

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6416363号
(P6416363)

(45) 発行日 平成30年10月31日(2018.10.31)

(24) 登録日 平成30年10月12日(2018.10.12)

(51) Int.Cl.	F I
G 1 O L 19/06 (2013.01)	G 1 O L 19/06 B
G 1 O L 25/12 (2013.01)	G 1 O L 25/12
G 1 O L 25/06 (2013.01)	G 1 O L 25/06
G 1 O L 25/90 (2013.01)	G 1 O L 25/90

請求項の数 6 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2017-223807 (P2017-223807)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成29年11月21日(2017.11.21)		日本電信電話株式会社
(62) 分割の表示	特願2015-558849 (P2015-558849) の分割		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
原出願日	平成27年1月20日(2015.1.20)	(74) 代理人	100121706
(65) 公開番号	特開2018-28699 (P2018-28699A)		弁理士 中尾 直樹
(43) 公開日	平成30年2月22日(2018.2.22)	(74) 代理人	100128705
審査請求日	平成29年11月21日(2017.11.21)		弁理士 中村 幸雄
(31) 優先権主張番号	特願2014-11317 (P2014-11317)	(74) 代理人	100147773
(32) 優先日	平成26年1月24日(2014.1.24)		弁理士 義村 宗洋
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	鎌本 優
(31) 優先権主張番号	特願2014-152526 (P2014-152526)		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
(32) 優先日	平成26年7月28日(2014.7.28)	(72) 発明者	守谷 健弘
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		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 $R'(i)$ 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、

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 $w_{t_1}(i)$ が格納されており、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の周期性の強さ又は入力時系列信号に基づくピッチゲイン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を更に含み、

前記周期性の強さ又はピッチゲインと正の相関関係にある値に応じて、周期性の強さ又はピッチゲインが大きい場合、周期性の強さ又はピッチゲインが中程度の場合、周期性の強さ又はピッチゲインが小さい場合の何れかの場合に分類されるとし、周期性の強さ又はピッチゲインが大き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、周期性の強さ又はピッチゲイン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t1とし、周期性の強さ又はピッチゲインが小さ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t2として、 $i=0$ 以外の i のうちの少なくとも一部の i について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、 $i=0$ 以外の i のうちの前記以外の 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、 $i=0$ 以外の i のうちの残りの各 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、

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、

係数テーブルt0には係数 $w_{t_0}(i)$ が格納されており、係数テーブルt2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の周期性の強さ又は入力時系列信号に基づくピッチゲインと正の相関関係にある値を用いて前記係数テーブルt0, t2の少なくとも何れかの係数テーブルから係数を取得する係数決定ステップを更に含み、

前記周期性の強さ又はピッチゲインと正の相関関係にある値に応じて、周期性の強さ又はピッチゲインが大きい場合、周期性の強さ又はピッチゲインが中程度の場合、周期性の強さ又はピッチゲインが小さい場合の何れかの場合に分類されるとし、周期性の強さ又はピッチゲインが大き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t0とし、周期性の強さ又はピッチゲインが小さ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t2として、 $i=0$ 以外の i のうちの少なくとも一部の i について $w_{t_0}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、 $i=0$ 以外の i のうちの残りの各 i について $w_{t_0}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、

前記係数決定ステップは、周期性の強さ又はピッチゲインが中程度の場合には、 $i=0$ 以外の各 i について、 $w_0(i) = \alpha \times w_{t_0}(i) + (1 - \alpha) \times w_{t_2}(i)$ (ただし $0 < \alpha < 1$)である係数を決定する、

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、

係数テーブルt0には係数 $w_{t_0}(i)$ が格納されており、係数テーブルt1には係数 $w_{t_1}(i)$ が格納されており、係数テーブルt2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の周期性の強さ又は入力時系列信号に基づくピッチゲインと正の相関関係にある値を用いて前記係数テーブルt0, t1, t2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を更に含み、

前記周期性の強さ又はピッチゲインと正の相関関係にある値に応じて、周期性の強さ又はピッチゲインが大きい場合、周期性の強さ又はピッチゲインが中程度の場合、周期性の強さ又はピッチゲインが小さい場合の何れかの場合に分類されるとし、周期性の強さ又はピッチゲインが大き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

10

20

30

40

50

ブル t_0 とし、周期性の強さ又はピッチゲイン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、周期性の強さ又はピッチゲインが小さ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、 $i=0$ 以外の i のうちの少なくとも一部の i について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、 $i=0$ 以外の i のうちの前記以外の 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、 $i=0$ 以外の i のうちの残りの各 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 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、

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_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の周期性の強さ又は入力時系列信号に基づくピッチゲイン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_2 の少なくとも何れかの係数テーブルから係数を取得する係数決定部を更に含み、

前記周期性の強さ又はピッチゲインと正の相関関係にある値に応じて、周期性の強さ又はピッチゲインが大きい場合、周期性の強さ又はピッチゲインが中程度の場合、周期性の強さ又はピッチゲインが小さい場合の何れかの場合に分類されるとし、周期性の強さ又はピッチゲインが大き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、周期性の強さ又はピッチゲインが小さ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、 $i=0$ 以外の i のうちの少なくとも一部の i について $w_{t_0}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、 $i=0$ 以外の i のうちの残りの各 i について $w_{t_0}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、

前記係数決定部は、周期性の強さ又はピッチゲインが中程度の場合には、 $i=0$ 以外の各 i について、 $w_0(i) = \alpha \times w_{t_0}(i) + (1 - \alpha) \times w_{t_2}(i)$ （ただし $0 < \alpha < 1$ ）である係数を決定する、

線形予測分析装置。

【請求項 5】

請求項 1 又は 2 の何れか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 6】

請求項 1 又は 2 の何れか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 11 に例示する線形予測分析装置により予測係数が計算さ

10

20

30

40

50

れている。線形予測分析装置 1 は、自己相関計算部 1 1、係数乗算部 1 2 及び予測係数計算部 1 3 を備えている。

【 0 0 0 4 】

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。

【 0 0 0 5 】

[自己相関計算部 1 1]

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

【 数 1 】

$$R_0(i) = \sum_{n=i}^{N-1} X_0(n) \times X_0(n-i) \quad (11)$$

【 0 0 0 6 】

[係数乗算部 1 2]

次に、係数乗算部 1 2 が、自己相関計算部 1 1 から出力された自己相関 $R_0(i)$ に予め定めた係数 $w_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$) を同じ i ごとに乗じることにより、変形自己相関 $R'_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$) を求める。すなわち、変形自己相関関数 $R'_0(i)$ を式(12)により求める。

【 数 2 】

$$R'_0(i) = R_0(i) \times w_0(i) \quad (12)$$

【 0 0 0 7 】

[予測係数計算部 1 3]

そして、予測係数計算部 1 3 が、係数乗算部 1 2 から出力された変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて例えば Levinson-Durbin 法などにより、1 次から予め定めた予測次数である 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 $K_0(1), K_0(2), \dots, K_0(P_{\max})$ や線形予測係数 $a_0(1), a_0(2), \dots, a_0(P_{\max})$ 等である。

【 0 0 0 8 】

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 $w_0(i)$ 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。

【 0 0 0 9 】

具体的には、係数 $w_0(i)$ は式(13)のように指数関数を用いて定義されており、式(13)の中では $f_0=60$ 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。

【 数 3 】

$$w_0(i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi f_0 i}{f_s}\right)^2\right), i = 0, 1, \dots, P_{\max} \quad (13)$$

【 0 0 1 0 】

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 】

【 0 0 1 1 】

10

20

30

40

50

【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

【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】

【0012】

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 $R_0(i)$ に固定の係数 $w_0(i)$ が乗算して得られる変形自己相関 $R'_0(i)$ を用いて線形予測係数に変換可能な係数を求めていた。よって、自己相関 $R_0(i)$ への係数 $w_0(i)$ 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 $R'_0(i)$ ではなく自己相関 $R_0(i)$ そのものを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な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。

10

【0013】

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。

20

【課題を解決するための手段】

【0014】

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、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 $w_{t_1}(i)$ が格納されており、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の周期性の強さ又は入力時系列信号に基づくピッチゲイン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 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を更に含み、周期性の強さ又はピッチゲインと正の相関関係にある値に応じて、周期性の強さ又はピッチゲインが大きい場合、周期性の強さ又はピッチゲインが中程度の場合、周期性の強さ又はピッチゲインが小さい場合の何れかの場合に分類されるとし、周期性の強さ又はピッチゲインが大き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、周期性の強さ又はピッチゲイン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、周期性の強さ又はピッチゲインが小さ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、 $i=0$ 以外の i のうちの少なくとも一部の i について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、 $i=0$ 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、 $i=0$ 以外の i のうちの残りの各 i について $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ である。

30

40

【0015】

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

50

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、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_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の周期性の強さ又は入力時系列信号に基づくピッチゲインと正の相関関係にある値を用いて係数テーブル t_0, t_2 の少なくとも何れかの係数テーブルから係数を取得する係数決定ステップを更に含み、周期性の強さ又はピッチゲインと正の相関関係にある値に応じて、周期性の強さ又はピッチゲインが大きい場合、周期性の強さ又はピッチゲインが中程度の場合、周期性の強さ又はピッチゲインが小さい場合の何れかの場合に分類されるとし、周期性の強さ又はピッチゲインが大き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、周期性の強さ又はピッチゲインが小さ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、 $i=0$ 以外の i のうちの少なくとも一部の i について $w_{t_0}(i) < w_{t_2}(i)$ であり、 $i=0$ 以外の i のうちの残りの各 i について $w_{t_0}(i) \geq w_{t_2}(i)$ であり、上記係数決定ステップは、周期性の強さ又はピッチゲインが中程度の場合には、 $i=0$ 以外の各 i について、 $w_0(i) = \alpha \times w_{t_0}(i) + (1-\alpha) \times w_{t_2}(i)$ （ただし $0 \leq \alpha < 1$ ）である係数を決定する。

【発明の効果】

【0016】

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】

【0017】

【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。

【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】第三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5】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6】第三実施形態の具体例を説明するための図。

【図7】変形例を説明するためのブロック図。

【図8】変形例を説明するためのブロック図。

【図9】変形例を説明するためのフローチャート。

【図10】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11】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】

【0018】

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。

【0019】

[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。

【0020】

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、地震波等のや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 $X_0(n-1)$

10

20

30

40

50

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 $X_O(n)$ ($n=N, N+1, \dots, 2N-1$)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、收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、プリアンファ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。

【0021】

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ピッチゲインについての情報も入力される。ピッチゲインについての情報は、線形予測分析装置2外にあるピッチゲイン計算部950で求められる。

【0022】

ピッチゲインは、フレームごとの入力信号の周期性の強さのことである。ピッチゲインは、例えば、入力信号やその線形予測残差信号についてのピッチ周期分だけ時間差がある信号間の正規化された相関である。

【0023】

[ピッチゲイン計算部950]

ピッチゲイン計算部950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ピッチゲイン G を求める。ピッチゲイン計算部950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ピッチゲイン G を求め、ピッチゲイン G を特定可能な情報をピッチゲインについての情報として出力する。ピッチゲイン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、求めたピッチゲイン G を符号化してピッチゲイン符号を得る構成とし、ピッチゲイン符号をピッチゲインについての情報として出力してもよい。さらにピッチゲイン符号に対応するピッチゲインの量子化値 $\wedge G$ を得る構成とし、ピッチゲインの量子化値 $\wedge G$ をピッチゲインについての情報として出力してもよい。以下、ピッチゲイン計算部950の具体例について説明する。

【0024】

<ピッチゲイン計算部950の具体例1>

ピッチゲイン計算部950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よりも先にピッチゲイン計算部950が動作される場合、の例である。ピッチゲイン計算部950は、まず、2以上の整数である M 個のサブフレームである $X_{O_{s1}}(n)$ ($n=0, 1, \dots, N/M-1$), ..., $X_{O_{sM}}(n)$ ($n=(M-1)N/M, (M-1)N/M+1, \dots, N-1$)のそれぞれのピッチゲインである G_{s1}, \dots, G_{sM} を求める。 N は M で割り切れるとする。ピッチゲイン計算部950は、現フレームを構成する M 個のサブフレームのピッチゲインである G_{s1}, \dots, G_{sM} のうちの最大値 $\max(G_{s1}, \dots, G_{sM})$ を特定可能な情報をピッチゲインについての情報として出力する。

【0025】

<ピッチゲイン計算部950の具体例2>

ピッチゲイン計算部950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、 $Nn < N$ 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よりも後にピッチゲイン計算部950が動作される場合、の例である。ピッチゲイン計算部950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 $X_O(n)$ ($n=N, N+1, \dots, N+Nn-1$)のそれぞれのピッチゲインである G_{now}, G_{next} を求め、ピッチゲイン G_{next} をピッチゲイン計算部950に記憶する。ピッチゲイン計算部950は、また、1つ前のフレームの信号区間について求めてピッチゲイン計算部950に記憶されていたピッチゲイン G_{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 $X_O(n)$ ($n=0$

10

20

30

40

50

, 1, ..., Nn-1)について求めたピッチゲイン、を特定可能な情報をピッチゲイン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ピッチゲインを求めてもよい。

【0026】

<ピッチゲイン計算部950の具体例3>

ピッチゲイン計算部950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よりも後にピッチゲイン計算部950が動作される場合、の例である。ピッチゲイン計算部950は、現フレームの信号区間である現フレームの入力信号 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$)のピッチゲイン G を求め、ピッチゲイン G をピッチゲイン計算部950に記憶する。ピッチゲイン計算部950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 $X_0(n)$ ($n=-N, -N+1, \dots, -1$)について求めてピッチゲイン計算部950に記憶されていたピッチゲイン G を特定可能な情報をピッチゲインについての情報として出力する。

10

【0027】

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。

【0028】

[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 未満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。

20

【0029】

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 $R_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$)を計算して出力する。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。

【数4】

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

30

【0030】

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。

【数5】

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

40

【0031】

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、何れの方法においても、入力信号 $X_0(n)$ ($n=-Np, -Np+1, \dots, -1, 0, 1, \dots, N-1, N, \dots, N-1+Nn$)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、 Np, Nn はそれぞれ、 $Np < N$, $Nn < N$ という関係を満たす所定の正の整数である。もしくは、MDCT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ればよい。

【0032】

50

【係数決定部24】

係数決定部24は、入力されたピッチゲイン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 $R_0(i)$ を変形す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、 $w_0(i)$ の大きさとはい、その $w_0(i)$ の値を意味するものとする。

【0033】

係数決定部24に入力されるピッチゲインについての情報は、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ピッチゲインを特定する情報である。すなわち、係数 $w_0(i)$ の決定に用いるピッチゲインは、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ピッチゲインである。

10

【0034】

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、ピッチゲインについての情報に対応するピッチゲインの取り得る範囲のうち全てまたは一部で、ピッチゲインについての情報に対応するピッチゲインが大きいほど小さな値を係数 $w_0(0)$, $w_0(1)$, \dots , $w_0(P_{\max})$ として決定する。また、係数決定部24は、ピッチゲインの代わりにピッチゲインと正の相関関係にある値を用いて、ピッチゲインが大きいほど小さな値を係数 $w_0(0)$, $w_0(1)$, \dots , $w_0(P_{\max})$ として決定してもよい。

20

【0035】

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ピッチゲイン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。

【0036】

言い換えれば、後述するように、次数 i によっては、係数 $w_0(i)$ の大きさがピッチゲイン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。

【0037】

また、ピッチゲインと正の相関関係にある値の取り得る範囲には、係数 $w_0(i)$ の大きさがピッチゲイン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 $w_0(i)$ の大きさがピッチゲイン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

【0038】

係数決定部24は、例えば、入力されたピッチゲインについての情報に対応するピッチゲイン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、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。式(2)において、 G は入力されたピッチゲインについての情報に対応するピッチゲインを意味する。

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。

40

【数6】

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

【0039】

または、ピッチゲイン G についての予め定めた関数 $f(G)$ を用いた、以下の式(2A)により

50

係数 $w_0(i)$ を決定してもよい。関数 $f(G)$ は、 $f(G) = G + \quad$ (\quad は正の数、 \quad は任意の数)、 $f(G) = G^2 + G + \quad$ (\quad は正の数、 \quad は任意の数) などの、ピッチゲイン G と正の相関関係、ピッチゲイン G に対して単調非減少の関係となる関数である。

【数 7】

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

【 0 0 4 0 】

また、ピッチゲイン G を用いて係数 $w_0(i)$ を決定する式は、上述の(2)、(2A)に限らず、ピッチゲイン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 $w_0(i)$ 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 をピッチゲインに依存して決まる実数とし、 m をピッチゲインに依存して決まる自然数とする。例えば、 a をピッチゲインと負の相関関係にある値とし、 m をピッチゲインと負の相関関係にある値とする。 \quad はサンプリング周期である。

【数 8】

$$w_0(i) = 1 - \pi i / a, i = 0, 1, \dots, P_{\max} \quad (3)$$

$$w_0(i) = \binom{2m}{m-i} / \binom{2m}{m}, i = 0, 1, \dots, P_{\max} \quad (4)$$

$$w_0(i) = \left(\frac{\sin a\pi i}{a\pi i}\right)^2, i = 0, 1, \dots, P_{\max} \quad (5)$$

$$w_0(i) = \left(\frac{\sin a\pi i}{a\pi i}\right), i = 0, 1, \dots, P_{\max} \quad (6)$$

式(3)はBartlett windowと呼ばれる形式の窓関数であり、式(4)は二項係数により定義される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。

【 0 0 4 1 】

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 $w_0(i)$ がピッチゲイン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 $w_0(i)$ の大きさがピッチゲイン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。

【 0 0 4 2 】

例えば、 $i=0$ の場合は、上述の式(2)から式(6)の何れかを用いて係数 $w_0(0)$ 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、ピッチゲイン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 $w_0(i)$ はピッチゲインと正の相関関係にある値が大きいか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 4 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

10

20

30

40

50

部 2 2 は、以下の式(7)により自己相関 $R'_o(i)$ を計算する。計算された自己相関 $R'_o(i)$ は、予測係数計算部 2 3 に提供される。

【数 9】

$$R'_o(i) = R_o(i) \times w_o(i) \quad (7)$$

【 0 0 4 4 】

[予測係数計算部 2 3]

予測係数計算部 2 3 は、係数乗算部 2 2 から出力された変形自己相関 $R'_o(i)$ を用いて線形予測係数に変換可能な係数を求める(ステップ S 3)。

【 0 0 4 5 】

例えば、予測係数計算部 2 3 は、係数乗算部 2 2 から出力された変形自己相関 $R'_o(i)$ 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 $K_o(1), K_o(2), \dots, K_o(P_{max})$ や線形予測係数 $a_o(1), a_o(2), \dots, a_o(P_{max})$ を計算して出力する。

10

【 0 0 4 6 】

第一実施形態の線形予測分析装置 2 によれば、ピッチゲイン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 $w_o(i)$ の大きさが、現フレームの入力信号 $X_o(n)$ の全部または一部を含む信号区間のピッチゲイン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 $w_o(i)$ 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、入力信号のピッチゲインが大き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、入力信号のピッチゲインが小さ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を実現することにより、復号音声信号や復号音響信号の品質よりも、良い。

20

【 0 0 4 7 】

[第二実施形態]

第二実施形態は、現在又は過去のフレームにおける入力信号のピッチゲイン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 $w_o(i)$ を決定するものである。第二実施形態は、係数決定部 2 4 における係数 $w_o(i)$ の決定方法のみが第一実施形態と異なり、他の点については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。

30

【 0 0 4 8 】

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 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。

40

【 0 0 4 9 】

第二実施形態の係数決定部 2 4 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 2 4 は、図 3 の各ステップ S 4 1 A、ステップ S 4 2、ステップ S 4 3 の処理を例えに行う。

【 0 0 5 0 】

係数決定部 2 4 は、入力されたピッチゲインについての情報に対応するピッチゲイン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 S 4 1 A)。入力されたピッチゲインについての情報に対応するピッチゲインと正の相関関係にある値とは、例えば、入力されたピッチゲインについての情報に対応するピッチゲインそのものである。

50

【 0 0 5 1 】

係数決定部 2 4 は、ピッチゲイン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、ピッチゲインが大き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 $w_o(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)とする(ステップ S 4 2)。すなわち、 $w_o(i)=w_h(i)$ とする。

【 0 0 5 2 】

係数決定部 2 4 は、ピッチゲイン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、ピッチゲインが小さ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 $w_o(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)とする(ステップ S 4 3)。すなわち、 $w_o(i)=w_l(i)$ とする。

10

【 0 0 5 3 】

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(2)でピッチゲイン G が G_1 であるときの $w_o(i)$ を $w_h(i)$ として求め、式(2)でピッチゲイン G が G_2 (ただし $G_1>G_2$)であるときの $w_o(i)$ 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。または、例えば、 $w_h(i)$ と $w_l(i)$ は、式(2)で $G = G_1$ であるときの $w_o(i)$ を $w_h(i)$ として求め、式(2)で $G = G_2$ (ただし $G_1 > G_2$) であるときの $w_o(i)$ 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、 G_1 と G_2 は共に式(2)の G 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、ピッチゲイン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 $w_h(i)$ 、 $w_l(i)$ については、 $w_h(0) \geq w_l(0)$ 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。

20

【 0 0 5 4 】

第二実施形態によっても、第一実施形態と同様に、入力信号のピッチゲインが大き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、入力信号のピッチゲインが小さ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。

30

【 0 0 5 5 】

< 第二実施形態の変形例 >

上述の第二実施形態では1個の閾値を用いて係数 $w_o(i)$ を決定したが、第二実施形態の変形例は2個以上の閾値を用いて係数 $w_o(i)$ を決定するものである。以下、2個の閾値 th_1 、 th_2 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 th_1 、 th_2 は、 $0 < th_1 < th_2$ という関係を満たすとする。

【 0 0 5 6 】

第二実施形態の変形例の線形予測分析装置 2 の機能構成は、第二実施形態と同じ図 1 である。第二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、第二実施形態の線形予測分析装置 2 と同じである。

40

【 0 0 5 7 】

係数決定部 2 4 は、入力されたピッチゲインについての情報に対応するピッチゲインと正の相関関係にある値と、閾値 th_1 、 th_2 とを比較する。入力されたピッチゲインについての情報に対応するピッチゲインと正の相関関係にある値とは、例えば、入力されたピッチゲインについての情報に対応するピッチゲインそのものである。

【 0 0 5 8 】

係数決定部 2 4 は、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 th_2 より大きい場合、

50

すなわち、ピッチゲインが大き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 $w_o(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)とする。すなわち、 $w_o(i)=w_h(i)$ とする。

【0059】

係数決定部24は、ピッチゲイン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、ピッチゲイン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 $w_o(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)とする。すなわち、 $w_o(i)=w_m(i)$ とする。

【0060】

係数決定部24は、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 $th1$ 以下の場合、すな
10 わち、ピッチゲインが小さ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 $w_o(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)とする。すなわち、 $w_o(i)=w_l(i)$ とする。

【0061】

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 $w_h(i) < w_m(i) < w_l(i)$ 、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(2)でピッチゲイン G
20 が $G1$ であるときの $w_o(i)$ を $w_h(i)$ として求め、式(2)でピッチゲイン G が $G2$ (ただし $G1 > G2$)であるときの $w_o(i)$ を $w_m(i)$ として求め、式(2)でピッチゲイン G が $G3$ (ただし $G2 > G3$)であるときの $w_o(i)$ 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。または、例えば、 $w_h(i), w_m(i), w_l(i)$ は、式(2)で $G=1$ であるときの $w_o(i)$ を $w_h(i)$ として求め、式(2)で $G=2$ (ただし $G=1 > 2$)であるときの $w_o(i)$ を $w_m(i)$ として求め、式(2)で $G=3$ (ただし $G=2 > 3$)であるときの $w_o(i)$ 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、 $G=1, 2, 3$ は式(2)の G 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、ピッチゲイン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。
30

【0062】

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、 $0 \leq \alpha \leq 1$ であり、かつ、ピッチゲイン G が小さい値をとるときは α の値も小さくなり、ピッチゲイン G が大きい値をとるときに α の値も大きくなる関数 $\alpha=c(G)$ により、ピッチゲイン G 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、ピッチゲインが中程度の場合のうちのピッチゲインが大きいときには $w_h(i)$ に近い係数を得ることができ、逆にピッチゲインが中程度の場合のうちのピッチゲインが小さいときには $w_l(i)$ 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 $w_m(0) > w_l(0)$ の関係を満たす値を用いてもよい。
40

【0063】

第二実施形態の変形例によっても、第二実施形態と同様に、入力信号のピッチゲインが大き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、入力信号のピッチゲインが小さ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。
50

【 0 0 6 4 】

[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 2 4 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、他の点については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。

【 0 0 6 5 】

第三実施形態の線形予測分析装置 2 は、係数決定部 2 4 の処理が異なり、図 4 に例示するように、係数テーブル記憶部 2 5 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 2 5 には、2 個以上の係数テーブルが記憶されている。

10

【 0 0 6 6 】

第三実施形態の係数決定部 2 4 の処理の流れの例を図 5 に示す。第三実施形態の係数決定部 2 4 は、図 5 のステップ S 4 4、ステップ S 4 5 の処理を例えば行う。

【 0 0 6 7 】

まず、係数決定部 2 4 は、入力されたピッチゲインについての情報に対応するピッチゲインと正の相関関係にある値を用いて、係数テーブル記憶部 2 5 に記憶された 2 個以上の係数テーブルから、そのピッチゲインと正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 S 4 4)。例えば、ピッチゲインについての情報に対応するピッチゲインと正の相関関係にある値は、ピッチゲインについての情報に対応するピッチゲインである。

20

【 0 0 6 8 】

例えば、係数テーブル記憶部 2 5 に、異なる 2 個の係数テーブル t_0 、 t_1 が記憶されており、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 $w_{t_1}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) が格納されているとする。2 個の係数テーブル t_0 、 t_1 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 $w_{t_0}(i) > w_{t_1}(i)$ 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。

【 0 0 6 9 】

このとき、係数決定部 2 4 は、入力されたピッチゲインについての情報により特定されるピッチゲイン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 t_0 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 t_1 を係数テーブル t として選択する。すなわち、ピッチゲイン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、ピッチゲインが大き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、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の閾値より小さい場合、すなわちピッチゲインが小さ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。

30

【 0 0 7 0 】

言い換えれば、係数テーブル記憶部 2 5 に記憶されている 2 個の係数テーブルの中の、ピッチゲイン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 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 2 5 に記憶されている 2 個の係数テーブルの中の、ピッチゲイン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 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。

40

【 0 0 7 1 】

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。

50

【 0 0 7 2 】

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、少なくとも一部の各 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 $w_{t_0}(i) < w_{t_2}(i) < w_{t_1}(i)$ 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 0 7 3 】

ここで、 $0 < th_1 < th_2$ という関係を満たす 2 個の閾値 th_1, th_2 が定められているとする。このとき、係数決定部 2 4 は、

- (1) ピッチゲインと正の相関関係にある値 $> th_2$ の場合、すなわち、ピッチゲインが大き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) $th_2 < \text{ピッチゲイン} < th_1$ の場合、すなわち、ピッチゲイン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) $th_1 < \text{ピッチゲイン} < 0$ の場合、すなわち、ピッチゲインが小さ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 として選択する。

【 0 0 7 4 】

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 0 7 5 】

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 0 7 6 】

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、ピッチゲインと正の相関関係にある値の式に基づいて係数 $w_0(i)$ 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。

【 0 0 7 7 】

< 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。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、ピッチゲイン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。) についてピッチゲイン計算部 9 5 0 で求めたピッチゲイン G とが入力される。現フレームの一部の入力信号 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N_n$) についてのピッチゲイン G は、ピッチゲイン計算部 9 5 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ピッチゲイン計算部 9 5 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ピッチゲインである。

【 0 0 7 8 】

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 (8) で求める。

10

20

30

40

【数 1 0】

$$R_o(i) = \sum_{n=i}^{N-1} X_o(n) \times X_o(n-i) \quad (8)$$

【 0 0 7 9】

係数決定部 2 4 に、ピッチゲインについての情報であるピッチゲインGが入力される。

【 0 0 8 0】

係数テーブル記憶部 2 5 には、係数テーブルt0と、係数テーブルt1と、係数テーブルt2とが記憶されているものとする。

【 0 0 8 1】

係数テーブルt0、式(13)の従来法の $f_0=60\text{Hz}$ 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。

【 0 0 8 2】

$w_{t_0}(i)=[1.0001, 0.999566371, 0.998266613, 0.996104103, 0.993084457, 0.989215493, 0.984507263, 0.978971839, 0.972623467, 0.96547842, 0.957554817, 0.948872864, 0.939454317, 0.929322779, 0.918503404, 0.907022834, 0.894909143]$

係数テーブルt1は、式(13)の従来法の $f_0=40\text{Hz}$ のテーブルであり、各次数の係数 $w_{t_1}(i)$ が次のように定められている。

【 0 0 8 3】

$w_{t_1}(i)=[1.0001, 0.999807253, 0.99922923, 0.99826661, 0.99692050, 0.99519245, 0.99308446, 0.99059895, 0.98773878, 0.98450724, 0.98090803, 0.97694527, 0.97262346, 0.96794752, 0.96292276, 0.95755484, 0.95184981]$

係数テーブルt2は、式(13)の従来法の $f_0=20\text{Hz}$ 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。

【 0 0 8 4】

$w_{t_2}(i)=[1.0001, 0.99995181, 0.99980725, 0.99956637, 0.99922923, 0.99879594, 0.99826661, 0.99764141, 0.99692050, 0.99610410, 0.99519245, 0.99418581, 0.99308446, 0.99188872, 0.99059895, 0.98921550, 0.98773878]$

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 $w_{t_0}(0)=1.0001$ であり、 $w_{t_0}(3)=0.996104103$ である。

【 0 0 8 5】

図 6 に係数テーブルt0, t1, t2の係数 $w_{t_0}(i)$ 、 $w_{t_1}(i)$ 、 $w_{t_2}(i)$ の大きさをグラフで表す。図 6 のグラフの点線は係数テーブルt0の係数 $w_{t_0}(i)$ の大きさを表し、図 6 のグラフの一点鎖線は係数テーブルt1の係数 $w_{t_1}(i)$ の大きさを表し、図 6 のグラフの実線は係数テーブルt2の係数 $w_{t_2}(i)$ の大きさを表す。図 6 のグラフの横軸は次数*i*を意味し、図 6 のグラフ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、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、 $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ の関係を満たしている。係数テーブル記憶部 2 5 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。

【 0 0 8 6】

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 $w_{t_0}(0)=w_{t_1}(0)=w_{t_2}(0)=1.003$ 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 $w_{t_0}(0)$ 、 $w_{t_1}(0)$ 、 $w_{t_2}(0)$ のうち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。

【 0 0 8 7】

10

20

30

40

50

上述の係数テーブルt0は式(13)において $f_0=60\text{Hz}$ 、 $f_s=12.8\text{kHz}$ とした場合、係数テーブルt1は式(13)において $f_0=40\text{Hz}$ 、 $f_s=12.8\text{kHz}$ とした場合、係数テーブルt2は式(13)において $f_0=20\text{Hz}$ とした場合の係数値に相当するが、これらはそれぞれ、式(2A)において $f(G)=60$ 、 $f_s=12.8\text{kHz}$ とした場合の係数値、 $f(G)=40$ 、 $f_s=12.8\text{kHz}$ とした場合、 $f(G)=20$ 、 $f_s=12.8\text{kHz}$ とした場合、に相当し、式(2A)における関数 $f(G)$ はピッチゲイン G と正の相関関係にある関数である。つまり、3つの係数テーブルの係数値を予め定める際に、予め定めた3つのピッチゲインを用いて式(2A)により係数値を求めることに代えて、予め定めた3つの f_0 を用いて式(13)により係数値を求めてもよい。

【0088】

係数決定部24は、入力されたピッチゲイン G を所定の閾値 $th1=0.3$ 及び閾値 $th2=0.6$ と比較し、 $G \leq 0.3$ の場合は係数テーブルt2を、 $0.3 < G \leq 0.6$ の場合は係数テーブルt1を、 $G > 0.6$ の場合は係数テーブルt0を選択する。

10

【0089】

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。

【0090】

< 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。

20

【0091】

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4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。

【0092】

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 $w_{t0}(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)が格納されており、係数テーブルt2には係数 $w_{t2}(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)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 $w_{t0}(i) < w_{t2}(i)$ であり、残りの各*i*について $w_{t0}(i) \geq w_{t2}(i)$ となるように定められた係数 $w_{t0}(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)と係数 $w_{t2}(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)が格納されている。

30

【0093】

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24は、

(1) ピッチゲインと正の相関関係にある値 $>th2$ の場合、すなわち、ピッチゲインが大きいと判断された場合には、係数テーブルt0の各係数 $w_{t0}(i)$ を係数 $w_0(i)$ として選択し、

(2) $th1 < \text{ピッチゲイン} < th2$ ピッチゲインと正の相関関係にある値 $>th1$ の場合、すなわち、ピッチゲイン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 $w_{t0}(i)$ と係数テーブルt2の各係数 $w_{t2}(i)$ とを用いて、 $w_0(i) = \alpha \times w_{t0}(i) + (1 - \alpha) \times w_{t2}(i)$ により係数 $w_0(i)$ を決定し、

40

(3) $\text{ピッチゲイン} < th1$ ピッチゲインと正の相関関係にある値の場合、すなわち、ピッチゲインが小さいと判断された場合には、係数テーブルt2の各係数 $w_{t2}(i)$ を係数 $w_0(i)$ として選択する。

【0094】

ここで α は、 $0 \leq \alpha \leq 1$ であり、ピッチゲイン G が小さい値をとるときは α の値も小さくなり、ピッチゲイン G が大きい値をとるときに α の値も大きくなる関数 $\alpha=c(G)$ により、ピッチゲイン G から求める値である。この構成とすれば、ピッチゲインが中程度の場合のうちのピッチゲイン G が小さい時には $w_{t2}(i)$ に近い値を係数 $w_0(i)$ とすることができ、逆

50

にピッチゲインが中程度の場合のうちのピッチゲイン G 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。

【0095】

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 t_0 、 t_2 の $i=0$ の係数 $w_{t_0}(0)$ 、 $w_{t_2}(0)$ については、 $w_{t_0}(0) > w_{t_2}(0)$ の関係を満たしていることは必須ではなく、 $w_{t_0}(0) > w_{t_2}(0)$ の関係にある値であってもよい。

【0096】

[第一実施形態から第三実施形態に共通の変形例]

図7及び図8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 $R_0(i)$ とを用いて線形予測分析を行ってもよい。図7と図8は、それぞれ図1と図4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9のステップS5において、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)。

【0097】

[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ピッチゲイン計算部でピッチゲインを得て、得られたピッチゲインに基づく係数 $w_0(i)$ 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。

【0098】

第四実施形態の線形予測分析装置3は、図10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、ピッチゲイン計算部36、第二線形予測分析部34を例えば備えている。

【0099】

[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。

【0100】

[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。

【0101】

[ピッチゲイン計算部36]

ピッチゲイン計算部36は、線形予測残差信号 $X_R(n)$ のピッチゲイン G を求め、ピッチゲインについての情報を出力する。ピッチゲイン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。ピッチゲイン計算部36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ピッチゲインを求める。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 $X_{R_{s1}}(n)$ ($n=0,1,\dots,N/M-1$), ..., $X_{R_{sM}}(n)$ ($n=(M-1)N/M, (M-1)N/M+1, \dots, N-1$)のそれぞれのピッチゲインである G_{s1}, \dots, G_{sM} を求める。 N は M で割り切れるとする。ピッチゲイン計算部36は、次に、現フレームを構成する M 個のサブフレームのピッチゲインである G_{s1}, \dots, G_{sM} のうちの最大値 $\max(G_{s1}, \dots, G_{sM})$ を特定可能な情報をピッ

10

20

30

40

50

チゲインについての情報として出力する。

【 0 1 0 2 】

[第二線形予測分析部 3 4]

第二線形予測分析部 3 4 は、本発明の第一実施形態から第三実施形態及びこれら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 3 4 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、ピッチゲイン計算部 3 6 が出力したピッチゲイン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。

10

【 0 1 0 3 】

<ピッチゲイン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ピッチゲイン計算部 9 5 0 の具体例 2 として説明した通り、ピッチゲイン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ピッチゲインを用いてもよい。

【 0 1 0 4 】

また、ピッチゲインと正の相関関係にある値として、ピッチゲインの推定値を用いてもよい。例えば、過去の複数フレームのピッチゲインから予測される現在のフレームについてのピッチゲインの推定値や、過去の複数フレームについてのピッチゲインの平均値や最小値や最大値や重み付線形和を、ピッチゲイン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ピッチゲインの平均値や最小値や最大値や重み付線形和を、ピッチゲインの推定値として用いてもよい。

20

【 0 1 0 5 】

また、ピッチゲインと正の相関関係にある値として、ピッチゲインの量子化値を用いてもよい。すなわち、量子化前のピッチゲインを用いてもよいし、量子化後のピッチゲインを用いてもよい。

【 0 1 0 6 】

なお、上記の各実施形態及び各変形例のピッチゲインと正の相関関係にある値と閾値との比較においては、ピッチゲインと正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。

30

【 0 1 0 7 】

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。

【 0 1 0 8 】

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。

40

【 0 1 0 9 】

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。

【 0 1 1 0 】

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

50

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。

【0111】

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】

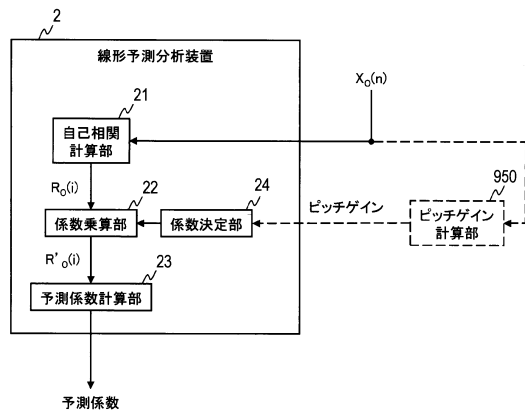


図1

【図2】

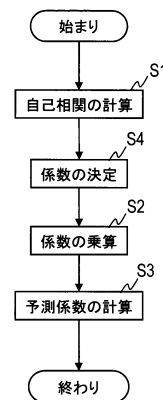


図2

【 図 3 】

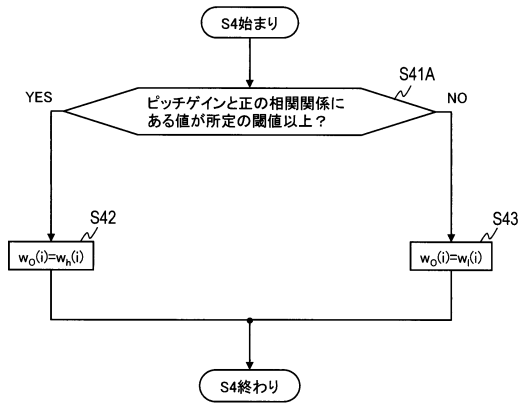


図3

【 図 4 】

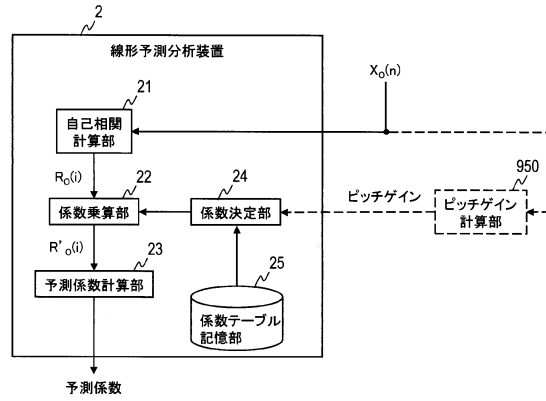


図4

【 図 5 】

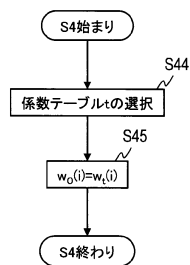


図5

【 図 6 】

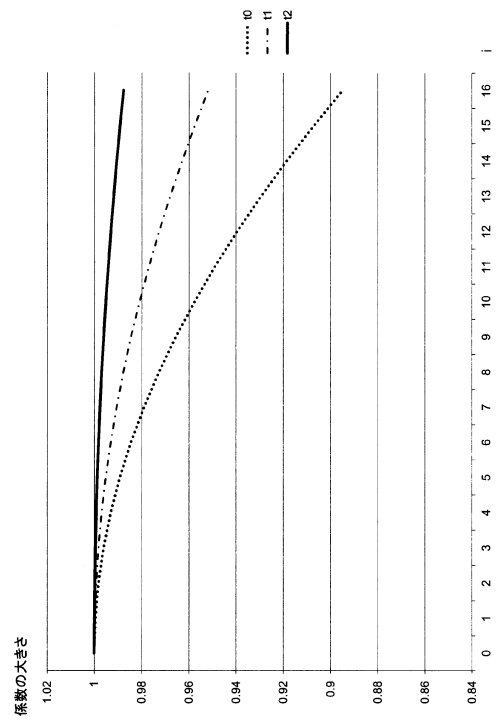


図6

【 図 7 】

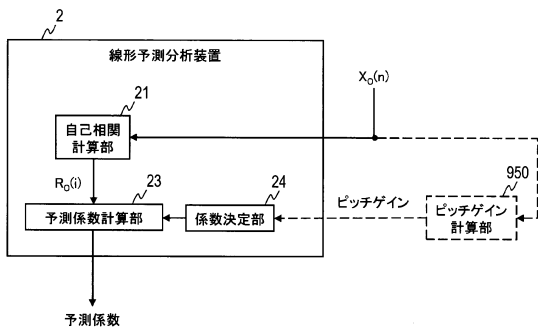


図7

【 図 8 】

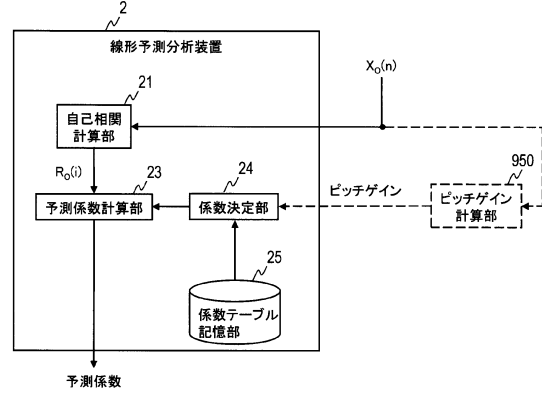


図8

【 図 9 】

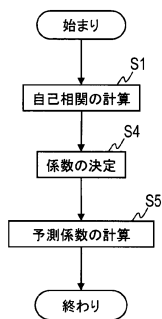


図9

【 図 10 】

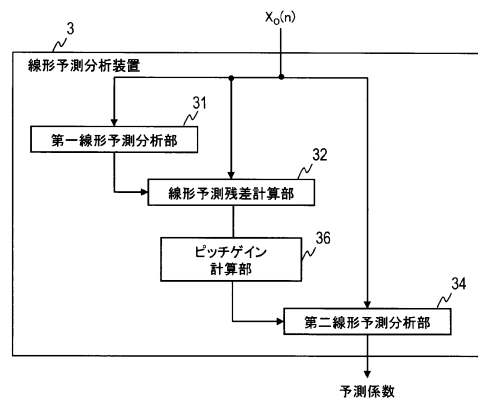


図10

【 図 1 1 】

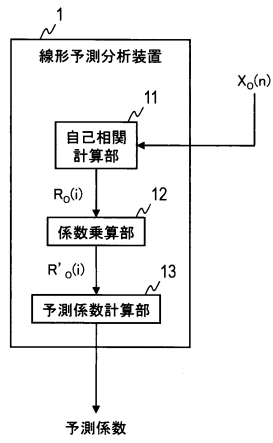


図 11

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 山下 剛史

(56)参考文献 国際公開第2010/073977(WO, A1)

国際公開第2010/084951(WO, A1)

特表2009-500681(JP, A)

特開2007-279393(JP, A)

特開2007-286200(JP, A)

特開2008-185701(JP, A)

Yoh'ichi TOHKURA, et al., Spectral Smoothing Technique in PARCOR Speech Analysis-Synthesis, IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, 1978年12月, Vol.26, No.6, p.587-596

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G10L 19/00 - 19/26, 25/00 - 25/93