以下、「サブフレーム入力信号列」という)を、サブフレームを構成するサンプル数(サブフレーム入力信号列を構成する信号の数)が異なる複数種類、出力する。例えば、上述したように第0階層から第3階層の4種類のサブフレーム入力信号列を出力する。ただし、4種類に限定する必要はないし、図2とはことなる種類でもよい。

30

【0023】

自己相関係数算出部は、窓関数処理手段と計算手段を有し、サブフレーム入力信号列ごとの自己相関係数を算出する。窓関数処理手段は、両端が1ではなく、かつ、両端以外に1である範囲が存在する窓関数により、サブフレーム入力信号列に窓関数処理を施し、窓掛信号列を出力する。計算手段は、中間計算結果記憶部に利用できる中間計算結果が存在する場合には当該中間計算結果を利用して、窓掛信号列から自己相関係数を計算する。計算手段は、複数種類のサブフレーム入力信号列に対する自己相関係数の算出は、サブフレームを構成するサンプル数が少ない方から行う。

40

【0024】

線形予測符号化部は、自己相関係数を用いてサブフレーム入力信号列を符号化し、サブフレーム入力信号列ごとの符号(以下、「サブフレーム符号」という)を生成する。選択部は、1つのフレーム入力信号列から生成された複数のサブフレーム符号の中から、1つ又は複数のサブフレーム符号を選択し、当該フレーム入力信号列に対する符号を生成する

50

。中間計算結果記憶部は、自己相関係数算出部での計算処理で求められた中間計算結果を記憶する。例えば、計算手段に、後で行う計算で利用できる可能性のある中間計算結果を、選択して中間計算結果記録部に記録する機能を備えさせればよい。

【0025】

なお、直接法によって自己相関係数を求める場合には、計算手段は、中間計算結果記憶部に記憶されている中間計算結果を求めた際に用いた窓関数と、自己相関係数を計算する対象となっている窓掛信号列を求める際に用いた窓関数とを比較し、窓関数の値が異なる部分に対しては、中間計算結果記憶部に記憶されている中間計算結果を利用しないで自己相関係数を計算すればよい。また、窓関数の値が同じ部分に対しては、中間計算結果記憶部に記憶されている中間計算結果を利用すればよい。

10

【0026】

また、FFT法によって自己相関係数を求める場合には、符号化装置は、窓掛信号列の窓関数の値が1の部分に対するFFT及び複素積和の結果を、中間計算結果として記憶しておく。そして、計算手段は、自己相関係数を計算する対象となっている窓掛信号列の窓関数の値が1の部分に対しては、中間計算結果が中間計算結果記憶部に記憶されている場合には、その中間計算結果を利用する。

【発明の効果】

【0027】

本発明の符号化装置によれば、両端以外に1である範囲が存在する窓関数によって窓掛信号列を生成する。また、複数種類のサブフレーム入力信号列に対する自己相関係数の算出は、サブフレームを構成するサンプル数が少ない方から行う。このことによって、先に計算した中間計算結果（自己相関係数を求めるために行った途中の計算結果）の中に、後の計算によって求められる中間計算結果と一致する場合がある。そこで、本発明の符号化装置では、中間計算結果が一致する場合には計算を行わず、中間計算結果記憶部に記憶しておいた中間計算結果を利用する。

20

【0028】

このように、本発明の符号化装置は、窓関数の工夫によって再利用可能な中間計算結果の割合を多くしているので、演算量を少なくでき、かつ、入力信号列の分析の精度を高くできる。つまり、演算量が少なく高い圧縮率の符号化装置を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0029】

以下に、本発明の実施例を示す。なお、同じ機能を有する構成部には同じ番号を付し、重複説明を省略する。

【実施例1】

【0030】

実施例1では、直接法により自己相関係数を求める場合について説明する。図6に実施例1の符号化装置の構成例を、図7に自己相関係数算出部と中間計算結果記憶部の詳細な構成例を示す。また、図8に実施例1の符号化装置の処理フローの例を、図9に自己相関係数算出部の処理フローの例を示す。実施例1の符号化装置1000は、サブフレーム部9800、自己相関係数算出部1010、1110、1210、1310、線形予測符号化部9090、9190、9290、9390、選択部9900、中間計算結果記憶部1500を備える。なお、符号化装置1000は、自己相関係数算出部1010（1110、1210、1310）と線形予測符号化部9090（9190、9290、9390）とを1つずつ組み合わせた4つの符号化部1001、1101、1201、1301を備えている。

40

【0031】

サブフレーム部9800は、フレーム単位の入力信号列（以下、「フレーム入力信号列」という）が入力され、フレーム入力信号列の一部または全部から構成されるサブフレーム単位の入力信号列（以下、「サブフレーム入力信号列」という）を、サブフレームを構成するサンプル数が異なる複数種類、出力する（S9800）。例えば、上述したように

50

第0階層から第3階層の4種類のサブフレーム入力信号列を出力する。ただし、4種類に限定する必要はないし、図2とはことなる種類でもよい。図2では、1つ上位の階層のサブフレームを2分割して下位の階層のサブフレームとした。例えば、1つ上位の階層のサブフレームを3分割して下位の階層のサブフレームとし、階層を3つとしてもよい。つまり、どんなサブフレーム入力信号列を何種類生成するかは、フレーム入力信号列の特徴（サンプル数など）を考慮して適宜設計すればよい。なお、サブフレーム部9800は、図1に示した従来のサブフレーム部と同じである。また、本明細書内で、「分割」の意味には、「1分割」つまり分割しないことも含まれる。例えば、「フレームを1分割してサブフレームとする。」とは、「サブフレーム＝フレーム」となるようなサブフレームを生成することである。また、「フレームを分割してサブフレームを生成する。」には、フレームを1分割する場合（図2の第0階層）も含まれている。

10

#### 【0032】

自己相関係数算出部1010、1110、1210、1310は、窓関数処理手段1050、1150、1250、1350と計算手段1060、1160、1260、1360を有し、サブフレーム入力信号列ごとの自己相関係数を算出する（S1010、S1110、S1210、S1310）。窓関数処理手段1050、1150、1250、1350は、両端が1ではなく、かつ、両端以外に1である範囲が存在する窓関数により、サブフレーム入力信号列に窓関数処理を施し、窓掛信号列を出力する（S1050、S1150、S1250、S1350）。計算手段1060、1160、1260、1360は、自己相関係数計算手段1061、1161、1261、1361、加算正規化手段1062、1162、1262、1362を備える。そして、計算手段1060、1160、1260は、さらに中間計算結果取得処理手段1063、1163、1263を備え、計算手段1160、1260、1360は、さらに中間計算結果保存処理手段1164、1264、1364を備える。計算手段1060、1160、1260、1360は、中間計算結果記憶部1500に利用できる中間計算結果が存在する場合には当該中間計算結果を利用して、窓掛信号列から自己相関係数を計算する（S1060、S1160、S1260、S1360）。なお、計算手段1060、1160、1260、1360は、利用できる中間計算結果を多くするため、複数種類のサブフレーム入力信号列に対する自己相関係数の算出は、サブフレームを構成するサンプル数が少ない方から行う。つまり、図8に示すように、下位の階層から順番に処理を行っていく。

20

30

#### 【0033】

計算手段1060、1160、1260、1360の処理について、以下に詳細に説明する（図7、図9参照）。計算手段1060、1160、1260の中間計算結果取得処理手段1063、1163、1263は、中間計算結果記憶部1500に利用できる中間計算結果が存在するかを確認し、利用できる範囲の中間計算結果を取得する（S1063、S1163、S1263）。なお、最下位の階層（図6の場合は第3階層）の計算手段1360は、最初に処理を行うので、利用できる中間計算結果が存在しない。したがって、計算手段1360は、中間計算結果取得処理手段を有さなくてもよい。自己相関係数計算手段1061、1161、1261、1361は、利用できる中間計算結果がない範囲の信号列の自己相関係数を計算する（S1061、S1161、S1261、S1361）。加算正規化手段1062、1162、1262、1362は、自己相関係数計算手段1061、1161、1261、1361が計算した自己相関係数と、中間計算結果記憶部1500から読み出した自己相関係数とを用いてサブフレーム入力信号列の自己相関係数を求める（S1062、S1162、S1262、S1362）。計算手段1160、1260、1360の中間計算結果保存処理手段1164、1264、1364は、中間計算結果が求められた時には当該中間計算結果を中間計算結果記憶部1500に記憶させる（S1164、S1264、S1364）。なお、最上位の階層（図6の場合は第0階層）の計算手段1060は、最後に処理を行うので、後の計算で利用できる中間計算結果が存在しない。したがって、計算手段1060は、中間計算結果保存処理手段を有さなくてもよい。

40

50

## 【 0 0 3 4 】

線形予測符号化部 9 0 9 0、9 1 9 0、9 2 9 0、9 3 9 0 は、自己相関係数を用いてサブフレーム入力信号列を符号化し、サブフレーム入力信号列ごとの符号（以下、「サブフレーム符号」という）を生成する（S 9 0 9 0、S 9 1 9 0、S 9 2 9 0、S 9 3 9 0）。なお、線形予測符号化部 9 0 9 0、9 1 9 0、9 2 9 0、9 3 9 0 の構成は、図 1 に示した従来の線形予測符号化部と同じである。選択部 9 9 0 0 は、1 つのフレーム入力信号列から生成された複数のサブフレーム符号の中から、1 つ又は複数のサブフレーム符号を選択し、当該フレーム入力信号列に対する符号を生成する（S 9 9 0 0）。なお、選択部 9 9 0 0 は、図 1 に示した従来の選択部と同じである。中間計算結果記憶部 1 5 0 0 は、自己相関係数算出部での計算処理で求められた中間計算結果を記憶する。中間計算結果記憶部 1 5 0 0 は、すべての中間計算結果を記憶してもよいし、後の計算で利用できる中間計算結果を選択して記憶してもよい。選択して記憶する場合には、中間計算結果保存処理手段 1 1 6 4、1 2 6 4、1 3 6 4 が、サブフレームへの分割の方法や窓関数などを考慮し、後で行う計算で利用できる可能性のある中間計算結果を選択して中間計算結果記憶部に記憶させればよい。

## 【 0 0 3 5 】

次に、本発明の特徴を具体的な窓関数の例を示しながら説明する。図 1 0 に、本発明で使用する窓関数の例を示す。図 1 1 に、図 1 0 の窓関数を用いた場合に自己相関係数を計算しなければ成らない範囲と再利用できる自己相関係数の範囲を示す。図 1 2 は、加算正規化手段の処理を説明するための図である。ステップ S 1 0 5 0、S 1 1 5 0、S 1 2 5 0、S 1 3 5 0 で、窓関数処理手段 1 0 5 0、1 1 5 0、1 2 5 0、1 3 5 0 が行う窓関数処理では、両端が 1 ではなく、かつ、両端以外に 1 である範囲が存在する窓関数を用いる。図 1 0 に示された窓関数は、その例である。W をサブフレームのサンプル数、n（ただし、0 ≤ n ≤ W - 1）をサンプルの位置を示す整数とすると、この窓関数 w（n）は、次式で表される。

## 【 0 0 3 6 】

## 【 数 5 】

$$w(n) = \begin{cases} 0.5 - 0.5 \times \cos\left(2.0 \times \pi \times \frac{5n}{W-1}\right), & 0 \leq n \leq \frac{W}{10} \\ 1.0, & \frac{W}{10} < n < \frac{9W}{10} \\ 0.5 - 0.5 \times \cos\left(2.0 \times \pi \times \frac{5(W-1-n)}{W-1}\right), & \frac{W}{10} \leq n \leq \frac{9W}{10} \end{cases}$$

## 【 0 0 3 7 】

窓関数 w（n）は、両端が 1 ではなく、かつ、両端以外に 1 である範囲が存在していることが分かる。なお、窓関数 w（n）は、1 つの例である。この窓関数でなくても、両端が 1 ではなく、かつ、両端以外に 1 である範囲が存在する窓関数であれば、本発明の効果が得られることに注意されたい。

## 【 0 0 3 8 】

そして、サブフレーム入力信号列を x（n）とすると、窓関数処理手段 1 0 5 0、1 1 5 0、1 2 5 0、1 3 5 0 から出力される窓掛信号列は、w（n）・x（n）となる。なお、サブフレームのサンプル数 W は、フレームをどのように分割するかで変わり、階層ごとに異なる。例えば、図 2 に示した第 0 階層は N がサンプル数 W、第 1 階層は N<sub>4</sub>（つまり N / 2）がサンプル数 W、第 2 階層は N<sub>2</sub>（つまり N / 4）がサンプル数 W、第 3 階層は N<sub>1</sub>（つまり N / 8）がサンプル数 W に相当する。

## 【 0 0 3 9 】

次に図 1 1 を参照しながら計算手段 1 0 6 0、1 1 6 0、1 2 6 0、1 3 6 0 の処理について説明する。図 1 1 の各階層は図 2 と同じように分割された場合を示している。計算

手段 1 0 6 0、1 1 6 0、1 2 6 0、1 3 6 0 が自己相関係数を計算しなければならないのは、窓関数  $w(n)$  の値が 1 で無い範囲と、窓関数  $w(n)$  の値は 1 であるが利用できる中間計算結果が記憶されていない範囲である。一方、計算手段 1 0 6 0、1 1 6 0、1 2 6 0、1 3 6 0 が自己相関係数を再利用できるのは、窓関数  $w(n)$  の値は 1 であり、中間計算結果が記憶されている範囲である。第 3 階層のサブフレーム入力信号列は、すべての範囲について、自己相関係数を計算しなければならない。しかし、図 1 1 から、第 2 階層、第 1 階層、および第 0 階層では、多くの範囲で自己相関係数を再利用できることが分かる。

#### 【 0 0 4 0 】

図 1 2 は、図 1 1 の中の一部を切り出した図である。自己相関係数計算手段 1 3 6 1 は、第 3 階層のすべての範囲 3 0 1 ~ 3 1 0 について自己相関係数を計算する。その中の範囲 3 0 3、範囲 3 0 4、範囲 3 0 5、範囲 3 0 8、範囲 3 0 9、範囲 3 0 3 と範囲 3 0 4 との境界部分、範囲 3 0 4 と範囲 3 0 5 との境界部分、および 3 範囲 0 8 と範囲 3 0 9 との境界部分に対する中間計算結果は、後の計算で利用できるので中間計算結果記憶部 1 5 0 0 に記憶される。これらの中間計算結果の中で計算手段 1 2 6 0 での処理に使用される範囲 3 0 3、範囲 3 0 4、範囲 3 0 5、範囲 3 0 8、範囲 3 0 3 と範囲 3 0 4 との境界部分、および範囲 3 0 4 と範囲 3 0 5 との境界部分の中間計算結果は、以下のように求めることができる。

#### 【 0 0 4 1 】

##### 【 数 6 】

$$\sum_{n=n_0}^{n_1-|m|-1} x(n) \cdot x(n+m), \quad \text{範囲303}$$

$$\sum_{n=n_1}^{n_2-|m|-1} x(n) \cdot x(n+m), \quad \text{範囲304}$$

$$\sum_{n=n_2}^{n_3-|m|-1} x(n) \cdot x(n+m), \quad \text{範囲305}$$

$$\sum_{n=n_4}^{n_5-|m|-1} x(n) \cdot x(n+m), \quad \text{範囲308}$$

$$\sum_{n=n_1-|m|}^{n_1-1} x(n) \cdot x(n+m), \quad \text{範囲303と304との境界部分}$$

$$\sum_{n=n_2-|m|}^{n_2-1} x(n) \cdot x(n+m), \quad \text{範囲304と305との境界部分}$$

#### 【 0 0 4 2 】

ただし、 $n_0$  は範囲 3 0 3 の最初のサンプルの位置、 $n_1$  は範囲 3 0 4 の最初のサンプルの位置、 $n_2$  は範囲 3 0 5 の最初のサンプルの位置、 $n_4$  は範囲 3 0 8 の最初のサンプルの位置、 $n_5$  は範囲 3 0 9 の最初のサンプルの位置を示す。なお、窓関数  $w(n)$  の値が 1 の範囲では、上記のように自己相関係数の計算式に  $w(n)$  が表れない。つまり、この範囲の計算では、窓掛信号列ではなく、サブフレーム入力信号列を用いてもよい。言い換えると、窓関数  $w(n)$  の値が 1 の範囲では、窓掛信号列とはサブフレーム入力信号列のことである。

#### 【 0 0 4 3 】

次に、計算手段 1 2 6 0 での処理について説明する。中間計算結果取得処理手段 1 2 6 3 は、中間計算結果記憶部 1 5 0 0 に記憶されている中間計算結果の中から利用できる中

10

20

30

40

50

間計算結果を取り出す。取り出される中間計算結果は、上述の範囲303、範囲304、範囲305、範囲308、範囲303と範囲304との境界部分、および範囲304と範囲305との境界部分の中間計算結果である。範囲303は範囲202に、範囲304は範囲203に、範囲305は範囲204に、範囲308は範囲206に、範囲303と範囲304との境界部分は範囲202と範囲203との境界部分に、範囲304と範囲305との境界部分は範囲203と範囲204との境界部分に相当する。これらの範囲は中間計算結果が利用される。足りない範囲については、自己相関係数計算手段1261が、自己相関係数を計算する。具体的には、範囲201、範囲205、範囲207、範囲201と範囲202との境界部分、範囲204と範囲205との境界部分、範囲205と範囲206との境界部分、および範囲206と範囲207との境界部分について、自己相関係数計算手段1261が以下のように自己相関係数を求める。

【0044】

【数7】

$$\sum_{n=0}^{n_0-|m|-1} w(n)x(n) \cdot w(n+m)x(n+m), \quad \text{範囲201}$$

$$\sum_{n=n_3}^{n_4-|m|-1} x(n) \cdot x(n+m), \quad \text{範囲205}$$

$$\sum_{n=n_5}^{N_2-|m|-1} w(n)x(n) \cdot w(n+m)x(n+m), \quad \text{範囲207}$$

$$\sum_{n=n_0-|m|}^{n_0-1} w(n)x(n) \cdot w(n+m)x(n+m), \quad \text{範囲201と202との境界部分}$$

$$\sum_{n=n_3-|m|}^{n_3-1} x(n) \cdot x(n+m), \quad \text{範囲204と205との境界部分}$$

$$\sum_{n=n_4-|m|}^{n_4-1} x(n) \cdot x(n+m), \quad \text{範囲205と206との境界部分}$$

$$\sum_{n=n_5-|m|}^{n_5-1} w(n)x(n) \cdot w(n+m)x(n+m), \quad \text{範囲206と207との境界部分}$$

【0045】

加算正規化手段1262は、次式のように、中間計算結果取得処理手段1263が取得した中間計算結果と自己相関係数計算手段1261が計算した自己相関係数をすべて加算し、サブフレームのサンプル数で除算することにより、正規化自己相関係数  $c_{xx}(m)$  を求める。

【0046】

10

20

30

40

【数 8】

$$\begin{aligned}
c_{xx}(m) = & \frac{1}{N_2} \left[ \sum_{n=0}^{n_0-|m|-1} w(n)x(n) \cdot w(n+m)x(n+m) \right. \\
& + \sum_{n=n_0-|m|}^{n_0-1} w(n)x(n) \cdot w(n+m)x(n+m) + \sum_{n=n_0}^{n_1-|m|-1} x(n) \cdot x(n+m) \\
& + \sum_{n=n_1-|m|}^{n_1-1} x(n) \cdot x(n+m) + \sum_{n=n_1}^{n_2-|m|-1} x(n) \cdot x(n+m) + \sum_{n=n_2-|m|}^{n_2-1} x(n) \cdot x(n+m) \\
& + \sum_{n=n_2}^{n_3-|m|-1} x(n) \cdot x(n+m) + \sum_{n=n_3-|m|}^{n_3-1} x(n) \cdot x(n+m) + \sum_{n=n_3}^{n_4-|m|-1} x(n) \cdot x(n+m) \\
& + \sum_{n=n_4-|m|}^{n_4-1} x(n) \cdot x(n+m) + \sum_{n=n_4}^{n_5-|m|-1} x(n) \cdot x(n+m) \\
& + \sum_{n=n_5-|m|}^{n_5-1} w(n)x(n) \cdot w(n+m)x(n+m) \\
& \left. + \sum_{n=n_5}^{N_2-|m|-1} w(n)x(n) \cdot w(n+m)x(n+m) \right]
\end{aligned}$$

10

20

ただし、 $0 \leq m \leq p-1$ 、 $p$  は自己相関係数の次数である。

【0047】

中間計算結果保存処理手段 1264 は、中間計算結果をそのまま中間計算結果記憶部 1500 に記憶してもよいし、上位の階層での計算が簡単になるように変形した上で中間計算結果記憶部 1500 に記憶してもよい。図 11 の太枠で示した範囲は、上位の階層

で利用できる範囲なので、太枠の範囲ごとに中間計算結果をまとめておけば、上位の階層での計算が簡単になる。例えば、範囲 204 ~ 206 (つまり、範囲 204、範囲 205、範囲 206、範囲 204 と範囲 205 との境界部分、および範囲 205 と範囲 206 との境界部分) に対する中間計算結果は、第 1 階層での自己相関係数の計算に利用できる。そこで、中間計算結果保存処理手段 1264 は、次のように範囲 204 ~ 206 の中間計算結果を計算し、中間計算結果記憶部 1500 に記憶させておけばよい。

30

【0048】

【数 9】

$$\begin{aligned}
& \sum_{n=n_2}^{n_5-|m|-1} x(n) \cdot x(n+m) \\
= & \sum_{n=n_2}^{n_3-|m|-1} x(n) \cdot x(n+m) + \sum_{n=n_3-|m|}^{n_3-1} x(n) \cdot x(n+m) + \sum_{n=n_3}^{n_4-|m|-1} x(n) \cdot x(n+m) \\
& + \sum_{n=n_4-|m|}^{n_4-1} x(n) \cdot x(n+m) + \sum_{n=n_4}^{n_5-|m|-1} x(n) \cdot x(n+m)
\end{aligned}$$

40

【0049】

なお、記憶領域の節約効果が小さくなり、上位の階層における加算正規化部の演算処理量が多くなってしまいが、中間計算結果保存処理手段 1164、1264、1364 を備えず、自己相関計算部が計算した自己相関係数をすべて中間計算結果記憶部 1550 に記憶するようにしてもよい。

50

## 【 0 0 5 0 】

実施例 1 の符号化装置によれば、両端以外に 1 である範囲が存在する窓関数によって窓掛信号列を生成する。また、複数種類のサブフレーム入力信号列に対する自己相関係数の算出は、サブフレームを構成するサンプル数が少ない方から行う。このことによって、先に計算した中間計算結果（自己相関係数を求めるために行った途中の計算結果）の中に、後の計算によって求められる中間計算結果と一致する場合がある。そして、実施例 1 の符号化装置では、中間計算結果が一致する場合には計算を行わず、中間計算結果記憶部に記憶しておいた中間計算結果を利用する。このように、実施例 1 の符号化装置は、窓関数の工夫によって再利用可能な中間計算結果の割合を多くしているので、演算量を少なくでき、かつ、入力信号列の分析の精度を高くできる。つまり、演算量が少なく高い圧縮率の符号化装置を提供できる。また、演算量が減るので、処理の高速化も可能である。

10

## 【 0 0 5 1 】

## [ 変形例 1 ]

変形例 1 では、直接法により自己相関係数を求める場合であって、上位の階層において自己相関係数の次数が増加するときについて説明する。変形例 1 でも、サブフレームの階層の例は図 2 と同じとする。下位の階層と上位の階層とで、線形予測（自己相関係数を求める次数）が異なる場合、実施例 1 の符号化装置 1 0 0 0 では対応できない。そこで、変形例 1 では、下位の階層と同一の次数までは実施例 1 と同様に下位の階層での計算で求めた自己相関係数（中間計算結果）は利用しながら計算し、これに加えて下位の階層には無い高次の自己相関係数も計算する方法を示す。

20

## 【 0 0 5 2 】

変形例 1 の符号化装置 2 0 0 0 の機能構成例は図 6 と同じである。また、符号化装置 2 0 0 0 の処理フローは図 8 と同じである。符号化装置 2 0 0 0 は、符号化装置 1 0 0 0 と、自己相関係数算出部 2 0 1 0、2 1 1 0、2 2 1 0 と中間計算結果記憶部 2 5 0 0 とが異なる。図 1 3 に、自己相関係数算出部 2 0 1 0、2 1 1 0、2 2 1 0、1 3 1 0 と中間計算結果記憶部 2 5 0 0 の詳細な構成例を示す。また、図 1 4 に、自己相関係数算出部 2 0 1 0、2 1 1 0、2 2 1 0 の処理フローを示す。自己相関係数算出部 2 0 1 0、2 1 1 0、2 2 1 0 は、計算手段 2 0 6 0、2 1 6 0、2 2 6 0 が、自己相関係数算出部 1 0 1 0、1 1 1 0、1 2 1 0（図 7）と異なる。なお、最下位の階層（図 6 の場合は第 3 階層）の計算手段 1 3 6 0 は、最初に処理を行うので、利用できる中間計算結果が存在しない。したがって、計算手段 1 3 6 0 は、符号化装置 1 0 0 0 と同じでよい。

30

## 【 0 0 5 3 】

計算手段 2 0 6 0、2 1 6 0、2 2 6 0 は、自己相関係数計算手段 1 0 6 1、1 1 6 1、1 2 6 1、加算正規化手段 2 0 6 2、2 1 6 2、2 2 6 2、中間計算結果取得処理手段 2 0 6 3、2 1 6 3、2 2 6 3、中間計算結果保存処理手段 2 1 6 4、2 2 6 4、高次自己相関係数計算手段 2 0 6 5、2 1 6 5、2 2 6 5 を備える。計算手段 2 0 6 0、2 1 6 0、2 2 6 0 は、中間計算結果記憶部 2 5 0 0 に利用できる中間計算結果が存在する場合には当該中間計算結果を利用して、窓掛信号列から自己相関係数を計算する（S 2 0 6 0、S 2 1 6 0、S 2 2 6 0）。

## 【 0 0 5 4 】

以下に詳細に説明する。計算手段 2 0 6 0、2 1 6 0、2 2 6 0 の中間計算結果取得処理手段 2 0 6 3、2 1 6 3、2 2 6 3 は、中間計算結果記憶部 2 5 0 0 に利用できる中間計算結果が存在するかを確認し、利用できる範囲の中間計算結果を取得する（S 2 0 6 3、S 2 1 6 3、S 2 2 6 3）。自己相関係数計算手段 1 0 6 1、1 1 6 1、1 2 6 1 は、利用できる中間計算結果がない範囲の信号列の自己相関係数を計算する（S 1 0 6 1、S 1 1 6 1、S 1 2 6 1）。

40

## 【 0 0 5 5 】

加算正規化手段 2 0 6 2、2 1 6 2、2 2 6 2 は、自己相関係数計算手段 2 0 6 1、2 1 6 1、2 2 6 1、2 3 6 1 が計算した自己相関係数と、中間計算結果記憶部 2 5 0 0 から読み出した自己相関係数とを用いてサブフレーム入力信号列の自己相関係数を求める（

50

S 2 0 6 2、S 2 1 6 2、S 2 2 6 2、S 2 3 6 2)。

【0056】

高次自己相関係数計算手段2065、2165、2265は、不足している次数に対応した自己相関係数を計算する。例えば、第2階層での次数を $p_2$ 、第1階層での次数を $p_1$ とし、 $p_2 < p_1$ とする。第2階層までの計算が終わった時には、中間計算結果記憶部2500には、正規化自己相関係数 $c_{xx}(m)$ (ただし、 $0 \leq m \leq p_2 - 1$ )を求めるために利用できる中間計算結果は記憶されている。しかし、 $p_2 \leq m \leq p_1 - 1$ の範囲の正規化自己相関係数 $c_{xx}(m)$ を求めるための中間計算結果は記憶されていない。そこで、高次自己相関係数計算手段2065、2165、2265は、窓掛信号列の全範囲について $p_2 \leq m \leq p_1 - 1$ に対する自己相関係数を求める。

10

【0057】

中間計算結果保存処理手段2164、2264は、自己相関係数計算手段1161、1261の計算結果と高次自己相関係数計算手段2165、2265の計算結果とを、中間計算結果として中間計算結果記憶部2500に記憶させる(S2164、S2264)。

変形例1の符号化装置は、上述のような構成なので、実施例1の符号化装置の効果を得るとともに、各階層で求めなければならない自己相関係数の次数が異なる場合にも対応できる。

【0058】

[変形例2]

実施例1、変形例1では、符号化部を階層の数と同じだけ備えていた(図6の例では4つ)。しかし、1つの符号化部ですべての階層の処理を行ってもよい。図15に、変形例2の符号化装置の構成例を示す。また、図16に、変形例2の符号化装置の処理フローの例を示す。符号化装置3000は、サブフレーム部9850、自己相関係数算出部1610、線形予測符号化部9590、選択部9900、中間計算結果記憶部1700を備える。符号化装置3000は、自己相関係数算出部1610、線形予測符号化部9590、中間計算結果記憶部1700を1つずつ有する符号化部1601を1つだけ備えている。サブフレーム部9850は、フレーム単位の入力信号列(以下、「フレーム入力信号列」という)が入力され、フレーム入力信号列の一部または全部から構成されるサブフレーム単位の入力信号列(以下、「サブフレーム入力信号列」という)を、サブフレームを構成するサンプル数が異なる複数種類、出力する(S9850)。符号化装置3000は、最下

20

30

【0059】

自己相関係数算出部1610は、窓関数処理手段1650と計算手段1660を有し、サブフレーム入力信号列ごとの自己相関係数を算出する(S1610)。具体的には、窓関数処理手段1650は、両端が1ではなく、かつ、両端以外に1である範囲が存在する窓関数により、処理対象のサブフレーム入力信号列に窓関数処理を施し、窓掛信号列を出力する(S1650)。計算手段1660は、自己相関係数計算手段1661、加算正規化手段1662、中間計算結果取得処理手段1663、中間計算結果保存処理手段1664を備える。中間計算結果取得処理手段1663は、中間計算結果記憶部1700に利用できる中間計算結果が存在する場合には当該中間計算結果を取り込む(S1663)。自己相関係数計算手段1661は、利用できる中間計算結果がない範囲の信号列の自己相関係数を計算する(S1661)。加算正規化手段1662は、自己相関係数計算手段1661が計算した自己相関係数と、中間計算結果記憶部1700から読み出した自己相関係数とを用いてサブフレーム入力信号列の自己相関係数を求める(S1662)。中間計算結果保存処理手段1664は、中間計算結果が求められた時には当該中間計算結果を中間計算結果記憶部1700に記憶させる(S1664)。なお、階層によって自己相関係数の次数が異なる場合には、変形例1と同じように、自己相関係数算出部1610は、高次自己相関係数計算手段2665も備えればよく、次数の足りないときには高次の自己相関係数を計算すればよい(S2665)。

40

【0060】

50

線形予測符号化部 9 5 9 0 は、自己相関係数を用いてサブフレーム入力信号列を符号化し、サブフレーム入力信号列ごとの符号（以下、「サブフレーム符号」という）を生成する（S 9 5 9 0）。符号化装置 3 0 0 0 は、すべての階層の符号化が終了したかを確認する（S 3 0 2 0）。ステップ S 3 0 2 0 が N o の場合には、符号化装置 3 0 0 0 は、1 つ上位の階層のサブフレーム入力信号列を処理の対象とし、ステップ S 1 6 5 0 に戻る（S 3 0 3 0）。ステップ S 3 0 2 0 が N o の場合には、ステップ S 9 9 5 0 に進む。選択部 9 9 5 0 は、1 つのフレーム入力信号列から生成された複数のサブフレーム符号の中から、1 つ又は複数のサブフレーム符号を選択し、当該フレーム入力信号列に対する符号を生成する（S 9 9 5 0）。

【 0 0 6 1 】

変形例 2 の符号化装置は、このような構成なので、実施例 1、変形例 1 と同じ効果を得ることができる。

【実施例 2】

【 0 0 6 2 】

実施例 2 では、F F T 法により自己相関係数を求める場合について説明する。図 1 7 に実施例 2 の符号化装置の構成例を、図 1 8 に自己相関係数算出部と中間計算結果記憶部の詳細な構成例を示す。また、図 1 9 に実施例 2 の符号化装置の処理フローの例を、図 2 0 に自己相関係数算出部の処理フローの例を示す。実施例 2 の符号化装置 6 0 0 0 は、サブフレーム部 9 8 0 0、自己相関係数算出部 6 0 1 0、6 1 1 0、6 2 1 0、6 3 1 0、線形予測符号化部 9 0 9 0、9 1 9 0、9 2 9 0、9 3 9 0、選択部 9 9 0 0、中間計算結果記憶部 6 5 0 0 を備える。

【 0 0 6 3 】

サブフレーム部 9 8 0 0 は、フレーム入力信号列が入力され、フレーム入力信号列の一部または全部から構成されるサブフレーム入力信号列を、サブフレームを構成するサンプル数が異なる複数種類、出力する（S 9 8 0 0）。例えば、上述したように第 0 階層から第 3 階層の 4 種類のサブフレーム入力信号列を出力する。ただし、4 種類に限定する必要はないし、図 2 とはことなる種類でもよい。図 2 では、1 つ上位の階層のサブフレームを 2 分割して下位の階層のサブフレームとした。例えば、1 つ上位の階層のサブフレームを 3 分割して下位の階層のサブフレームとし、階層を 3 つとしてもよい。つまり、どんなサブフレーム入力信号列を何種類生成するかは、フレーム入力信号列の特徴（サンプル数など）を考慮して適宜設計すればよい。なお、サブフレーム部 9 8 0 0 は、図 1 に示した従来のサブフレーム部と同じである。また、本明細書内で、「分割」の意味には、「1 分割」つまり分割しないことも含まれる。例えば、「フレームを 1 分割してサブフレームとする。」とは、「サブフレーム＝フレーム」となるようなサブフレームを生成することである。また、「フレームを分割してサブフレームを生成する。」には、フレームを 1 分割する場合（図 2 の第 0 階層）も含まれている。

【 0 0 6 4 】

自己相関係数算出部 6 0 1 0、6 1 1 0、6 2 1 0、6 3 1 0 は、窓関数処理手段 1 0 5 0、1 1 5 0、1 2 5 0、1 3 5 0 と計算手段 6 0 6 0、6 1 6 0、6 2 6 0、6 3 6 0 を有し、サブフレーム入力信号列ごとの自己相関係数を算出する（S 6 0 1 0、S 6 1 1 0、S 6 2 1 0、S 6 3 1 0）。窓関数処理手段 1 0 5 0、1 1 5 0、1 2 5 0、1 3 5 0 は、両端が 1 ではなく、かつ、両端以外に 1 である範囲が存在する窓関数  $w(n)$  により、サブフレーム入力信号列に窓関数処理を施し、窓掛信号列を出力する（S 1 0 5 0、S 1 1 5 0、S 1 2 5 0、S 1 3 5 0）。例えば、図 1 0 のような窓関数を用いればよい。

【 0 0 6 5 】

計算手段 6 0 6 0、6 1 6 0、6 2 6 0、6 3 6 0 は、F F T 分割処理手段 9 0 6 1、9 1 6 1、9 2 6 1、9 3 6 1、F F T 計算手段 6 0 6 2、6 1 6 2、6 2 6 2、6 3 6 2、複素積和計算手段 6 0 6 5、6 1 6 5、6 2 6 5、6 3 6 5、逆 F F T 計算手段 9 0 6 4、9 1 6 4、9 2 6 4、9 3 6 4 を備える。そして、計算手段 6 0 6 0、6 1 6 0、

10

20

30

40

50

6 2 6 0 は、さらに中間計算結果取得処理手段 6 0 6 3、6 1 6 3、6 2 6 3 を備え、計算手段 6 1 6 0、6 2 6 0、6 3 6 0 は、さらに中間計算結果保存処理手段 6 1 6 4、6 2 6 4、6 3 6 4 を備える。計算手段 6 0 6 0、6 1 6 0、6 2 6 0、6 3 6 0 は、中間計算結果記憶部 6 5 0 0 に利用できる中間計算結果が存在する場合には当該中間計算結果を利用して、窓掛信号列から自己相関係数を計算する（S 6 0 6 0、S 6 1 6 0、S 6 2 6 0、S 6 3 6 0）。なお、計算手段 6 0 6 0、6 1 6 0、6 2 6 0、6 3 6 0 は、利用できる中間計算結果を多くするため、複数種類のサブフレーム入力信号列に対する自己相関係数の算出は、サブフレームを構成するサンプル数が少ない方から行う。つまり、図 1 9 に示すように、下位の階層から順番に処理を行っていく。

【0 0 6 6】

計算手段 6 0 6 0、6 1 6 0、6 2 6 0、6 3 6 0 の処理について、以下に詳細に説明する（図 1 8、図 2 0 参照）。計算手段 6 0 6 0、6 1 6 0、6 2 6 0 の F F T 分割処理手段 9 0 6 1、9 1 6 1、9 2 6 1、9 3 6 1 は、図 5 に示したように、窓掛信号列  $w(n) \cdot x(n)$  を  $p$  サンプルごとの  $K$  ( $K = N \div p$ ) 個の小区間の信号列  $x_k(n)$  に分割する（S 9 0 6 1、S 9 1 6 1、S 9 2 6 1、S 9 3 6 1）。図 5 中の  $x_k(n)$  は、 $k$  番目の小区間の信号列に  $p$  個の値が 0 の信号を付加した信号列である。また、 $N$  はサブフレームのサンプル数、 $p$  は求める自己相関係数の次数、 $1 \leq k \leq K$ 、 $0 \leq n \leq M - 1$ 、 $M = 2 \times p$  である。中間計算結果取得処理手段 6 0 6 3、6 1 6 3、6 2 6 3 は、中間計算結果記憶部 6 5 0 0 に利用できる中間計算結果が存在するかを確認し、利用できる範囲の中間計算結果を取得する（S 6 0 6 3、S 6 1 6 3、S 6 2 6 3）。なお、最下位の階層（図 6 の場合は第 3 階層）の計算手段 6 3 6 0 は、最初に処理を行うので、利用できる中間計算結果が存在しない。したがって、計算手段 6 3 6 0 は、中間計算結果取得処理手段を有さなくてもよい。F F T 計算手段 6 0 6 2、6 1 6 2、6 2 6 2、6 3 6 2 は、次式のように小区間の信号列  $x_k(n)$  を F F T して  $X_k(j)$  を求める（S 6 0 6 2、S 6 1 6 2、S 6 2 6 2、S 6 3 6 2）。

【0 0 6 7】

【数 1 0】

$$X_k(j) = \sum_{n=0}^{M-1} x_k(n) W_M^{jn}$$

ただし、 $W_M = e^{-2\pi i/M}$

$$i^2 = -1$$

【0 0 6 8】

複素積和計算手段 6 0 6 5、6 1 6 5、6 2 6 5、6 3 6 5 は、 $A_0(j) = 0$  とおき、 $j = 0, \dots, M - 1$  および  $k = 1, \dots, K$  に対して、

【0 0 6 9】

【数 1 1】

$$A_k(j) = A_{k-1}(j) + X_k(j) [X_k^*(j) + (-1)^j \cdot X_{k+1}^*(j)]$$

【0 0 7 0】

を計算する。ただし、 $X_k^*(j)$  は  $X_k(j)$  の共役複素数とする。そして、この演算によって求められた値から、 $V(j) = A_K(j)$  を得る（S 6 0 6 5、S 6 1 6 5、S 6 2 6 5、S 6 3 6 5）。中間計算結果保存処理手段 6 1 6 4、6 2 6 4、6 3 6 4 は、中間計算結果が求められた時には当該中間計算結果を中間計算結果記憶部 6 5 0 0 に記憶させる（S 6 1 6 4、S 6 2 6 4、S 6 3 6 4）。なお、最上位の階層（図 1 7 の場合は第 0 階層）の計算手段 6 0 6 0 は、最後に処理を行うので、後の計算で利用できる中間計算結果が存在しない。したがって、計算手段 6 0 6 0 は、中間計算結果保存処理手段を有さなくてもよい。逆 F F T 計算手段 9 0 6 4、9 1 6 4、9 2 6 4、9 3 6 4 は、 $V(j)$  を次式のように逆 F F T し、自己相関係数  $c_{xx}(m)$  を求める（S 9 0 6 4、S 9 1 6 4、S 9 2 6 4、S 9 3 6 4）。

【 0 0 7 1 】

【 数 1 2 】

$$c_{xx}(m) = \frac{1}{M} \sum_{j=0}^{M-1} V(j) W^{-jm}$$

ただし、 $W = e^{-2\pi i}$ 

【 0 0 7 2 】

線形予測符号化部 9 0 9 0、9 1 9 0、9 2 9 0、9 3 9 0 は、自己相関係数を用いてサブフレーム入力信号列を符号化し、サブフレーム入力信号列ごとの符号（以下、「サブフレーム符号」という）を生成する（S 9 0 9 0、S 9 1 9 0、S 9 2 9 0、S 9 3 9 0）。なお、線形予測符号化部 9 0 9 0、9 1 9 0、9 2 9 0、9 3 9 0 の構成は、図 1 に示した従来の線形予測符号化部と同じである。選択部 9 9 0 0 は、1 つのフレーム入力信号列から生成された複数のサブフレーム符号の中から、1 つ又は複数のサブフレーム符号を選択し、当該フレーム入力信号列に対する符号を生成する（S 9 9 0 0）。なお、選択部 9 9 0 0 は、図 1 に示した従来の選択部と同じである。

10

【 0 0 7 3 】

次に、本発明の特徴を具体的な窓関数の例を示しながら説明する。窓関数は、図 1 0 と同じ窓関数を用いる。また、窓関数が階層ごとに異なるので、小区間の信号列  $x_k(n)$  と  $x_k(n)$  を F F T して得られた結果  $X_k(j)$  も階層ごとに異なる。そこで、どの階層なのかを示すため、 $x_{L,k}(n)$  と  $X_{L,k}(j)$  と表現する。ただし、 $L$  は階層を示しており、例えば、第 1 階層ならば  $L = 1$  である。図 2 1 は、F F T および複素積和の結果を再利用できる範囲を説明するための図であり、フレームを 3 2 分割した場合の例を示している。つまり、第 3 階層のサブフレームは 4 個の  $x_{L,k}(n)$ 、第 2 階層のサブフレームは 8 個の  $x_{L,k}(n)$ 、第 1 階層のサブフレームは 1 6 個の  $x_{L,k}(n)$ 、第 0 階層のサブフレームは 3 2 個の  $x_{L,k}(n)$  で構成される例を示している。なお、図 2 1 では、スペースの関係から、 $x_{L,k}(n)$  を  $x_{L,k}$  と表現している。また、 $x_{L,k}(n)$  は、 $k$  番目の小区間の信号列に  $p$  個の 0 が付加された信号列であるが、図 2 1 では、付加された  $p$  個の 0 は省略している。なお、 $p$  は自己相関係数の次数である。

20

【 0 0 7 4 】

F F T 法でも図 1 9 に示したように、下位の階層（図 1 9 の例では第 3 階層）から処理を行う。例えば、第 3 階層の最初のサブフレームに対しては、F F T 計算手段 6 3 6 2 が、 $x_{3,0}(n) \sim x_{3,3}(n)$  を F F T して  $X_{3,0}(j) \sim X_{3,3}(j)$  を得る。また、複素積和計算手段 6 3 6 5 が、

30

【 0 0 7 5 】

【 数 1 3 】

$$\begin{aligned} V_3(j) = & X_{3,0}(j) [X_{3,0}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,1}^*(j)] \\ & + X_{3,1}(j) [X_{3,1}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,2}^*(j)] \\ & + X_{3,2}(j) [X_{3,2}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,3}^*(j)] \\ & + X_{3,3}(j) \cdot X_{3,3}^*(j) \end{aligned}$$

40

【 0 0 7 6 】

を求める。なお、どの階層の  $V(j)$  かを明確にする必要がある場合には、第  $L$  階層の  $V(j)$  を  $V_L(j)$  と表現する。そして、中間計算処理結果保存処理手段 6 3 6 4 が、中間計算結果である  $X_{3,0}(j) \sim X_{3,3}(j)$  の全部、またはその一部を中間計算結果記憶部に記憶させる。また、逆 F F T 計算手段 9 3 6 4 が、

【 0 0 7 7 】

【数 1 4】

$$c_{xx}(m) = \frac{1}{M} \sum_{j=0}^{M-1} V(j) W^{-jm}$$

ただし、 $W = e^{-2\pi i}$ 

【0 0 7 8】

のように計算し、自己相関係数  $c_{xx}(m)$  を求める。同様にして、第 3 階層のすべてのサブフレームに対しても自己相関係数を求める。

【0 0 7 9】

次に、第 2 階層の自己相関係数を求めるが、図 10 に示した窓関数は、サブフレームのサンプル数に依存しているため、階層ごとに異なる。したがって、階層が異なっても窓関数の値が同じとなる場合（言い換えると、窓関数の値が、小区間の範囲全体で 1 の場合）に中間計算結果を再利用できる。例えば、第 2 階層の最初のサブフレームに対する FFT 計算手段 6 2 6 2 の処理では、 $x_{2,0}(n) \sim x_{2,7}(n)$  を FFT して  $X_{2,0}(j) \sim X_{2,7}(j)$  を得る。この処理の中で、再利用できるのは、 $X_{3,1}(j)$ 、 $X_{3,2}(j)$ 、 $X_{3,5}(j)$ 、 $X_{3,6}(j)$  であり、 $X_{2,1}(j) = X_{3,1}(j)$ 、 $X_{2,2}(j) = X_{3,2}(j)$ 、 $X_{2,5}(j) = X_{3,5}(j)$ 、 $X_{2,6}(j) = X_{3,6}(j)$  である。したがって、中間計算結果取得処理手段 6 2 6 3 が、 $X_{3,1}(j)$ 、 $X_{3,2}(j)$ 、 $X_{3,5}(j)$ 、 $X_{3,6}(j)$  を中間計算結果記憶部 6 5 0 0 から取り込む。そして、FFT 計算手段 6 2 6 2 の処理では、 $X_{2,1}(j)$ 、 $X_{2,2}(j)$ 、 $X_{2,5}(j)$ 、 $X_{2,6}(j)$  は行わず、 $X_{2,0}(j)$ 、 $X_{2,3}(j)$ 、 $X_{2,4}(j)$ 、 $X_{2,7}(j)$  のみを求める。複素積和計算手段 6 2 6 5 は、

【0 0 8 0】

【数 1 5】

$$\begin{aligned} V_2(j) = & X_{2,0}(j) [X_{2,0}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,1}^*(j)] \\ & + X_{2,1}(j) [X_{2,1}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,2}^*(j)] \\ & + X_{2,2}(j) [X_{2,2}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,3}^*(j)] \\ & + X_{2,3}(j) [X_{2,3}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,4}^*(j)] \\ & + X_{2,4}(j) [X_{2,4}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,5}^*(j)] \\ & + X_{2,5}(j) [X_{2,5}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,6}^*(j)] \\ & + X_{2,6}(j) [X_{2,6}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,7}^*(j)] \\ & + X_{2,7}(j) \cdot X_{2,7}^*(j) \end{aligned}$$

【0 0 8 1】

を計算する代わりに、

【0 0 8 2】

10

20

30

40

【数 1 6】

$$\begin{aligned}
 V_2(j) = & X_{2,0}(j) [X_{2,0}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,1}^*(j)] \\
 & + X_{3,1}(j) [X_{3,1}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,2}^*(j)] \\
 & + X_{3,2}(j) [X_{3,2}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,3}^*(j)] \\
 & + X_{2,3}(j) [X_{2,3}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,4}^*(j)] \\
 & + X_{2,4}(j) [X_{2,4}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,5}^*(j)] \\
 & + X_{3,5}(j) [X_{3,5}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,6}^*(j)] \\
 & + X_{3,6}(j) [X_{3,6}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,7}^*(j)] \\
 & + X_{2,7}(j) \cdot X_{2,7}^*(j)
 \end{aligned}$$

10

を計算すればよい。そして、逆 F F T 計算手段 9 2 6 4 が、

【0 0 8 3】

【数 1 7】

$$c_{xx}(m) = \frac{1}{M} \sum_{j=0}^{M-1} V(j) W^{-jm}$$

20

ただし、 $W = e^{-2\pi i}$

【0 0 8 4】

のように計算し、自己相関係数  $c_{xx}(m)$  を求める。同様にして、第 3 階層のすべてのサブフレームに対しても自己相関係数を求める。

なお、中間計算処理結果保存処理手段 6 3 6 4 が、

【0 0 8 5】

【数 1 8】

$$X_{3,1}(j) [X_{3,1}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,2}^*(j)] X_{3,5}(j) [X_{3,5}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,6}^*(j)]$$

30

【0 0 8 6】

も中間計算結果記憶部に記憶させておけば、複素積和計算手段 6 2 6 5 の計算量を削減することもできる。例えば、図 2 1 の点線で囲んだ部分は、複素積和計算手段内での途中の計算を、中間計算結果として記憶しておけばよい範囲である。同様に、第 1 階層、第 0 階層の処理も行えばよい。また、中間計算結果である  $X_{3,0}(j)$  は、窓関数の値が 0 でない部分の中間計算結果なので、後の計算で再利用できない。したがって、中間計算処理結果保存処理手段 6 3 6 4 が、中間計算結果の中で後で利用できる中間計算結果を選択して中間計算結果記憶部に記憶させれば、記憶容量を少なくできる。なお、実施例 1 と同じように、実施例 2 でも 1 つの符号化部ですべての階層の処理を行ってもよい。

40

【0 0 8 7】

実施例 2 の符号化装置によれば、両端以外に 1 である範囲が存在する窓関数によって窓掛信号列を生成する。また、複数種類のサブフレーム入力信号列に対する自己相関係数の算出は、サブフレームを構成するサンプル数が少ない方から行う。このことによって、先に計算した中間計算結果（自己相関係数を求めるために行った途中の計算結果）の中に、後の計算によって求められる中間計算結果と一致する場合がある。そして、実施例 2 の符号化装置では、中間計算結果が一致する場合には計算を行わず、中間計算結果記憶部に記憶しておいた中間計算結果を利用する。このように、実施例 2 の符号化装置は、窓関数の工夫によって再利用可能な中間計算結果の割合を多くしているので、演算量を少なくでき、かつ、入力信号列の分析の精度を高くできる。つまり、演算量が少なく高い圧縮率の符

50

号化装置を提供できる。また、演算量が減るので、処理の高速化も可能である。

【変形例 1】

F F T 法（実施例 2）の場合にも、直説法（実施例 1）と同じように、上位の階層において自己相関係数の次数が増加する場合はある。例えば、非特許文献 1 に記載された例では、予測次数の最大値がサブフレームのサンプル数の  $1/8$  に制限されている。このような場合、サブフレームのサンプル数が少ない下位の階層の自己相関係数の次数  $p$  が上位の階層の自己相関係数の次数よりも小さくなってしまふ。変形例 1 では、上位の階層で自己相関係数の次数が高くなった場合に、下位の階層での F F T の計算結果を再利用する方法について説明する。なお、本変形例の符号化装置の機能構成例は図 17 と同じ、自己相関係数算出部と中間計算結果記憶部の詳細な構成例は図 18 と同じ、符号化装置の処理フローの例は図 19 と同じ、自己相関係数算出部の処理フローの例は図 20 と同じである。

10

【0088】

例えば、第  $L$  階層の自己相関係数の次数を  $p_L$ 、 $M_L = 2 \times p_L$  とする。この場合、F F T 計算手段 6362 は、

【0089】

【数 19】

$$X_{L,k}(j) = \sum_{n=0}^{M_L-1} x_{L,k}(n) W_{M_L}^{jn}$$

【0090】

を計算する。計算の範囲が  $X_{3,k}(j)$  は  $0 \leq n \leq 2 \times p_3 - 1$  であるのに対して、 $X_{2,k}(j)$  は  $0 \leq n \leq 2 \times p_2 - 1$  である。したがって、 $p_3 \neq p_2$  の場合には、複素積和計算手段 6065、6165、6265 は、実施例 2 のようには、下位の階層の  $X_{L,k}(j)$  を利用できない。

20

【0091】

そこで、複素積和計算手段 6065、6165、6265 は、 $A_0(j) = 0$  とおき、 $j = 0, \dots, 2 \times p_{L-1} - 1$  および  $k = 1, \dots, K$  に対して、

【0092】

【数 20】

$$A_k(j) = A_{k-1}(j) + X_k(j) [X_k^*(j) + (-1)^j \cdot X_{k+1}^*(j)]$$

30

【0093】

を計算する。また、 $A'_0(q) = 0$  とおき、 $q = 0, \dots, 2 \times p_L - 2 \times p_{L-1} - 1$  および  $k = 1, \dots, K$  に対して、

【0094】

【数 21】

$$A'_k(q) = A'_{k-1}(q) + X_k(q) [X_{k+1}^*(q) + (-1)^j \cdot X_{k+2}^*(q)]$$

を計算する。そして、

40

【0095】

【数 22】

$$\begin{cases} 0 \leq j \leq 2p_{L-1} - 1 \text{ のとき} \\ V(j) = A_k(j), \\ 2p_{L-1} \leq j \leq 2p_L - 2p_{L-1} - 1 \text{ のとき} \\ V(j) = A'_k(q), \quad \text{ただし、} q = j - (2p_L - 2p_{L-1}) \end{cases}$$

を得る。

50

【 0 0 9 6 】

中間計算結果保存処理手段 6 2 6 4 は、中間計算結果を中間計算結果記憶部 6 5 0 0 に記憶させる。逆 F F T 計算手段 9 2 6 4 は、得られた  $V(j)$  を次式のように逆 F F T し、自己相関係数  $c_{xx}(m)$  を求める。

【 0 0 9 7 】

【 数 2 3 】

$$c_{xx}(m) = \frac{1}{M_2} \sum_{j=0}^{M_2-1} V(j) W^{-jm}$$

【 0 0 9 8 】

10

具体例を示すと、次のようになる。たとえば、 $M_3 = 2 \times p_3 = 2 \times p$ 、 $M_2 = 2 \times p_2 = 4 \times p$  とする。この場合、F F T 計算手段 6 3 6 2 は、

【 0 0 9 9 】

【 数 2 4 】

$$\begin{aligned} X_{3,k}(j) &= \sum_{n=0}^{M_3-1} x_{3,k}(n) W_{M_3}^{jn} \\ &= \sum_{n=0}^{2p-1} x_{3,k}(n) W_{2p}^{jn} \end{aligned}$$

20

を計算する。そして、複素積和計算手段 6 3 6 5 が、

【 0 1 0 0 】

【 数 2 5 】

$$\begin{aligned} V_3(j) &= X_{3,0}(j) [X_{3,0}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,1}^*(j)] \\ &\quad + X_{3,1}(j) [X_{3,1}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,2}^*(j)] \\ &\quad + X_{3,2}(j) [X_{3,2}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,3}^*(j)] \\ &\quad + X_{3,3}(j) \cdot X_{3,3}^*(j) \end{aligned}$$

30

と

【 0 1 0 1 】

【 数 2 6 】

$$\begin{aligned} V_3(j) &= X_{3,4}(j) [X_{3,4}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,5}^*(j)] \\ &\quad + X_{3,5}(j) [X_{3,5}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,6}^*(j)] \\ &\quad + X_{3,6}(j) [X_{3,6}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,7}^*(j)] \\ &\quad + X_{3,7}(j) \cdot X_{3,7}^*(j) \end{aligned}$$

40

を求める。

また、F F T 計算手段 6 2 6 2 は、

【 0 1 0 2 】

【数 2 7】

$$\begin{aligned}
 X_{2,k}(j) &= \sum_{n=0}^{M_2-1} x_{3,k}(n) W_{M_2}^{jn} \\
 &= \sum_{n=0}^{4p-1} x_{3,k}(n) W_{4p}^{jn}
 \end{aligned}$$

【0 1 0 3】

を計算する。中間計算結果取得処理手段 6 2 6 3 が、 $X_{3,1}(j)$ 、 $X_{3,2}(j)$ 、 $X_{3,5}(j)$ 、 $X_{3,6}(j)$  を中間計算結果記憶部 6 5 0 0 から取り込む。複素積和計算手段 6 2 6 5 は、 $0 \leq j \leq 2 \times p - 1$  の範囲では、 $X_{3,1}(j)$ 、 $X_{3,2}(j)$ 、 $X_{3,5}(j)$ 、 $X_{3,6}(j)$  を利用し、

【0 1 0 4】

【数 2 8】

$$\begin{aligned}
 V_2(j) &= X_{2,0}(j) [X_{2,0}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,1}^*(j)] \\
 &\quad + X_{3,1}(j) [X_{3,1}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,2}^*(j)] \\
 &\quad + X_{3,2}(j) [X_{3,2}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,3}^*(j)] \\
 &\quad + X_{2,3}(j) [X_{2,3}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,4}^*(j)] \\
 &\quad + X_{2,4}(j) [X_{2,4}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,5}^*(j)] \\
 &\quad + X_{3,5}(j) [X_{3,5}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,6}^*(j)] \\
 &\quad + X_{3,6}(j) [X_{3,6}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,7}^*(j)] \\
 &\quad + X_{2,7}(j) \cdot X_{2,7}^*(j)
 \end{aligned}$$

【0 1 0 5】

を求める。さらに、複素積和計算手段 6 2 6 5 は、 $2 \times p \leq j \leq 4 \times p - 1$  の範囲でも  $X_{3,1}(j)$ 、 $X_{3,2}(j)$ 、 $X_{3,5}(j)$ 、 $X_{3,6}(j)$  を利用し、

【0 1 0 6】

【数 2 9】

$$\begin{aligned}
 V_2(j') &= X_{2,0}(j) [X_{3,1}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,2}^*(j)] \\
 &\quad + X_{3,1}(j) [X_{3,2}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,3}^*(j)] \\
 &\quad + X_{3,2}(j) [X_{2,3}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,4}^*(j)] \\
 &\quad + X_{2,3}(j) [X_{2,4}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,5}^*(j)] \\
 &\quad + X_{2,4}(j) [X_{3,5}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{3,6}^*(j)] \\
 &\quad + X_{3,5}(j) [X_{3,6}^*(j) + (-1)^j \cdot X_{2,7}^*(j)] \\
 &\quad + X_{3,6}(j) \cdot X_{2,7}^*(j)
 \end{aligned}$$

【0 1 0 7】

を求める。ここで、 $j' = j + 2p$  である。このようにして計算された  $V_2(j')$  を  $2 \times p \leq j \leq 4 \times p - 1$  の範囲の値として設定することで、 $0 \leq j \leq 4 \times p - 1$  の範囲で  $V_2(j)$  を得る。

【0 1 0 8】

逆 F F T 計算手段 9 2 6 4 は、得られた  $V_2(j)$  を次式のように逆 F F T し、自己相関係数  $c_{xx}(m)$  を求める。

【 0 1 0 9 】

【 数 3 0 】

$$c_{xx}(m) = \frac{1}{4p} \sum_{j=0}^{4p-1} V_2(j) W^{-jm}$$

【 0 1 1 0 】

このように、増加した次数の自己相関係数の計算では、下位の階層での F F T の結果を中間計算結果として利用できる。

10

【 0 1 1 1 】

もしくは、次のような方法もある。逆 F F T 計算手段 9 2 6 4 が、 $V_2(j)$  を  $0 \leq j \leq 2 \times p - 1$  の  $2 \times p$  点の逆 F F T を行い、自己相関係数  $c_{xx}(m)$  の低次の値とする。

【 0 1 1 2 】

【 数 3 1 】

$$c_{xx}(m) = \frac{1}{2p} \sum_{j=0}^{2p-1} V_2(j) W^{-jm}$$

【 0 1 1 3 】

20

そして、 $V_2(j')$  を  $0 \leq j' \leq 2 \times p - 1$  の  $2 \times p$  点の逆 F F T を行い、自己相関係数  $c_{xx}(m)$  の高次の値とする。

【 0 1 1 4 】

【 数 3 2 】

$$c_{xx}(m) = \frac{1}{2p} \sum_{j'=0}^{2p-1} V_2(j') W^{-j'm}$$

【 0 1 1 5 】

このような計算でも、下位の階層の F F T の結果を中間計算結果として利用できる。したがって、実施例 2 変形例 1 の符号化装置は、実施例 2 の符号化装置の効果を得るとともに、各階層で求めなければならない自己相関係数の次数が異なる場合にも対応できる。

30

[ 符号化プログラム、記録媒体 ]

実施例 1、実施例 2（各変形例を含む）の符号化装置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。

【 0 1 1 6 】

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が、具体的には、例えば、磁気記録装置として、ハードディスク装置、フレキシブルディスク、磁気テープ等を、光ディスクとして、D V D (Digital Versatile Disc)、D V D - R A M (Random Access Memory)、C D - R O M (Compact Disc Read Only Memory)、C D - R (Recordable) / R W (ReWritable) 等を、光磁気記録媒体として、M O (Magneto-Optical disc) 等を、半導体メモリとして E E P - R O M (Electrically Erasable and Programmable-Read Only Memory) 等を用いることができる。

40

【 0 1 1 7 】

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 D V D、C D - R O M 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

50

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。

【0118】

このようなプログラムを実行するコンピュータは、例えば、まず、可搬型記録媒体に記録されたプログラムもしくはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、一旦、自己の記憶装置に格納する。そして、処理の実行時、このコンピュータは、自己の記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。

10

【0119】

また、各実施例では、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。

20

【図面の簡単な説明】

【0120】

【図1】従来の符号化装置の構成を例示した図。

【図2】符号化処理が行われるフレームの構成を例示した概念図。

【図3】自己相関係数算出部の構成を例示した図。

【図4】FFT（高速フーリエ変換）を用いて自己相関係数を計算する場合の自己相関計算手段の構成例を示す図。

【図5】図4の自己相関計算手段の処理を説明するための概念図。

【図6】実施例1の符号化装置の構成例を示す図。

30

【図7】実施例1の自己相関係数算出部と中間計算結果記憶部の詳細な構成例を示す図。

【図8】実施例1の符号化装置の処理フローの例を示す図。

【図9】実施例1の自己相関係数算出部の処理フローの例を示す図。

【図10】本発明で使用する窓関数の例を示す図。

【図11】図10の窓関数を用いた場合に自己相関係数を計算しなければ成らない範囲と再利用できる自己相関係数の範囲を示す図。

【図12】加算正規化手段の処理を説明するための図。

【図13】実施例1変形例1の自己相関係数算出部と中間計算結果記憶部の詳細な構成例を示す図。

【図14】実施例1変形例1の自己相関係数算出部の処理フローを示す図。

40

【図15】実施例1変形例2の符号化装置の構成例を示す図。

【図16】実施例1変形例2の符号化装置の処理フローの例を示す図。

【図17】実施例2の符号化装置の構成例を示す図。

【図18】実施例2の自己相関係数算出部と中間計算結果記憶部の詳細な構成例を示す図。

【図19】実施例2の符号化装置の処理フローの例を示す図。

【図20】実施例2の自己相関係数算出部の処理フローの例を示す図。

【図21】FFTおよび複素積和の結果を再利用できる範囲を説明するための図。

【図 1】

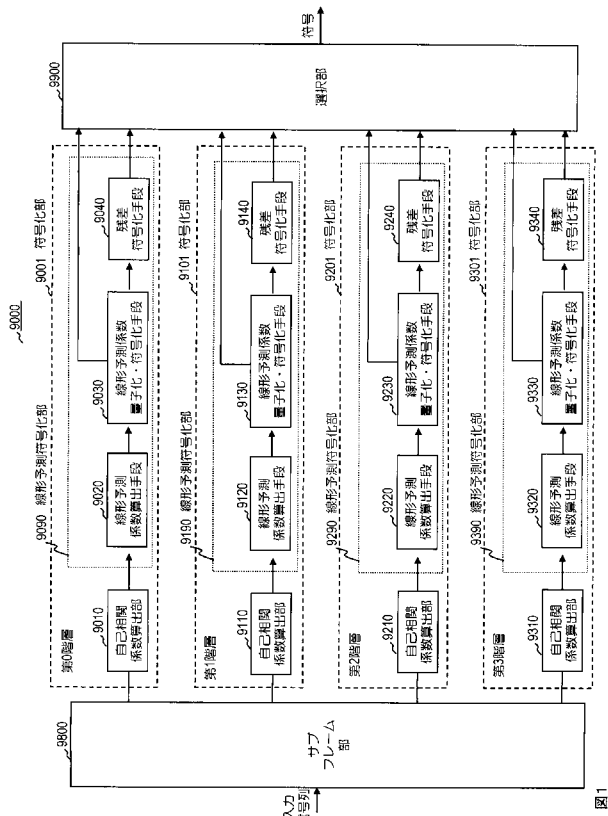


図1

【図 2】

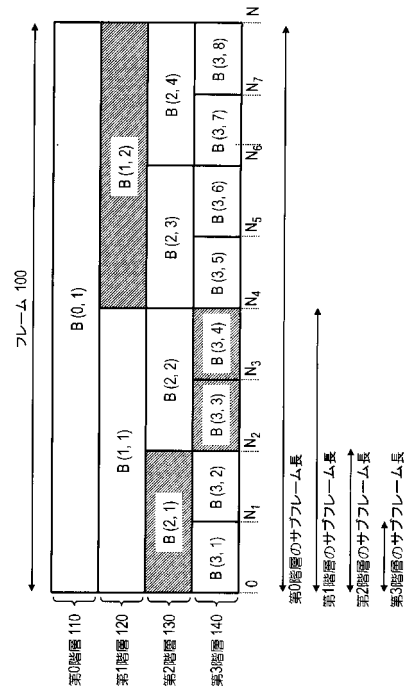


図2

【図 3】

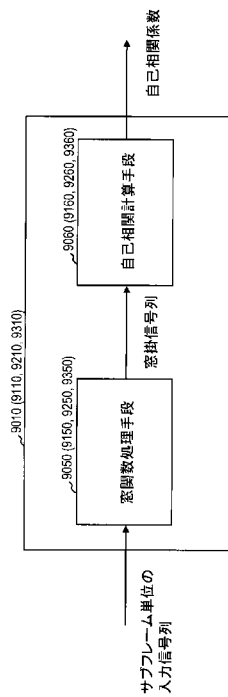


図3

【図 4】

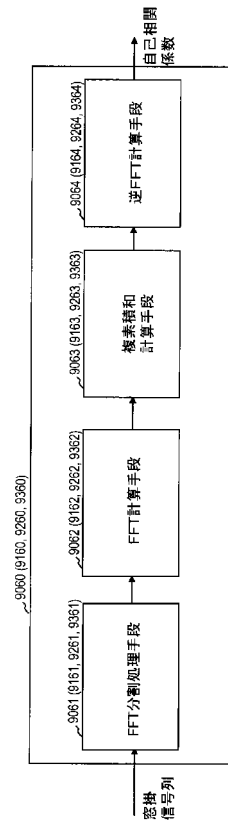


図4

【図5】

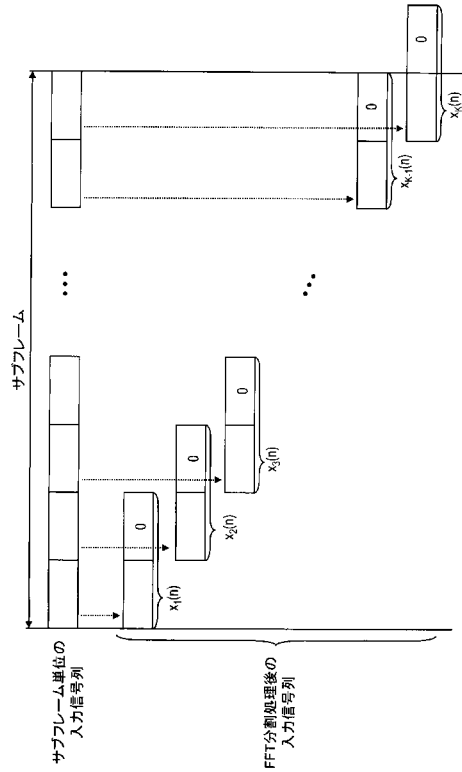


図5

【図6】

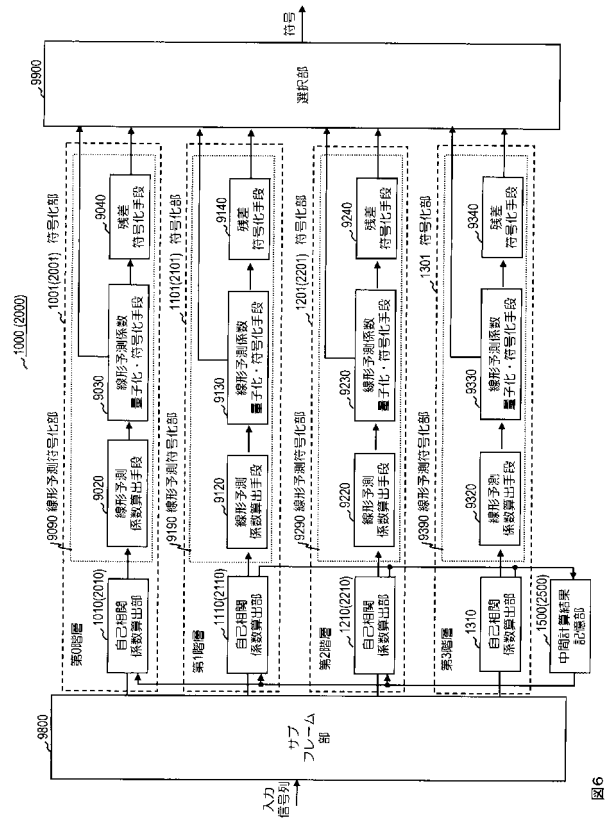


図6

【図7】

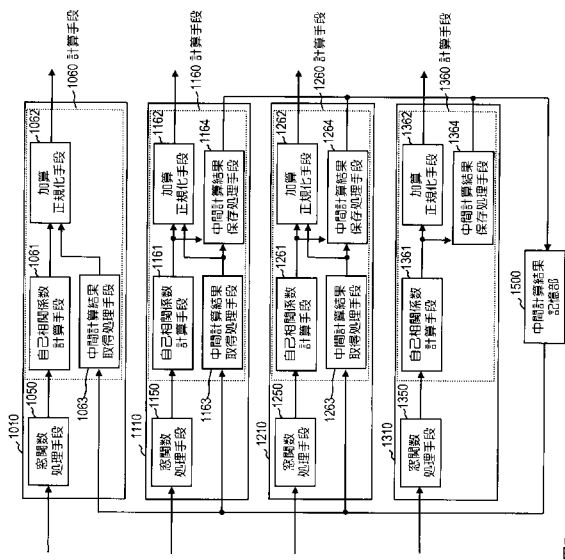


図7

【図8】

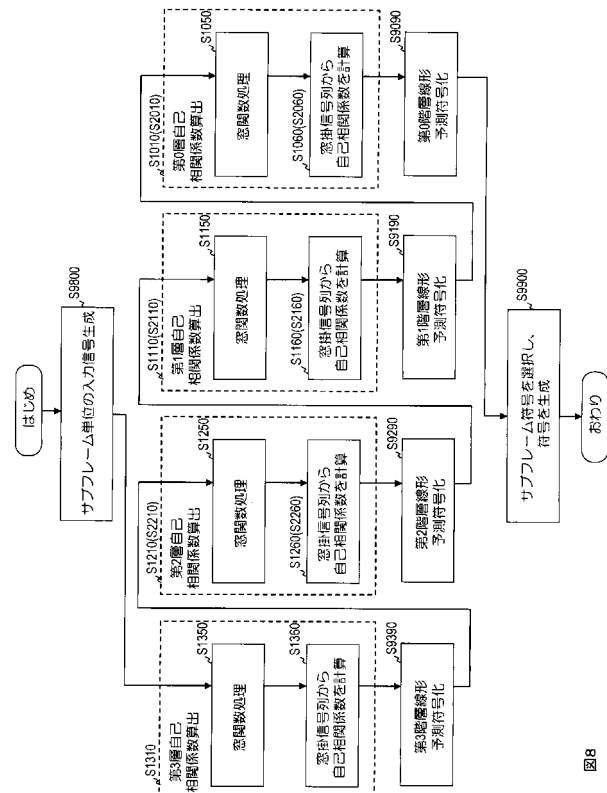


図8

【 図 9 】

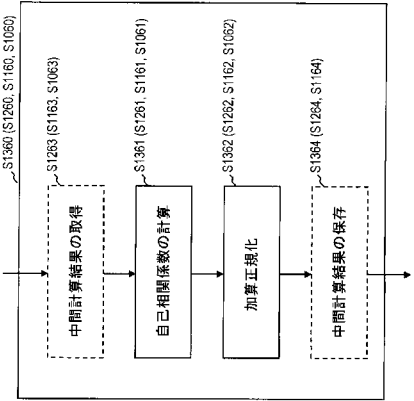


図9

【 図 1 0 】

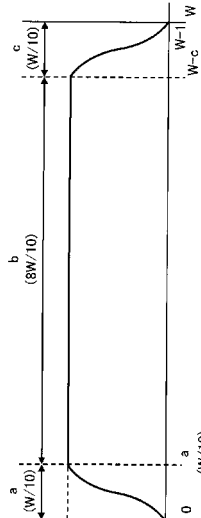


図10

【 図 1 1 】

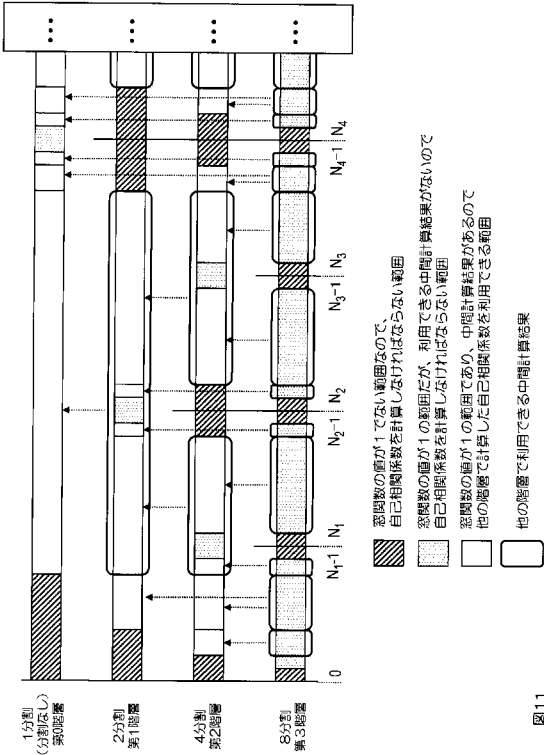


図11

【 図 1 2 】

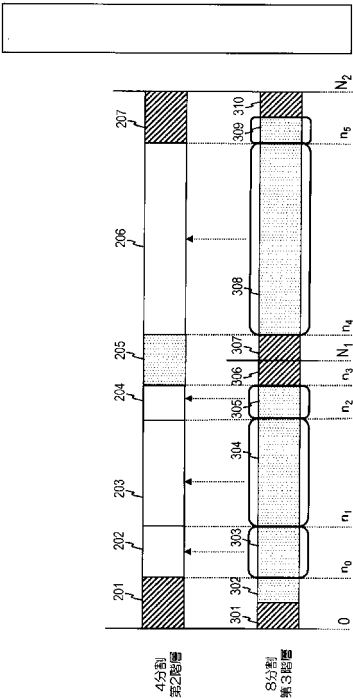


図12

【図 13】

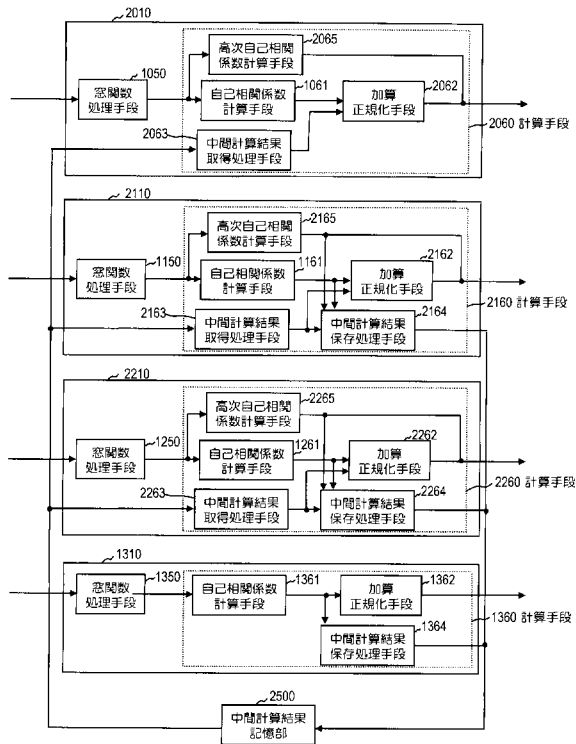


図13

【図 14】

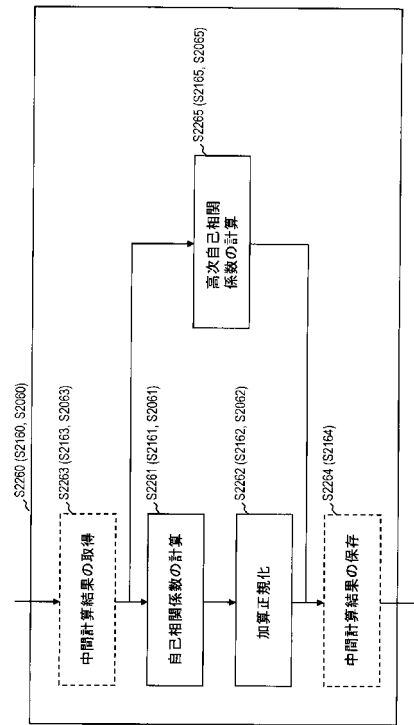


図14

【図 15】

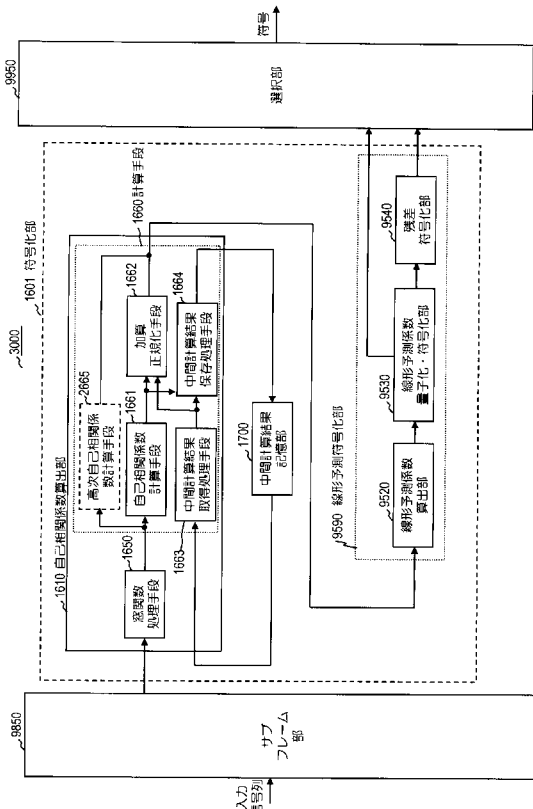


図15

【図 16】

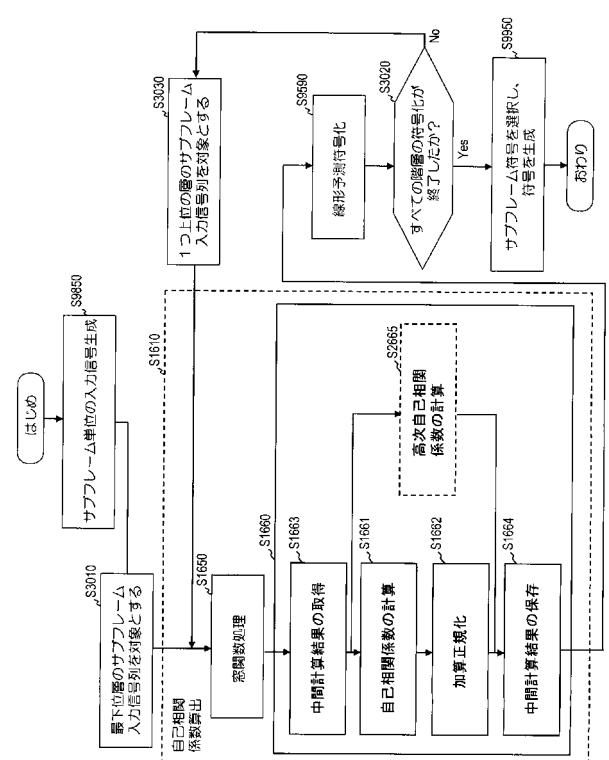


図16



【図 21】

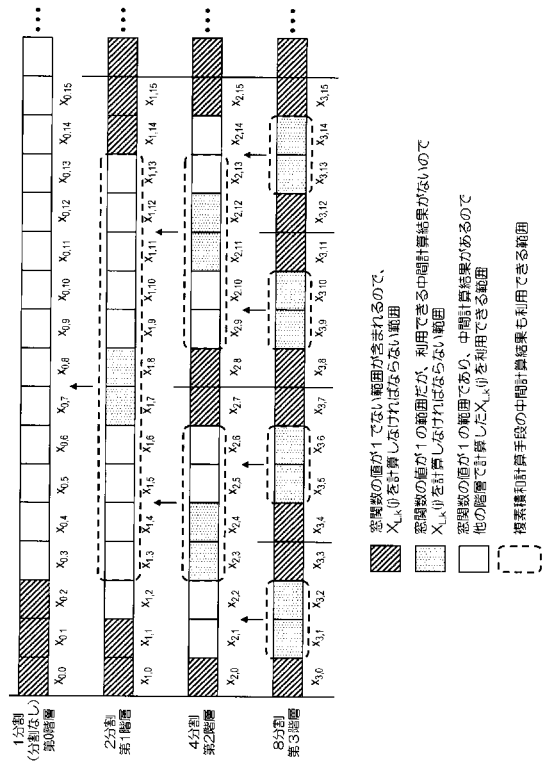


図21

---

フロントページの続き

(72)発明者 守谷 健弘

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

F ターム(参考) 5J064 AA02 BB03 BD02 BD03