

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6449969号
(P6449969)

(45) 発行日 平成31年1月9日(2019.1.9)

(24) 登録日 平成30年12月14日(2018.12.14)

(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		

請求項の数 6 (全 48 頁)

(21) 出願番号	特願2017-223809 (P2017-223809)	(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2015-558850 (P2015-558850) 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2018-49288 (P2018-49288A)		弁理士 中尾 直樹
(43) 公開日	平成30年3月29日(2018.3.29)	(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2014-11318 (P2014-11318)	(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2014-152525 (P2014-152525)		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 $R'_0(i)$ 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、

第一係数テーブルには係数 $w_h(i)$ が記憶されており、第二係数テーブルには係数 $w_l(i)$ が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、周期の推定値、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、と、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ピッチゲインと正の相関関係にある値とを用いて前記第一係数テーブルと前記第二係数テーブルの中の1個の係数テーブルから係数取得する係数決定ステップを更に含み、

前記周期、または、周期の推定値、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、が第一値であり、かつ、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が第三値である場合に前記係数決定ステップで係数取得される係数テーブルを前記第一係数テーブルとし、

前記周期、または、周期の推定値、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り、かつ、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が前記第三値よりも小さい第四値である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前記第二係数テーブルとして、

$i=0$ 以外の次数のうち少なくとも一部の各次数 i に対しては、前記第二係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_l(i)$ は、前記第一係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_h(i)$ よりも大きく、 $i=0$ 以外の次数のうちの前記以外の各次数 i に対しては、前記第二係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_l(i)$ は、前記第一係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_h(i)$ 以上である、

線形予測分析方法。

10

【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 $X_O(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_O(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_O(n+i)$ との自己相関 $R_O(i)$ 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 $R_O(i)$ 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 $R'_O(i)$ 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、

第一係数テーブルには係数 $w_h(i)$ が記憶されており、第二係数テーブルには係数 $w_l(i)$ が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と、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を用いて前記第一係数テーブルと前記第二係数テーブルの中の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、

20

前記基本周波数と正の相関関係にある値が第一値であり、かつ、前記ピッチゲインと正の相関関係にある値が第三値である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前記第一係数テーブルとし、

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り、かつ、前記ピッチゲインと正の相関関係にある値が前記第三値よりも小さい第四値である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前記第二係数テーブルとして

30

$i=0$ 以外の次数のうち少なくとも一部の各次数 i に対しては、前記第二係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_l(i)$ は、前記第一係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_h(i)$ よりも大きく、 $i=0$ 以外の次数のうちの前記以外の各次数 i に対しては、前記第二係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_l(i)$ は、前記第一係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_h(i)$ 以上である、

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、

40

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 $X_O(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_O(n-i)$ または i サンプルだけ未来の入力時系列信号 $X_O(n+i)$ との自己相関 $R_O(i)$ を計算する自己相関計算部と、

係数と前記自己相関 $R_O(i)$ 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 $R'_O(i)$ 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、

第一係数テーブルには係数 $w_h(i)$ が記憶されており、第二係数テーブルには係数 $w_l(i)$ が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、周期の推定値、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、と、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ピッチ

50

ゲインと正の相関関係にある値とを用いて前記第一係数テーブルと前記第二係数テーブルの中の1個の係数テーブルから係数取得する係数決定部を更に含み、

前記周期、または、周期の推定値、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、第一値であり、かつ、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が第三値である場合に前記係数決定部で係数取得される係数テーブルを前記第一係数テーブルとし、

前記周期、または、周期の推定値、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り、かつ、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が前記第三値よりも小さい第四値である場合に前記係数決定部で係数取得される係数テーブルを前記第二係数テーブルとして、

$i=0$ 以外の次数のうち少なくとも一部の各次数 i に対しては、前記第二係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_l(i)$ は、前記第一係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_h(i)$ よりも大きく、 $i=0$ 以外の次数のうちの前記以外の各次数 i に対しては、前記第二係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_l(i)$ は、前記第一係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_h(i)$ 以上である、

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、

第一係数テーブルには係数 $w_h(i)$ が記憶されており、第二係数テーブルには係数 $w_l(i)$ が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と、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を用いて前記第一係数テーブルと前記第二係数テーブルの中の1個の係数テーブルから係数取得する係数決定部を更に含み、

前記基本周波数と正の相関関係にある値が第一値であり、かつ、前記ピッチゲインと正の相関関係にある値が第三値である場合に前記係数決定部で係数取得される係数テーブルを前記第一係数テーブルとし、

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り、かつ、前記ピッチゲインと正の相関関係にある値が前記第三値よりも小さい第四値である場合に前記係数決定部で係数取得される係数テーブルを前記第二係数テーブルとして、

$i=0$ 以外の次数のうち少なくとも一部の各次数 i に対しては、前記第二係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_l(i)$ は、前記第一係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_h(i)$ よりも大きく、 $i=0$ 以外の次数のうちの前記以外の各次数 i に対しては、前記第二係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_l(i)$ は、前記第一係数テーブルにおける該次数 i に対応する係数 $w_h(i)$ 以上である、

線形予測分析装置。

【請求項5】

請求項1又は2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】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

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 】

【 0 0 0 2 】

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。）。

【 0 0 0 3 】

非特許文献 1 から 3 では、図 1 6 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 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。

10

【 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 $X_o(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) 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 $X_o(n)$ ($n=-N, -N+1, \dots, -1$) 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。

【 0 0 0 5 】

20

[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 $X_o(n)$ から自己相関 $R_o(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$, 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 】

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

【 0 0 0 6 】

[係数乗算部 1 2]

30

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 $R_o(i)$ 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 $R'_o(i)$ を求める。すなわち、変形自己相関 $R'_o(i)$ を式(12)により求める。

【 数 2 】

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

【 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 $R'_o(i)$ 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 $K_o(1), K_o(2), \dots, K_o(P_{max})$ や線形予測係数 $a_o(1), a_o(2), \dots, a_o(P_{max})$ 等である。

40

【 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 等では、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。

【 0 0 0 9 】

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(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】

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

【0010】

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】

10

【非特許文献】

【0011】

【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】

20

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、自己相関関数 $R_0(i)$ 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。

30

【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。

【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、第一係数テーブルには係数 $w_0(i)$ が記憶されており、第二係数テーブルには係数 $w_1(i)$ が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、周期の推定値、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、と、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ピッチゲインと正の相関関係にある値とを用いて第一係数テーブルと第二係数テーブルの中の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、周期、または、周期の推定値、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、が第一値であり、かつ、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が第三値である場

40

50

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第一係数テーブルとし、周期、または、周期の推定値、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り、かつ、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が第三値よりも小さい第四値である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第二係数テーブルとして、 $i=0$ 以外の次数のうちの少なくとも一部の各次数*i*に対しては、第二係数テーブルにおける該次数*i*に対応する係数 $w_l(i)$ は、第一係数テーブルにおける該次数*i*に対応する係数 $w_h(i)$ よりも大きく、 $i=0$ 以外の次数のうちの以外の各次数*i*に対しては、第二係数テーブルにおける該次数*i*に対応する係数 $w_l(i)$ は、第一係数テーブルにおける該次数*i*に対応する係数 $w_h(i)$ 以上である。

【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、を第一係数テーブルには係数 $w_h(i)$ が記憶されており、第二係数テーブルには係数 $w_l(i)$ が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と、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を用いて第一係数テーブルと第二係数テーブルの中の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、基本周波数と正の相関関係にある値が第一値であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が第三値である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第一係数テーブルとし、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り、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が第三値よりも小さい第四値である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第二係数テーブルとして、 $i=0$ 以外の次数のうちの少なくとも一部の各次数*i*に対しては、第二係数テーブルにおける該次数*i*に対応する係数 $w_l(i)$ は、第一係数テーブルにおける該次数*i*に対応する係数 $w_h(i)$ よりも大きく、 $i=0$ 以外の次数のうちの以外の各次数*i*に対しては、第二係数テーブルにおける該次数*i*に対応する係数 $w_l(i)$ は、第一係数テーブルにおける該次数*i*に対応する係数 $w_h(i)$ 以上である。

【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】基本周波数及びピッチゲインと係数との関係の例を示す図。

【図6】周期及びピッチゲインと係数との関係の例を示す図。

【図7】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8】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9】第三実施形態の具体例を説明するための図。

【図10】基本周波数及びピッチゲインと選択される係数テーブルとの関係の例を示す図。

【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ブロック図。

10

20

30

40

50

【図 1 3】変形例を説明するためのフローチャート。

【図 1 4】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 1 5】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 1 6】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 2 1、係数決定部 2 4、係数乗算部 2 2 及び予測係数計算部 2 3 を例えば備えている。自己相関計算部 2 1、係数乗算部 2 2 及び予測係数計算部 2 3 の動作は、従来の線形予測分析装置 1 の自己相関計算部 1 1、係数乗算部 1 2 及び予測係数計算部 1 3 における動作とそれぞれ同じである。

10

【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 $X_0(n)$ ($n=N, N+1, \dots, 2N-1$) である。以下では、入力信号 $X_0(n)$ 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 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) 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。

20

【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基本周波数についての情報とピッチゲイン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 外にある基本周波数計算部 9 3 0 で求められる。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 9 5 0 で求められる。

30

【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】

[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 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) 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 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) 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。

40

【0024】

<基本周波数計算部 9 3 0 の具体例 1 >

50

基本周波数計算部 930 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 930 が動作される場合、の例である。基本周波数計算部 930 は、まず、2以上の整数である M 個のサブフレームである $X_{0s_1}(n)$ ($n=0, 1, \dots, N/M-1$), \dots , $X_{0s_M}(n)$ ($n=(M-1)N/M, (M-1)N/M+1, \dots, N-1$) 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 930 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。

【0025】

< 基本周波数計算部 930 の具体例 2 >

基本周波数計算部 930 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 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_{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。

【0026】

< 基本周波数計算部 930 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。

【0027】

[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 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) 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 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) 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。

【0028】

< 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 $X_{O_{s1}}(n)$ ($n=0, 1, \dots, N/M-1$), \dots , $X_{O_{sM}}(n)$ ($n=(M-1)N/M, (M-1)N/M+1, \dots, N-1$) 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。

【 0 0 2 9 】

< 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 $X_O(n)$ ($n=N, N+1, \dots, N+Nn-1$) 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 $X_O(n)$ ($n=0, 1, \dots, Nn-1$) 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。

【 0 0 3 0 】

< 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 $X_O(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) 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、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 $X_O(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) 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 $X_O(n)$ ($n=-N, -N+1, \dots, -1$) 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。

【 0 0 3 1 】

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。

【 0 0 3 2 】

[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 $X_O(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) から自己相関 $R_O(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) 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 $R_O(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) は、係数乗算部 22 に提供される。

【 0 0 3 3 】

自己相関計算部 21 は、入力信号 $X_O(n)$ を用いて、例えば式 (14A) により定義される自己相関 $R_O(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) 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 $X_O(n)$ と i サンプルだけ過去の入力時系列信号 $X_O(n-i)$ との自己相関 $R_O(i)$ を計算する。

10

20

30

40

50

【数4】

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

【0034】

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

【数5】

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

10

【0035】

または、自己相関計算部21は、入力信号 $X_o(n)$ 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 $R_o(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を計算してもよい。また、何れの方法においても、入力信号 $X_o(n)$ ($n=-Np, -Np+1, \dots, -1, 0, 1, \dots, N-1, N, \dots, N-1+Nn$)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 $R_o(i)$ 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、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

20

【0036】

[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及び入力されたピッチゲインについての情報を用いて、係数 $w_o(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を決定する(ステップS4)。係数 $w_o(i)$ は、自己相関 $R_o(i)$ を変形するための係数である。係数 $w_o(i)$ は、信号処理の分野においては、ラグ窓 $w_o(i)$ 又はラグ窓係数 $w_o(i)$ とも呼ばれているものである。係数 $w_o(i)$ は正の値であるので、係数 $w_o(i)$ が所定の値よりも大きい/小さいことを、係数 $w_o(i)$ 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、 $w_o(i)$ の大きさは、その $w_o(i)$ の値を意味するものとする。

30

【0037】

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 $w_o(i)$ 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。

【0038】

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 $w_o(i)$ 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。

40

【0039】

基本周波数についての情報に対応する基本周波数、及び、ピッチゲインについての情報に対応するピッチゲインは、同じフレームにおける入力信号から計算されたものであってもよいし、異なるフレームにおける入力信号から計算されたものであってもよい。

【0040】

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及び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、基本周波数についての情報に対応する基本周

50

波数が大きいほど小さいことがあり、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いことがある値を係数 $w_0(0)$, $w_0(1)$, ..., $w_0(P_{\max})$ 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、及び/又は、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、このような係数 $w_0(0)$, $w_0(1)$, ..., $w_0(P_{\max})$ として決定してもよい。

【0041】

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と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と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の増加とともに単調減少しない場合、及び/又は、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い場合が含まれていてもよい。

10

【0042】

また、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。さらに、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。

20

【0043】

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及び入力されたピッチゲインにそれぞれ対応する基本周波数及びピッチゲインの重み付き和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(1)において、 $f(G)$ はピッチゲイン*G*と正の相関関係にある周波数を求める関数であり、 H は基本周波数*P*と $f(G)$ にそれぞれ重み α と β をかけて足したものの、すなわち、 $H = \alpha P + \beta f(G)$ である。なお、重み係数 α 及び β は正の数とする。すなわち、 H は、基本周波数及びピッチゲインの重み付き和を意味する。

30

【数6】

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

【0044】

または、0より大きい予め定められた値である α を用いた、以下の式(2)により係数 $w_0(i)$ を決定してもよい。 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7】

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

【0045】

または、基本周波数*P*とピッチゲイン*G*の双方についての予め定められた関数 $f(P, G)$ を用いた以下の式(2A)により係数 $w_0(i)$ を決定してもよい。関数 $f(P, G)$ は、基本周波数*P*と正の

50

相関関係となり、かつ、ピッチゲインGと正の相関関係となる関数である。言い換えれば、関数 $f(P, G)$ は、基本周波数Pに対して単調非減少となり、かつ、ピッチゲインGに対して単調非減少となる関数である。例えば、関数 $f_P(P)$ を $f_P(P) = \alpha_P \times P + \beta_P$ (α_P は正の数、 β_P は任意の数)、 $f_P(P) = \alpha_P \times P^2 + \beta_P \times P + \gamma_P$ (α_P は正の数、 β_P 、 γ_P は任意の数)などとし、関数 $f_G(G)$ を $f_G(G) = \alpha_G \times G + \beta_G$ (α_G は正の数、 β_G は任意の数)、 $f_G(G) = \alpha_G \times G^2 + \beta_G \times G + \gamma_G$ (α_G は正の数、 β_G 、 γ_G は任意の数)などとしたとき、関数 $f(P, G)$ は $f(P, G) = \alpha \times f_P(P) + \beta \times f_G(G)$ などである。

【数8】

$$w_o(i) = \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{2\pi f(P, G)i}{f_s}\right)^2\right), i = 0, 1, \dots, P_{\max} \quad (2A) \quad 10$$

【0046】

また、基本周波数P及びピッチゲインG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と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 $w_o(i)$ 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を基本周波数及びピッチゲインの重み付き和に依存して決まる実数とし、mを基本周波数及びピッチゲインの重み付き和に依存して決まる自然数とする。例えば、aを基本周波数及びピッチゲインの重み付き和と負の相関関係にある値とし、mを基本周波数及びピッチゲインの重み付き和と負の相関関係にある値とする。Tはサンプリング周期である。 20

【数9】

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

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

$$w_o(i) = \left(\frac{\sin \alpha \pi i}{\alpha \pi i}\right)^2, i = 0, 1, \dots, P_{\max} \quad (5) \quad 30$$

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

【0047】

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。 40

【0048】

式(1)から式(6)のいずれの例においても、基本周波数及びピッチゲインの重み付き和Hが小さいときの係数 $w_o(i)$ の値は、Hが大きいたときの係数 $w_o(i)$ よりも大きいことがわかる。

【0049】

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たり、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 $w_o(i)$ 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く、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。 50

【 0 0 5 0 】

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 $w_0(0)$ 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、基本周波数と正の相関関係にある値や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 $w_0(i)$ は基本周波数と正の相関関係にある値やピッチゲイン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 1 】

また、基本周波数及びピッチゲインの重み付き和に限らず、基本周波数とピッチゲインとを乗じた値など、基本周波数及びピッチゲインの両方に対して正の相関関係にある値を用いてもよい。要するに、基本周波数とピッチゲインの両方に基づいて、基本周波数が大きいほど係数 $w_0(i)$ が小さいか、ピッチゲインが大きいほど係数 $w_0(i)$ が小さいかの少なくとも何れかとなるような係数 $w_0(i)$ を用いればよい。

10

【 0 0 5 2 】

[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(7)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

20

【数 1 0】

$$R'_0(i) = R_0(i) \times w_0(i) \quad (7)$$

【 0 0 5 3 】

[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 $R'_0(i)$ 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 4 】

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次から予め定めた予測次数である 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 $a_0(1), a_0(2), \dots, a_0(P_{max})$ を計算して出力する。

30

【 0 0 5 5 】

第一実施形態の線形予測分析装置 2 によれば、基本周波数及び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 $w_0(i)$ 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と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と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及びピッチゲイン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及びピッチゲイン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、従来よりも高い分析精度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。

40

【 0 0 5 6 】

< 第一実施形態の変形例 >

50

第一実施形態の変形例は、係数決定部 2 4 が、基本周波数及びピッチゲイン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、及び、ピッチゲインと正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。

【 0 0 5 7 】

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、及び、ピッチゲインと正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 8 】

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。

【 0 0 5 9 】

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 外にある周期計算部 9 4 0 で求められる。

【 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ジタル音声信号やデ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。

【 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 $X_{0s_1}(n)$ ($n=0, 1, \dots, N/M-1$), \dots , $X_{0s_M}(n)$ ($n=(M-1)N/M, (M-1)N/M+1, \dots, N-1$)のそれぞれの周期である T_{s_1}, \dots, T_{s_M} 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_{s_1}, \dots, T_{s_M} のうち最小値 $\min(T_{s_1}, \dots, T_{s_M})$ 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。

【 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

10

20

30

40

50

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 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$)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。

【0063】

<周期計算部940の具体例3>

周期計算部940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940が動作される場合、の例である。周期計算部940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940に記憶する。周期計算部940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940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。

10

【0064】

また、第一実施形態と同様に、線形予測分析装置2には、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、第一実施形態と同様に、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。

【0065】

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24の処理について説明する。

20

【0066】

[変形例の係数決定部24]

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24は、入力された周期についての情報及び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)。

【0067】

係数決定部24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。

30

【0068】

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。

【0069】

周期についての情報に対応する周期、及び、ピッチゲインについての情報に対応するピッチゲインは、同じフレームにおける入力信号から計算されたものであってもよいし、異なるフレームにおける入力信号から計算されたものであってもよい。

40

【0070】

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、周期についての情報に対応する周期及び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、周期についての情報に対応する周期が大きいほど大きいことと、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いこととがある値を係数 $w_0(0), w_0(1), \dots, w_0(P_{max})$ として決定する。また、係数決定部24は、周期の代わりに周期と正の相関関係にある値を用いて、及び/又は、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、このような係数 $w_0(0), w_0(1), \dots,$

50

$w_0(P_{\max})$ として決定してもよい。

【0071】

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と、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とが含まれているように決定する。

【0072】

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い場合、及び/又は、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い場合が含まれていてもよい。

10

【0073】

また、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。さらに、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。

20

【0074】

係数決定部24は、例えば、上述の式(1)や式(2)におけるHを、以下のH'に置き換えたこれらの式により係数 $w_0(i)$ を決定する。

【0075】

$$H' = \alpha \times f_s / T + \beta \times F(G)$$

ここで、 α 及び β は、重み係数であり、正の数とする。つまり、Tが大きいほどH'の値は小さく、F(G)が大きいほどH'の値は大きくなる。

【0076】

または、周期TとピッチゲインGの双方についての予め定めた関数 $f(T, G)$ を用いた、以下の式(2B)により係数 $w_0(i)$ を決定してもよい。関数 $f(T, G)$ は、周期Tと負の相関関係となり、かつ、ピッチゲインGと正の相関関係となる関数である。言い換えれば、関数 $f(T, G)$ は、周期Tに対して単調非増加となり、かつ、ピッチゲインGに対して単調非減少となる関数である。例えば、関数 $f_T(T)$ を $f_T(T) = \alpha_T \times T + \beta_T$ (α_T は正の数、 β_T は任意の数)、 $f_T(T) = \alpha_T \times T^2 + \beta_T \times T + \gamma_T$ (α_T は正の数、 β_T 、 γ_T は任意の数)などとし、関数 $f_G(G)$ を $f_G(G) = \alpha_G \times G + \beta_G$ (α_G は正の数、 β_G は任意の数)、 $f_G(G) = \alpha_G \times G^2 + \beta_G \times G + \gamma_G$ (α_G は正の数、 β_G 、 γ_G は任意の数)などとしたとき、関数 $f(T, G)$ は $f(T, G) = \alpha \times f_s / f_T(T) + \beta \times f_G(G)$ などである。

30

【数11】

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

40

【0077】

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たり、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く、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。

【0078】

例えば、 $i=0$ の場合は、上述の式(1)、式(2)、式(2B)を用いて係数 $w_0(0)$ の値を決定して

50

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や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 $w_0(i)$ は基本周波数と負の相関関係にある値が大きいほど大きな値を取り、ピッチゲイン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。

【0079】

要するに、周期とピッチゲインの両方に基づいて、周期が大きいほど係数 $w_0(i)$ が大きいか、ピッチゲインが大きいほど係数 $w_0(i)$ が小さいかの少なくとも何れかとなるような係数 $w_0(i)$ を用いればよい。

10

【0080】

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及び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 $w_0(i)$ 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場合と同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場合とが含まれている係数 $w_0(i)$ を自己相関関数に乗算して変形自己相関関数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及びピッチゲイン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及びピッチゲイン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。

20

【0081】

[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基本周波数と正又は負の相関関係にある値と所定の閾値とを比較し、かつ、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、それら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

【0082】

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、その後、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、それら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、その後、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 $w_0(i)$ を決定する例は第二実施形態の第一変形例で説明する。

40

【0083】

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。

【0084】

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、ステップS44、ステップS45の処理を例えば行う。

50

【 0 0 8 5 】

係数決定部 2 4 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第一閾値とを比較し（ステップ S 4 1 A）、また、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第二閾値とを比較する（ステップ S 4 2）。

【 0 0 8 6 】

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。また、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。

10

【 0 0 8 7 】

係数決定部 2 4 は、基本周波数と正の相関関係にある値が所定の第一閾値以上である場合には基本周波数が高いと判断し、そうでない場合には基本周波数が低いと判断する。また、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第二閾値以上である場合にはピッチゲインが大きいと判断し、そうでない場合にはピッチゲインが小さいと判断する。

【 0 0 8 8 】

そして、係数決定部 2 4 は、基本周波数が高く、かつ、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 $w_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) とする（ステップ S 4 3）。また、基本周波数が高く、かつ、ピッチゲインが小さいと判断された場合、または、基本周波数が低く、かつ、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 $w_m(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) 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（ステップ S 4 4）。また、基本周波数が低く、かつ、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 $w_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) とする（ステップ S 4 5）。

20

【 0 0 8 9 】

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。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。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。 $w_h(i), w_m(i), w_l(i)$ のそれぞれは、 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に決定される。例えば、 $w_h(i), w_m(i), w_l(i)$ は、基本周波数が P_1 でありピッチゲインが G_1 であるときの H である $H_1 = \alpha \times P_1 + \beta \times f(G_1)$ が式 (1) の H であるときの $w_0(i)$ を $w_h(i)$ として求め、基本周波数が P_2 （ただし $P_1 > P_2$ ）でありピッチゲインが G_2 （ただし $G_1 > G_2$ ）であるときの H である $H_2 = \alpha \times P_2 + \beta \times f(G_2)$ が式 (1) の H であるときの $w_0(i)$ を $w_m(i)$ として求め、基本周波数が P_3 （ただし $P_2 > P_3$ ）でありピッチゲインが G_3 （ただし $G_2 > G_3$ ）であるときの H である $H_3 = \alpha \times P_3 + \beta \times f(G_3)$ が式 (1) の H 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。

30

40

【 0 0 9 0 】

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及び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。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、基本周波数 P やピッチゲイン G が大きい値であるほど α' の値も大きくなり、基本周波数 P やピッチゲイン G が小さい値であるほど α' の値も

50

小さくなる関数 $w = c(P, G)$ により、基本周波数 P 及びピッチゲイン G から求める値である。このように $w_m(i)$ を求めることにより、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 P が高かつピッチゲイン G が小さいと判断された場合や基本周波数 P が低かつピッチゲイン G が大きいと判断された場合のうちの基本周波数が高いときや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、逆に基本周波数が高かつピッチゲインが小さいと判断された場合や基本周波数が低かつピッチゲインが大きいと判断された場合のうちの基本周波数が低いときや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。

【0091】

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。

【0092】

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及びピッチゲイン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及び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。

【0093】

なお、上述の説明では、係数の種類は、係数 $w_h(i)$ 、 $w_m(i)$ 、 $w_l(i)$ の 3 個であったが、係数の種類は 2 個でもよい。例えば、2 種類の係数 $w_h(i)$ 、 $w_l(i)$ のみを用いてもよい。言い換えれば、上述の説明において、 $w_m(i)$ が、 $w_h(i)$ 又は $w_l(i)$ と等しくてもよい。

【0094】

例えば、係数決定部 24 は、基本周波数が高く、かつ、ピッチゲインが大きいと判断された場合は係数 $w_h(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) 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。それ以外の場合は係数 $w_l(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) 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。

【0095】

係数決定部 24 は、基本周波数が低く、かつ、ピッチゲインが小さいと判断された場合は係数 $w_l(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) を決定し、この決定された係数 $w_l(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) を $w_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) とし、それ以外の場合は係数 $w_h(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) を決定し、この決定された係数 $w_h(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) を $w_0(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$) としてもよい。その他の処理については、上述の説明と同様である。

【0096】

< 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、かつ、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、それら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いて基本周波数と負の相関関係にある値と比較される所定の閾値は、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。

【0097】

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。

【0098】

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 の各ステップ S 4 1 B、ステップ S 4 2、ス

10

20

30

40

50

ステップ S 4 3、ステップ S 4 4、ステップ S 4 5 の処理を例えに行う。

【 0 0 9 9 】

係数決定部 2 4 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第三閾値とを比較し (ステップ S 4 1 B)、また、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第四閾値とを比較する (ステップ S 4 2)。

【 0 1 0 0 】

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そのものである。また、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。

10

【 0 1 0 1 】

係数決定部 2 4 は、基本周波数と負の相関関係にある値が所定の第三閾値以下である場合には周期が短いと判断し、そうでない場合は周期が長いと判断する。また、係数決定部 2 4 は、ピッチゲインが所定の第四閾値以上の場合にはピッチゲインが大きいと判断し、そうでない場合はピッチゲインが小さいと判断する。

【 0 1 0 2 】

そして、係数決定部 2 4 は、周期が短く、かつ、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 $w_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$) とする (ステップ S 4 3)。また、周期が短く、かつ、ピッチゲインが小さいと判断された場合、または、周期が長く、かつ、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 $w_m(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$) 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 (ステップ S 4 4)。また、周期が長く、かつ、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 $w_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$) とする (ステップ S 4 5)。

20

【 0 1 0 3 】

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。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。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。 $w_h(i)$ 、 $w_m(i)$ 、 $w_l(i)$ のそれぞれは、 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に決定される。

30

【 0 1 0 4 】

例えば、 $w_h(i)$ 、 $w_m(i)$ 、 $w_l(i)$ は、周期が $T1$ でありピッチゲインが $G1$ であるときの H' である $H1' = \frac{1}{T1} \times f_s / T1 + \frac{1}{T1} \times f(G1)$ が式 (1) の H であるときの $w_0(i)$ を $w_h(i)$ として求め、周期が $T2$ (ただし $T1 < T2$) でありピッチゲインが $G2$ (ただし $G1 > G2$) であるときの H' である $H2' = \frac{1}{T2} \times f_s / T2 + \frac{1}{T2} \times f(G2)$ が式 (1) の H であるときの $w_0(i)$ を $w_m(i)$ として求め、周期が $T3$ (ただし $T2 < T3$) でありピッチゲインが $G3$ (ただし $G2 > G3$) であるときの H' である $H3' = \frac{1}{T3} \times f_s / T3 + \frac{1}{T3} \times f(G3)$ が式 (1) の H 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。

40

【 0 1 0 5 】

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及び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。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 から 1 であり、かつ、周期 T が長いときやピッチゲイン G が小さいときほど α の値が大きくなり、周期 T が短いときやピッチゲイン G が大きいときほど α の値が

50

小さくなる関数 $=b(T,G)$ により、周期 T 及びピッチゲイン 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 2 4 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、周期が短くかつピッチゲインが小さいと判断された場合や周期が長くかつピッチゲインが大きいと判断された場合のうちの周期が短いときや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、逆に周期が短くかつピッチゲインが小さいと判断された場合や周期が長くかつピッチゲインが大きいと判断された場合のうちの周期が長いときや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。

【0106】

なお、 $i=0$ の係数 $w_h(0)$ 、 $w_m(0)$ 、 $w_l(0)$ については、 $w_h(0) \geq w_m(0) \geq w_l(0)$ の関係を満たしていることは必須ではなく、 $w_h(0) > w_m(0)$ または $w_m(0) > w_l(0)$ の関係を満たす値を用いてもよい。

10

【0107】

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及びピッチゲイン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及び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。

【0108】

なお、上述の説明では、3種類の係数 $w_h(i)$ 、 $w_m(i)$ 、 $w_l(i)$ を用いたが、係数の種類は2個でもよい。例えば、2種類の係数 $w_h(i)$ 、 $w_l(i)$ のみを用いてもよい。言い換えれば、上述の説明において、 $w_m(i)$ が、 $w_h(i)$ 又は $w_l(i)$ と等しくてもよい。

20

【0109】

例えば、係数決定部 2 4 は、周期が短く、かつ、ピッチゲインが大きいと判断された場合は係数 $w_h(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)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。それ以外の場合は係数 $w_l(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)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。

【0110】

係数決定部 2 4 は、周期が長く、かつ、ピッチゲインが小さいと判断された場合は係数 $w_l(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を決定し、この決定された係数 $w_l(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を $w_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)とし、それ以外の場合は係数 $w_h(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を決定し、この決定された係数 $w_h(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を $w_0(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)としてもよい。その他の処理については、上述の説明と同様である。

30

【0111】

< 第二実施形態の第二変形例 >

上述の第二実施形態では、基本周波数と正の相関関係にある値を1個の閾値と比較し、また、ピッチゲインと正の相関関係にある値を1個の閾値と比較することにより係数 $w_0(i)$ を決定したが、第二実施形態の第二変形例は、これらの値のそれぞれを2個以上の閾値と比較することにより係数 $w_0(i)$ を決定するものである。以下、基本周波数と正の相関関係にある値を2個の閾値 $fth1'$ 、 $fth2'$ と比較し、ピッチゲインと正の相関関係にある値を2個の閾値 $gth1$ 、 $gth2$ と比較することにより係数 $w_0(i)$ を決定する方法を例に挙げて説明する。

40

【0112】

閾値 $fth1'$ 、 $fth2'$ は、 $0 < fth1' < fth2'$ という関係を満たし、閾値 $gth1$ 、 $gth2$ は、 $0 < gth1 < gth2$ という関係を満たすとする。

【0113】

係数決定部 2 4 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 $fth1'$ 、 $fth2'$ とを比較し、また、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 $gth1$ 、 $gth2$ とを比較する

50

【0114】

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。また、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。

【0115】

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 f_{th2}' より大きい場合には、基本周波数が高いと判断し、基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th1}' よりも大きく閾値 f_{th2}' 以下の場合には、基本周波数が中程度と判断し、基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th1}' 以下の場合には、基本周波数が低いと判断する。また、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 g_{th2} よりも大きい場合には、ピッチゲインが大きいと判断し、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} よりも大きく閾値 g_{th2} 以下の場合にはピッチゲインが中程度と判断し、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} 以下の場合にはピッチゲインが小さいと判断する。

【0116】

そして、係数決定部24は、基本周波数が低い場合は、ピッチゲインの大きさに関わらず、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。また、基本周波数が中程度で、かつ、ピッチゲインが小さい場合には、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。また、基本周波数が中程度で、かつ、ピッチゲインが大きい又は中程度の場合には、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。また、基本周波数が高く、ピッチゲインが小さい又は中程度の場合には、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。また、基本周波数が高く、ピッチゲインが大きい場合には、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。

【0117】

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。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。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。 $w_h(i)$ 、 $w_m(i)$ 、 $w_l(i)$ のそれぞれは、*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に決定される。

【0118】

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/および $w_m(0) > w_l(0)$ の関係を満たす値を用いてもよい。

【0119】

以上の関係をまとめた図を、図5に示す。なお、この例では、基本周波数が低い場合はピッチゲインの大きさに関わらず同じ係数を選択する例を示しているが、これに限らず、基本周波数が低い場合に、ピッチゲインが小さいほど係数が大きくなるように係数を決定してもよい。要するに、ピッチゲインが取り得る値の範囲を構成する3個の範囲の少なくとも2個の範囲について、少なくとも一部の各*i*について、基本周波数が低い場合に決定される係数が基本周波数が高い場合に決定される係数よりも大きい場合が含まれ、かつ、基本周波数が取り得る値の範囲を構成する3個の範囲の少なくとも2個の範囲について、

ピッチゲインが小さいときに決定される係数がピッチゲインが大きいときに決定される係数よりも大きい場合が含まれる。

【 0 1 2 0 】

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及び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。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から1であり、基本周波数PやピッチゲインGが大きい値であるほど α の値も大きくなり、基本周波数PやピッチゲインGが小さい値であるほど α の値も小さくなる関数 $\alpha = c(P, G)$ により、基本周波数P及びピッチゲインGから求める値である。このように、 $w_m(i)$ を求めることにより、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Pが中程度かつピッチゲインGが大きい又は中程度の場合や基本周波数Pが高くかつピッチゲインGが小さい又は中程度の場合のうちの基本周波数Pが高くピッチゲインG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Pが中程度かつピッチゲインGが大きい又は中程度の場合や基本周波数Pが高くかつピッチゲインGが小さい又は中程度の場合のうちの基本周波数Pが低くピッチゲインG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。

10

【 0 1 2 1 】

20

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及びピッチゲイン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及びピッチゲイン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。

【 0 1 2 2 】

< 第二実施形態の第三変形例 >

上述の第二実施形態の第一変形例では、基本周波数と負の相関関係にある値を1個の閾値と比較し、また、ピッチゲインと正の相関関係にある値を1個の閾値と比較することにより係数 $w_0(i)$ を決定したが、第二実施形態の第三変形例はこれらの値のそれぞれを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、これらの値のそれぞれを2個の閾値 f_{th1} 、 f_{th2} 、 g_{th1} 、 g_{th2} を用いて係数を決定する方法を例に挙げて説明する。

30

【 0 1 2 3 】

第二実施形態の第三変形例の線形予測分析装置2の機能構成とフローチャートは、第二実施形態の第一変形例と同じ図1と図2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。

【 0 1 2 4 】

閾値 f_{th1} 、 f_{th2} は、 $0 < f_{th1} < f_{th2}$ という関係を満たし、閾値 g_{th1} 、 g_{th2} は、 $0 < g_{th1} < g_{th2}$ という関係を満たすとする。

40

【 0 1 2 5 】

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 f_{th1} 、 f_{th2} とを比較し、また、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 g_{th1} 、 g_{th2} とを比較する。

【 0 1 2 6 】

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そのものである。また、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 1 2 7 】

係数決定部 2 4 は、基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 fth1 未満の場合には、周期が短いと判断し、基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 fth1 以上、かつ、閾値 fth2 未満の場合には周期の長さが中程度と判断し、基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 fth2 以上の場合には周期が長いと判断する。また、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 gth2 より大きい場合には、ピッチゲインが大きいと判断し、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 gth1 よりも大きく閾値 gth2 以下の場合にはピッチゲインが中程度と判断し、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 gth1 以下の場合にはピッチゲインが小さいと判断する。

【 0 1 2 8 】

そして、係数決定部 2 4 は、周期が長い場合は、ピッチゲインの大きさに関わらず、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。また、周期の長さが中程度で、かつ、ピッチゲインが小さい場合には、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。また、周期の長さが中程度で、かつ、ピッチゲインが大きい又は中程度の場合には、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。また、周期が短く、ピッチゲインが小さい又は中程度の場合には、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。また、周期が短く、ピッチゲインが大きい場合には、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。

【 0 1 2 9 】

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。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。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。 $w_h(i)$ 、 $w_m(i)$ 、 $w_l(i)$ のそれぞれは、 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に決定される。

【 0 1 3 0 】

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。

【 0 1 3 1 】

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及び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。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 から 1 であり、周期 T が長いときやピッチゲイン G が小さいときほど

α の値が大きくなり、周期 T が短いときやピッチゲイン G が大きいときほど α の値が小さくなる関数 $\alpha = b(T, G)$ により、周期 T 及びピッチゲイン G から求める値である。このように、 $w_m(i)$ を求めることにより、係数決定部 2 4 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 T が中程度かつピッチゲイン G が大きい又は中程度の場合や周期 T が短くかつピッチゲイン G が小さい又は中程度の場合のうちの周期 T が短くピッチゲイン G が大きいときには $w_h(i)$ に近い係数を得ることができ、逆に周期 T が中程度かつピッチゲイン G が大きい又は中程度の場合や周期 T が短くかつピッチゲイン G が小さい又は中程度の場合のうちの周期 T が長くピッチゲイン G 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。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 2 】

以上の関係をまとめた図を、図 6 に示す。なお、この例では、周期が長い場合はピッチゲインの大きさに関わらず同じ係数を選択する例を示しているが、これに限らず、周期が長い場合に、ピッチゲインが小さいほど係数が大きくなるように係数を決定してもよい。要するに、ピッチゲインが取り得る値の範囲を構成する 3 個の範囲の少なくとも 2 個の範囲について、少なくとも一部の各 i について、周期が長い場合に決定される係数が周期が短い場合に決定される係数よりも大きい場合が含まれ、かつ、周期が取り得る値の範囲を構成する 3 個の範囲の少なくとも 2 個の範囲について、ピッチゲインが小さいときに決定される係数がピッチゲインが大きいときに決定される係数よりも大きい場合が含まれる。

10

【 0 1 3 3 】

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及びピッチゲイン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及びピッチゲイン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。

【 0 1 3 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。

20

【 0 1 3 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 7 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。以下では、まず係数テーブル記憶部 2 5 に 3 個以上の係数テーブルが記憶されている例について説明する。

【 0 1 3 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 8 に示す。第三実施形態の係数決定部 2 4 は、図 8 のステップ S 4 6、ステップ S 4 7 の処理を例えば行う。

30

【 0 1 3 7 】

まず、係数決定部 2 4 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及び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 3 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とそのピッチゲインと正の相関関係にある値とに応じた 1 個の係数テーブル t を選択する (ステップ S 4 6)。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、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。

40

【 0 1 3 8 】

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 $w_{t_1}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$)、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 $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ 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

50

係数 $w_{t2}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)が格納されているとする。

【0139】

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第一閾値以上であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の第二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、基本周波数と正の相関関係にある値が所定の第一閾値より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の第二閾値以上である場合、又は、基本周波数と正の相関関係にある値が所定の第一閾値以上であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の第二閾値より小さい場合には係数テーブル $t1$ を係数テーブル t として選択し、基本周波数と正の相関関係にある値が所定の第一閾値より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の第二閾値より小さい場合には係数テーブル $t2$ を係数テーブル t として選択する。

10

【0140】

すなわち、基本周波数と正の相関関係にある値が所定の第一閾値以上であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の第二閾値以上である場合、すなわち、基本周波数が高くピッチゲインが大きいと判断された場合には、各 i についての係数が最も小さいの係数テーブル $t0$ を係数テーブル t として選択し、基本周波数と正の相関関係にある値が所定の第一閾値より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の第二閾値より小さい場合、すなわち、基本周波数が低くピッチゲインが小さいと判断された場合には、各 i についての係数が最も大きい係数テーブル $t2$ を係数テーブル t として選択する。

20

【0141】

言い換えれば、係数テーブル記憶部25に記憶されている3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り、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が第三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 $t0$ を第一係数テーブル $t0$ とし、係数テーブル記憶部25に記憶されている3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り、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が第三値よりも小さい第四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 $t2$ を第二係数テーブル $t2$ 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 $t2$ 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 $t0$ 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。ここで、第二値<所定の第一閾値 第一値であり、第四値<所定の第二閾値 第三値であるとする。

30

【0142】

また、第一係数テーブル $t0$ 及び第二係数テーブル $t2$ が選択されない場合に選択される係数テーブルである係数テーブル $t1$ を第三係数テーブル $t1$ として、少なくとも一部の各次数 i に対して、第三係数テーブル $t1$ における前記各次数 i に対応する係数は、第一係数テーブル $t0$ における各次数 i に対応する係数よりも大きく、かつ、第二係数テーブル $t2$ における各次数 i に対応する係数よりも小さい。

【0143】

そして、係数決定部24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S47)。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 $w_t(i)$ の大きさを取得し、取得された各次数 i に対応する大きさの係数 $w_t(i)$ を $w_0(i)$ とする。

40

【0144】

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、基本周波数及びピッチゲインと正の相関関係にある式に基づいて係数 $w_0(i)$ を計算する必要がないため、より少ない演算処理量で行うことができる。

【0145】

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の個数は2個でもよい。

【0146】

例えば、係数テーブル記憶部25に2個の係数テーブル $t0$, $t2$ が記憶されているとする

50

。この場合、係数決定部 2 4 は、以下のようにして、これらの 2 個の係数テーブル t_0 、 t_2 に基づいて係数 $w_0(i)$ を決定する。

【 0 1 4 7 】

例えば、係数決定部 2 4 は、基本周波数と正の相関関係にある値が所定の第一閾値以上であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の第二閾値以上である場合、すなわち、基本周波数が高く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 として選択する。それ以外の場合は係数テーブル t_2 を係数テーブル t として選択する。

【 0 1 4 8 】

係数決定部 2 4 は、基本周波数と正の相関関係にある値が所定の第一閾値より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の第二閾値より小さい場合、すなわち、基本周波数が低く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 として選択し、それ以外の場合は係数テーブル t_0 を係数テーブル t として選択してもよい。

【 0 1 4 9 】

この係数テーブル記憶部 2 5 に 2 個の係数テーブル t_0 、 t_2 が記憶されている場合においても、基本周波数と正の相関関係にある値が第一値であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が第三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 t_0 である第一係数テーブル t_0 における各次数 i に対応する係数の大きさよりも、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り、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が第三値よりも小さい第四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 t_2 である第二係数テーブル t_2 における各次数 i に対応する係数の大きさは、大きいと言える。ここで、第二値 < 所定の第一閾値 第一値であり、第四値 < 所定の第二閾値 第三値であるとする。

【 0 1 5 0 】

< 第三実施形態の第一変形例 >

第三実施形態の第一変形例は、係数決定部 2 4 は、入力された基本周波数と負の相関関係にある値及び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、その入力された基本周波数と負の相関関係にある値及び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 を選択するものである。

【 0 1 5 1 】

第三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、第三実施形態と同じ図 7 と図 8 である。第三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 2 4 の処理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。

【 0 1 5 2 】

以下では、まず係数テーブル記憶部 2 5 に記憶されている 3 個の係数テーブル t_0 、 t_1 、 t_2 の中から 1 個の係数テーブル t を選択する例について説明する。

【 0 1 5 3 】

まず、係数決定部 2 4 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及び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 3 個の係数テーブルから、その基本周波数と負の相関関係にある値とそのピッチゲインと正の相関関係にある値とに応じた 1 個の係数テーブル t を選択する (ステップ S 4 6)。この場合、係数決定部 2 4 は、基本周波数と負の相関関係にある値が所定の第三閾値以上であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の第四閾値未満であれば係数テーブル t_2 を係数テーブル t として選択し、基本周波数と負の相関関係にある値が所定の第三閾値より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の第四閾値未満の場合、又は、基本周波数と負の相関関係にある値が所定の第三閾値以上であり、かつ、ピッチゲインと正

10

20

30

40

50

の相関関係にある値が所定の第四閾値以上である場合には係数テーブルt1を係数テーブルtとして選択し、基本周波数と負の相関関係にある値が所定の第三閾値より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の第四閾値以上である場合には係数テーブルt0を係数テーブルtとして選択する。

【0154】

すなわち、基本周波数と負の相関関係にある値が所定の第三閾値未満であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の第四閾値以上である場合、すなわち、周期が短くピッチゲインが大きいと判断された場合には、各iについての係数が最も小さい係数テーブルt0を係数テーブルtとして選択し、基本周波数と負の相関関係にある値が所定の第三閾値以上であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の第四閾値より小さい場合、すなわち周期が長くピッチゲインが小さいと判断された場合には、各iについての係数が最も大きい係数テーブルt2を係数テーブルtとして選択する。

10

【0155】

言い換えれば、係数テーブル記憶部25に記憶されている3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り、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が第三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t0を第一係数テーブルt0とし、係数テーブル記憶部25に記憶されている3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り、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が第三値よりも小さい第四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t2を第二係数テーブルt2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t2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t0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。ここで、第一値<所定の第三閾値 第二値であり、第四値<所定の第四閾値 第三値であるとする。

20

【0156】

また、第一係数テーブルt0及び第二係数テーブルt2が選択されない場合に選択される係数テーブルである係数テーブルt1を第三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、第三係数テーブルt1における前記各次数iに対応する係数は、第一係数テーブルt0における各次数iに対応する係数よりも大きく、かつ、第二係数テーブルt2における各次数iに対応する係数よりも小さい。

【0157】

第三実施形態の第一変形例は、第一実施形態の変形例及び第二実施形態の第一変形例とは異なり、基本周波数と負の相関関係にあり、ピッチゲインと正の相関関係にある式に基づいて係数 $w_0(i)$ を計算する必要がないため、より少ない演算処理量で行うことができる。

30

【0158】

第三実施形態の第一変形例においても、係数テーブル記憶部25に記憶されている係数テーブルの個数は2個でもよい。

【0159】

例えば、係数テーブル記憶部25に2個の係数テーブルt0、t2が記憶されているとする。この場合、係数決定部24は、以下のようにして、これらの2個の係数テーブルt0、t2に基づいて係数 $w_0(i)$ を決定する。

40

【0160】

例えば、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第三閾値より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の第四閾値以上である場合、すなわち、周期が短く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を係数テーブルtとして選択する。それ以外の場合は係数テーブルt2を係数テーブルtとして選択する。

【0161】

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第三閾値以上であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が所定の第四閾値より小さい場合、すなわち

50

、周期が長く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を係数テーブルtとして選択し、それ以外の場合は係数テーブルt0を係数テーブルtとして選択してもよい。

【0162】

この係数テーブル記憶部25に2個の係数テーブルt0, t2が記憶されている場合においても、基本周波数と負の相関関係にある値が第一値であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が第三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t0である第一係数テーブルt0における各次数iに対応する係数の大きさよりも、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り、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が第三値よりも小さい第四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t2である第二係数テーブルt2における各次数iに対応する係数の大きさは、大きいと言える。ここで、第一値<所定の第三閾値 第二値であり、第四値<所定の第四閾値 第三値であるとする。

10

【0163】

<第三実施形態の第二変形例>

第三実施形態では、基本周波数と正の相関関係にある値を1個の閾値と比較し、また、ピッチゲインと正の相関関係にある値を1個の閾値と比較することにより係数テーブルを決定したが、第三実施形態の第二変形例はこれらの値のそれぞれを2個以上の閾値と比較し、これらの比較結果に応じて係数 $w_0(i)$ を決定するものである。

【0164】

第三実施形態の第二変形例の線形予測分析装置2の機能構成とフローチャートは、第三実施形態と同じ図7と図8である。第三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、第三実施形態の線形予測分析装置2と同じである。

20

【0165】

係数テーブル記憶部25には、係数テーブルt0, t1, t2が記憶されている。3個の係数テーブルt0, t1, t2には、少なくとも一部のiについて $w_{t0}(i) < w_{t1}(i) < w_{t2}(i)$ 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 $w_{t0}(i) > w_{t1}(i) > w_{t2}(i)$ であり、残りの各iについて $w_{t0}(i) > w_{t1}(i) < w_{t2}(i)$ であるように定められた係数 $w_{t0}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)、係数 $w_{t1}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)、係数 $w_{t2}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)がそれぞれ格納されている。ただし、 $i=0$ の係数 $w_{t0}(0)$, $w_{t1}(0)$, $w_{t2}(0)$ については、 $w_{t0}(0) > w_{t1}(0) > w_{t2}(0)$ の関係を満たしていることは必須ではなく、 $w_{t0}(0) > w_{t1}(0)$ または $w_{t1}(0) > w_{t2}(0)$ の関係にある値であってもよい。

30

【0166】

ここで、 $0 < f_{th1}' < f_{th2}'$ という関係を満たす閾値 f_{th1}' , f_{th2}' と、 $0 < g_{th1} < g_{th2}$ という関係を満たす閾値 g_{th1} , g_{th2} とが定められているとする。

【0167】

係数決定部24は、基本周波数と正の相関関係にある値が取り得る範囲を構成する3つの範囲の少なくとも2つの範囲について、ピッチゲインと正の相関関係にある値が小さいときに決定される係数がピッチゲインと正の相関関係にある値が大きいときに決定される係数よりも大きい場合が含まれ、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が取り得る範囲を構成する3つの範囲の少なくとも2つの範囲について、基本周波数と正の相関関係にある値が小さいときに決定される係数が基本周波数と正の相関関係にある値が大きいときに決定される係数よりも大きい場合が含まれるように、係数テーブル記憶部25に記憶された係数テーブルを選択して、選択された係数テーブルに格納されている係数を係数 $w_0(i)$ として得る。

40

【0168】

基本周波数と正の相関関係にある値が取り得る範囲を構成する3つの範囲とは、例えば、基本周波数と正の相関関係にある値 $> f_{th2}'$ の範囲(すなわち、基本周波数と正の相関関係にある値が大きい範囲)、 $f_{th1}' <$ 基本周波数と正の相関関係にある値 $< f_{th2}'$ の範囲(

50

すなわち、基本周波数と正の相関関係にある値が中程度の範囲)、 f_{th1}' 基本周波数と正の相関関係にある値の範囲(すなわち、基本周波数と正の相関関係にある値が小さい範囲)、の3つの範囲のことである。

【0169】

また、ピッチゲインと正の相関関係にある値が取り得る範囲を構成する3つの範囲とは、例えば、ピッチゲインと正の相関関係にある値 g_{th1} の範囲(すなわち、ピッチゲインと正の相関関係にある値が小さい範囲)、 $g_{th1} <$ ピッチゲインと正の相関関係にある値 g_{th2} の範囲(すなわち、ピッチゲインと正の相関関係にある値が中程度の範囲)、 $g_{th2} <$ ピッチゲインと正の相関関係にある値の範囲(すなわち、ピッチゲインと正の相関関係にある値が大きい範囲)、の3つの範囲のことである。

10

【0170】

係数決定部24は、例えば、

(1) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th2}' より大きく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th2} より大きい場合、すなわち、基本周波数が高く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 の各係数 $w_{t_0}(i)$ が係数 $w_0(i)$ として選択され、

(2) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th2}' より大きく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} よりも大きく閾値 g_{th2} 以下である場合、すなわち、基本周波数が高くピッチゲインが中程度と判断された場合には、係数テーブル t_0, t_1, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択され、

20

(3) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th2}' より大きく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} 以下の場合、すなわち、基本周波数が高く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_0, t_1, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択され、

(4) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th1}' よりも大きく閾値 f_{th2}' 以下であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th2} より大きい場合、すなわち、基本周波数が中程度であり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, t_1, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択され、

(5) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th1}' よりも大きく閾値 f_{th2}' 以下であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} よりも大きく閾値 g_{th2} 以下である場合、すなわち、基本周波数が中程度でありピッチゲインが中程度と判断された場合には、係数テーブル t_0, t_1, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択され、

30

(6) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th1}' よりも大きく閾値 f_{th2}' 以下であり、かつ、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} 以下の場合、すなわち、基本周波数が中程度であり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_0, t_1, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択され、

(7) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th1}' 以下であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th2} より大きい場合、すなわち、基本周波数が低く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, t_1, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択され、

40

(8) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th1}' 以下であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} よりも大きく閾値 g_{th2} 以下である場合、すなわち、基本周波数が低くピッチゲインが中程度と判断された場合には、係数テーブル t_0, t_1, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択され、

(9) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th1}' 以下であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} 以下の場合、すなわち、基本周波数が低く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 の各係数 $w_{t_2}(i)$ が係数 $w_0(i)$ として選択されるように、係数テーブル記憶部25に記憶された係数テーブルから係数 $w_0(i)$ を選択する。

【0171】

50

言い換えれば、(1)の場合には係数決定部 2 4 により係数テーブルt0から係数が取得され、(9)の場合には係数決定部 2 4 により係数テーブルt2から係数が取得され、(2),(3),(4),(5),(6),(7),(8)の場合には係数決定部 2 4 により係数テーブルt0,t1,t2の何れかの係数テーブルから係数が取得される。

【 0 1 7 2 】

また、(2),(3),(4),(5),(6),(7),(8)の少なくとも1つの場合には係数決定部 2 4 により係数テーブルt1から係数が取得される。

【 0 1 7 3 】

さらに、 $k=1,2,\dots,9$ として、(k)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 t_{j_k} の番号を j_k として、 $j_1 j_2 j_3$ であり、 $j_4 j_5 j_6$ であり、 $j_7 j_8 j_9$ であり、 $j_1 j_4 j_7$ であり、 $j_2 j_5 j_8$ であり、 $j_3 j_6 j_9$ である。

10

【 0 1 7 4 】

< 第三実施形態の第二変形例の具体例 >

以下、第三実施形態の第二変形例の具体例について説明する。

【 0 1 7 5 】

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、プリア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 $X_o(n)$ ($n=0,1,\dots,N-1$)と、基本周波数についての情報として現フレームの一部の入力信号 $X_o(n)$ ($n=0,1,\dots,Nn$) (ただし、 Nn は、 $Nn<N$ という関係を満たす所定の正の整数。)について基本周波数計算部 9 3 0 で求めた基本周波数Pと、ピッチゲインについて

20

の情報として現フレームの一部の入力信号 $X_o(n)$ ($n=0,1,\dots,Nn$)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。

【 0 1 7 6 】

自己相関計算部 2 1 は、入力信号 $X_o(n)$ から自己相関 $R_o(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を下記の式(8)で求める。

【数 1 2】

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

【 0 1 7 7 】

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。

30

【 0 1 7 8 】

係数テーブルt0は、式(13)の従来法の $f_0=60\text{Hz}$ と同様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 1 7 9 】

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

係数テーブルt1には、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。

40

【 0 1 8 0 】

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

係数テーブルt2には、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 1 8 1 】

$w_{t_2}(i)=[1.0001, 0.99995181, 0.99980725, 0.99956637, 0.99922923, 0.99879594, 0.99826661, 0.99764141, 0.99692050, 0.99610410, 0.99519245, 0.99418581, 0.9930844$

50

6, 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 $w_{t_0}(0)=1.001$ であり、 $w_{t_0}(3)=0.996104103$ である。

【0182】

図9に係数テーブル t_0 , t_1 , t_2 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9のグラフの点線は係数テーブル t_0 の係数 $w_{t_0}(i)$ の大きさを表し、図9のグラフの一点鎖線は係数テーブル t_1 の係数 $w_{t_1}(i)$ の大きさを表し、図9のグラフの実線は係数テーブル t_2 の係数 $w_{t_2}(i)$ の大きさを表す。図9のグラフの横軸は次数 i を意味し、図9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、 $i=1$ 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。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。

10

【0183】

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。

20

【0184】

本具体例では、閾値 f_{th1}' は80であり、閾値 f_{th2}' は160であり、閾値 g_{th1} は0.3であり、閾値 g_{th2} は0.6である。

【0185】

係数決定部24には、基本周波数 P とピッチゲイン G とが入力される。

【0186】

係数決定部24は、基本周波数が閾値 $f_{th1}'=80\text{Hz}$ 以下の場合には、すなわち基本周波数が低い場合には、係数テーブル t_2 を係数テーブル t として選択する。

【0187】

また、係数決定部24は、基本周波数が閾値 $f_{th1}'=80\text{Hz}$ より大きくかつ $f_{th2}'=160\text{Hz}$ 以下、かつ、ピッチゲインが閾値 $g_{th1}=0.3$ 以下の場合には、すなわち、基本周波数が中程度でありピッチゲインが小さい場合には、係数テーブル t_2 を係数テーブル t として選択する。

30

【0188】

また、係数決定部24は、基本周波数が閾値 $f_{th1}'=80\text{Hz}$ より大きくかつ $f_{th2}'=160\text{Hz}$ 以下、かつ、ピッチゲインが閾値 $g_{th1}=0.3$ より大きい場合には、すなわち、基本周波数が中程度でありピッチゲインが大きい又は中程度である場合には、係数テーブル t_1 を係数テーブル t として選択する。

【0189】

また、係数決定部24は、基本周波数が閾値 $f_{th2}'=160\text{Hz}$ より大きく、かつ、ピッチゲインが閾値 $g_{th2}=0.6$ 以下の場合には、すなわち、基本周波数が高くピッチゲインが中程度又は小さい場合には、係数テーブル t_1 を係数テーブル t として選択する。

40

【0190】

さらに、係数決定部24は、基本周波数が閾値 $f_{th2}'=160\text{Hz}$ より大きく、かつ、ピッチゲインが閾値 $g_{th1}=0.6$ より大きい場合には、すなわち、基本周波数が高くピッチゲインが大きい場合には、係数テーブル t_0 を係数テーブル t として選択する。

【0191】

基本周波数及びピッチゲインと選択されるテーブルとの関係を図10に示す。

【0192】

50

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 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 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 $w_t(i)$ の大きさを取得し、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 9 3 】

その後、係数決定部 2 4 は、第一実施形態と同様にして、係数 $w_0(i)$ を自己相関 $R_0(i)$ に乗じることにより、変形自己相関 $R'_0(i)$ を求める。

【 0 1 9 4 】

< 第三実施形態の第三変形例 >

第三実施形態の第一変形例では、基本周波数と負の相関関係にある値を 1 個の閾値と比較し、また、ピッチゲインと正の相関関係にある値を 1 個の閾値と比較することにより係数テーブルを決定したが、第三実施形態の第三変形例はこれらの値のそれぞれを 2 個以上の閾値と比較し、これらの比較結果に応じて係数 $w_0(i)$ を決定するものである。

【 0 1 9 5 】

第三実施形態の第三変形例の線形予測分析装置 2 の機能構成とフローチャートは、第三実施形態と同じ図 7 と図 8 である。第三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 2 4 の処理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。

【 0 1 9 6 】

係数テーブル記憶部 2 5 には、係数テーブル t_0 , t_1 , t_2 が記憶されている。3 個の係数テーブル t_0 , t_1 , t_2 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 $w_{t_0}(i) < w_{t_1}(i) < w_{t_2}(i)$ であるように定められた係数 $w_{t_0}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$)、係数 $w_{t_1}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$)、係数 $w_{t_2}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{\max}$) がそれぞれ格納されている。ただし、 $i=0$ 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 / および $w_{t_1}(0) > w_{t_2}(0)$ の関係にある値であってもよい。

【 0 1 9 7 】

ここで、 $0 < f_{th1} < f_{th2}$ という関係を満たす閾値 f_{th1} , f_{th2} と、 $0 < g_{th1} < g_{th2}$ という関係を満たす閾値 g_{th1} , g_{th2} とが定められているとする。

【 0 1 9 8 】

係数決定部 2 4 は、周期又は周期の量子化値又は基本周波数と負の相関関係にある値が取り得る範囲を構成する 3 つの範囲の少なくとも 2 つの範囲について、ピッチゲインと正の相関関係にある値が小さいときに決定される係数がピッチゲインと正の相関関係にある値が大きいときに決定される係数よりも大きい場合が含まれ、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が取り得る範囲を構成する 3 つの範囲の少なくとも 2 つの範囲について、周期又は周期の量子化値又は基本周波数と負の相関関係にある値が大きいときに決定される係数が周期又は周期の量子化値又は基本周波数と負の相関関係にある値が小さいときに決定される係数よりも大きい場合が含まれるように、係数テーブル記憶部 2 5 に記憶された係数テーブルを選択して、選択された係数テーブルに格納されている係数を係数 $w_0(i)$ として得る。

【 0 1 9 9 】

ここで、周期又は周期の量子化値又は基本周波数と負の相関関係にある値が取り得る範囲を構成する 3 つの範囲とは、例えば、基本周波数と負の相関関係にある値 $< f_{th1}$ の範囲（すなわち、周期又は周期の量子化値又は基本周波数と負の相関関係にある値が小さい範囲）、 f_{th1} 基本周波数と負の相関関係にある値 $< f_{th2}$ の範囲（すなわち、周期又は周期の量子化値又は基本周波数と負の相関関係にある値が中程度の範囲）、 f_{th2} 基本周波数と負の相関関係にある値の範囲（すなわち、周期又は周期の量子化値又は基本周波数と負の相関関係にある値が大きい範囲）、の 3 つの範囲のことである。

【 0 2 0 0 】

10

20

30

40

50

また、ピッチゲインと正の相関関係にある値が取り得る範囲を構成する3つの範囲とは、例えば、ピッチゲインと正の相関関係にある値 g_{th1} の範囲（すなわち、ピッチゲインと正の相関関係にある値が小さい範囲）、 $g_{th1} <$ ピッチゲインと正の相関関係にある値 g_{th2} の範囲（すなわち、ピッチゲインと正の相関関係にある値が中程度の範囲）、 $g_{th2} <$ ピッチゲインと正の相関関係にある値の範囲（すなわち、ピッチゲインと正の相関関係にある値が大きい範囲）、の3つの範囲のことである。

【0201】

係数決定部24は、例えば、

- (1) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th1} より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th2} より大きい場合、すなわち、周期が短くピッチゲインが大きい場合には、係数テーブル t_0 の各係数 $w_{t_0}(i)$ が係数 $w_0(i)$ として選択され、
- (2) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th1} より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} よりも大きく閾値 g_{th2} 以下である場合、すなわち、周期が短くピッチゲインが中程度である場合には、係数テーブル t_0, t_1, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択され、
- (3) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th1} より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} 以下の場合、すなわち、周期が短くピッチゲインが小さい場合には、係数テーブル t_0, t_1, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択され、
- (4) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th1} 以上であり閾値 f_{th2} より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th2} より大きい場合、すなわち、周期が中程度でありピッチゲインが大きい場合には、係数テーブル t_0, t_1, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択され、
- (5) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th1} 以上であり閾値 f_{th2} より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} よりも大きく閾値 g_{th2} 以下である場合、すなわち、周期が中程度でありピッチゲインが中程度である場合には、係数テーブル t_0, t_1, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択され、
- (6) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th1} 以上であり閾値 f_{th2} より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} 以下の場合、すなわち、周期が中程度でありピッチゲインが小さい場合には、係数テーブル t_0, t_1, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択され、
- (7) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th2} 以上であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th2} より大きい場合、すなわち、周期が長くピッチゲインが大きい場合には、係数テーブル t_0, t_1, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択され、
- (8) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th2} 以上であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} よりも大きく閾値 g_{th2} 以下である場合、すなわち、周期が長くピッチゲインが中程度である場合には、係数テーブル t_0, t_1, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択され、
- (9) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th2} 以上であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} 以下の場合、すなわち、周期が長くピッチゲインが小さい場合には、係数テーブル t_2 の各係数 $w_{t_2}(i)$ が係数 $w_0(i)$ として選択されるように、係数テーブル記憶部25に記憶された係数テーブルから係数 $w_0(i)$ を選択する。

【0202】

言い換えれば、(1)の場合には係数決定部24により係数テーブル t_0 から係数が取得され、(9)の場合には係数決定部24により係数テーブル t_2 から係数が取得され、(2),(3),(4),(5),(6),(7),(8)の場合には係数決定部24により係数テーブル t_0, t_1, t_2 の何れかの係数テーブルから係数が取得される。

【0203】

また、(2),(3),(4),(5),(6),(7),(8)の少なくとも1つの場合には係数決定部24によ

10

20

30

40

50

り係数テーブルt1から係数が取得される。

【0204】

さらに、 $k=1, 2, \dots, 9$ として、(k)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 t_{j_k} の番号を j_k として、 $j_1 j_2 j_3$ であり、 $j_4 j_5 j_6$ であり、 $j_7 j_8 j_9$ であり、 $j_1 j_4 j_7$ であり、 $j_2 j_5 j_8$ であり、 $j_3 j_6 j_9$ である。

【0205】

< 第三実施形態の第三変形例の具体例 >

以下、第三実施形態の第三変形例の具体例について説明する。ここでは、第三実施形態の第二変形例の具体例と異なる部分を中心に説明する。

【0206】

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、プリア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 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, Nn$) (ただし、 Nn は、 $Nn < N$ 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940で求めた周期T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 $X_0(n)$ ($n=0, 1, \dots, Nn$)についてピッチゲイン計算部950で求めたピッチゲインGとが入力される。

【0207】

本具体例では、閾値fth1は80であり、閾値fth2は160であり、閾値gth1は0.3であり、閾値gth2は0.6である。

【0208】

係数決定部24には、周期TとピッチゲインGとが入力される。

【0209】

係数決定部24は、周期Tが閾値fth1=80より小さく、かつ、ピッチゲインGが閾値gth2=0.6より大きい場合には、すなわち、周期が短くピッチゲインが大きい場合には、係数テーブルt0を係数テーブルtとして選択する。

【0210】

また、係数決定部24は、周期Tが閾値fth1=80より小さく、かつ、ピッチゲインGが閾値gth2=0.6以下の場合には、すなわち、周期が短くピッチゲインが中程度又は小さい場合には、係数テーブルt1を係数テーブルtとして選択する。

【0211】

また、係数決定部24は、周期Tが閾値fth1=80以上かつfth2=160未満、かつ、ピッチゲインGが閾値gth1=0.3より大きい場合には、すなわち、周期が中程度でありピッチゲインが大きい又は中程度である場合には、係数テーブルt1を係数テーブルtとして選択する。

【0212】

また、係数決定部24は、周期Tが閾値fth1=80以上かつfth2=160未満、かつ、ピッチゲインGが閾値gth1=0.3以下の場合には、すなわち、周期が中程度でありピッチゲインが小さい場合には、係数テーブルt2を係数テーブルtとして選択する。

【0213】

さらに係数決定部24は、周期Tが閾値fth2=160以上の場合には、すなわち周期が長い場合には、係数テーブルt2を係数テーブルtとして選択する。

【0214】

< 第三実施形態の第四変形例 >

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、第三実施形態の第四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。

【0215】

第三実施形態の第四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、第三実施形態と同じ図7と図8である。第三実施形態の第四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に記憶されている係数テーブル

10

20

30

40

50

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。

【0216】

係数テーブル記憶部25には、係数テーブル t_0 と t_2 のみが記憶されており、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_2 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 t_0 , t_2 のそれぞれには、少なくとも一部の各 i について $w_{t_0}(i) < w_{t_2}(i)$ 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。ただし、 $i=0$ 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。

【0217】

ここで、 $0 < f_{th1}' < f_{th2}'$ という関係を満たす閾値 f_{th1}' , f_{th2}' と、 $0 < g_{th1} < g_{th2}$ という関係を満たす閾値 g_{th1} , g_{th2} とが定められているとする。

【0218】

係数決定部24は、例えば、

(1) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th2}' より大きく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th2} より大きい場合、すなわち、基本周波数が高く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 の各係数 $w_{t_0}(i)$ が係数 $w_0(i)$ として選択され、

(2) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th2}' より大きく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} よりも大きく閾値 g_{th2} 以下である場合、すなわち、基本周波数が高くピッチゲインが中程度と判断された場合には、係数テーブル t_0 , t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択されるか、係数テーブル t_0 と t_2 の各係数から求まる係数が係数 $w_0(i)$ とされ、

(3) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th2}' より大きく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} 以下の場合、すなわち、基本周波数が高く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_0 , t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択されるか、係数テーブル t_0 と t_2 の各係数から求まる係数が係数 $w_0(i)$ とされ、

(4) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th1}' よりも大きく閾値 f_{th2}' 以下であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th2} より大きい場合、すなわち、基本周波数が中程度であり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 , t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択されるか、係数テーブル t_0 と t_2 の各係数から求まる係数が係数 $w_0(i)$ とされ、

(5) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th1}' よりも大きく閾値 f_{th2}' 以下であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} よりも大きく閾値 g_{th2} 以下である場合、すなわち、基本周波数が中程度でありピッチゲインが中程度と判断された場合には、係数テーブル t_0 , t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択されるか、係数テーブル t_0 と t_2 の各係数から求まる係数が係数 $w_0(i)$ とされ、

(6) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th1}' よりも大きく閾値 f_{th2}' 以下であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} 以下の場合、すなわち、基本周波数が中程度であり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_0 , t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択されるか、係数テーブル t_0 と t_2 の各係数から求まる係数が係数 $w_0(i)$ とされ、

(7) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th1}' 以下であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th2} より大きい場合、すなわち、基本周波数が低く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 , t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択されるか、係数テーブル t_0 と t_2 の各係数から求まる係数が係数 $w_0(i)$ とされ、

(8) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th1}' 以下であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} よりも大きく閾値 g_{th2} 以下である場合、すなわち、基本

10

20

30

40

50

周波数が低くピッチゲインが中程度と判断された場合には、係数テーブル t_0, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択されるか、係数テーブル t_0 と t_2 の各係数から求まる係数が係数 $w_0(i)$ とされ、

(9) 基本周波数と正の相関関係にある値が閾値 f_{th1} 以下であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} 以下の場合、すなわち、基本周波数が低く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 の各係数 $w_{t_2}(i)$ が係数 $w_0(i)$ として選択されるように、係数テーブル記憶部 2 5 に記憶された係数テーブルから係数 $w_0(i)$ を選択し、または、求める。

【 0 2 1 9 】

言い換えれば、(1)の場合には係数決定部 2 4 により係数テーブル t_0 から係数が取得され、(9)の場合には係数決定部 2 4 により係数テーブル t_2 から係数が取得され、(2),(3),(4),(5),(6),(7),(8)の場合には係数決定部 2 4 により係数テーブル t_0, t_2 の何れかの係数テーブルから係数が取得されるか、係数テーブル t_0 と t_2 から取得した各係数から係数が求められ、また、(2),(3),(4),(5),(6),(7),(8)の少なくとも 1 つの場合には係数決定部 2 4 により係数テーブル t_0 と t_2 から取得した各係数から係数が求められる。

【 0 2 2 0 】

さらに、 $k=1, 2, \dots, 9$ として、(k)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 t_{j_k} の番号を j_k として、 j_1, j_2, j_3 であり、 j_4, j_5, j_6 であり、 j_7, j_8, j_9 であり、 j_1, j_4, j_7 であり、 j_2, j_5, j_8 であり、 j_3, j_6, j_9 である。

【 0 2 2 1 】

係数テーブル t_0 と t_2 から取得した各係数からの係数を求める方法としては、例えば、係数テーブル t_0 の各係数 $w_{t_0}(i)$ と係数テーブル t_2 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 $w_0(i)$ を決定する方法がある。

【 0 2 2 2 】

ここで、 α は0から1であり、基本周波数 P が高くピッチゲイン G が大きいほど α の値も大きくなり、基本周波数 P が小さくピッチゲイン G が小さいほど α の値も小さくなる関数 $\alpha = c(P, G)$ により、基本周波数 P 及びピッチゲイン G から求める値である。

【 0 2 2 3 】

このように、 $w_0(i)$ を求めることにより、係数決定部 2 4 には $w_{t_0}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)を記憶したテーブルと $w_{t_2}(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)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、係数テーブル t_0 と t_2 から取得した各係数から係数を得る場合のうちの基本周波数 P が高くピッチゲイン G が大きいときには $w_h(i)$ に近い係数を得ることができ、逆に係数テーブル t_0 と t_2 から取得した各係数から係数を得る場合のうちの基本周波数 P が低くピッチゲイン G 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。

【 0 2 2 4 】

< 第三実施形態の第五変形例 >

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、第三実施形態の第五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。

【 0 2 2 5 】

第三実施形態の第五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、第三実施形態と同じ図 7 と図 8 である。第三実施形態の第五変形例の線形予測分析装置 2 は、係数決定部 2 4 の処理が異なり、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。

【 0 2 2 6 】

係数テーブル記憶部 2 5 には、係数テーブル t_0 と t_2 のみが記憶されており、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_2 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 t_0, t_2 のそれぞれには、少なくとも一部の各 i について $w_{t_0}(i) < w_{t_2}(i)$ 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

10

20

30

40

50

ている。

【 0 2 2 7 】

ここで、 $0 < f_{th1} < f_{th2}$ という関係を満たす閾値 f_{th1}, f_{th2} と、 $0 < g_{th1} < g_{th2}$ という関係を満たす閾値 g_{th1}, g_{th2} とが定められているとする。

【 0 2 2 8 】

係数決定部 2 4 は、例えば、

(1) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th1} より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th2} より大きい場合、すなわち、周期が短くピッチゲインが大きい場合には、係数テーブル t_0 の各係数 $w_{t_0}(i)$ が係数 $w_0(i)$ として選択され、

10

(2) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th1} より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} よりも大きく閾値 g_{th2} 以下である場合、すなわち、周期が短くピッチゲインが中程度である場合には、係数テーブル t_0, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択されるか、係数テーブル t_0 と t_2 の各係数から求まる係数が係数 $w_0(i)$ とされ、

(3) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th1} より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} 以下の場合、すなわち、周期が短くピッチゲインが小さい場合には、係数テーブル t_0, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択されるか、係数テーブル t_0 と t_2 の各係数から求まる係数が係数 $w_0(i)$ とされ、

(4) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th1} 以上であり閾値 f_{th2} より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th2} より大きい場合、すなわち、周期が中程度でありピッチゲインが大きい場合には、係数テーブル t_0, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択されるか、係数テーブル t_0 と t_2 の各係数から求まる係数が係数 $w_0(i)$ とされ、

20

(5) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th1} 以上であり閾値 f_{th2} より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} よりも大きく閾値 g_{th2} 以下である場合、すなわち、周期が中程度でありピッチゲインが中程度である場合には、係数テーブル t_0, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択されるか、係数テーブル t_0 と t_2 の各係数から求まる係数が係数 $w_0(i)$ とされ、

(6) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th1} 以上であり閾値 f_{th2} より小さく、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} 以下の場合、すなわち、周期が中程度でありピッチゲインが小さい場合には、係数テーブル t_0, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択されるか、係数テーブル t_0 と t_2 の各係数から求まる係数が係数 $w_0(i)$ とされ、

30

(7) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th2} 以上であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th2} より大きい場合、すなわち、周期が長くピッチゲインが大きい場合には、係数テーブル t_0, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択されるか、係数テーブル t_0 と t_2 の各係数から求まる係数が係数 $w_0(i)$ とされ、

(8) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th2} 以上であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} よりも大きく閾値 g_{th2} 以下である場合、すなわち、周期が長くピッチゲインが中程度である場合には、係数テーブル t_0, t_2 の何れかの係数テーブルの各係数が係数 $w_0(i)$ として選択されるか、係数テーブル t_0 と t_2 の各係数から求まる係数が係数 $w_0(i)$ とされ、

40

(9) 基本周波数と負の相関関係にある値が閾値 f_{th2} 以上であり、かつ、ピッチゲインと正の相関関係にある値が閾値 g_{th1} 以下の場合、すなわち、周期が長くピッチゲインが小さい場合には、係数テーブル t_2 の各係数 $w_{t_2}(i)$ が係数 $w_0(i)$ として選択されるように、係数テーブル記憶部 2 5 に記憶された係数テーブルから係数 $w_0(i)$ を選択し、または、求める。

【 0 2 2 9 】

言い換えれば、(1)の場合には係数決定部 2 4 により係数テーブル t_0 から係数が取得され、(9)の場合には係数決定部 2 4 により係数テーブル t_2 から係数が取得され、(2),(3),(4),(5),(6),(7),(8)の場合には係数決定部 2 4 により係数テーブル t_0, t_2 の何れかの係数

50

テーブルから係数が取得されるか、係数テーブルt0とt2から取得した各係数から係数が求められ、

また、(2),(3),(4),(5),(6),(7),(8)の少なくとも1つの場合には係数決定部24により係数テーブルt0とt2から取得した各係数から係数が求められる。

【0230】

さらに、 $k=1,2,\dots,9$ として、(k)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 t_{j_k} の番号を j_k として、 $j_1 j_2 j_3$ であり、 $j_4 j_5 j_6$ であり、 $j_7 j_8 j_9$ であり、 $j_1 j_4 j_7$ であり、 $j_2 j_5 j_8$ であり、 $j_3 j_6 j_9$ である。

【0231】

係数テーブルt0とt2から取得した各係数からの係数を求める方法としては、例えば、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 $w_0(i)$ を決定する方法がある。

10

【0232】

ここで、 α は0と1であり、周期Tが長くピッチゲインGが小さいほど α の値が大きくなり、周期Tが短くピッチゲインGが大きいほど α の値が小さくなる関数 $\alpha = \alpha(T, G)$ により、周期T及びピッチゲインGから求める値である。

【0233】

このように、 $w_0(i)$ を求めることにより、係数決定部24には $w_{t_0}(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)を記憶したテーブルと $w_{t_2}(i)$ ($i=0,1,\dots,P_{max}$)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、係数テーブルt0とt2から取得した各係数から係数を得る場合のうちの周期Tが短くピッチゲインGが大きいときには $w_{t_2}(i)$ に近い係数を得ることができ、逆に係数テーブルt0とt2から取得した各係数から係数を得る場合のうちの周期Tが長くピッチゲインGが小さいときには $w_{t_0}(i)$ に近い係数を得ることができる。

20

【0234】

[第一実施形態から第三実施形態に共通の変形例]

図11及び図12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11と図12は、それぞれ図1と図7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13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)。

30

【0235】

[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及びピッチゲイン計算部でそれぞれ基本周波数及びピッチゲインを得て、得られた基本周波数及び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。

【0236】

第四実施形態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、基本周波数計算部33、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。

40

【0237】

[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。

50

【 0 2 3 8 】

[線形予測残差計算部 3 2]

線形予測残差計算部 3 2 は、入力信号 $X_O(n)$ 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。

【 0 2 3 9 】

[基本周波数計算部 3 3]

基本周波数計算部 3 3 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 3 3 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 $X_{R_{s1}}(n)$ ($n=0, 1, \dots, N/M-1$), ..., $X_{R_{sM}}(n)$ ($n=(M-1)N/M, (M-1)N/M+1, \dots, N-1$)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 3 3 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 2 4 0 】

[ピッチゲイン計算部 3 6]

ピッチゲイン計算部 3 6 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 3 6 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 3 6 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チゲインについての情報として出力する。

20

30

【 0 2 4 1 】

[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の線形予測分析装置 2、第二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、第三実施形態の線形予測分析装置 2、第三実施形態の第二変形例の線形予測分析装置 2、第三実施形態の第四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 3 4 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 3 3 が出力した基本周波数についての情報及び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 $w_O(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)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。

40

【 0 2 4 2 】

< 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及びピッチゲイン計算部でそれぞれ周期及びピッチゲインを得て、得られた周期及びピッチゲインに基づく係数 $w_O(i)$ 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 2 4 3 】

50

第四実施形態の変形例の線形予測分析装置3は、図15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、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。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。

【0244】

[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 $X_{R_{s1}}(n)$ ($n=0, 1, \dots, N/M-1$), ..., $X_{R_{sM}}(n)$ ($n=(M-1)N/M, (M-1)N/M+1, \dots, N-1$)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。

10

【0245】

[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、本発明の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、第三実施形態の第一変形例の線形予測分析装置2、第三実施形態の第三変形例の線形予測分析装置2、第三実施形態の第五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、周期計算部35が出力した周期についての情報及びピッチゲイン計算部36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 $w_O(i)$ ($i=0, 1, \dots, P_{max}$)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

【0246】

<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。

30

【0247】

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。

40

【0248】

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。

【0249】

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。

【0250】

<基本周波数と負の相関関係にある値について>

50

第一実施形態において周期計算部 9 4 0 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Tを用いてもよい。

【 0 2 5 1 】

また、基本周波数と負の相関関係にある値として、周期T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Tの推定値や、過去の複数フレームについての周期Tの平均値や最小値や最大値を、周期T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Tの平均値や最小値や最大値を、周期T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T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。

10

【 0 2 5 2 】

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

【 0 2 5 3 】

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Tを用いてもよい。

20

【 0 2 5 4 】

<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 2 5 5 】

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や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、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や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 2 5 6 】

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。

40

【 0 2 5 7 】

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。

【 0 2 5 8 】

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。

50

【0259】

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。

【0260】

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】

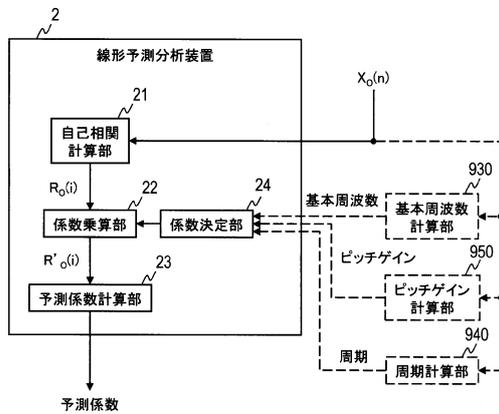


図1

【図2】

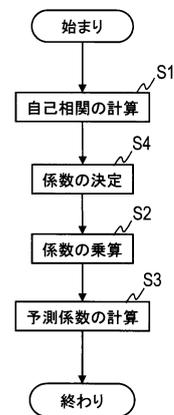


図2

【 図 3 】

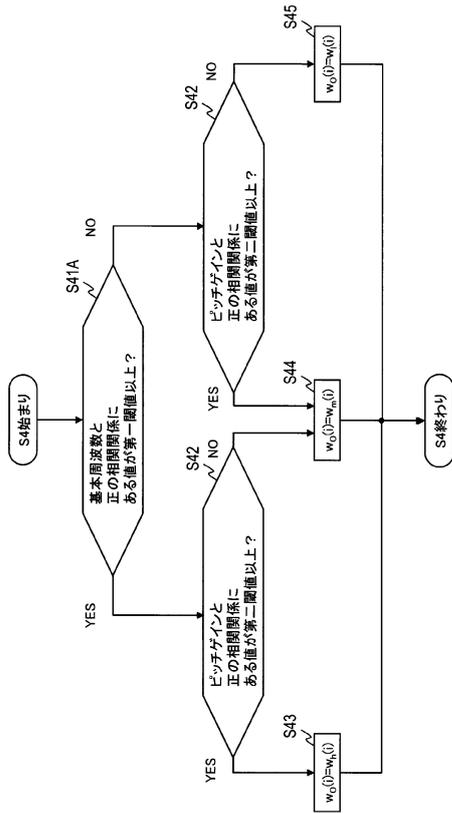


図3

【 図 4 】

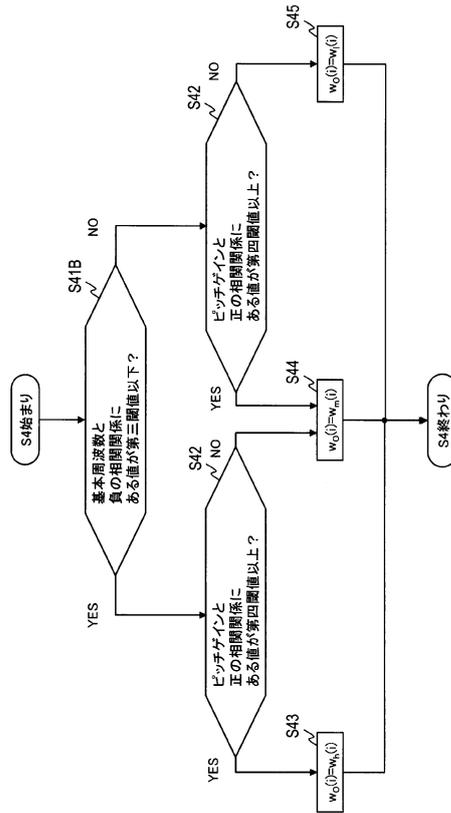


図4

【 図 5 】

	基本周波数が高い	基本周波数が中程度	基本周波数が低い
ピッチゲインが大きい	$w_h(i)$	$w_m(i)$	$w_l(i)$
ピッチゲインが中程度	$w_m(i)$	$w_m(i)$	$w_l(i)$
ピッチゲインが小さい	$w_m(i)$	$w_l(i)$	$w_l(i)$

図5

【 図 6 】

	周期が短い	周期が中程度	周期が長い
ピッチゲインが大きい	$w_h(i)$	$w_m(i)$	$w_l(i)$
ピッチゲインが中程度	$w_m(i)$	$w_m(i)$	$w_l(i)$
ピッチゲインが小さい	$w_m(i)$	$w_l(i)$	$w_l(i)$

図6

【 図 7 】

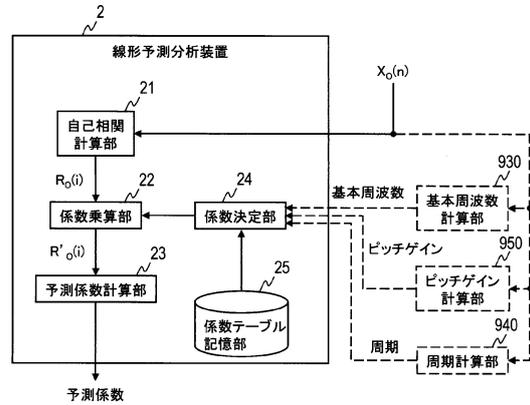


図7

【 図 8 】

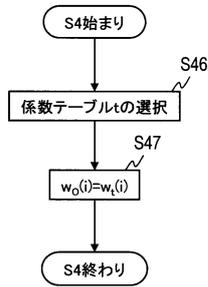


図8

【 図 9 】

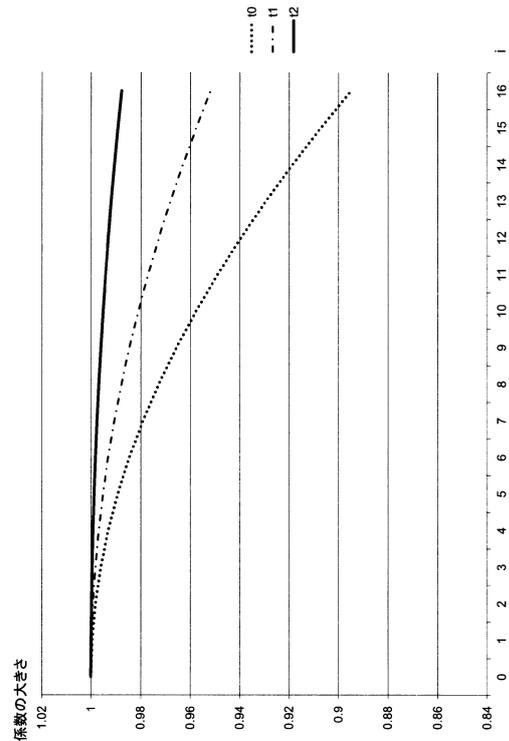


図9

【 図 1 0 】

	基本周波数 が高い	基本周波数 が中程度	基本周波数 が低い
ピッチゲイン が大きい	t0	t1	t2
ピッチゲイン が中程度	t1	t1	t2
ピッチゲイン が小さい	t1	t2	t2

図10

【 図 1 1 】

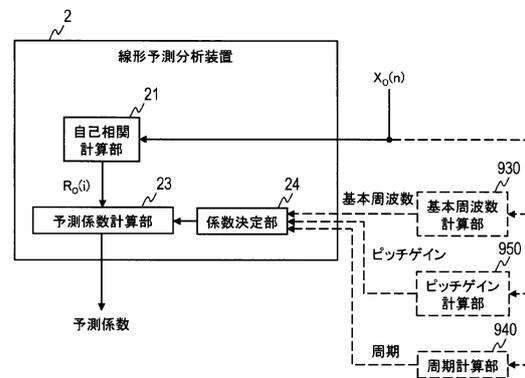


図11

【図12】

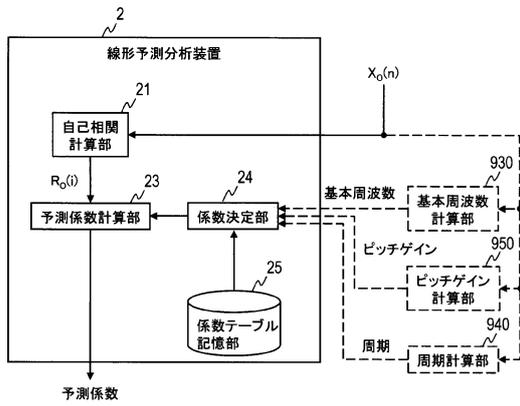


図12

【図13】

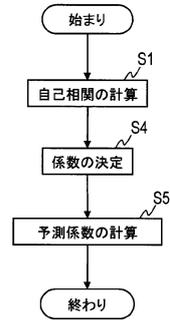


図13

【図14】

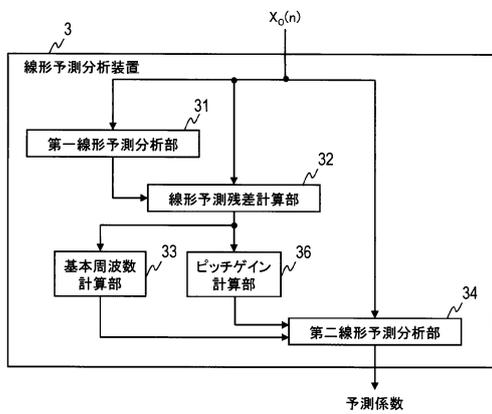


図14

【図15】

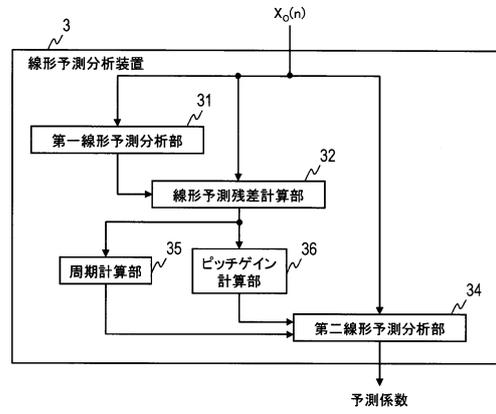


図15

【図16】

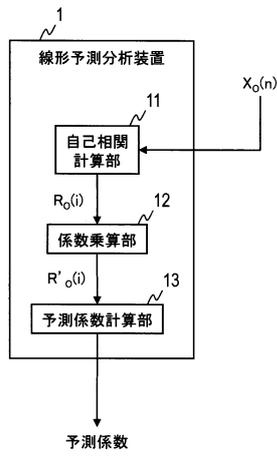


図16

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 19/00-25/93