

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6117359号
(P6117359)

(45) 発行日 平成29年4月19日(2017.4.19)

(24) 登録日 平成29年3月31日(2017.3.31)

(51) Int.Cl.			F I		
G 1 0 L	25/12	(2013.01)	G 1 0 L	25/12	
G 1 0 L	19/06	(2013.01)	G 1 0 L	19/06	Z
A 6 1 B	5/0452	(2006.01)	A 6 1 B	5/04	3 1 2 A
A 6 1 B	5/0476	(2006.01)	A 6 1 B	5/04	3 2 0 Z
A 6 1 B	5/05	(2006.01)	A 6 1 B	5/05	A

請求項の数 14 (全 37 頁)

(21) 出願番号	特願2015-527315 (P2015-527315)	(73) 特許権者	000004226
(86) (22) 出願日	平成26年7月16日(2014.7.16)		日本電信電話株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2014/068895		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(87) 国際公開番号	W02015/008783	(74) 代理人	100121706
(87) 国際公開日	平成27年1月22日(2015.1.22)		弁理士 中尾 直樹
審査請求日	平成28年1月15日(2016.1.15)	(74) 代理人	100128705
(31) 優先権主張番号	特願2013-149160 (P2013-149160)		弁理士 中村 幸雄
(32) 優先日	平成25年7月18日(2013.7.18)	(74) 代理人	100147773
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 義村 宗洋
		(72) 発明者	鎌本 優
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日
			本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	守谷 健弘
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日
			本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 線形予測分析装置、方法、プログラム及び記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析方法であって、

少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算ステップと、

係数 $w_0(i)$ と前記自己相関 $R_0(i)$ とが対応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算ステップと、を含み、

少なくとも一部の各次数 i に対して、前記各次数 i に対応する係数 $w_0(i)$ が、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、の増加とともに単調増加する関係にある場合が含まれている、

線形予測分析方法。

【請求項2】

入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析方法であって、

少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信

号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算ステップと、

2個以上の係数テーブルのそれぞれには $i=0, 1, \dots, P_{\max}$ の各次数 i と前記各次数 i に対応する係数 $w_0(i)$ とが対応付けて記憶されているとして、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、を用いて前記2個以上の係数テーブルの中の1個の係数テーブルから係数 $w_0(i)$ を取得する係数決定ステップと、

取得された前記係数 $w_0(i)$ と前記自己相関 $R_0(i)$ とが対応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{\max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算ステップと、を含み、

前記2個以上の係数テーブルの中の、前記周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、が第一値である場合に前記係数決定ステップで係数 $w_0(i)$ が取得される係数テーブルを第一係数テーブルとし、

前記2個以上の係数テーブルの中の、前記周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、が前記第一値よりも大きい第二値である場合に前記係数決定ステップで係数 $w_0(i)$ が取得される係数テーブルを第二係数テーブルとして、

少なくとも一部の各次数 i に対して、前記第二係数テーブルにおける前記各次数 i に対応する係数は、前記第一係数テーブルにおける前記各次数 i に対応する係数よりも大きい、線形予測分析方法。

【請求項3】

入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析方法であって、

少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{\max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算ステップと、

係数テーブル t_0 には係数 $w_{t_0}(i)$ が格納されており、係数テーブル t_1 には係数 $w_{t_1}(i)$ 、係数テーブル t_2 には係数 $w_{t_2}(i)$ が格納されているとして、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、を用いて前記係数テーブル t_0, t_1, t_2 の中の1個の係数テーブルから係数を取得する係数決定ステップと、

前記取得した係数と前記自己相関 $R_0(i)$ とが対応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{\max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算ステップと、を含み、

前記周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、に応じて、周期が短い場合、周期が中程度の場合、周期が長い場合の何れかの場合に分類されるとし、周期が短い場合に前記係数決定ステップで係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_0 とし、周期が中程度の場合に前記係数決定ステップで係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_1 とし、周期が長い場合に前記係数決定ステップで係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_2 として、少なくとも一部の i について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、それ以外の i のうち少なくとも一部の各 i について $w_{t_0}(i) > w_{t_1}(i) > w_{t_2}(i)$ であり、残りの各 i について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ である、

線形予測分析方法。

【請求項4】

入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析方法であって、

少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{\max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算ステップと、

係数 $w_0(i)$ と前記自己相関 $R_0(i)$ とが対応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{\max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算ステップと、を含み、

10

20

30

40

50

少なくとも一部の各次数*i*に対して、前記各次数*i*に対応する係数 $w_0(i)$ が、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく基本周波数と正の相関関係にある値の増加とともに単調減少する関係にある場合が含まれている、

線形予測分析方法。

【請求項5】

入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析方法であって、

少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と*i*サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または*i*サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算ステップと、

10

2個以上の係数テーブルのそれぞれには $i=0, 1, \dots, P_{max}$ の各次数*i*と前記各次数*i*に対応する係数 $w_0(i)$ とが対応付けて記憶されているとして、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく基本周波数と正の相関関係にある値を用いて前記2個以上の係数テーブルの中の1個の係数テーブルから係数 $w_0(i)$ を取得する係数決定ステップと、

取得された係数 $w_0(i)$ と前記自己相関 $R_0(i)$ とが対応する*i*ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算ステップと、を含み、

前記2個以上の係数テーブルの中の、前記基本周波数と正の相関関係にある値が第一値である場合に前記係数決定ステップで係数 $w_0(i)$ が取得される係数テーブルを第一係数テーブルとし、

20

前記2個以上の係数テーブルの中の、前記基本周波数と正の相関関係にある値が前記第一値よりも小さい第二値である場合に前記係数決定ステップで係数 $w_0(i)$ が取得される係数テーブルを第二係数テーブルとして、

少なくとも一部の各次数*i*に対して、前記第二係数テーブルにおける前記各次数*i*に対応する係数は、前記第一係数テーブルにおける前記各次数*i*に対応する係数よりも大きい、線形予測分析方法。

【請求項6】

入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析方法であって、

少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と*i*サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または*i*サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算ステップと、

30

係数テーブル t_0 には係数 $w_{t_0}(i)$ が格納されており、係数テーブル t_1 には係数 $w_{t_1}(i)$ 、係数テーブル t_2 には係数 $w_{t_2}(i)$ が格納されているとして、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく基本周波数と正の相関関係にある値を用いて前記係数テーブル t_0, t_1, t_2 の中の1個の係数テーブルから係数を取得する係数決定ステップと、

前記取得した係数と前記自己相関 $R_0(i)$ とが対応する*i*ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算ステップと、を含み、

前記基本周波数と正の相関関係にある値に応じて、基本周波数が高い場合、基本周波数が中程度の場合、基本周波数が低い場合の何れかの場合に分類されるとし、基本周波数が高い場合に前記係数決定ステップで係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_0 とし、基本周波数が中程度の場合に前記係数決定ステップで係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_1 とし、基本周波数が低い場合に前記係数決定ステップで係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_2 として、少なくとも一部の*i*について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、それ以外の*i*のうち少なくとも一部の各*i*について $w_{t_0}(i) > w_{t_1}(i) > w_{t_2}(i)$ であり、残りの各*i*について $w_{t_0}(i) > w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ である、

40

線形予測分析方法。

【請求項7】

入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレ

50

ームごとに求める、線形予測分析装置であって、

少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{\max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算部と、

係数 $w_0(i)$ と前記自己相関 $R_0(i)$ とが対応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{\max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算部と、を含み、

少なくとも一部の各次数 i に対して、前記各次数 i に対応する係数 $w_0(i)$ が、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、の増加とともに単調増加する関係にある場合が含まれている、

10

線形予測分析装置。

【請求項 8】

入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析装置であって、

少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{\max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算部と、

2個以上の係数テーブルのそれぞれには $i=0, 1, \dots, P_{\max}$ の各次数 i と前記各次数 i に対応する係数 $w_0(i)$ とが対応付けて記憶されているとして、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、を用いて前記2個以上の係数テーブルの中の1個の係数テーブルから係数 $w_0(i)$ を取得する係数決定部と、

20

取得された前記係数 $w_0(i)$ と前記自己相関 $R_0(i)$ とが対応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{\max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算部と、を含み、

前記2個以上の係数テーブルの中の、前記周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、が第一値である場合に前記係数決定部で係数 $w_0(i)$ が取得される係数テーブルを第一係数テーブルとし、

前記2個以上の係数テーブルの中の、前記周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、が前記第一値よりも大きい第二値である場合に前記係数決定部で係数 $w_0(i)$ が取得される係数テーブルを第二係数テーブルとして、

30

少なくとも一部の各次数 i に対して、前記第二係数テーブルにおける前記各次数 i に対応する係数は、前記第一係数テーブルにおける前記各次数 i に対応する係数よりも大きい、線形予測分析装置。

【請求項 9】

入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析装置であって、

少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{\max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算部と、

40

係数テーブル t_0 には係数 $w_{t_0}(i)$ が格納されており、係数テーブル t_1 には係数 $w_{t_1}(i)$ 、係数テーブル t_2 には係数 $w_{t_2}(i)$ が格納されているとして、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、を用いて前記係数テーブル t_0, t_1, t_2 の中の1個の係数テーブルから係数を取得する係数決定部と、

前記取得した係数と前記自己相関 $R_0(i)$ とが対応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{\max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算部と、を含み、

前記周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、に

50

応じて、周期が短い場合、周期が中程度の場合、周期が長い場合の何れかの場合に分類されるとし、周期が短い場合に前記係数決定部で係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_0 とし、周期が中程度の場合に前記係数決定部で係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_1 とし、周期が長い場合に前記係数決定部で係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_2 として、少なくとも一部の i について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、それ以外の i のうちの少なくとも一部の各 i について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、残りの各 i について $w_{t_0}(i) > w_{t_1}(i) > w_{t_2}(i)$ である、

線形予測分析装置。

【請求項 10】

入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析装置であって、

少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算部と、

係数 $w_0(i)$ と前記自己相関 $R_0(i)$ とが対応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算部と、を含み、

少なくとも一部の各次数 i に対して、前記各次数 i に対応する係数 $w_0(i)$ が、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく基本周波数と正の相関関係にある値の増加とともに単調減少する関係にある場合が含まれている、

線形予測分析装置。

【請求項 11】

入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析装置であって、

少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算部と、

2個以上の係数テーブルのそれぞれには $i=0, 1, \dots, P_{max}$ の各次数 i と前記各次数 i に対応する係数 $w_0(i)$ とが対応付けて記憶されているとして、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく基本周波数と正の相関関係にある値を用いて前記2個以上の係数テーブルの中の1個の係数テーブルから係数 $w_0(i)$ を取得する係数決定部と、

取得された前記係数 $w_0(i)$ と前記自己相関 $R_0(i)$ とが対応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算部と、を含み、

前記2個以上の係数テーブルの中の、前記基本周波数と正の相関関係にある値が第一値である場合に前記係数決定部で係数 $w_0(i)$ が取得される係数テーブルを第一係数テーブルとし、

前記2個以上の係数テーブルの中の、前記基本周波数と正の相関関係にある値が前記第一値よりも小さい第二値である場合に前記係数決定部で係数 $w_0(i)$ が取得される係数テーブルを第二係数テーブルとして、

少なくとも一部の各次数 i に対して、前記第二係数テーブルにおける前記各次数 i に対応する係数は、前記第一係数テーブルにおける前記各次数 i に対応する係数よりも大きい、

線形予測分析装置。

【請求項 12】

入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析装置であって、

少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算部と、

係数テーブル t_0 には係数 $w_{t_0}(i)$ が格納されており、係数テーブル t_1 には係数 $w_{t_1}(i)$ 、係

10

20

30

40

50

数テーブル t_2 には係数 $w_{t_2}(i)$ が格納されているとして、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく基本周波数と正の相関関係にある値を用いて前記係数テーブル t_0, t_1, t_2 の中の1個の係数テーブルから係数を取得する係数決定部と、

前記取得した係数と前記自己相関 $R_0(i)$ とが対応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算部と、を含み、

前記基本周波数と正の相関関係にある値に応じて、基本周波数が高い場合、基本周波数が中程度の場合、基本周波数が低い場合の何れかの場合に分類されるとし、基本周波数が高い場合に前記係数決定部で係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_0 とし、基本周波数が中程度の場合に前記係数決定部で係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_1 とし、基本周波数が低い場合に前記係数決定部で係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_2 として、少なくとも一部の i について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、それ以外の i のうちの少なくとも一部の各 i について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、残りの各 i について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ である、

線形予測分析装置。

【請求項13】

請求項1から6の線形予測分析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14】

請求項1から6の線形予測分析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が記録され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】

この発明は、音声信号、音響信号、心電図、脳波、脳磁図、地震波等のデジタル時系列信号の分析技術に関する。

【背景技術】

【0002】

音声信号、音響信号の符号化では、入力された音声信号や音響信号を線形予測分析して得た予測係数に基づいて符号化する手法が広く用いられている（例えば、非特許文献1，2参照。）。

【0003】

非特許文献1から3では、図15に例示する線形予測分析装置により予測係数が計算されている。線形予測分析装置1は、自己相関計算部11、係数乗算部12及び予測係数計算部13を備えている。

【0004】

入力された時間領域のデジタル音声信号やデジタル音響信号である入力信号は、 N サンプルのフレーム毎に処理される。現時刻で処理対象とするフレームである現フレームの入力信号を $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$)とする。 n は入力信号における各サンプルのサンプル番号を表し、 N は所定の正の整数である。ここで、現フレームの1つ前のフレームの入力信号は $X_0(n)$ ($n=-N, -N+1, \dots, -1$)であり、現フレームの1つ後のフレームの入力信号は $X_0(n)$ ($n=N, N+1, \dots, 2N-1$)である。

【0005】

[自己相関計算部11]

線形予測分析装置1の自己相関計算部11は、入力信号 $X_0(n)$ から自己相関 $R_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)を式(11)により求める。 P_{max} は、 N 未満の所定の正の整数である。

【0006】

10

20

30

40

【数 1】

$$R_o(i) = \sum_{n=i}^{N-1} X_o(n) \times X_o(n-i) \quad (11)$$

【0007】

[係数乗算部12]

次に、係数乗算部12が、自己相関 $R_o(i)$ に予め定めた係数 $w_o(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{\max}$)を同じ i ごとに乗じることにより、変形自己相関 $R'_o(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{\max}$)を求める。すなわち、変形自己相関 $R'_o(i)$ は式(12)により求める。

【0008】

10

【数 2】

$$R'_o(i) = R_o(i) \times w_o(i) \quad (12)$$

【0009】

[予測係数計算部13]

そして、予測係数計算部13が、 $R'_o(i)$ を用いて、例えばLevinson-Durbin法などにより、1次から予め定めた最大次数である P_{\max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める。線形予測係数に変換可能な係数とは、PARCOR係数 $K_o(1), K_o(2), \dots, K_o(P_{\max})$ や線形予測係数 $a_o(1), a_o(2), \dots, a_o(P_{\max})$ 等である。

【0010】

20

非特許文献1である国際標準ITU-T G.718や非特許文献2である国際標準ITU-T G.729では、係数 $w_o(i)$ として予め求めておいた60 Hzのバンド幅の固定の係数を用いている。

【0011】

具体的には、係数 $w_o(i)$ は式(13)のように指数関数を用いて定義されており、式(3)では $f_0=60$ Hzという固定値が使われている。 f_s はサンプリング周波数である。

【0012】

【数 3】

$$w_o(i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi f_0 i}{f_s}\right)^2\right), i=1,2,\dots,P_{\max} \quad (13)$$

30

【0013】

非特許文献3には、上述の指数関数以外の関数に基づく係数を用いる例が記載されている。しかし、ここで用いられている関数は、サンプリング周期 (f_s に対応する周期に相当)と所定の定数 a とに基づく関数であり、やはり固定値の係数が使われている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0014】

【非特許文献1】ITU-T Recommendation G.718, ITU, 2008.

【非特許文献2】ITU-T Recommendation G.729, ITU, 1996

40

【非特許文献3】Yoh'ichi Tohkura, Fumitada Itakura, Shin'ichiro Hashimoto, "Spectral Smoothing Technique in PARCOR Speech Analysis-Synthesis", IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. ASSP-26, No.6, 1978

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

従来の音声信号、音響信号の符号化で用いられている線形予測分析方法では、自己相関 $R_o(i)$ に固定の係数 $w_o(i)$ が乗算して得られる変形自己相関 $R'_o(i)$ を用いて線形予測係数に変換可能な係数を求めていた。よって、自己相関 $R_o(i)$ への係数 $w_o(i)$ の乗算による変形を必要としないような、すなわち、変形自己相関 $R'_o(i)$ ではなく自己相関 $R_o(i)$ そのものを

50

用いて線形予測係数に変換可能な係数を求めたとしても、線形予測係数に変換可能な係数に対応するスペクトル包絡においてスペクトルのピークが大きくなりすぎることがないように入力信号の場合には、自己相関 $R_0(i)$ への係数 $w_0(i)$ の乗算によって、変形自己相関 $R'_0(i)$ により求まる線形予測係数に変換可能な係数に対応するスペクトル包絡が、入力信号 $X_0(n)$ のスペクトル包絡を近似する精度が下がってしまう、すなわち、線形予測分析の精度が下がってしまう、可能性があった。

【0016】

この発明は、従来よりも分析精度が高い線形予測分析方法、装置、プログラム及び記録媒体を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

10

【0017】

この発明の一態様による線形予測分析方法は、入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析方法であって、少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算ステップと、係数 $w_0(i)$ と自己相関 $R_0(i)$ とが対応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算ステップと、を含み、少なくとも一部の各次数 i に対して、各次数 i に対応する係数 $w_0(i)$ が、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、の増加とともに単調増加する関係にある場合が含まれている。

20

【0018】

この発明の一態様による線形予測分析方法は、入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析方法であって、少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算ステップと、2個以上の係数テーブルのそれぞれには $i=0, 1, \dots, P_{max}$ の各次数 i と各次数 i に対応する係数 $w_0(i)$ とが対応付けて記憶されているとして、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、を用いて2個以上の係数テーブルの中の1個の係数テーブルから係数 $w_0(i)$ を取得する係数決定ステップと、取得された係数 $w_0(i)$ と自己相関 $R_0(i)$ とが対応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算ステップと、を含み、2個以上の係数テーブルの中の、周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、が第一値である場合に係数決定ステップで係数 $w_0(i)$ が取得される係数テーブルを第一係数テーブルとし、2個以上の係数テーブルの中の、周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、が第一値よりも大きい第二値である場合に係数決定ステップで係数 $w_0(i)$ が取得される係数テーブルを第二係数テーブルとして、少なくとも一部の各次数 i に対して、第二係数テーブルにおける各次数 i に対応する係数は、第一係数テーブルにおける各次数 i に対応する係数よりも大きい。

30

40

【0019】

この発明の一態様による線形予測分析方法は、入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析方法であって、少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算ステップと、係数テーブル t_0 には係数 $w_{t_0}(i)$ が格納されており、係数テーブル t_1 には係数 $w_{t_1}(i)$ 、係数テーブル t_2 には係数 $w_{t_2}(i)$ が格納されているとして、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基

50

づく周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、を用いて係数テーブル t_0, t_1, t_2 の中の1個の係数テーブルから係数を取得する係数決定ステップと、取得した係数と自己相関 $R_0(i)$ とが対応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算ステップと、を含み、周期、または、周期の量子化値、または、基本周波数と負の相関関係にある値、に応じて、周期が短い場合、周期が中程度の場合、周期が長い場合の何れかの場合に分類されるとし、周期が短い場合に係数決定ステップで係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_0 とし、周期が中程度の場合に係数決定ステップで係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_1 とし、周期が長い場合に係数決定ステップで係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_2 として、少なくとも一部の i について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、それ以外の i のうち少なくとも一部の各 i について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、残りの各 i について $w_{t_0}(i) > w_{t_1}(i) > w_{t_2}(i)$ である。

10

この発明の一態様による線形予測分析方法は、入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析方法であって、少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算ステップと、係数 $w_0(i)$ と自己相関 $R_0(i)$ とが対応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算ステップと、を含み、少なくとも一部の各次数 i に対して、各次数 i に対応する係数 $w_0(i)$ が、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく基本周波数と正の相関関係にある値の増加とともに単調減少する関係にある場合が含まれている。

20

【0020】

この発明の一態様による線形予測分析方法は、入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析方法であって、少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算ステップと、2個以上の係数テーブルのそれぞれには $i=0, 1, \dots, P_{max}$ の各次数 i と各次数 i に対応する係数 $w_0(i)$ とが対応付けて記憶されているとして、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく基本周波数と正の相関関係にある値を用いて2個以上の係数テーブルの中の1個の係数テーブルから係数 $w_0(i)$ を取得する係数決定ステップと、取得された係数 $w_0(i)$ と自己相関 $R_0(i)$ とが対応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算ステップと、を含み、2個以上の係数テーブルの中の、基本周波数と正の相関関係にある値が第一値である場合に係数決定ステップで係数 $w_0(i)$ が取得される係数テーブルを第一係数テーブルとし、2個以上の係数テーブルの中の、基本周波数と正の相関関係にある値が第一値よりも小さい第二値である場合に係数決定ステップで係数 $w_0(i)$ が取得される係数テーブルを第二係数テーブルとして、少なくとも一部の各次数 i に対して、第二係数テーブルにおける各次数 i に対応する係数は、第一係数テーブルにおける各次数 i に対応する係数よりも大きい。

30

40

【0021】

この発明の一態様による線形予測分析方法は、入力時系列信号に対応する線形予測係数に変換可能な係数を、所定時間区間であるフレームごとに求める、線形予測分析方法であって、少なくとも $i=0, 1, \dots, P_{max}$ のそれぞれについて、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する自己相関計算ステップと、係数テーブル t_0 には係数 $w_{t_0}(i)$ が格納されており、係数テーブル t_1 には係数 $w_{t_1}(i)$ 、係数テーブル t_2 には係数 $w_{t_2}(i)$ が格納されているとして、現在又は過去のフレームにおける入力時系列信号に基づく基本周波数と正の相関関係にある値を用いて係数テーブル t_0, t_1, t_2 の中の1個の係数テーブルから係数を取得する係数決定ステップと、取得した係数と自己相関 $R_0(i)$ とが対

50

応する i ごとに乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、1次から P_{\max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める予測係数計算ステップと、を含み、基本周波数と正の相関関係にある値に応じて、基本周波数が高い場合、基本周波数が中程度の場合、基本周波数が低い場合の何れかの場合に分類されるとし、基本周波数が高い場合に係数決定ステップで係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_0 とし、基本周波数が中程度の場合に係数決定ステップで係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_1 とし、基本周波数が低い場合に係数決定ステップで係数が取得される係数テーブルを係数テーブル t_2 とし、少なくとも一部の i について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、それ以外の i のうちの少なくとも一部の各 i について $w_{t_0}(i) > w_{t_1}(i) > w_{t_2}(i)$ であり、残りの各 i について $w_{t_0}(i) = w_{t_1}(i) = w_{t_2}(i)$ である。

10

【発明の効果】

【0022】

変形自己相関を求めるために自己相関に乗じる係数として、基本周波数と正の相関関係にある値又は基本周波数と負の相関関係にある値に応じて特定される係数を用いることにより、従来よりも分析精度の高い線形予測を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】第一実施形態及び第二実施形態の線形予測装置の例を説明するためのブロック図。

。

【図2】線形予測分析方法の例を説明するためのフローチャート。

20

【図3】第二実施形態の線形予測分析方法の例を説明するためのフローチャート。

【図4】第二実施形態の線形予測分析方法の例を説明するためのフローチャート。

【図5】第三実施形態の線形予測分析装置の例を説明するためのブロック図。

【図6】第三実施形態の線形予測分析方法の例を説明するためのフローチャート。

【図7】第三実施形態の具体例を説明するための図。

【図8】第三実施形態の具体例を説明するための図。

【図9】実験結果の例を示す図。

【図10】変形例を説明するためのブロック図。

【図11】変形例を説明するためのブロック図。

【図12】変形例を説明するためのフローチャート。

30

【図13】第四実施形態の線形予測分析装置の例を説明するためのブロック図。

【図14】第四実施形態の変形例の線形予測分析装置の例を説明するためのブロック図。

【図15】従来の線形予測装置の例を説明するためのブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、図面を参照して、線形予測分析装置及び方法の各実施形態を説明する。

【0025】

[第一実施形態]

第一実施形態の線形予測分析装置2は、図1に示すように、自己相関計算部21、係数決定部24、係数乗算部22及び予測係数計算部23を例えば備えている。自己相関計算部21、係数乗算部22及び予測係数計算部23の動作は、従来の線形予測分析装置1の自己相関計算部11、係数乗算部12及び予測係数計算部13における動作とそれぞれ同じである。

40

【0026】

線形予測分析装置2には、所定時間区間であるフレームごとの時間領域のデジタル音声信号やデジタル音響信号や心電図、脳波、脳磁図、地震波等のデジタル信号である入力信号 $X_0(n)$ が入力される。入力信号は、入力時系列信号である。現フレームの入力信号を $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) とする。 n は入力信号における各サンプルのサンプル番号を表し、 N は所定の正の整数である。ここで、現フレームの1つ前のフレームの入力信号は $X_0(n)$ ($n=-N, -N+1, \dots, -1$) であり、現フレームの1つ後のフレームの入力信号は $X_0(n)$ ($n=N, N+1,$

50

..., $2N-1$)である。以下では、入力信号 $X_O(n)$ がデジタル音声信号やデジタル音響信号である場合について説明する。入力信号 $X_O(n)$ ($n=0,1,\dots,N-1$)は、収音された信号そのものであってもよいし、分析のためにサンプリングレートが変換された信号でもよいし、プリアンパシス処理された信号でもよいし、窓かけされた信号でもよい。

【 0 0 2 7 】

また、線形予測分析装置 2 には、フレームごとのデジタル音声信号やデジタル音響信号の基本周波数についての情報も入力される。基本周波数についての情報は、線形予測分析装置 2 外にある周期性分析部 9 0 0 で求められる。周期性分析部 9 0 0 は例えば基本周波数計算部 9 3 0 を備える。

【 0 0 2 8 】

[基本周波数計算部 9 3 0]

基本周波数計算部 9 3 0 は、現フレームの入力信号 $X_O(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$)および / または現フレームの近傍のフレームの入力信号の全部または一部から基本周波数 P を求める。基本周波数計算部 9 3 0 は、例えば、現フレームの入力信号 $X_O(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$)の全部または一部を含む信号区間のデジタル音声信号やデジタル音響信号の基本周波数 P を求め、基本周波数 P を特定可能な情報を基本周波数についての情報として出力する。基本周波数を求める方法としては、様々な公知の方法が存在するので、公知の何れの方法を用いてもよい。また、求めた基本周波数 P を符号化して基本周波数符号を得る構成とし、基本周波数符号を基本周波数についての情報として出力してもよい。さらに基本周波数符号に対応する基本周波数の量子化値 ΔP を得る構成とし、基本周波数の量子化値 ΔP を基本周波数についての情報として出力してもよい。以下、基本周波数計算部 9 3 0 の具体例について説明する。

【 0 0 2 9 】

< 基本周波数計算部 9 3 0 の具体例 1 >

基本周波数計算部 9 3 0 の具体例 1 は、現フレームの入力信号 $X_O(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$)が複数個のサブフレームで構成されている場合、かつ、同一のフレームについては線形予測分析装置 2 よりも先に基本周波数計算部 9 3 0 が動作される場合、の例である。基本周波数計算部 9 3 0 は、まず、2以上の整数である M 個のサブフレームである $X_{O_{s_1}}(n)$ ($n=0, 1, \dots, N/M-1$), ..., $X_{O_{s_M}}(n)$ ($n=(M-1)N/M, (M-1)N/M+1, \dots, N-1$)のそれぞれの基本周波数である P_{s_1}, \dots, P_{s_M} を求める。 N は M で割り切れるとする。基本周波数計算部 9 3 0 は、現フレームを構成する M 個のサブフレームの基本周波数である P_{s_1}, \dots, P_{s_M} のうちの最大値 $\max(P_{s_1}, \dots, P_{s_M})$ を特定可能な情報を基本周波数についての情報として出力する。

【 0 0 3 0 】

< 基本周波数計算部 9 3 0 の具体例 2 >

基本周波数計算部 9 3 0 の具体例 2 は、現フレームの入力信号 $X_O(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$)と1つ後のフレームの一部の入力信号 $X_O(n)$ ($n=N, N+1, \dots, N+Nn-1$) (ただし、 Nn は、 $n < N$ という関係を満たす所定の正の整数。)とで、先読み部分を含む信号区間が現フレームの信号区間として構成されている場合であり、かつ、同一のフレームについては線形予測分析装置 2 よりも後に基本周波数計算部 9 3 0 が動作される場合、の例である。基本周波数計算部 9 3 0 は、現フレームの信号区間について、現フレームの入力信号 $X_O(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$)と1つ後のフレームの一部の入力信号 $X_O(n)$ ($n=N, N+1, \dots, N+Nn-1$)のそれぞれの基本周波数である P_{now}, P_{next} を求め、基本周波数 P_{next} を基本周波数計算部 9 3 0 に記憶する。基本周波数計算部 9 3 0 は、また、1つ前のフレームの信号区間について求めて基本周波数計算部 9 3 0 に記憶されていた基本周波数 P_{next} 、すなわち、1つ前のフレームの信号区間のうちの現フレームの一部の入力信号 $X_O(n)$ ($n=0, 1, \dots, Nn-1$)について求めた基本周波数、を特定可能な情報を基本周波数についての情報として出力する。なお、具体例 1 と同様に、現フレームについては複数のサブフレームごとの基本周波数を求めてもよい。

【 0 0 3 1 】

< 基本周波数計算部 9 3 0 の具体例 3 >

基本周波数計算部 930 の具体例 3 は、現フレームの入力信号 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) そのものが現フレームの信号区間として構成されている場合であり、かつ、同一のフレームについては線形予測分析装置 2 よりも後に基本周波数計算部 930 が動作される場合、の例である。基本周波数計算部 930 は、現フレームの信号区間である現フレームの入力信号 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) の基本周波数 P を求め、基本周波数 P を基本周波数計算部 930 に記憶する。基本周波数計算部 930 は、また、1 つ前のフレームの信号区間、すなわち、1 つ前のフレームの入力信号 $X_0(n)$ ($n=-N, -N+1, \dots, -1$) について求めて基本周波数計算部 930 に記憶されていた基本周波数 P を特定可能な情報を基本周波数についての情報として出力する。

【0032】

10

以下、線形予測分析装置 2 の動作について説明する。図 2 は、線形予測分析装置 2 による線形予測分析方法のフローチャートである。

【0033】

[自己相関計算部 21]

自己相関計算部 21 は、入力された N サンプルのフレーム毎の時間領域のデジタル音声信号やデジタル音響信号である入力信号 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) から自己相関 $R_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$) を計算する (ステップ S1)。 P_{\max} は、予測係数計算部 23 が求める線形予測係数に変換可能な係数の最大次数であり、 N 以下の所定の正の整数である。計算された自己相関 $R_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$) は、係数乗算部 22 に提供される。

【0034】

20

自己相関計算部 21 は、入力信号 $X_0(n)$ を用いて、例えば式 (14A) により自己相関 $R_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$) を計算する。すなわち、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_0(n-i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する。

【0035】

【数 4】

$$R_0(i) = \sum_{n=i}^{N-1} X_0(n) \times X_0(n-i) \quad (14A)$$

【0036】

または、自己相関計算部 21 は、入力信号 $X_0(n)$ を用いて、例えば式 (14B) により自己相関 $R_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$) を計算する。すなわち、現在のフレームの入力時系列信号 $X_0(n)$ と i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_0(n+i)$ との自己相関 $R_0(i)$ を計算する。

30

【0037】

【数 5】

$$R_0(i) = \sum_{n=0}^{N-1-i} X_0(n) \times X_0(n+i) \quad (14B)$$

【0038】

または、自己相関計算部 21 は、入力信号 $X_0(n)$ に対応するパワースペクトルを求めてから Wiener-Khinchin の定理に従って自己相関 $R_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$) を計算してもよい。また、何れに方法においても、入力信号 $X_0(n)$ ($n=-N_p, -N_p+1, \dots, -1, 0, 1, \dots, N-1, N, \dots, N-1+N_n$) というように前後のフレームの入力信号の一部も用いて自己相関 $R_0(i)$ を計算してもよい。ここで、 N_p, N_n はそれぞれ、 $N_p < N$ 、 $N_n < N$ という関係を満たす所定の正の整数である。もしくは、MDC T 系列をパワースペクトルの近似として代用し、近似されたパワースペクトルから自己相関を求めてもよい。このように自己相関の算出方法は世の中で使われている公知技術の何れかを用いることができる。

40

【0039】

[係数決定部 24]

係数決定部 24 は、入力された基本周波数についての情報を用いて、係数 $w_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$) を決定する (ステップ S4)。係数 $w_0(i)$ は、自己相関 $R_0(i)$ を変形して変形自

50

己相関 $R'_0(i)$ を得るための係数である。係数 $w_0(i)$ は、信号処理の分野においては、ラグ窓 $w_0(i)$ 又はラグ窓係数 $w_0(i)$ とも呼ばれているものである。係数 $w_0(i)$ は正の値であるので、係数 $w_0(i)$ が所定の値よりも大きい/小さいことを、係数 $w_0(i)$ の大きさが所定の値よりも大きい/小さいと表現することがある。また、ラグ窓 $w_0(i)$ の大きさととは、そのラグ窓 $w_0(i)$ の値を意味するものとする。

【0040】

係数決定部24に入力される基本周波数についての情報は、現フレームの入力信号および/または現フレームの近傍のフレームの入力信号の全部または一部から求めた基本周波数を特定する情報である。すなわち、係数 $w_0(i)$ の決定に用いる基本周波数は、現フレームの入力信号および/または現フレームの近傍のフレームの入力信号の全部または一部から求めた基本周波数である。

10

【0041】

係数決定部24は、0次から P_{\max} 次の全てまたは一部の次数について、基本周波数についての情報に対応する基本周波数の取り得る範囲のうち全てまたは一部で、基本周波数についての情報に対応する基本周波数が大きいほど小さな値を係数 $w_0(0)$, $w_0(1)$, ..., $w_0(P_{\max})$ として決定する。また、係数決定部24は、基本周波数の代わりに基本周波数と正の相関関係にある値を用いて、基本周波数が大きいほど小さな値を係数 $w_0(0)$, $w_0(1)$, ..., $w_0(P_{\max})$ として決定してもよい。

【0042】

すなわち、係数 $w_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{\max}$)は、少なくとも一部の予測次数 i に対して、その次数 i に対応する係数 $w_0(i)$ の大きさが、現フレームの入力信号 $X_0(n)$ の全部または一部を含む信号区間の基本周波数と正の相関関係にある値の増加とともに単調減少する関係にある場合が含まれているように決定される。言い換えれば、後述するように、次数 i によっては、係数 $w_0(i)$ の大きさが基本周波数と正の相関関係にある値の増加とともに単調減少しなくてもよい。

20

【0043】

さらに、基本周波数と正の相関関係にある値の取り得る範囲には、係数 $w_0(i)$ の大きさが基本周波数と正の相関関係にある値の増加に関わらず一定の範囲があってもよいが、その他の範囲では係数 $w_0(i)$ の大きさが基本周波数と正の相関関係にある値の増加とともに単調減少するものとする。

30

【0044】

係数決定部24は、例えば、入力された基本周波数についての情報に対応する基本周波数についての単調非増加関数を用いて、係数 $w_0(i)$ を決定する。例えば、以下の式(1)により係数 $w_0(i)$ を決定する。以下の式において、 P は入力された基本周波数についての情報に対応する基本周波数である。

【0045】

【数6】

$$w_0(i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi Pi}{f_s}\right)^2\right), i = 0, 1, \dots, P_{\max} \quad (1)$$

40

【0046】

または、0より大きい予め定めた値である α を用いた、以下の式(2)により係数 $w_0(i)$ を決定する。 α は、係数 $w_0(i)$ をラグ窓としてとらえたときのラグ窓の幅、言い換えればラグ窓の強さを調整するための値である。予め定める α は、例えば、複数の α の候補値について線形予測分析装置2を含む符号化装置とその符号化装置に対応する復号装置とで音声信号や音響信号を符号化復号して、復号音声信号や復号音響信号の主観品質や客観品質が良好である候補値を α として選択することにより定めればよい。

【数7】

$$w_o(i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi\alpha P i}{f_s}\right)^2\right), i = 0, 1, \dots, P_{\max} \quad (2)$$

【0047】

または、基本周波数Pについての予め定めた関数f(P)を用いた、以下の式(2A)により係数 $w_o(i)$ を決定してもよい。関数f(P)は、 $f(P) = P + \alpha$ (α は正の数、 α は任意の数)、 $f(P) = P^2 + \alpha P$ (α は正の数、 α は任意の数)などの、基本周波数Pと正の相関関係、基本周波数Pに対して単調非減少の関係となる関数である。

10

【数8】

$$w_o(i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi f(P) i}{f_s}\right)^2\right), i = 0, 1, \dots, P_{\max} \quad (2A)$$

【0048】

また、基本周波数Pを用いて係数 $w_o(i)$ を決定する式は、上述の式(1)、(2)、(2A)に限らず、基本周波数と正の相関関係にある値の増加に対して単調非増加の関係を記述できるものであれば他の式であってもよい。例えば、係数 $w_o(i)$ を、以下の(3)から(6)の何れかの式により決定してもよい。以下の(3)から(6)の式において、aを基本周波数に依存して決まる実数とし、mを基本周波数に依存して決まる自然数とする。例えば、aを基本周波数と負の相関関係にある値とし、mを基本周波数と負の相関関係にある値とする。aはサンプリング周期である。

20

【0049】

【数9】

$$w_o(i) = 1 - \tau i / a, i = 0, 1, \dots, P_{\max} \quad (3)$$

$$w_o(i) = \binom{2m}{m-i} / \binom{2m}{m}, i = 0, 1, \dots, P_{\max} \quad (4)$$

30

$$w_o(i) = \left(\frac{\sin a \tau i}{a \tau i}\right)^2, i = 0, 1, \dots, P_{\max} \quad (5)$$

$$w_o(i) = \left(\frac{\sin a \tau i}{a \tau i}\right), i = 0, 1, \dots, P_{\max} \quad (6)$$

【0050】

式(3)はBartlett windowと呼ばれる形式の窓関数であり、式(4)はBinomial windowと呼ばれる形式の窓関数であり、式(5)はTriangular in frequency domain windowと呼ばれる形式の窓関数であり、式(6)はRectangular in frequency domain windowと呼ばれる形式の窓関数である。

40

【0051】

なお、 $0 \leq i \leq P_{\max}$ の各iではなく、少なくとも一部の次数iについてのみ、係数 $w_o(i)$ が基本周波数と正の相関関係にある値の増加とともに単調減少してもよい。言い換えれば、次数iによっては、係数 $w_o(i)$ の大きさが基本周波数と正の相関関係にある値の増加とともに単調減少しなくてもよい。

【0052】

例えば、 $i=0$ の場合は、上述の式(1)から式(6)の何れかを用いて係数 $w_o(0)$ の値を決定してもよいし、ITU-T G.718等でも用いられているような $w_o(0) = 1.0001$ 、 $w_o(0) = 1.003$ といった、基本周波数と正の相関関係にある値には依存しない、経験的に得られた固定値を用

50

いてもよい。すなわち、 $1 \leq i \leq P_{\max}$ の各*i*については、係数 $w_0(i)$ は基本周波数と正の相関関係にある値が大きいほど小さな値を取るが、 $i=0$ の係数についてはこの限りではなく固定値を用いてもよい。

【 0 0 5 3 】

[係数乗算部 2 2]

係数乗算部 2 2 は、係数決定部 2 4 で決定した係数 $w_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{\max}$)と、自己相関計算部 2 1 で求めた自己相関 $R_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{\max}$)とを同じ*i*ごとに乗じることにより、変形自己相関 $R'_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{\max}$)を求める(ステップ S 2)。すなわち、係数乗算部 2 2 は、以下の式(15)により自己相関 $R'_0(i)$ を計算する。計算された自己相関 $R'_0(i)$ は、予測係数計算部 2 3 に提供される。

【 0 0 5 4 】

【数 1 0】

$$R'_0(i) = R_0(i) \times w_0(i) \quad (15)$$

【 0 0 5 5 】

[予測係数計算部 2 3]

予測係数計算部 2 3 は、変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて線形予測係数に変換可能な係数を求める(ステップ S 3)。

【 0 0 5 6 】

例えば、予測係数計算部 2 3 は、変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて、Levinson-Durbin法などにより、1次から予め定めた最大次数である P_{\max} 次までのPARCOR係数 $K_0(1), K_0(2), \dots, K_0(P_{\max})$ や線形予測係数 $a_0(1), a_0(2), \dots, a_0(P_{\max})$ を計算する。

【 0 0 5 7 】

第一実施形態の線形予測分析装置 2 によれば、基本周波数と正の相関関係にある値に応じて、少なくとも一部の予測次数*i*に対して、その次数*i*に対応する係数 $w_0(i)$ の大きさが、現フレームの入力信号 $X_0(n)$ の全部または一部を含む信号区間の基本周波数と正の相関関係にある値の増加とともに単調減少する関係にある場合が含まれている係数 $w_0(i)$ を自己相関に乗算して変形自己相関を求めて線形予測係数に変換可能な係数を求めることにより、入力信号の基本周波数が高いときであってもピッチ成分に起因するスペクトルのピークの発生を抑えた線形予測係数に変換可能な係数を求めることができ、かつ、入力信号の基本周波数が低いときであってもスペクトル包絡を表現可能な線形予測係数に変換可能な係数を求めることができ、従来よりも分析精度の高い線形予測を実現することができる。したがって、第一実施形態の線形予測分析装置 2 を含む符号化装置とその符号化装置に対応する復号装置とで音声信号や音響信号を符号化復号して得られる復号音声信号や復号音響信号の品質は、従来よりも分析精度の高い線形予測分析装置を含む符号化装置とその符号化装置に対応する復号装置とで音声信号や音響信号を符号化復号して得られる復号音声信号や復号音響信号の品質よりも、良い。

【 0 0 5 8 】

< 第一実施形態の変形例 >

第一実施形態の変形例は、係数決定部 2 4 が、基本周波数と正の相関関係にある値ではなく、基本周波数と負の相関関係にある値に基づいて係数 $w_0(i)$ を決定するものである。基本周波数と負の相関関係にある値とは、例えば周期、周期の推定値又は周期の量子化値である。例えば、周期 T 、基本周波数 P 、サンプリング周波数 f_s とすると、 $T=f_s/P$ となるため、周期は基本周波数と負の相関関係にあるものである。基本周波数と負の相関関係にある値に基づいて係数 $w_0(i)$ を決定する例を第一実施形態の変形例として説明する。

【 0 0 5 9 】

第一実施形態の変形例の線形予測分析装置 2 の機能構成と線形予測分析装置 2 による線形予測分析方法のフローチャートは、第一実施形態と同じ図 1 と図 2 である。第一実施形態の変形例の線形予測分析装置 2 は、係数決定部 2 4 の処理が異なる部分以外は、第一実施形態の線形予測分析装置 2 と同じである。線形予測分析装置 2 には、フレームごとのデ

10

20

30

40

50

ィジタル音声信号やディジタル音響信号の周期についての情報も入力される。周期についての情報は、線形予測分析装置 2 外にある周期性分析部 9 0 0 で求められる。周期性分析部 9 0 0 は例えば周期計算部 9 4 0 を備える。

【 0 0 6 0 】

[周期計算部 9 4 0]

周期計算部 9 4 0 は、現フレームの入力信号 X_0 および/または現フレームの近傍のフレームの入力信号の全部または一部から周期 T を求める。周期計算部 9 4 0 は、例えば、現フレームの入力信号 $X_0(n)$ の全部または一部を含む信号区間のディジタル音声信号やディジタル音響信号の周期 T を求め、周期 T を特定可能な情報を周期についての情報として出力する。周期を求める方法としては、様々な公知の方法が存在するので、公知の何れの方法を用いてもよい。また、求めた周期 T を符号化して周期符号を得る構成とし、周期符号を周期についての情報として出力してもよい。さらに周期符号に対応する周期の量子化値 ΔT を得る構成とし、周期の量子化値 ΔT を周期についての情報として出力してもよい。以下、周期計算部 9 4 0 の具体例について説明する。

10

【 0 0 6 1 】

< 周期計算部 9 4 0 の具体例 1 >

周期計算部 9 4 0 の具体例 1 は、現フレームの入力信号 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$)が複数個のサブフレームで構成されている場合、かつ、同一のフレームについては線形予測分析装置 2 よりも先に周期計算部 9 4 0 が動作される場合、の例である。周期計算部 9 4 0 は、まず、2以上の整数である M 個のサブフレームである $X_{0s1}(n)$ ($n=0, 1, \dots, N/M-1$), \dots , $X_{0sM}(n)$ ($n=(M-1)N/M, (M-1)N/M+1, \dots, N-1$)のそれぞれの周期である T_{s1}, \dots, T_{sM} を求める。 N は M で割り切れるとする。周期計算部 9 4 0 は、現フレームを構成する M 個のサブフレームの周期である T_{s1}, \dots, T_{sM} のうち最小値 $\min(T_{s1}, \dots, T_{sM})$ を特定可能な情報を周期についての情報として出力する。

20

【 0 0 6 2 】

< 周期計算部 9 4 0 の具体例 2 >

周期計算部 9 4 0 の具体例 2 は、現フレームの入力信号 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$)と1つ後のフレームの一部の入力信号 $X_0(n)$ ($n=N, N+1, \dots, N+Nn-1$) (ただし、 Nn は、 $Nn < N$ という関係を満たす所定の正の整数。)とで、先読み部分を含む信号区間が現フレームの信号区間として構成されている場合であり、かつ、同一のフレームについては線形予測分析装置 2 よりも後に周期計算部 9 4 0 が動作される場合、の例である。周期計算部 9 4 0 は、現フレームの信号区間について、現フレームの入力信号 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$)と1つ後のフレームの一部の入力信号 $X_0(n)$ ($n=N, N+1, \dots, N+Nn-1$)のそれぞれの周期である T_{now}, T_{next} を求め、周期 T_{next} を周期計算部 9 4 0 に記憶する。周期計算部 9 4 0 は、また、1つ前のフレームの信号区間について求めて周期計算部 9 4 0 に記憶されていた周期 T_{next} 、すなわち、1つ前のフレームの信号区間のうちの現フレームの一部の入力信号 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, Nn-1$)について求めた周期、を特定可能な情報を周期についての情報として出力する。なお、具体例 1 と同様に、現フレームについては複数のサブフレームごとの周期を求めてもよい。

30

【 0 0 6 3 】

< 周期計算部 9 4 0 の具体例 3 >

周期計算部 9 4 0 の具体例 3 は、現フレームの入力信号 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$)そのものが現フレームの信号区間として構成されている場合であり、かつ、同一のフレームについては線形予測分析装置 2 よりも後に周期計算部 9 4 0 が動作される場合、の例である。周期計算部 9 4 0 は、現フレームの信号区間である現フレームの入力信号 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$)の周期 T を求め、周期 T を周期計算部 9 4 0 に記憶する。周期計算部 9 4 0 は、また、1つ前のフレームの信号区間、すなわち、1つ前のフレームの入力信号 $X_0(n)$ ($n=-N, -N+1, \dots, -1$)について求めて周期計算部 9 4 0 に記憶されていた周期 T を特定可能な情報を周期についての情報として出力する。

40

【 0 0 6 4 】

50

以下、第一実施形態の変形例の線形予測分析装置 2 の動作のうち、第一実施形態の線形予測分析装置 2 と異なる部分である係数決定部 2 4 の処理について説明する。

【 0 0 6 5 】

[変形例の係数決定部 2 4]

第一実施形態の変形例の線形予測分析装置 2 の係数決定部 2 4 は、入力された周期についての情報を用いて、係数 $w_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{\max}$)を決定する(ステップ S 4)。

【 0 0 6 6 】

係数決定部 2 4 に入力される周期についての情報は、現フレームの入力信号および/または現フレームの近傍のフレームの入力信号の全部または一部から求めた周期を特定する情報である。すなわち、係数 $w_0(i)$ の決定に用いる周期は、現フレームの入力信号および/または現フレームの近傍のフレームの入力信号の全部または一部から求めた周期である。

10

【 0 0 6 7 】

係数決定部 2 4 は、0次から P_{\max} 次の全てまたは一部の次数について、周期についての情報に対応する周期の取り得る範囲のうち全てまたは一部で、周期についての情報に対応する周期が大きいほど大きな値を係数 $w_0(0)$, $w_0(1)$, ..., $w_0(P_{\max})$ として決定する。また、係数決定部 2 4 は、周期の代わりに周期と正の相関関係にある値を用いて、周期が大きいほど大きな値を係数 $w_0(0)$, $w_0(1)$, ..., $w_0(P_{\max})$ として決定してもよい。

【 0 0 6 8 】

すなわち、係数 $w_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{\max}$)は、少なくとも一部の予測次数*i*に対して、その次数*i*に対応する係数 $w_0(i)$ の大きさが、現フレームの入力信号 $X_0(n)$ の全部または一部を含む信号区間の基本周波数と負の相関関係にある値の増加とともに単調増加する関係にある場合が含まれているように決定される。

20

言い換えれば、次数*i*によっては、係数 $w_0(i)$ の大きさが基本周波数と負の相関関係にある値の増加とともに単調増加しなくてもよい。

【 0 0 6 9 】

さらに、基本周波数と負の相関関係にある値の取り得る範囲には、係数 $w_0(i)$ の大きさが基本周波数と負の相関関係にある値の増加に関わらず一定の範囲があってもよいが、その他の範囲では係数 $w_0(i)$ の大きさが基本周波数と負の相関関係にある値の増加とともに単調増加するものとする。

30

【 0 0 7 0 】

係数決定部 2 4 は、例えば、入力された周期についての情報に対応する周期についての単調非減少関数を用いて、係数 $w_0(i)$ を決定する。例えば、以下の式(7)により係数 $w_0(i)$ を決定する。 T は入力された周期についての情報に対応する周期である。

【 0 0 7 1 】

【数 1 1】

$$w_0(i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi i}{T}\right)^2\right), i = 0, 1, 2, \dots, P_{\max} \quad (7)$$

【 0 0 7 2 】

40

または、0より大きい予め定めた値である α を用いた、以下の式(8)により係数 $w_0(i)$ を決定する。 α は、係数 $w_0(i)$ をラグ窓としてとらえたときのラグ窓の幅、言い換えればラグ窓の強さを調整するための値である。予め定める α は、例えば、複数の α の候補値について線形予測分析装置 2 を含む符号化装置とその符号化装置に対応する復号装置とで音声信号や音響信号を符号化復号して、復号音声信号や復号音響信号の主観品質や客観品質が良好である候補値を α として選択することにより定めればよい。

【数 1 2】

$$w_0(i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi i}{\alpha T}\right)^2\right), i = 0, 1, 2, \dots, P_{\max} \quad (8)$$

50

【 0 0 7 3 】

または、周期Tについての予め定めた関数f(T)を用いた、以下の式(8A)により係数 $w_0(i)$ を決定する。関数f(T)は、 $f(T) = T + \left(\text{は正の数、} \text{は任意の数} \right)$ 、 $f(T) = T^2 + T + \left(\text{は正の数、} \text{は任意の数} \right)$ などの、周期Tと正の相関関係、周期Tに対して単調非減少の関係となる関数である。

【 数 1 3 】

$$w_0(i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi i}{f(T)}\right)^2\right), i = 0, 1, 2, \dots, P_{\max} \quad (8A)$$

10

【 0 0 7 4 】

なお、周期Tを用いて係数 $w_0(i)$ を決定する式は、上述の式(7)、(8)、(8A)に限らず、基本周波数と負の相関関係にある値の増加に対して単調非減少の関係を記述できるものであれば他の式であってもよい。

【 0 0 7 5 】

なお、 $0 \leq i \leq P_{\max}$ の各iではなく、少なくとも一部の次数iについてのみ、係数 $w_0(i)$ が基本周波数と負の相関関係にある値の増加とともに単調増加してもよい。言い換えれば、次数iによっては、係数 $w_0(i)$ の大きさが基本周波数と負の相関関係にある値の増加とともに単調増加しなくてもよい。

【 0 0 7 6 】

例えば、 $i=0$ の場合は、上述の式(7)、(8)、(8A)を用いて係数 $w_0(0)$ の値を決定してもよいし、ITU-T G.718等でも用いられているような $w_0(0) = 1.0001$ 、 $w_0(0) = 1.003$ といった、基本周波数と負の相関関係にある値には依存しない、経験的に得られた固定値を用いてもよい。すなわち、 $1 \leq i \leq P_{\max}$ の各iについては、係数 $w_0(i)$ は基本周波数と負の相関関係にある値が大きいかほど大きな値を取るが、 $i=0$ の係数についてはこの限りではなく固定値を用いてもよい。

20

【 0 0 7 7 】

第一実施形態の変形例の線形予測分析装置2によれば、基本周波数と負の相関関係にある値に応じて、少なくとも一部の予測次数iに対して、その次数iに対応する係数 $w_0(i)$ の大きさが、現フレームの入力信号 $X_0(n)$ の全部または一部を含む信号区間の基本周波数と負の相関関係にある値の増加とともに単調増加する関係にある場合が含まれている係数 $w_0(i)$ を自己相関に乗算して変形自己相関を求めて線形予測係数に変換可能な係数を求めることにより、入力信号の基本周波数が高いときであってもピッチ成分に起因するスペクトルのピークの発生を抑えた線形予測係数に変換可能な係数を求めることができ、かつ、入力信号の基本周波数が低いときであってもスペクトル包絡を表現可能な線形予測係数に変換可能な係数を求めることができ、従来よりも分析精度の高い線形予測を実現することができる。したがって、第一実施形態の変形例の線形予測分析装置2を含む符号化装置とその符号化装置に対応する復号装置とで音声信号や音響信号を符号化復号して得られる復号音声信号や復号音響信号の品質は、従来の線形予測分析装置を含む符号化装置とその符号化装置に対応する復号装置とで音声信号や音響信号を符号化復号して得られる復号音声信号や復号音響信号の品質よりも、良い。

30

40

【 0 0 7 8 】

[実験結果]

図9は、24個の音声音響信号ソースと24人の被験者によるMOS評価実験の実験結果である。図9の「従来法」「cutA」の6つのMOS値は、従来の線形予測分析装置を含む図9に記載した各ビットレートの符号化装置とそれらの符号化装置に対応する復号装置とを用いて、音声音響信号ソースを符号化復号して得られた復号音声信号や復号音響信号に対するMOS値である。図9の「提案手法」「cutB」の6つのMOS値は、第一実施形態の変形例の線形予測分析装置を含む図9に記載した各ビットレートの符号化装置とそれらの符号化装置に対応する復号装置とを用いて、音声音響信号ソースを符号化復号して得られ

50

た復号音声信号や復号音響信号に対するMOS値である。図9の実験結果からも、本発明の線形予測分析装置を含む符号化装置とその符号化装置に対応する復号装置とを用いることにより、従来の線形予測分析装置を含む場合よりも、高いMOS値すなわち良い音質を得られたことがわかる。

【0079】

[第二実施形態]

第二実施形態は、基本周波数と正の相関関係にある値又は基本周波数と負の相関関係にある値と所定の閾値とを比較し、その比較結果に応じて係数 $w_0(i)$ を決定するものである。第二実施形態は、係数決定部24における係数 $w_0(i)$ の決定方法のみが第一実施形態と異なり、他の点について第一実施形態と同様である。以下、第一実施形態と異なる部分を中心にして説明し、第一実施形態と同様の部分については重複説明を省略する。

10

【0080】

ここではまず、基本周波数と正の相関関係にある値と所定の閾値とを比較し、その比較結果に応じて係数 $w_0(i)$ を決定する例について説明し、基本周波数と負の相関関係にある値と所定の閾値とを比較し、その比較結果に応じて係数 $w_0(i)$ を決定する例は第二実施形態の第一変形例で説明する。

【0081】

第二実施形態の線形予測分析装置2の機能構成と線形予測分析装置2による線形予測分析方法のフローチャートは、第一実施形態と同じ図1と図2である。第二実施形態の線形予測分析装置2は、係数決定部24の処理が異なる部分以外は、第一実施形態の線形予測分析装置2と同じである。

20

【0082】

第二実施形態の係数決定部24の処理の流れの例を図3に示す。第二実施形態の係数決定部24は、図3の各ステップS41A、ステップS42、ステップS43の処理を例えに行う。

【0083】

係数決定部24は、入力された基本周波数についての情報に対応する基本周波数と正の相関関係にある値と所定の閾値とを比較する(ステップS41A)。入力された基本周波数についての情報に対応する基本周波数と正の相関関係にある値とは、例えば、入力された基本周波数についての情報に対応する基本周波数そのものである。

30

【0084】

係数決定部24は、基本周波数と正の相関関係にある値が所定の閾値以上である場合、すなわち、基本周波数が高いと判断された場合には、予め定めた規則により係数 $w_h(i)$ を決定し、この決定された係数 $w_h(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を $w_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)とする(ステップS42)。すなわち、 $w_0(i)=w_h(i)$ とする。

【0085】

係数決定部24は、基本周波数と正の相関関係にある値が所定の閾値以上でない場合、すなわち、基本周波数が低いと判断された場合には、予め定めた規則により係数 $w_l(i)$ を決定し、この決定された係数 $w_l(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を $w_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)とする(ステップS43)。すなわち、 $w_0(i)=w_l(i)$ とする。

40

【0086】

ここで、 $w_h(i)$ と $w_l(i)$ は、少なくとも一部の各*i*について $w_h(i)<w_l(i)$ という関係を満たすよう決定する。または、 $w_h(i)$ と $w_l(i)$ は、少なくとも一部の各*i*については $w_h(i)<w_l(i)$ という関係を満たし、それ以外の*i*については $w_h(i) \geq w_l(i)$ という関係を満たすよう決定する。ここで、少なくとも一部の各*i*とは、例えば0以外の*i*(つまり、 $1 \leq i \leq P_{max}$)のことである。例えば、 $w_h(i)$ と $w_l(i)$ は、式(1)で基本周波数*P*が*P1*であるときの $w_0(i)$ を $w_h(i)$ として求め、式(1)で基本周波数*P*が*P2*(ただし $P1>P2$)であるときの $w_0(i)$ を $w_l(i)$ として求めるという予め定めた規則により求める。また、例えば、 $w_h(i)$ と $w_l(i)$ は、式(2)で*P*が*P1*であるときの $w_0(i)$ を $w_h(i)$ として求め、式(2)で*P*が*P2*(ただし $P1>P2$)であるときの $w_0(i)$ を $w_l(i)$ として求めるという予め定めた規則により求める。この場合は、 $P1 > P2$ と

50

2は共に式(2)のと同様に予め定めておく。なお、これらの何れかの規則により予め求めた $w_h(i)$ と $w_l(i)$ をテーブルに記憶しておき、基本周波数と正の相関関係にある値が所定の閾値以上であるか否かにより $w_h(i)$ と $w_l(i)$ の何れかをテーブルから選択する構成としてもよい。また、 $w_h(i)$ と $w_l(i)$ のそれぞれは、 i が大きくなるにつれて $w_h(i)$ 、 $w_l(i)$ の値が小さくなるように決定される。なお、 $i=0$ の係数 $w_h(0)$ 、 $w_l(0)$ については、 $w_h(0) > w_l(0)$ の関係を満たしていることは必須ではなく、 $w_h(0) > w_l(0)$ の関係を満たす値を用いてもよい。

【0087】

第二実施形態によっても、第一実施形態と同様に、入力信号の基本周波数が高いときであってもピッチ成分に起因するスペクトルのピークの発生を抑えた線形予測係数に変換可能な係数を求めることができ、かつ、入力信号の基本周波数が低いときであってもスペクトル包絡を表現可能な線形予測係数に変換可能な係数を求めることができ、従来よりも分析精度の高い線形予測を実現することができる。

10

【0088】

<第二実施形態の第一変形例>

第二実施形態の第一変形例は、基本周波数と正の相関関係にある値ではなく、基本周波数と負の相関関係にある値と所定の閾値とを比較し、その比較結果に応じて係数 $w_0(i)$ を決定するものである。第二実施形態の第一変形例における所定の閾値は、第二実施形態において基本周波数と正の相関関係にある値と比較される所定の閾値とは異なる。

【0089】

第二実施形態の第一変形例の線形予測分析装置2の機能構成とフローチャートは、第一実施形態の変形例と同じ図1と図2である。第二実施形態の第一変形例の線形予測分析装置2は、係数決定部24の処理が異なる部分以外は、第一実施形態の変形例の線形予測分析装置2と同じである。

20

【0090】

第二実施形態の第一変形例の係数決定部24の処理の流れの例を図4に示す。第二実施形態の第一変形例の係数決定部24は、図4のステップS41B、ステップS42、ステップS43の処理を例えば行う。

【0091】

係数決定部24は、入力された周期についての情報に対応する基本周波数と負の相関関係にある値と所定の閾値とを比較する(ステップS41B)。入力された周期についての情報に対応する基本周波数と負の相関関係にある値とは、例えば、入力された周期についての情報に対応する周期である。

30

【0092】

係数決定部24は、基本周波数と負の相関関係にある値が所定の閾値以下である場合、すなわち、周期が短いと判断された場合には、予め定めた規則により係数 $w_h(i)$ ($i=0,1, \dots, P_{max}$)を決定し、この決定された係数 $w_h(i)$ ($i=0,1, \dots, P_{max}$)を $w_0(i)$ ($i=0,1, \dots, P_{max}$)とする(ステップS42)。すなわち、 $w_0(i)=w_h(i)$ とする。

【0093】

係数決定部24は、基本周波数と負の相関関係にある値が所定の閾値以下でない場合、すなわち、周期が長いと判断された場合には、予め定めた規則により係数 $w_l(i)$ ($i=0,1, \dots, P_{max}$)を決定し、この決定された係数 $w_l(i)$ を $w_0(i)$ とする(ステップS43)。すなわち、 $w_0(i)=w_l(i)$ とする。

40

【0094】

ここで、 $w_h(i)$ と $w_l(i)$ は、少なくとも一部の i について $w_h(i) < w_l(i)$ という関係を満たすよう決定する。または、 $w_h(i)$ と $w_l(i)$ は、少なくとも一部の i については $w_h(i) < w_l(i)$ という関係を満たし、その他の i については $w_h(i) > w_l(i)$ という関係を満たすよう決定する。ここで、少なくとも一部の i とは、例えば0以外の i (つまり、 $1 \leq i \leq P_{max}$)のことである。例えば、 $w_h(i)$ と $w_l(i)$ は、式(7)で周期 T が $T1$ であるときの $w_0(i)$ を $w_h(i)$ として求め、式(7)で周期 T が $T2$ (ただし $T1 < T2$)であるときの $w_0(i)$ を $w_l(i)$ として求めるという予め定め

50

た規則により求める。また、例えば、 $w_h(i)$ と $w_l(i)$ は、式(8)で α が 1であるときの $w_0(i)$ を $w_h(i)$ として求め、式(8)で α が 2(ただし $1 < 2$)であるときの $w_0(i)$ を $w_l(i)$ として求めるという予め定めた規則により求める。この場合は、 $\alpha = 1$ と $\alpha = 2$ は共に式(8)の $w_0(i)$ と同様に予め定めておく。なお、これらの何れかの規則により予め求めた $w_h(i)$ と $w_l(i)$ をテーブルに記憶しておき、基本周波数と負の相関関係にある値が所定の閾値以下であるか否かにより $w_h(i)$ と $w_l(i)$ の何れかをテーブルから選択する構成としてもよい。また、 $w_h(i)$ と $w_l(i)$ のそれぞれは、 i が大きくなるにつれて $w_h(i)$ 、 $w_l(i)$ の値が小さくなるように決定される。なお、 $i=0$ の係数 $w_h(0)$ 、 $w_l(0)$ については、 $w_h(0) > w_l(0)$ の関係を満たしていることは必須ではなく、 $w_h(0) > w_l(0)$ の関係を満たす値を用いてもよい。

【0095】

10

第二実施形態の第一変形例によっても、第一実施形態の変形例と同様に、入力信号の基本周波数が高いときであってもピッチ成分に起因するスペクトルのピークの発生を抑えた線形予測係数に変換可能な係数を求めることができ、かつ、入力信号の基本周波数が低いときであってもスペクトル包絡を表現可能な線形予測係数に変換可能な係数を求めることができ、従来よりも分析精度の高い線形予測を実現することができる。

【0096】

<第二実施形態の第二変形例>

第二実施形態では1個の閾値を用いて係数 $w_0(i)$ を決定したが、第二実施形態の第二変形例は2個以上の閾値を用いて係数 $w_0(i)$ を決定するものである。以下、2個の閾値 $th1'$ 、 $th2'$ を用いて係数を決定する方法を例に挙げて説明する。閾値 $th1'$ 、 $th2'$ は、 $0 < th1' < th2'$ という関係を満たすとする。

20

【0097】

第二実施形態の第二変形例の線形予測分析装置2の機能構成は、第二実施形態と同じ図1である。第二実施形態の第二変形例の線形予測分析装置2は、係数決定部24の処理が異なる部分以外は、第二実施形態の線形予測分析装置2と同じである。

【0098】

係数決定部24は、入力された基本周波数についての情報に対応する基本周波数と正の相関関係にある値と、閾値 $th1'$ 、 $th2'$ とを比較する。入力された基本周波数についての情報に対応する基本周波数と正の相関関係にある値とは、例えば、入力された基本周波数についての情報に対応する基本周波数そのものである。

30

【0099】

係数決定部24は、基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 $th2'$ より大の場合、すなわち、基本周波数が高いと判断された場合には、予め定めた規則により係数 $w_h(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)を決定し、この決定された係数 $w_h(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)を $w_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)とする。すなわち、 $w_0(i)=w_h(i)$ とする。

【0100】

係数決定部24は、基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 $th1'$ よりも大きく閾値 $th2'$ 以下の場合、すなわち、基本周波数が中程度と判断された場合には、予め定めた規則により係数 $w_m(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)を決定し、この決定された係数 $w_m(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)を $w_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)とする。すなわち、 $w_0(i)=w_m(i)$ とする。

40

【0101】

係数決定部24は、基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 $th1'$ 以下の場合、すなわち、基本周波数が低いと判断された場合には、予め定めた規則により係数 $w_l(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)を決定し、この決定された係数 $w_l(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)を $w_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)とする。すなわち、 $w_0(i)=w_l(i)$ とする。

【0102】

ここで、 $w_h(i)$ 、 $w_m(i)$ 、 $w_l(i)$ は、少なくとも一部の各 i について $w_h(i) < w_m(i) < w_l(i)$ という関係を満たすよう決定するものとする。ここで、少なくとも一部の各 i とは、例えば0以外の各 i (つまり、 $1 \leq i \leq P_{max}$)のことである。または、 $w_h(i)$ 、 $w_m(i)$ 、 $w_l(i)$ は、少なくとも一部の各 i について $w_h(i) < w_m(i) < w_l(i)$ 、それ以外の i のうちの少なくとも一部の各

50

i について $w_h(i) = w_m(i) < w_l(i)$ 、残り少なくとも一部の各 i について $w_h(i) = w_m(i) = w_l(i)$ という関係を満たすよう決定する。例えば、 $w_h(i)$ 、 $w_m(i)$ 、 $w_l(i)$ は、式(1)で基本周波数 P が P_1 であるときの $w_0(i)$ を $w_h(i)$ として求め、式(1)で基本周波数 P が P_2 (ただし $P_1 > P_2$)であるときの $w_0(i)$ を $w_m(i)$ として求め、式(1)で基本周波数 P が P_3 (ただし $P_2 > P_3$)であるときの $w_0(i)$ を $w_l(i)$ として求めるという予め定めた規則により求める。また、例えば、 $w_h(i)$ 、 $w_m(i)$ 、 $w_l(i)$ は、式(2)で α が1であるときの $w_0(i)$ を $w_h(i)$ として求め、式(2)で α が2(ただし $1 > 2$)であるときの $w_0(i)$ を $w_m(i)$ として求め、式(2)で α が3(ただし $2 > 3$)であるときの $w_0(i)$ を $w_l(i)$ として求めるという予め定めた規則により求める。この場合は、 $\alpha = 1, 2, 3$ は式(2)の α と同様に予め定めておく。なお、これらの何れかの規則により予め求めた $w_h(i)$ 、 $w_m(i)$ 、 $w_l(i)$ をテーブルに記憶しておき、基本周波数と正の相関関係にある値と所定の閾値との比較により $w_h(i)$ 、 $w_m(i)$ 、 $w_l(i)$ の何れかをテーブルから選択する構成としてもよい。なお、 $w_h(i)$ と $w_l(i)$ を用いて、その間の係数 $w_m(i)$ を決定しても良い。すなわち、 $w_m(i) = \alpha' \times w_h(i) + (1 - \alpha') \times w_l(i)$ により $w_m(i)$ を決定しても良い。ここで α' は、 $0 < \alpha' < 1$ であり、かつ、基本周波数 P が小さい値をとるときは α' の値も小さくなり、基本周波数 P が大きい値をとるときに α' の値も大きくなる関数 $\alpha' = c(P)$ により、基本周波数 P から求める値である。このように $w_m(i)$ を求めれば、係数決定部24には $w_h(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)を記憶したテーブルと $w_l(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)を記憶したテーブルの2つのテーブルだけを記憶しておくことで、基本周波数が中程度の場合のうちの基本周波数が大きいときには $w_h(i)$ に近い係数を得ることができ、逆に基本周波数が中程度の場合のうちの基本周波数が小さいときには $w_l(i)$ に近い係数を得ることができる。また、 $w_h(i)$ 、 $w_m(i)$ 、 $w_l(i)$ は、 i が大きくなるにつれてそれぞれ $w_h(i)$ 、 $w_m(i)$ 、 $w_l(i)$ の値が小さくなるよう決定される。なお、 $i=0$ の係数 $w_h(0)$ 、 $w_m(0)$ 、 $w_l(0)$ については、 $w_h(0) = w_m(0) = w_l(0)$ の関係を満たしていることは必須ではなく、 $w_h(0) > w_m(0)$ または $w_h(0) > w_l(0)$ の関係を満たす値を用いてもよい。

【0103】

第二実施形態の第二変形例によっても、第二実施形態と同様に、入力信号の基本周波数が高いときであってもピッチ成分に起因するスペクトルのピークの発生を抑えた線形予測係数に変換可能な係数を求めることができ、かつ、入力信号の基本周波数が低いときであってもスペクトル包絡を表現可能な線形予測係数に変換可能な係数を求めることができ、従来よりも分析精度の高い線形予測を実現することができる。

【0104】

<第二実施形態の第三変形例>

第二実施形態の第一変形例では1個の閾値を用いて係数 $w_0(i)$ を決定したが、第二実施形態の第三変形例は2個以上の閾値を用いて係数 $w_0(i)$ を決定するものである。以下、2個の閾値 $th1$ 、 $th2$ を用いて係数を決定する方法を例に挙げて説明する。閾値 $th1$ 、 $th2$ は、 $0 < th1 < th2$ という関係を満たすとする。

【0105】

第二実施形態の第三変形例の線形予測分析装置2の機能構成は、第二実施形態の第一変形例と同じ図1である。第二実施形態の第三変形例の線形予測分析装置2は、係数決定部24の処理が異なる部分以外は、第二実施形態の第一変形例の線形予測分析装置2と同じである。

【0106】

係数決定部24は、入力された周期についての情報に対応する基本周波数と負の相関関係にある値と、閾値 $th1$ 、 $th2$ とを比較する。入力された周期についての情報に対応する基本周波数と負の相関関係にある値とは、例えば、入力された周期についての情報に対応する周期である。

【0107】

係数決定部24は、基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 $th1$ より小さい場合、すなわち、周期が短いと判断された場合には、予め定めた規則により係数 $w_h(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)を決定し、この決定された係数 $w_h(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)を $w_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)と

10

20

30

40

50

する。すなわち、 $w_0(i)=w_h(i)$ とする。

【0108】

係数決定部24は、基本周波数と負の相関関係にある値が閾値th1以上であり閾値th2よりも小さい場合、すなわち、周期が中程度と判断された場合には、予め定めた規則により係数 $w_m(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を決定し、この決定された係数 $w_m(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を $w_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)とする。すなわち、 $w_0(i)=w_m(i)$ とする。

【0109】

係数決定部24は、基本周波数と負の相関関係にある値が閾値th2以上の場合、すなわち、周期が長いと判断された場合には、予め定めた規則により係数 $w_l(i)$ を決定し、この決定された係数 $w_l(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を $w_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)とする。すなわち、 $w_0(i)=w_l(i)$ とする。

【0110】

ここで、 $w_h(i), w_m(i), w_l(i)$ は、少なくとも一部の各*i*について $w_h(i)<w_m(i)<w_l(i)$ という関係を満たすよう決定するものとする。ここで、少なくとも一部の各*i*とは、例えば0以外の各*i* (つまり、 $1 \leq i \leq P_{max}$) のことである。または、 $w_h(i), w_m(i), w_l(i)$ は、少なくとも一部の各*i*について $w_h(i)<w_m(i)<w_l(i)$ 、それ以外の*i*のうちの少なくとも一部の各*i*について $w_h(i) \leq w_m(i) \leq w_l(i)$ 、残りの各*i*について $w_h(i) \leq w_m(i) \leq w_l(i)$ という関係を満たすよう決定する。例えば、 $w_h(i), w_m(i), w_l(i)$ は、式(7)で周期TがT1であるときの $w_0(i)$ を $w_h(i)$ として求め、式(7)で周期TがT2 (ただし $T1<T2$) であるときの $w_0(i)$ を $w_m(i)$ として求め、式(7)で周期TがT3 (ただし $T2<T3$) であるときの $w_0(i)$ を $w_l(i)$ として求めるという予め定めた規則により求める。また、例えば、 $w_h(i), w_m(i), w_l(i)$ は、式(8)で $\alpha=1$ であるときの $w_0(i)$ を $w_h(i)$ として求め、式(8)で $\alpha=2$ (ただし $1<2$) であるときの $w_0(i)$ を $w_m(i)$ として求め、式(2)で $\alpha=3$ (ただし $2<3$) であるときの $w_0(i)$ を $w_l(i)$ として求めるという予め定めた規則により求める。この場合は、 $\alpha=1, 2, 3$ は式(8)の α と同様に予め定めておく。なお、これらの何れかの規則により予め求めた $w_h(i), w_m(i), w_l(i)$ をテーブルに記憶しておき、基本周波数と負の相関関係にある値と所定の閾値との比較により $w_h(i), w_m(i), w_l(i)$ の何れかをテーブルから選択する構成としてもよい。なお、 $w_h(i)$ と $w_l(i)$ を用いて、その間の係数 $w_m(i)$ を決定しても良い。すなわち、 $w_m(i)=(1-\alpha) \times w_h(i) + \alpha \times w_l(i)$ により $w_m(i)$ を決定しても良い。ここで α は、0 $\leq \alpha \leq 1$ であり、かつ、周期Tが小さい値をとるときは α の値も小さくなり、周期Tが大きい値をとるときに α の値も大きくなる関数 $\alpha=b(T)$ により、周期Tから求める値である。このように $w_m(i)$ を求めれば、係数決定部24には $w_h(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を記憶したテーブルと $w_l(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を記憶したテーブルの2つのテーブルだけを記憶しておくことで、周期が中程度の場合のうちの周期が小さいときには $w_h(i)$ に近い係数を得ることができ、逆に周期が中程度の場合のうちの周期が大きいときには $w_l(i)$ に近い係数を得ることができる。また、 $w_h(i), w_m(i), w_l(i)$ は、*i*が大きくなるにつれてそれぞれ $w_h(i), w_m(i), w_l(i)$ の値が小さくなるよう決定される。なお、 $i=0$ の係数 $w_h(0), w_m(0), w_l(0)$ については、 $w_h(0) \leq w_m(0) \leq w_l(0)$ の関係を満たしていることは必須ではなく、 $w_h(0)>w_m(0)$ または $w_m(0)>w_l(0)$ の関係を満たす値を用いてもよい。

【0111】

第二実施形態の第三変形例によっても、第二実施形態の第一変形例と同様に、入力信号の基本周波数が高いときであってもピッチ成分に起因するスペクトルのピークの発生を抑えた線形予測係数に変換可能な係数を求めることができ、かつ、入力信号の基本周波数が低いときであってもスペクトル包絡を表現可能な線形予測係数に変換可能な係数を求めることができ、従来よりも分析精度の高い線形予測を実現することができる。

【0112】

[第三実施形態]

第三実施形態は、複数個の係数テーブルを用いて係数 $w_0(i)$ を決定するものである。第三実施形態は、係数決定部24における係数 $w_0(i)$ の決定方法のみが第一実施形態と異なり、他の点について第一実施形態と同様である。以下、第一実施形態と異なる部分を中心

10

20

30

40

50

に説明し、第一実施形態と同様の部分については重複説明を省略する。

【0113】

第三実施形態の線形予測分析装置2は、係数決定部24の処理が異なり、図5に例示するように、係数テーブル記憶部25を更に備えている部分以外は、第一実施形態の線形予測分析装置2と同じである。係数テーブル記憶部25には、2個以上の係数テーブルが記憶されている。

【0114】

第三実施形態の係数決定部24の処理の流れの例を図6に示す。第三実施形態の係数決定部24は、図6のステップS44、ステップS45の処理を例えば行う。

【0115】

まず、係数決定部24は、入力された基本周波数についての情報に対応する基本周波数と正の相関関係にある値又は入力された周期についての情報に対応する基本周波数と負の相関関係にある値を用いて、係数テーブル記憶部25に記憶された2個以上の係数テーブルから、その基本周波数と正の相関関係にある値又は基本周波数と負の相関関係にある値に応じた1個の係数テーブルtを選択する(ステップS44)。例えば、基本周波数についての情報に対応する基本周波数と正の相関関係にある値は、基本周波数についての情報に対応する基本周波数であり、入力された周期についての情報に対応する基本周波数と負の相関関係にある値は、入力された周期についての情報に対応する周期である。

【0116】

例えば、係数テーブル記憶部25に、異なる2個の係数テーブルt0、t1が記憶されており、係数テーブルt0には係数 $w_{t_0}(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)が格納されており、係数テーブルt1には係数 $w_{t_1}(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)が格納されているとする。2個の係数テーブルt0、t1のそれぞれには、少なくとも一部の各iについて $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i)$ であり、残りの各iについて $w_{t_0}(i) \geq w_{t_1}(i)$ となるように定められた係数 $w_{t_0}(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)と係数 $w_{t_1}(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)が格納されている。

【0117】

このとき、係数決定部24は、基本周波数と正の相関関係にある値が所定の閾値以上であれば係数テーブルt0を係数テーブルtとして選択し、そうでない場合には係数テーブルt1を係数テーブルtとして選択する。すなわち、基本周波数と正の相関関係にある値が所定の閾値以上である場合、すなわち、基本周波数が高いと判断された場合には、各iについての係数が小さい方の係数テーブルを選択し、基本周波数と正の相関関係にある値が所定の閾値以上でない場合、すなわち、基本周波数が低いと判断された場合には、各iについての係数が大きい方の係数テーブルを選択する。言い換えれば、係数テーブル記憶部25に記憶されている2個の係数テーブルの中の、基本周波数と正の相関関係にある値が第一値である場合に係数決定部24により選択される係数テーブルを第一係数テーブルとし、係数テーブル記憶部25に記憶されている2個の係数テーブルの中の、基本周波数と正の相関関係にある値が第一値よりも小さい第二値である場合に係数決定部24により選択される係数テーブルを第二係数テーブルとして、少なくとも一部の各次数iに対して、第二係数テーブルにおける各次数iに対応する係数の大きさは、第一係数テーブルにおける各次数iに対応する係数の大きさよりも大きい。

【0118】

また、係数決定部24は、基本周波数と負の相関関係にある値が所定の閾値以下であれば係数テーブルt0を係数テーブルtとして選択し、そうでない場合には係数テーブルt1を係数テーブルtとして選択する。すなわち、基本周波数と負の相関関係にある値が所定の閾値以下である場合、すなわち、周期が短いと判断された場合には、各iについての係数が小さい方の係数テーブルを選択し、基本周波数と負の相関関係にある値が所定の閾値以下でない場合、すなわち、周期が長いと判断された場合には、各iについての係数が大きい方の係数テーブルを選択する。言い換えれば、係数テーブル記憶部25に記憶されている2個の係数テーブルの中の、基本周波数と負の相関関係にある値が第一値である場合に係数決定部24により選択される係数テーブルを第一係数テーブルとし、係数テーブル記

10

20

30

40

50

憶部 2 5 に記憶されている 2 個の係数テーブルの中の、基本周波数と負の相関関係にある値が第一値よりも大きい第二値である場合に係数決定部 2 4 により選択される係数テーブルを第二係数テーブルとして、少なくとも一部の各次数 i に対して、第二係数テーブルにおける各次数 i に対応する係数の大きさは、第一係数テーブルにおける各次数 i の係数の大きさよりも大きい。

【 0 1 1 9 】

なお、係数テーブル記憶部 2 5 に記憶されている係数テーブル t_0 , t_1 の $i=0$ の係数 $w_{t_0}(0)$, $w_{t_1}(0)$ については、 $w_{t_0}(0) > w_{t_1}(0)$ の関係を満たしていることは必須ではなく、 $w_{t_0}(0) > w_{t_1}(0)$ の関係にある値であってもよい。

【 0 1 2 0 】

また、例えば、係数テーブル記憶部 2 5 に、異なる 3 個の係数テーブル t_0 , t_1 , t_2 が記憶されて、係数テーブル t_0 には係数 $w_{t_0}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$) が格納されており、係数テーブル t_1 には係数 $w_{t_1}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$)、係数テーブル t_2 には係数 $w_{t_2}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$) が格納されているとする。3 個の係数テーブル t_0 , t_1 , t_2 のそれぞれには、少なくとも一部の i について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、それ以外の i のうちの少なくとも一部の各 i について $w_{t_0}(i) > w_{t_1}(i) > w_{t_2}(i)$ であり、残りの各 i について $w_{t_0}(i) > w_{t_1}(i) > w_{t_2}(i)$ となるように定められた係数 $w_{t_0}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$) と係数 $w_{t_1}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$) と係数 $w_{t_2}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$) が格納されている。

【 0 1 2 1 】

ここで、 $0 < th1' < th2'$ という関係を満たす 2 個の閾値 $th1'$, $th2'$ が定められているとする。このとき、係数決定部 2 4 は、

- (1) 基本周波数と正の相関関係にある値 $> th2'$ の場合、すなわち、基本周波数が高いと判断された場合には、係数テーブル t_0 を係数テーブル t として選択し、
- (2) $th2' >$ 基本周波数と正の相関関係にある値 $> th1'$ の場合、すなわち、基本周波数が中程度である判断された場合には、係数テーブル t_1 を係数テーブル t として選択し、
- (3) $th1' >$ 基本周波数と正の相関関係にある値の場合、すなわち、基本周波数が低い判断された場合には、係数テーブル t_2 を係数テーブル t として選択する。

【 0 1 2 2 】

また、ここで、 $0 < th1 < th2$ という関係を満たす 2 個の閾値 $th1$, $th2$ が定められているとする。このとき、係数決定部 2 4 は、

- (1) 基本周波数と負の相関関係にある値 $> th2$ の場合、すなわち、周期が長いと判断された場合には、係数テーブル t_2 を係数テーブル t として選択し、
- (2) $th2 >$ 基本周波数と負の相関関係にある値 $> th1$ の場合、すなわち、周期が中程度であると判断された場合には、係数テーブル t_1 を係数テーブル t として選択し、
- (3) $th1 >$ 基本周波数と負の相関関係にある値の場合、すなわち、周期が短いと判断された場合には、係数テーブル t_0 を係数テーブル t として選択する。

【 0 1 2 3 】

なお、係数テーブル記憶部 2 5 に記憶されている係数テーブル t_0 , t_1 , t_2 の $i=0$ の係数 $w_{t_0}(0)$, $w_{t_1}(0)$, $w_{t_2}(0)$ については、 $w_{t_0}(0) > w_{t_1}(0) > w_{t_2}(0)$ の関係を満たしていることは必須ではなく、 $w_{t_0}(0) > w_{t_1}(0)$ または $w_{t_1}(0) > w_{t_2}(0)$ の関係にある値であってもよい。

【 0 1 2 4 】

そして、係数決定部 2 4 は、その選択された係数テーブル t に格納された各次数 i の係数 $w_t(i)$ を係数 $w_0(i)$ とする (ステップ S 4 5)。すなわち、 $w_0(i) = w_t(i)$ とする。言い換えれば、係数決定部 2 4 は、選択された係数テーブル t から各次数 i に対応する係数 $w_t(i)$ を取得し、取得された各次数 i に対応する係数 $w_t(i)$ を $w_0(i)$ とする。

【 0 1 2 5 】

第三実施形態では、第一実施形態及び第二実施形態とは異なり、基本周波数と正の相関関係にある値や基本周波数と負の相関関係にある値の関数に基づいて係数 $w_0(i)$ を計算する必要がないため、より少ない演算処理量で $w_0(i)$ を決定することができる。

10

20

30

40

50

係数テーブル記憶部 2 5 に記憶されている 2 個以上の係数テーブルについて以下のことが言える。

【 0 1 2 6 】

係数テーブル記憶部 2 5 に記憶されている 2 個以上の係数テーブルの中の、基本周波数と正の相関関係にある値が第一値である場合に係数決定部 2 4 で係数 $w_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) が取得される係数テーブルを第一係数テーブルとする。係数テーブル記憶部 2 5 に記憶されている 2 個以上の係数テーブルの中の、基本周波数と正の相関関係にある値が第一値よりも小さい第二値である場合に係数決定部 2 4 で係数 $w_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) が取得される係数テーブルを第二係数テーブルとする。このとき、少なくとも一部の各次数 i に対して、第二係数テーブルにおける各次数 i に対応する係数は、第一係数テーブルにおけるその各次数 i に対応する係数よりも大きい。

10

【 0 1 2 7 】

また、係数テーブル記憶部 2 5 に記憶されている 2 個以上の係数テーブルの中の、基本周波数と負の相関関係にある値が第一値である場合に係数決定部 2 4 で係数 $w_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) が取得される係数テーブルを第一係数テーブルとする。係数テーブル記憶部 2 5 に記憶されている 2 個以上の係数テーブルの中の、基本周波数と負の相関関係にある値が第一値よりも大きい第二値である場合に係数決定部 2 4 で係数 $w_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) が取得される係数テーブルを第二係数テーブルとする。このとき、少なくとも一部の各次数 i に対して、第二係数テーブルにおける各次数 i に対応する係数は、第一係数テーブルにおけるその各次数 i に対応する係数よりも大きい。

20

【 0 1 2 8 】

< 第三実施形態の具体例 >

以下、第三実施形態の具体例について説明する。この具体例では、基本周波数と負の相関関係にある値として周期の量子化値が用いられ、この周期の量子化値に応じて係数テーブル t が選択される。

【 0 1 2 9 】

線形予測分析装置 2 には、ハイパスフィルタを通り、12.8 kHz にサンプリング変換され、プリエンファシス処理をされた 1 フレームあたり N サンプルのデジタル音響信号である入力信号 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) と、周期についての情報として現フレームの一部の入力信号 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N_n$) (ただし、 N_n は、 $N_n < N$ という関係を満たす所定の正の整数。) について周期計算部 9 4 0 で求めた周期 T が入力される。現フレームの一部の入力信号 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N_n$) についての周期 T は、周期計算部 9 4 0 において当該入力信号の 1 つ前のフレームの信号区間として現フレームの一部の入力信号 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N_n$) を含めておき、1 つ前のフレームの信号区間に対する周期計算部 9 4 0 の処理において $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N_n$) に対して計算し記憶した周期である。

30

【 0 1 3 0 】

自己相関計算部 2 1 は、入力信号 $X_0(n)$ から自己相関 $R_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) を下記の式 (16) で求める。

【 0 1 3 1 】

【 数 1 4 】

$$R_0(i) = \sum_{n=i}^{N-1} X_0(n) \times X_0(n-i) \quad (16)$$

40

【 0 1 3 2 】

係数決定部 2 4 に、周期についての情報である周期 T が入力される。ここで、周期 T は、 $29 \quad T \quad 231$ という範囲に含まれているとする。係数決定部 2 4 は、入力された周期 T についての情報で特定される周期 T から、以下の式 (17) の演算によりインデックス D を得る。このインデックス D が、基本周波数と負の相関関係にある値であり、周期の量子化値に対応している。

$$D = \text{int}(T/110 + 0.5) \quad (17)$$

50

【 0 1 3 3 】

ここで、intは整数値化関数であり、入力された実数の小数点以下を切り捨てることによりその実数の整数部分のみを出力する関数である。図7は、周期T、インデックスD、周期の量子化値T'の関係を示す図の例である。図7の横軸は周期Tであり、縦軸は周期の量子化値T'である。周期の量子化値T'=D×110である。周期Tが29 T 231であるため、インデックスDは0,1,2の何れかの値となる。なお、式(17)を使わずに、閾値を用いて、周期Tが29 T 54ならD=0、55 T 164ならD=1、165 T 231ならD=2というようにしてインデックスDを求めてもよい。

【 0 1 3 4 】

係数テーブル記憶部25には、D=0の場合に選択される係数テーブルt0と、D=1の場合に選択される係数テーブルt1と、D=2の場合に選択される係数テーブルt2とが記憶されている。

10

【 0 1 3 5 】

係数テーブルt0は、式(13)の従来法の $f_0=60\text{Hz}$ （すなわち半値幅142 Hzに相当）の係数テーブルであり、各次数の係数 $w_{t_0}(i)$ が次のように定められている。

$w_{t_0}(i)=[1.0, 0.999566371, 0.998266613, 0.996104103, 0.993084457, 0.989215493, 0.984507263, 0.978971839, 0.972623467, 0.96547842, 0.957554817, 0.948872864, 0.939454317, 0.929322779, 0.918503404, 0.907022834, 0.894909143]$

【 0 1 3 6 】

係数テーブルt1は、式(13)の $f_0=50\text{Hz}$ （すなわち半値幅116 Hzに相当）の係数テーブルであり、各次数の係数 $w_{t_1}(i)$ が次のように定められている。

20

$w_{t_1}(i)=[1.0, 0.999706, 0.998824, 0.997356, 0.995304, 0.992673, 0.989466, 0.985689, 0.98135, 0.976455, 0.971012, 0.965032, 0.958525, 0.951502, 0.943975, 0.935956, 0.927460]$

【 0 1 3 7 】

係数テーブルt2は、式(13)の $f_0=25\text{Hz}$ （すなわち半値幅58 Hzに相当）のテーブルであり、各次数の係数 $w_{t_2}(i)$ が次のように定められている。

$w_{t_2}(i)=[1.0, 0.999926, 0.999706, 0.999338, 0.998824, 0.998163, 0.997356, 0.996403, 0.995304, 0.99406, 0.992672, 0.99114, 0.989465, 0.987647, 0.985688, 0.983588, 0.981348]$

30

【 0 1 3 8 】

ここで、上述の $w_{t_0}(i)$ 、 $w_{t_1}(i)$ 、 $w_{t_2}(i)$ のリストは、 $P_{\max}=16$ として、 $i=0,1,2,\dots,16$ の順に左からiに対応する係数の大きさを並べたものである。すなわち上述の例では、例えば $w_{t_0}(0)=1.0$ であり、 $w_{t_0}(3)=0.996104103$ である。

【 0 1 3 9 】

図8にi毎の係数テーブルの係数 $w_{t_0}(i)$ 、 $w_{t_1}(i)$ 、 $w_{t_2}(i)$ の係数の大きさをグラフで表す。図8の横軸は次数iを表し、図8の縦軸は係数の大きさを表す。このグラフからも分かるように、各係数テーブル内では、iの値が大きくなるにしたがって、係数の大きさが単調減少する関係にある。また、同じiの値に対応する異なる係数テーブルの係数の大きさを比較すると、 $i-1$ に対して、 $w_{t_0}(i)<w_{t_1}(i)<w_{t_2}(i)$ の関係を満たしている。すなわち、0を除くi-1のiに対して、言い換えれば、少なくとも一部のiについて、インデックスDが大きくなるにしたがって、係数の大きさが単調増加する関係にある。i=0以外に対して、係数テーブル記憶部25に記憶される複数の係数テーブルは、このような関係を持つものであれば、上述の例に限らない。

40

【 0 1 4 0 】

また、非特許文献1や非特許文献2に記載されているように、i=0の係数だけ特別扱いをして、 $w_{t_0}(0)=w_{t_1}(0)=w_{t_2}(0)=1.0001$ や $w_{t_0}(0)=w_{t_1}(0)=w_{t_2}(0)=1.0003$ という経験的な値を用いてもよい。なお、i=0については $w_{t_0}(i)<w_{t_1}(i)<w_{t_2}(i)$ の関係を満たしている必要はなく、また、 $w_{t_0}(0)$ 、 $w_{t_1}(0)$ 、 $w_{t_2}(0)$ が必ずしも同じ値でなくともよい。例えば、 $w_{t_0}(0)=1.0001$ 、 $w_{t_1}(0)=1.0$ 、 $w_{t_2}(0)=1.0$ のように、i=0に関してのみ $w_{t_0}(0)$ 、 $w_{t_1}(0)$ 、 $w_{t_2}(0)$ の

50

うちの2つ以上の値の大小関係が $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ の関係を満たさなくてもよい。

【0141】

係数決定部24は、インデックスDに対応する係数テーブルtDを係数テーブルtとして選択する。

【0142】

そして、係数決定部24は、その選択された係数テーブルtの各係数 $w_t(i)$ を係数 $w_0(i)$ とする。すなわち、 $w_0(i) = w_t(i)$ とする。言い換えれば、係数決定部24は、選択された係数テーブルtから各次数iに対応するの係数 $w_t(i)$ を取得し、取得された各次数iに対応する係数 $w_t(i)$ を $w_0(i)$ とする。

【0143】

なお、上述の例では、各係数テーブルt0, t1, t2をインデックスDと対応付けているが、各係数テーブルt0, t1, t2を、基本周波数と正の相関関係にある値又はインデックスD以外の基本周波数と負の相関関係にある値と対応付けてもよい。

【0144】

< 第三実施形態の変形例 >

第三実施形態では複数個の係数テーブルのうち何れか1つのテーブルに記憶された係数を係数 $w_0(i)$ として決定したが、第三実施形態の変形例はこれに加えて複数個の係数テーブルに記憶された係数に基づく演算処理により係数 $w_0(i)$ を決定する場合を含む。

【0145】

第三実施形態の変形例の線形予測分析装置2の機能構成は、第三実施形態と同じ図5である。第三実施形態の変形例の線形予測分析装置2は、係数決定部24の処理が異なり、係数テーブル記憶部25に含まれる係数テーブルが異なる部分以外は、第三実施形態の線形予測分析装置2と同じである。

【0146】

係数テーブル記憶部25には、係数テーブルt0とt2のみが記憶されており、係数テーブルt0には係数 $w_{t_0}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$)が格納されており、係数テーブルt2には係数 $w_{t_2}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$)が格納されている。2個の係数テーブルt0, t2のそれぞれには、少なくとも一部の各iについて $w_{t_0}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、残りの各iについて $w_{t_0}(i) \geq w_{t_2}(i)$ となるように定められた係数 $w_{t_0}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$)と係数 $w_{t_2}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$)が格納されている。

【0147】

ここで、 $0 < th1' < th2'$ という関係を満たす2個の閾値 $th1'$, $th2'$ が定められているとする。このとき、係数計算部24は、

- (1) 基本周波数と正の相関関係にある値 $> th2'$ の場合、すなわち、基本周波数が高いと判断された場合には、係数テーブルt0の各係数 $w_{t_0}(i)$ を係数 $w_0(i)$ として選択し、
 - (2) $th2' > \text{基本周波数} > th1'$ の場合、すなわち、基本周波数が中程度であると判断された場合には、係数テーブルt0の各係数 $w_{t_0}(i)$ と係数テーブルt2の各係数 $w_{t_2}(i)$ とを用いて、 $w_0(i) = \alpha \times w_{t_0}(i) + (1 - \alpha) \times w_{t_2}(i)$ により係数 $w_0(i)$ を決定し、
 - (3) $th1' > \text{基本周波数} > 0$ の場合、すなわち、基本周波数が低いと判断された場合には、係数テーブルt2の各係数 $w_{t_2}(i)$ を係数 $w_0(i)$ として選択する。ここで
- α は、0から1であり、基本周波数Pが小さい値をとるときは α の値も小さくなり、基本周波数Pが大きい値をとるときに α の値も大きくなる関数 $\alpha = c(P)$ により、基本周波数Pから求める値である。この構成とすれば、基本周波数が中程度の場合のうちの基本周波数Pが小さい時には $w_{t_2}(i)$ に近い値を係数 $w_0(i)$ とすることができ、逆に基本周波数が中程度の場合のうちの基本周波数Pが大きい時には $w_{t_0}(i)$ に近い値を係数 $w_0(i)$ とすることができるので、2つのテーブルだけで、3個以上の係数 $w_0(i)$ を得ることができる。

【0148】

また、ここで、 $0 < th1 < th2$ という関係を満たす2個の閾値 $th1$, $th2$ が定められているとする。このとき、係数計算部24は、

- (1) 基本周波数と負の相関関係にある値 $> th2$ の場合、すなわち、周期が長いと判断され

10

20

30

40

50

た場合には、係数テーブルt2の各係数 $w_{t_2}(i)$ を係数 $w_0(i)$ として選択し、

(2) th2>基本周波数と負の相関関係にある値 th1の場合、すなわち、周期が中程度であると判断された場合には、係数テーブルt0の各係数 $w_{t_0}(i)$ と係数テーブルt2の各係数 $w_{t_2}(i)$ とを用いて、 $w_0(i)=(1-\alpha) \times w_{t_0}(i) + \alpha \times w_{t_2}(i)$ により係数 $w_0(i)$ を決定し、

(3) th1>基本周波数と負の相関関係にある値の場合、すなわち、周期が小さいと判断された場合には、係数テーブルt0の各係数 $w_{t_0}(i)$ を係数 $w_0(i)$ として選択する。ここで α は0

1であり、かつ、周期Tが小さい値をとるときは α の値も小さくなり、周期Tが大きい値をとるときに α の値も大きくなる関数 $\alpha=b(T)$ により、周期Tから求める値である。この構成とすれば、周期が中程度の場合のうちの周期Tが小さい時には $w_{t_0}(i)$ に近い値を係数 $w_0(i)$ とすることができ、逆に周期が中程度の場合のうちの周期Tが大きい時には $w_{t_2}(i)$ に近い値を係数 $w_0(i)$ とすることができるので、2つのテーブルだけで、3個以上の係数 $w_0(i)$ を得ることができる。

【0149】

なお、係数テーブル記憶部25に記憶されている係数テーブルt0、t2の $i=0$ の係数 $w_{t_0}(0)$ 、 $w_{t_2}(0)$ については、 $w_{t_0}(0) \geq w_{t_2}(0)$ の関係を満たしていることは必須ではなく、 $w_{t_0}(0) > w_{t_2}(0)$ の関係にある値であってもよい。

【0150】

[第一実施形態から第三実施形態に共通の変形例]

図10及び図11に示すように、上述の全ての実施形態及び変形例において、係数乗算部22を含まず、予測係数計算部23において係数 $w_0(i)$ と自己相関 $R_0(i)$ を用いて線形予測分析を行ってもよい。図10と図11は、それぞれ図1と図5に対応する線形予測分析装置2の構成例である。この場合は、予測係数計算部23は、図12に示すように、係数 $w_0(i)$ と自己相関 $R_0(i)$ とが乗算されたものである変形自己相関 $R'_0(i)$ ではなく、係数 $w_0(i)$ と自己相関 $R_0(i)$ とを直接用いて線形予測分析を行う(ステップS5)。

【0151】

[第四実施形態]

第四実施形態は、入力信号 $X_0(n)$ に対して従来の線形予測分析装置を用いて線形予測分析を行い、その線形予測分析の結果を用いて基本周波数計算部で基本周波数を得て、得られた基本周波数に基づく係数 $w_0(i)$ を用いて本発明の線形予測分析装置により線形予測係数に変換可能な係数を求めるものである。

【0152】

第四実施形態の線形予測分析装置3は、図13に示すように、第一線形予測分析部31、線形予測残差計算部32、基本周波数計算部33、第二線形予測分析部34を例えば備えている。

【0153】

[第一線形予測分析部31]

第一線形予測分析部31は、従来の線形予測分析装置1と同じ動作をする。すなわち、第一線形予測分析部31は、入力信号 $X_0(n)$ から自己相関 $R_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を求め、自己相関 $R_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)と予め定めた係数 $w_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)とを同じ i ごとに乗じることにより変形自己相関 $R'_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を求め、変形自己相関 $R'_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)から1次から予め定めた最大次数である P_{max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める。

【0154】

[線形予測残差計算部32]

線形予測残差計算部32は、入力信号 $X_0(n)$ に対して、1次から P_{max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数に基づく線形予測や線形予測と等価なまたは類似したフィルタリング処理を行って線形予測残差信号 $X_R(n)$ を求める。フィルタリング処理は重み付け処理とも言えるので、線形予測残差信号 $X_R(n)$ は重み付け入力信号であるともいえる。

【0155】

[基本周波数計算部33]

10

20

30

40

50

基本周波数計算部 33 は、線形予測残差信号 $X_R(n)$ の基本周波数 P を求め、基本周波数についての情報を出力する。基本周波数を求める方法としては、様々な公知の方法が存在するので、公知の何れの方法を用いてもよい。基本周波数計算部 33 は、例えば、現フレームの線形予測残差信号 $X_R(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) を構成する複数個のサブフレームのそれぞれについて基本周波数を求める。すなわち、2以上の整数である M 個のサブフレームである $X_{R_{s1}}(n)$ ($n=0, 1, \dots, N/M-1$), \dots , $X_{R_{sM}}(n)$ ($n=(M-1)N/M, (M-1)N/M+1, \dots, N-1$) のそれぞれの基本周波数である P_{s1}, \dots, P_{sM} を求める。 N は M で割り切れるとする。基本周波数計算部 33 は、次に、現フレームを構成する M 個のサブフレームの基本周波数である P_{s1}, \dots, P_{sM} のうちの最大値 $\max(P_{s1}, \dots, P_{sM})$ を特定可能な情報を基本周波数についての情報として出力する。

10

【 0 1 5 6 】

[第二線形予測分析部 34]

第二線形予測分析部 34 は、第一実施形態から第三実施形態の線形予測分析装置 2、第二実施形態の第二変形例の線形予測分析装置 2、第三実施形態の変形例の線形予測分析装置 2、第一実施形態から第三実施形態に共通の変形例の線形予測分析装置 2 の何れかと同じ動作をする。すなわち、第二線形予測分析部 34 は、入力信号 $X_O(n)$ から自己相関 $R_O(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) を求め、基本周波数計算部 33 が出力した基本周波数についての情報に基づいて係数 $w_O(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) を決定し、自己相関 $R_O(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) と決定した係数 $w_O(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) とを用いて 1 次から予め定めた最大次数である P_{max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める。

20

【 0 1 5 7 】

< 第四実施形態の変形例 >

第四実施形態の変形例は、入力信号 $X_O(n)$ に対して従来の線形予測分析装置を用いて線形予測分析を行い、その線形予測分析の結果を用いて周期計算部で周期を得て、得られた周期に基づく係数 $w_O(i)$ を用いて本発明の線形予測分析装置により線形予測係数に変換可能な係数を求めるものである。

【 0 1 5 8 】

第四実施形態の変形例の線形予測分析装置 3 は、図 14 に示すように、第一線形予測分析部 31、線形予測残差計算部 32、周期計算部 35、第二線形予測分析部 34 を例えば備えている。第四実施形態の変形例の線形予測分析装置 3 の第一線形予測分析部 31 と線形予測残差計算部 32 はそれぞれ、第四実施形態の線形予測分析装置 3 と同様である。以下、第四実施形態と異なる部分を中心に説明する。

30

【 0 1 5 9 】

[周期計算部 35]

周期計算部 35 は、線形予測残差信号 $X_R(n)$ の周期 T を求め、周期についての情報を出力する。周期を求める方法としては、様々な公知の方法が存在するので、公知の何れの方法を用いてもよい。周期計算部 35 は、例えば、現フレームの線形予測残差信号 $X_R(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) を構成する複数個のサブフレームのそれぞれについて周期を求める。すなわち、2以上の整数である M 個のサブフレームである $X_{R_{s1}}(n)$ ($n=0, 1, \dots, N/M-1$), \dots , $X_{R_{sM}}(n)$ ($n=(M-1)N/M, (M-1)N/M+1, \dots, N-1$) のそれぞれの周期である T_{s1}, \dots, T_{sM} を求める。 N は M で割り切れるとする。周期計算部 35 は、次に、現フレームを構成する M 個のサブフレームの周期である T_{s1}, \dots, T_{sM} のうちの最小値 $\min(T_{s1}, \dots, T_{sM})$ を特定可能な情報を周期についての情報として出力する。

40

【 0 1 6 0 】

[変形例の第二線形予測分析部 34]

第四実施形態の変形例の第二線形予測分析部 34 は、第一実施形態の変形例の線形予測分析装置 2、第二実施形態の第一変形例の線形予測分析装置 2、第二実施形態の第三変形例の線形予測分析装置 2、第三実施形態の線形予測分析装置 2、第三実施形態の変形例の線形予測分析装置 2、第一実施形態から第三実施形態に共通の変形例の線形予測分析装置 2 の何れかと同じ動作をする。すなわち、第二線形予測分析部 34 は、入力信号 $X_O(n)$ が

50

ら自己相関 $R_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{\max}$)を求め、周期計算部35が出力した周期についての情報に基づいて係数 $w_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{\max}$)を決定し、自己相関 $R_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{\max}$)と決定した係数 $w_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{\max}$)とを用いて1次から予め定めた最大次数である P_{\max} 次までの線形予測係数に変換可能な係数を求める。

【0161】

<基本周波数と正の相関関係にある値について>

第一実施形態において基本周波数計算部930の具体例2として説明した通り、基本周波数と正の相関関係にある値として、前のフレームの信号処理においてLook-aheadとも呼ばれる先読みして利用するサンプル部分のうち現フレームのサンプルに対応する部分の基本周波数を用いてもよい。

10

【0162】

また、基本周波数と正の相関関係にある値として、基本周波数の推定値を用いてもよい。例えば、過去の複数フレームの基本周波数から予測される現在のフレームについての基本周波数の推定値や、過去の複数フレームについての基本周波数の平均値や最小値や最大値を、基本周波数の推定値として用いてもよい。また、複数サブフレームについての基本周波数の平均値や最小値や最大値を、基本周波数の推定値として用いてもよい。

【0163】

また、基本周波数と正の相関関係にある値として、基本周波数の量子化値を用いてもよい。すなわち、量子化前の基本周波数を用いてもよいし、量子化後の基本周波数を用いてもよい。

20

【0164】

さらに、基本周波数と正の相関関係にある値として、ステレオなどの複数チャンネルの場合には何れか分析済みのチャンネルについての基本周波数を用いてもよい。

【0165】

<基本周波数と負の相関関係にある値について>

第一実施形態において周期計算部940の具体例2として説明した通り、基本周波数と負の相関関係にある値として、前のフレームの信号処理においてLook-aheadとも呼ばれる先読みして利用するサンプル部分のうち現フレームのサンプルに対応する部分の周期を用いてもよい。

【0166】

また、基本周波数と負の相関関係にある値として、周期の推定値を用いてもよい。例えば、過去の複数フレームの基本周波数から予測される現在のフレームについての周期の推定値や、過去の複数フレームについての周期の平均値や最小値や最大値を、周期の推定値として用いてもよい。また、複数サブフレームについての周期の平均値や最小値や最大値を、周期の推定値として用いてもよい。もしくは過去の複数フレームの基本周波数およびLook-aheadとも呼ばれる先読みして利用するサンプル部分のうち現フレームのサンプルに対応する部分により予測される現フレームについての周期の推定値を用いてもよいし、同様に、過去の複数フレームの基本周波数およびLook-aheadとも呼ばれる先読みして利用するサンプル部分のうち現フレームのサンプルに対応する部分についての平均値や最小値や最大値を推定値として用いてもよい。

30

40

【0167】

また、基本周波数と負の相関関係にある値として、周期の量子化値を用いてもよい。すなわち、量子化前の周期を用いてもよいし、量子化後の周期を用いてもよい。

【0168】

さらに、基本周波数と負の相関関係にある値として、ステレオなどの複数チャンネルの場合には何れか分析済みのチャンネルについての周期を用いてもよい。

【0169】

なお、上記の各実施形態及び各変形例の基本周波数と正の相関関係にある値や基本周波数と負の相関関係にある値と閾値との比較においては、基本周波数と正の相関関係にある値や基本周波数と負の相関関係にある値が閾値と同じ値である場合には、閾値を境として

50

隣接する二つの場合の何れか一方に場合分けされるように設定すればよい。すなわち、ある閾値以上の場合としているところを当該閾値より大きい場合とするとともに、当該閾値より小さい場合としているところを当該閾値以下の場合としてもよい。また、ある閾値より大きい場合としているところを当該閾値以上の場合とするとともに、当該閾値以下の場合としているところを当該閾値より小さい場合としてもよい。

【0170】

上記装置及び方法において説明した処理は、記載の順にしたが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。

【0171】

また、線形予測分析方法における各ステップをコンピュータによって実現する場合、線形予測分析方法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、その各ステップがコンピュータ上で実現される。

【0172】

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。

【0173】

また、各処理手段は、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構成することにしてもよいし、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。

【0174】

その他、この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。

【図1】

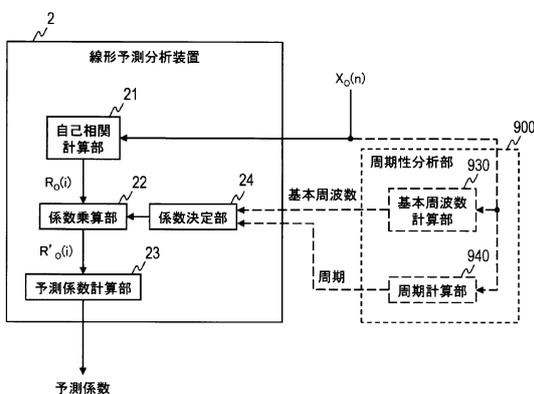


図1

【図2】

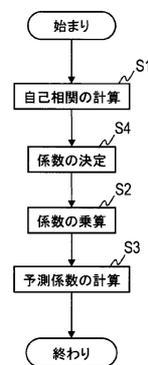


図2

10

20

【 図 3 】

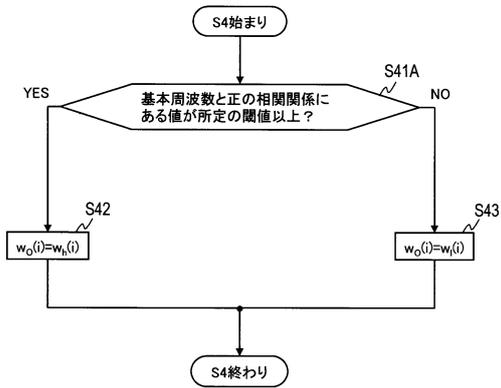


図3

【 図 4 】

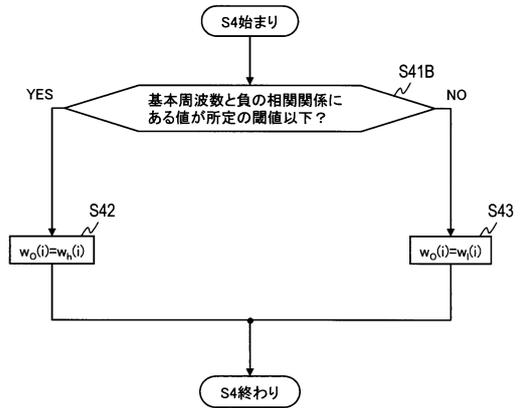


図4

【 図 5 】

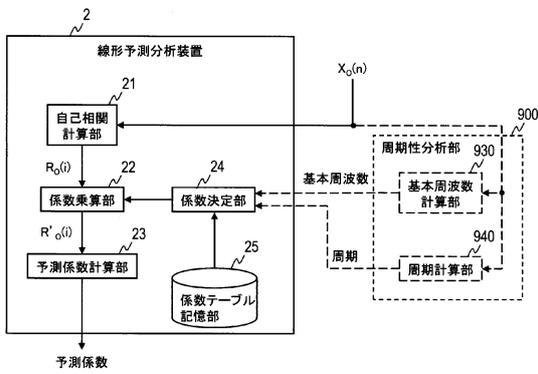


図5

【 図 6 】

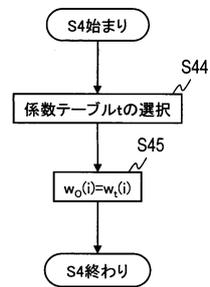


図6

【図7】

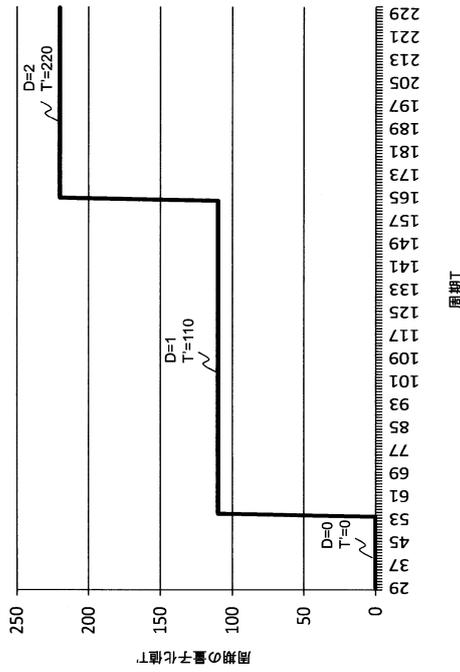


図7

【図8】

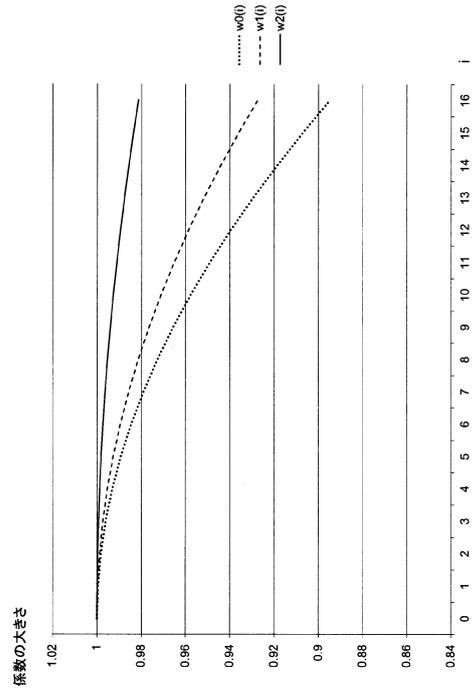


図8

【図9】

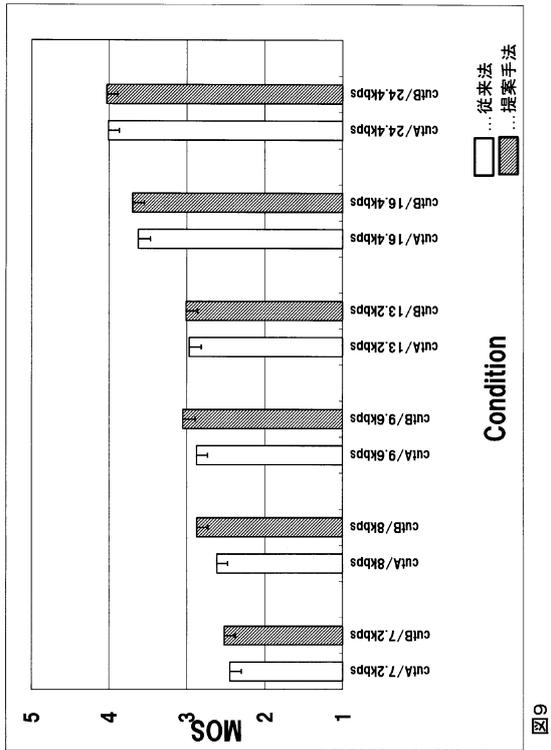


図9

【図10】

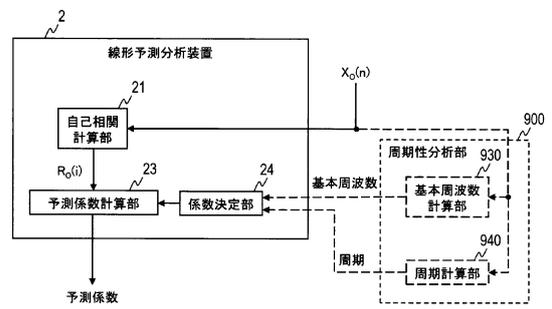


図10

【 図 1 1 】

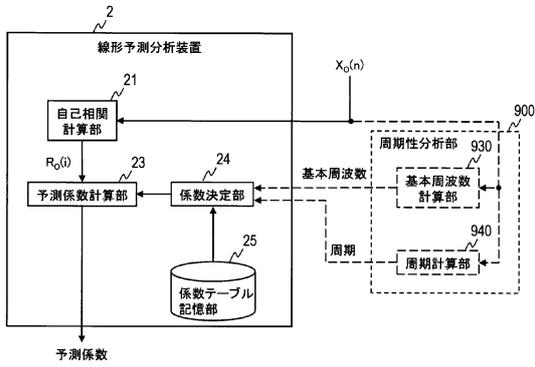


図11

【 図 1 2 】

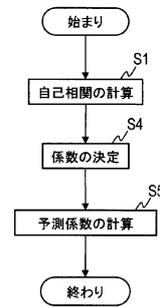


図12

【 図 1 3 】

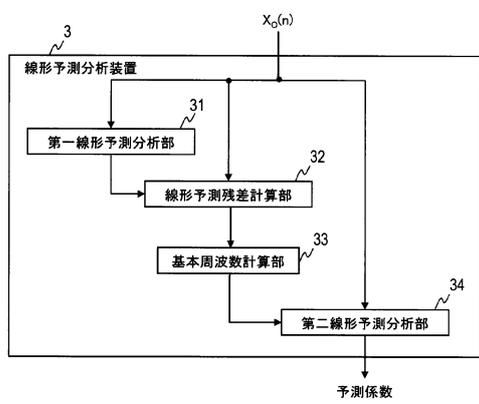


図13

【 図 1 4 】

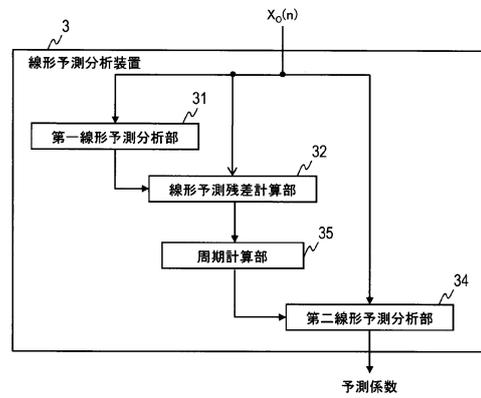


図14

【 図 15 】

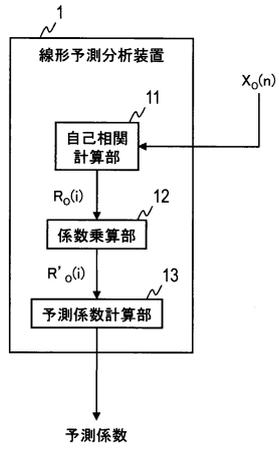


図15

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一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 岩田 淳

(56)参考文献 特開2010-170124(JP, A)

国際公開第2012/046685(WO, A1)

Redwan Salami et al., Design and Description of CS-ACELP: A Toll Quality 8kb/s Speech Coder, IEEE TRANSACTIONS ON SPEECH AND AUDIO PROCESSING, 1998年 3月, Vol. 6, No. 2, pp. 116-130

東倉 洋一, 板倉 文忠, PARCOR帯域圧縮における音声品質向上, 電子情報通信学会論文誌 A, 1978年 3月25日, Vol. J61-A, No. 3, pp. 254-261

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 5/04 - 5/0408
5/0428 - 5/0444
5/0452 - 5/0456
5/0472 - 5/0478
5/0484 - 5/0492
5/05
G10L 13/00 - 13/10
19/00 - 99/00