

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4691082号
(P4691082)

(45) 発行日 平成23年6月1日(2011.6.1)

(24) 登録日 平成23年2月25日(2011.2.25)

(51) Int.Cl. F I
G I O L 19/06 (2006.01) G I O L 19/06 Z

請求項の数 9 (全 28 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2007-235904 (P2007-235904) | (73) 特許権者 | 000004226 |
| (22) 出願日 | 平成19年9月11日 (2007. 9. 11) | | 日本電信電話株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2009-69309 (P2009-69309A) | | 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 |
| (43) 公開日 | 平成21年4月2日 (2009. 4. 2) | (74) 代理人 | 100121706 |
| 審査請求日 | 平成21年7月29日 (2009. 7. 29) | | 弁理士 中尾 直樹 |
| | | (74) 代理人 | 100066153 |
| | | | 弁理士 草野 卓 |
| | | (74) 代理人 | 100128705 |
| | | | 弁理士 中村 幸雄 |
| | | (72) 発明者 | 鎌本 優 |
| | | | 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 |
| | | | 本電信電話株式会社内 |
| | | (72) 発明者 | 原田 登 |
| | | | 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 |
| | | | 本電信電話株式会社内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 線形予測モデル次数決定装置、線形予測モデル次数決定方法、そのプログラムおよび記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

P A R C O R 係数算出手段が、入力信号から、モデル次数が 1 , . . . , m [但し、m は 2 以上の整数 $N_{s u p}$ に対して $1 \leq m \leq N_{s u p}$ を満たす整数である。] の各線形予測モデルの P A R C O R 係数と、モデル次数 m のときの予測誤差エネルギーと、をそれぞれ算出する P A R C O R 係数算ステップと、

予測誤差符号量推定手段が、モデル次数が 1 , . . . , m のときの各上記 P A R C O R 係数によって与えられる線形予測係数からなるモデル次数 m の線形予測モデルの予測値と上記入力信号との誤差である予測誤差波形の符号量 [予測誤差符号量] S を、

【数 1 4】

$$S = \frac{N}{\ln 2} (1 + \ln(2 \times \ln 2 \times D))$$

(ただし、フレームあたりのサンプル数を N とし、モデル次数 m のときのサンプル数 N で正規化された予測誤差エネルギーを ξ_m^2 として、

【数 1 5】

$$D = \sqrt{\xi_m^2} \sqrt{\frac{2}{\pi}}$$

、または、
【数 1 6】

$$D = \sqrt{\xi_m^2} \sqrt{\frac{1}{2}}$$

、または、Wを予め定めた重みとして $D = \frac{1}{m} \times W$ とする) により推定する予測誤差符号量推定ステップと、

係数符号量算出手段が、モデル次数が 1, ..., m のときの各上記 PARCOR 係数に対応した符号量〔個別符号量〕、あるいは全ての PARCOR 係数に対応する符号量〔全体符号量〕を算出する係数符号量算出ステップと、 10

最適モデル次数探索手段が、0 から N_{sup} までのモデル次数に含まれる複数のモデル次数について、各モデル次数 j における、上記全体符号量あるいはモデル次数が 1, ..., j のときの上記各個別符号量の合計と、上記予測誤差符号量との合計〔合計符号量〕を求め、合計符号量からモデル次数を 1 つに決定する最適モデル次数探索ステップとを有する線形予測モデル次数決定方法。

【請求項 2】

PARCOR 係数算出手段が、入力信号から、モデル次数が 1, ..., m〔但し、m は 2 以上の整数 N_{sup} に対して $1 \leq m \leq N_{sup}$ を満たす整数である。〕の各線形予測モデルの PARCOR 係数と、モデル次数 m のときの予測誤差エネルギーと、をそれぞれ算出する PARCOR 係数算出ステップと、 20

予測誤差符号量推定手段が、モデル次数が 1, ..., m のときの各上記 PARCOR 係数によって与えられる線形予測係数からなるモデル次数 m の線形予測モデルの予測値と上記入力信号との誤差である予測誤差波形の符号量〔予測誤差符号量〕S を、

【数 1 7】

$$S = \frac{N}{2} \left\{ 1 + 2 \log_2 e + 2 \log_2 \xi_m + \sum_{k=1}^m \log_2 (1 - \gamma_k^2) \right\}$$

(ただし、フレームあたりのサンプル数を N とし、e をネイピア数とし、 γ_k を k 次の PARCOR 係数とし、モデル次数 m のときのサンプル数 N で正規化された予測誤差エネルギーを $\frac{1}{m^2}$ とし、) 30

【数 1 8】

$$D = \sqrt{\xi_m^2} \sqrt{\frac{2}{\pi}}$$

、または、
【数 1 9】

$$D = \sqrt{\xi_m^2} \sqrt{\frac{1}{2}}$$

、または、Wを予め定めた重みとして $D = \frac{1}{m} \times W$ とする) により推定する予測誤差符号量推定ステップと、

係数符号量算出手段が、モデル次数が 1, ..., m のときの各上記 PARCOR 係数に対応した符号量〔個別符号量〕、あるいは全ての PARCOR 係数に対応する符号量〔全体符号量〕を算出する係数符号量算出ステップと、

最適モデル次数探索手段が、0 から N_{sup} までのモデル次数に含まれる複数のモデル次数について、各モデル次数 j における、上記全体符号量あるいはモデル次数が 1, 40

・・・, j のときの上記各個別符号量の合計と、上記予測誤差符号量との合計〔合計符号量〕を求め、合計符号量からモデル次数を1つに決定する最適モデル次数探索ステップとを有する線形予測モデル次数決定方法。

【請求項3】

上記最適モデル次数探索ステップは、

0 から N_{sup} までのモデル次数に含まれる複数のモデル次数について、各モデル次数 j における、上記全体符号量あるいはモデル次数が1, ..., j のときの上記各個別符号量の合計と、上記予測誤差符号量との合計符号量を求め、合計符号量が最小になるときのモデル次数を最適モデル次数として決定するものである

ことを特徴とする請求項1 または 請求項2に記載の線形予測モデル次数決定方法。

10

【請求項4】

制御手段が、最適モデル次数探索ステップにおいてモデル次数が決定されるまで、モデル次数が1つ前のモデル次数よりも大となるように逐次にモデル次数を設定し、設定されたモデル次数ごとに、設定されたモデル次数 j について、上記PARCOR係数算出ステップ、上記予測誤差符号量推定ステップ、上記係数符号量算出ステップ、最適モデル次数探索ステップの各処理を実行させる制御ステップを有し、

上記制御ステップにおいて実行を制御される最適モデル次数探索ステップは、

上記制御ステップにおいて設定されたモデル次数 j における、上記全体符号量またはモデル次数が1, ..., j のときの上記各個別符号量の合計と、上記予測誤差符号量との合計符号量を求め、その合計符号量がモデル次数 j の1つ前に設定されたモデル次数 r における合計符号量よりも大となったときのモデル次数 r 〔暫定最適次数〕から予め定められただけの先のモデル次数までの各モデル次数における合計符号量〔モニタ合計符号量〕について、暫定最適次数での合計符号量よりも少ないモニタ合計符号量となるモデル次数が存在する場合には、当該モニタ合計符号量のうち最小のモニタ合計符号量となるときのモデル次数を最適モデル次数として決定し、暫定最適次数での合計符号量よりも少ないモニタ合計符号量となるモデル次数が存在しない場合には、暫定最適次数を最適モデル次数として決定するものである

ことを特徴とする請求項1 または 請求項2に記載の線形予測モデル次数決定方法。

20

【請求項5】

制御手段が、最適モデル次数探索ステップにおいてモデル次数が決定されるまで、モデル次数が1つ前のモデル次数よりも大となるように逐次にモデル次数を設定し、設定されたモデル次数ごとに、設定されたモデル次数 j について、上記PARCOR係数算出ステップ、上記予測誤差符号量推定ステップ、上記係数符号量算出ステップ、最適モデル次数探索ステップの各処理を実行させる制御ステップを有し、

上記制御ステップにおいて実行を制御される最適モデル次数探索ステップは、

上記制御ステップにおいて設定されたモデル次数 j における、上記全体符号量またはモデル次数が1, ..., j のときの上記各個別符号量の合計と、上記予測誤差符号量との合計符号量を求め、その合計符号量がモデル次数 j の1つ前に設定されたモデル次数 r における合計符号量〔暫定最小合計符号量〕よりも大となったときのモデル次数 r 〔暫定最適次数〕から先のモデル次数における合計符号量〔モニタ合計符号量〕が、上記暫定最小合計符号量よりも予め定められた閾値 以上となった場合に、上記暫定最適次数を最適モデル次数として決定するものである

ことを特徴とする請求項1 または 請求項2に記載の線形予測モデル次数決定方法。

30

40

【請求項6】

入力信号から、モデル次数が1, ..., m 〔但し、 m は2以上の整数 N_{sup} に対して $1 \leq m \leq N_{sup}$ を満たす整数である。〕の各線形予測モデルのPARCOR係数と、モデル次数 m のときの予測誤差エネルギーと、をそれぞれ算出するPARCOR係数算出手段と、

モデル次数が1, ..., m のときの各上記PARCOR係数によって与えられる線形予測係数からなるモデル次数 m の線形予測モデルの予測値と上記入力信号との誤差で

50

ある予測誤差波形の符号量〔予測誤差符号量〕 S を、

【数 2 0】

$$S = \frac{N}{\ln 2} (1 + \ln(2 \times \ln 2 \times D))$$

（ただし、フレームあたりのサンプル数を N とし、モデル次数 m のときのサンプル数 N で正規化された予測誤差エネルギーを ξ_m^2 として、

【数 2 1】

$$D = \sqrt{\xi_m^2} \sqrt{\frac{2}{\pi}}$$

10

、または、

【数 2 2】

$$D = \sqrt{\xi_m^2} \sqrt{\frac{1}{2}}$$

、または、 W を予め定めた重みとして $D = \xi_m \times W$ とする) により推定する予測誤差符号量推定手段と、

20

モデル次数が $1, \dots, m$ のときの各上記 PARCOR 係数に対応した符号量〔個別符号量〕、あるいは全ての PARCOR 係数に対応する符号量〔全体符号量〕を算出する係数符号量算出手段と、

0 から $N_{s u p}$ までのモデル次数に含まれる複数のモデル次数について、各モデル次数 j における、上記全体符号量あるいはモデル次数が $1, \dots, j$ のときの上記各個別符号量の合計と、上記予測誤差符号量との合計〔合計符号量〕を求め、合計符号量からモデル次数を 1 つに決定する最適モデル次数探索手段と

を備えた線形予測モデル次数決定装置。

【請求項 7】

入力信号から、モデル次数が $1, \dots, m$ 〔但し、 m は 2 以上の整数 $N_{s u p}$ に対して $1 \leq m \leq N_{s u p}$ を満たす整数である。〕の各線形予測モデルの PARCOR 係数と、モデル次数 m のときの予測誤差エネルギーと、をそれぞれ算出する PARCOR 係数算出手段と、

30

モデル次数が $1, \dots, m$ のときの各上記 PARCOR 係数によって与えられる線形予測係数からなるモデル次数 m の線形予測モデルの予測値と上記入力信号との誤差である予測誤差波形の符号量〔予測誤差符号量〕 S を、

【数 2 3】

$$S = \frac{N}{2} \left\{ 1 + 2 \log_2 e + 2 \log_2 \xi_m + \sum_{k=1}^m \log_2 (1 - \gamma_k^2) \right\}$$

40

（ただし、フレームあたりのサンプル数を N とし、 e をネイピア数とし、 γ_k を k 次の PARCOR 係数とし、モデル次数 m のときのサンプル数 N で正規化された予測誤差エネルギーを ξ_m^2 として、

【数 2 4】

$$D = \sqrt{\xi_m^2} \sqrt{\frac{2}{\pi}}$$

、または、

50

【数 2 5】

$$D = \sqrt{\xi_m^2} \sqrt{\frac{1}{2}}$$

、または、Wを予め定めた重みとして $D = \frac{1}{m} \times W$ とする) により推定する予測誤差符号量推定手段と、

モデル次数が 1, ..., m のときの各上記 P A R C O R 係数に対応した符号量〔個別符号量〕、あるいは全ての P A R C O R 係数に対応する符号量〔全体符号量〕を算出する係数符号量算出手段と、

0 から $N_{s u p}$ までのモデル次数に含まれる複数のモデル次数について、各モデル次数 j における、上記全体符号量あるいはモデル次数が 1, ..., j のときの上記各個別符号量の合計と、上記予測誤差符号量との合計〔合計符号量〕を求め、合計符号量からモデル次数を 1 つに決定する最適モデル次数探索手段と

を備えた線形予測モデル次数決定装置。

【請求項 8】

コンピュータに請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の線形予測モデル次数決定方法の各処理を実行させるためのプログラム。

【請求項 9】

請求項 8 に記載のプログラムを記録した、コンピュータに読み取り可能な記録媒体

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

信号分析や信号の符号化などに用いられる線形予測分析技術に関する。

【背景技術】

【0002】

線形予測モデルは、ある時点 $\{t\}$ における時系列離散信号のサンプル値 x_t と、その時点 $\{t\}$ よりも過去の p 個の時点 $\{t-1\}$ 、時点 $\{t-2\}$ 、...、時点 $\{t-p\}$ における時系列離散信号のサンプル値 x_{t-1} 、 x_{t-2} 、...、 x_{t-p} のそれぞれに係数 ϕ_i ($i = 1, \dots, p$) による重み付けをしたものと、線形予測誤差 ε_t と間に線形 1 次結合が成り立つと仮定したモデルとして式 (A) によって表すことができる。なお、例えば係数 ϕ_i のいずれかが 0 となる場合、厳密には線形予測モデルは過去 p 個の時系列離散信号のサンプル値に基づくものとは言えないが、このような場合も含めて、過去 p 個の時系列離散信号のサンプル値に基づくものであると考える。ここで p は、線形予測モデルが要するサンプル数を表し、これをモデル次数ということにする。

【数 1】

$$x_t + \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} = \varepsilon_t \quad (A)$$

【0003】

全極型の線形予測分析では、線形予測モデルのモデル次数の決定を要求される場合がある。例えば、圧縮符号化を例とすると、線形予測係数に係わる補助情報および予測誤差形の各符号量の和を最小化するためにモデル次数を決める必要がある。このように決定されるべきモデル次数を最適モデル次数ということにする。

【0004】

従来技術は、最適モデル次数の決定を、F P E (Final Prediction Error: 最終予測誤差) や A I C (Akaike Information Criterion: 赤池情報量基準) などを用いて決定していた〔非特許文献 1 参照〕。また、M D L 原理 (Minimum Description Length Principle) に基づき、最適モデル次数を決定する手法もあった〔非特許文献 2 参照〕。

【0005】

10

20

30

40

50

M D L原理による2段階符号化では、(符号語長) = (モデルの記述長) + (そのモデルによるデータの記述長)と表される。これを、例えばロスレス符号化〔Lossless Coding〕での慣用表現に置き換えれば、(ロスレスで復号するために必要な符号量) = (P A R C O R係数に必要な符号量) + (予測誤差波形に必要な符号量)・・・(B)と表現できる。図8に示すように、モデル次数を増加させるほど予測誤差波形に必要な符号量(符号503)を減少させることができるが、P A R C O R係数に必要な符号量(符号502)が増加してしまうため、モデル次数を大きく設定することによって、ロスレスで復号するために必要な符号量(符号501)を減少させることができるわけではない。そこで、式(B)に従い、ロスレスで復号するために必要な符号量が最小となるモデル次数を探索し、これを最適モデル次数として決定していた。

10

【0006】

このことを、P A R C O R係数を算出する場合を一例として図9に示して説明する。

所定の時間間隔で標本化された時間離散信号をフレーム毎に分割した各フレームを入力信号 y とする。ここではロスレス符号化を例とし、入力信号 y は整数変換された整数値からなるとする。また、最適モデル次数は、モデル次数を $N_{m i n}$ から $N_{m a x}$ までとした探索範囲を n 次〔但し、 n は $n - 1$ を満たす整数である。また、 $N_{m i n}$ および $N_{m a x}$ は $N_{m a x} > N_{m i n}$ を満たす正整数である。〕ごとに調べたものの中から決定することにする。なお、以下ではモデル次数 m を正整数とする。

【0007】

P A R C O R係数量子化部(901)は、入力信号 y を入力として、モデル次数が $1, 2, \dots, N_{m a x}$ の各線形予測モデルのP A R C O R係数 c_m 〔 $m = 1, 2, \dots, N_{m a x}$ 〕をそれぞれ算出する〔P A R C O R係数の算出方法については非特許文献3または後述の《P A R C O R係数・予測誤差エネルギーの算出》を参照のこと。〕。モデル次数が $1, 2, \dots, N_{m a x}$ のときの各P A R C O R係数 c_m 〔 $m = 1, 2, \dots, N_{m a x}$ 〕は、P A R C O R係数量子化部(902)の入力となる。

20

【0008】

P A R C O R係数量子化部(902)は、各P A R C O R係数 c_m 〔 $m = 1, 2, \dots, N_{m a x}$ 〕を量子化して、モデル次数が $1, 2, \dots, N_{m a x}$ のときの量子化済P A R C O R係数 q_m 〔 $m = 1, 2, \dots, N_{m a x}$ 〕をそれぞれ算出する。

また、P A R C O R係数量子化部(902)は、量子化済P A R C O R係数 q_m 〔 $m = 1, 2, \dots, N_{m a x}$ 〕それぞれについて、量子化表を用いて量子化済P A R C O R係数をインデックスの数値に変換し、これらを符号化して、係数符号 $C p_m$ 〔 $m = 1, 2, \dots, N_{m a x}$ 〕をそれぞれ算出する。

30

【0009】

量子化方法は公知・周知の手法を用いることができるので、その詳細な説明を略する〔例えば非特許文献4を参照のこと。〕。なお、上記のように量子化済P A R C O R係数 q_m 〔 $m = 1, 2, \dots, N_{m a x}$ 〕それぞれについて量子化してもよいが、それらの一部または全部をまとめてベクトル量子化してもよい。但し、ベクトル量子化する場合には、探索範囲に含まれる各モデル次数までの符号〔つまり、モデル次数が1から $N_{m i n}$ までの符号、モデル次数が1から $(N_{m i n} + n)$ までの符号、モデル次数が1から $(N_{m i n} + 2n)$ までの符号、・・・である。〕を最適モデル次数探索・符号選択部(906)で選択できるようにまとめる範囲を設定するか、それぞれの符号を最適モデル次数探索・符号選択部(906)に出力するか、の何れかにすることを要する。

40

各量子化済P A R C O R係数 q_m 〔 $m = 1, 2, \dots, N_{m a x}$ 〕は、線形予測係数変換部(903)の入力となる。

各係数符号 $C p_m$ 〔 $m = 1, 2, \dots, N_{m a x}$ 〕は、最適モデル次数探索・符号選択部(906)の入力となる。

【0010】

線形予測係数変換部(903)は、各量子化済P A R C O R係数 q_m 〔 $m = 1, 2, \dots, N_{m a x}$ 〕から、モデル次数が $N_{m i n}$ から $N_{m a x}$ までの n ごとの各モデル次

50

数に応じた線形予測モデルの〔量子化済みの〕線形予測係数 $a_k^{(m)}$ 〔探索対象モデル
 次数 $m = N_{min}, N_{min} + n, N_{min} + 2n, \dots, N_{min} + n \times i, \dots$
 $, N_{min} + n \times [(N_{max} - N_{min}) / n]$ 、但し $[\cdot]$ はガウス記号である。 $i_{max} = [(N_{max} - N_{min}) / n]$ として、 $i = 0, 1, 2, \dots, i_{max}$ など
 と表記する。また、 $k = 1, 2, \dots, m$ である。〕をそれぞれ算出する〔線形予測係
 数の算出方法については非特許文献3または後述の《PARCOR係数・予測誤差エネル
 ギーの算出》を参照のこと。〕。つまり、 $i = 0, 1, 2, \dots, i_{max}$ として、モ
 デル次数 $(N_{min} + n \times i)$ の線形予測モデルの線形予測係数 $a_k^{(g)}$ 〔 $k = 1, 2,$
 \dots, g 〕を算出する〔 $N_{min} + n \times i = g$ として記号の置き換えをした。〕。な
 お、線形予測係数 $a_g^{(g)}$ は、PARCOR係数として既に与えられていることに留意
 すること。

10

モデル次数 $(N_{min} + n \times i)$ の線形予測モデルの線形予測係数 $a_k^{(g)}$ 〔 $k = 1,$
 $2, \dots, g$ 〕は、予測誤差フィルタ部(904-i)〔但し、 $i = 0, 1, 2, \dots,$
 i_{max} 〕の入力となる。

【0011】

予測誤差フィルタ部(904-i)〔 $i = 0, 1, 2, \dots, i_{max}$ 〕はそれぞれ
 、入力信号 y も入力として、線形予測係数 $a_k^{(g)}$ 〔 $k = 1, 2, \dots, g$ 〕を予測
 係数とした予測誤差フィルタに入力信号 y を例えば前向きで通し、入力信号 y と線形予測
 係数 $a_k^{(g)}$ からなるモデル次数 g の線形予測モデルの予測値との誤差である予測誤差
 信号〔予測誤差波形〕 e_i を出力する。

20

線形予測誤差信号 e_i は、誤差信号符号化部(905-i)〔 $i = 0, 1, 2, \dots,$
 i_{max} 〕の入力となる。

【0012】

誤差信号符号化部(905-i)〔 $i = 0, 1, 2, \dots, i_{max}$ 〕はそれぞれ、
 予測誤差信号 e_i を符号化して、モデル次数 $(N_{min} + n \times i)$ の誤差信号符号 C_g 〔
 $g = N_{min} + n \times i$ 〕を出力する。

誤差信号符号 C_g 〔 $g = N_{min} + n \times i$ 〕は、最適モデル次数探索・符号選択部(9
 06)の入力となる。

【0013】

最適モデル次数探索・符号選択部(906)は、 $i = 0, 1, 2, \dots, i_{max}$ に
 ついて、モデル次数 $(N_{min} + n \times i)$ のときの誤差信号符号 C_g 〔 $g = N_{min} + n$
 $\times i$ 〕の符号量と、モデル次数が $(N_{min} + n \times i)$ までの係数符号 C_{p_m} 〔 $m = 1,$
 $2, \dots, N_{min} + n \times i$ 〕の符号量との和である合計符号量を求め、求めた各合計
 符号量のうち最小の合計符号量を探索する。そして、例えば最小合計符号量のものが $i =$
 I の場合、つまりモデル次数 $(N_{min} + n \times I)$ のときの誤差信号符号 C_g 〔 $g = N_{min}$
 $+ n \times I$ 〕の符号量とモデル次数が $(N_{min} + n \times I)$ までの係数符号 C_{p_m} 〔 $m = 1,$
 $2, \dots, N_{min} + n \times I$ 〕の符号量との合計符号量が最小であったとすると
 、最適モデル次数は $(N_{min} + n \times I)$ であると決定できる。

30

そして、通信路に対して、最適モデル次数 $(N_{min} + n \times I)$ までのPARCOR係
 数に対応した係数符号 C_{p_m} 〔 $m = 1, 2, \dots, N_{min} + n \times I$ 〕および最適モデ
 ル次数 $(N_{min} + n \times I)$ のときの誤差信号符号 C_g 〔 $g = N_{min} + n \times I$ 〕が送り
 出される。なお、係数符号 C_{p_m} 〔 $m = 1, 2, \dots, N_{min} + n \times I$ 〕から最適モ
 デル次数を判別できない場合には、最適モデル次数を表す情報〔次数情報〕を適宜符号化
 し、この符号化された次数情報も通信路に対して送り出される。

40

【0014】

上記の例のように、従来では、言わば総当りで各モデル次数における合計符号量を求め
 、最小のものを探索していた。

【非特許文献1】尾崎 統、北川源四郎著、“時系列解析の方法”、朝倉書店、pp.82-
 92、1998

【非特許文献2】情報理論とその応用学会編、“情報理論とその応用シリーズ 1-1 情報

50

源符号化-無歪みデータ圧縮”、培風館、1998

【非特許文献3】日野幹雄著、“スペクトル解析”、朝倉書店、1979

【非特許文献4】守谷健弘著、“音声符号化”、社団法人電子情報通信学会、1998

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

それぞれのモデル次数ごとに、予測係数に係わる補助情報および予測誤差波形を符号化して合計符号量を求め、合計符号量が最小となる場合のモデル次数を最適モデル次数として決定することは可能であるが、多大な処理時間を要するといった問題があった。

【0016】

そこで本発明は、上記の問題点に鑑み、実際に各モデル次数での合計符号量を求めることなく線形予測モデルの最適モデル次数を決定する線形予測モデル次数決定装置、方法、プログラム、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】

【0017】

上記課題を解決するために、本発明は、次のような構成とする。即ち、入力信号から、モデル次数が $1, \dots, m$ 〔但し、 m は2以上の整数 N_{sup} に対して $1 \leq m \leq N_{sup}$ を満たす整数である。〕の各線形予測モデルのPARCOR係数と、モデル次数 m のときの予測誤差エネルギーとをそれぞれ算出する。そして、モデル次数 m のときの予測誤差エネルギーから、モデル次数が $1, \dots, m$ のときの各PARCOR係数によって与えられる線形予測係数からなるモデル次数 m の線形予測モデルの予測値と入力信号との誤差である予測誤差波形の符号量〔予測誤差符号量〕を推定する。また、モデル次数が $1, \dots, m$ のときの各PARCOR係数に対応した符号量〔個別符号量〕、あるいは全てのPARCOR係数に対応する符号量〔全体符号量〕を算出する。0から N_{sup} までのモデル次数に含まれる複数のモデル次数について、各モデル次数 j における、全体符号量あるいはモデル次数が $1, \dots, j$ のときの各個別符号量の合計と、予測誤差符号量との合計〔合計符号量〕を求め、合計符号量からモデル次数を1つに決定する。この決定された1つのモデル次数が最適モデル次数である。

このように、実際に各モデル次数での符号量を求めるのではなく、PARCOR係数の算出過程で得られた予測誤差エネルギーによって予測誤差符号量を推定する構成としている。

【発明の効果】

【0018】

この発明によれば、PARCOR係数の算出過程で得られた予測誤差エネルギーによって予測誤差符号量を推定するから、実際に各モデル次数での符号量〔係数符号量と予測誤差波形の符号量との合計符号量〕を求めることなく、線形予測モデルの最適モデル次数を決定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

[技術説明]

本発明では、PARCOR係数の算出過程で得られた予測誤差エネルギーを有効利用して最適モデル次数を決定する。

【0020】

《PARCOR係数・予測誤差エネルギーの算出》

全極型の線形予測分析の一つとしてPARCOR係数を直接求める方法が知られている。この算出方法は、上記非特許文献4などに説明されている。ここでは、一例としてLevinson-Durbin法を説明する。

【0021】

与えられた入力信号の時系列サンプル値 x_1, x_2, \dots, x_N に対して、式(1)の線形予測モデルを考える。一般的に $p < N$ である。式(1)で表される p 次の自己回帰

10

20

30

40

50

過程 (autoregressive process) の両辺に $x_{t-\tau}$ を乗じて期待値をとることで式 (2) を得る。なお $\{\varepsilon_t\}$ は白色過程である。また、 $v_{m-n} = v_{n-m} = E[x_{t-m} x_{t-n}] = \sum_{t=1}^N x_{t-m} x_{t-n}$ は自己相関関数を表す。

【数 2】

$$x_t + a_1 x_{t-1} + a_2 x_{t-2} + \cdots + a_p x_{t-p} = \varepsilon_t \quad (1)$$

$$v_{-\tau} + a_1 v_{1-\tau} + a_2 v_{2-\tau} + \cdots + a_p v_{p-\tau} = E[x_{t-\tau} \varepsilon_t] = \begin{cases} \sigma^2 & (\tau = 0) \\ 0 & (\tau \neq 0) \end{cases} \quad (2)$$

10

【0022】

$v_{-\tau} = v_{\tau}$ であることに注意して、式 (2) において $\tau = 1, 2, \dots, p$ を代入すると、式 (3) を得る。式 (3) は所謂Yule-Walker方程式である。 σ^2 は、 p 次での予測誤差分散 (予測誤差エネルギー) である。

【数 3】

$$\begin{pmatrix} v_0 & v_1 & \cdots & v_{p-1} \\ v_1 & v_0 & \cdots & v_{p-2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{p-1} & v_{p-2} & \cdots & v_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_p \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_p \end{pmatrix} \quad (3)$$

20

$$\text{但し、} \sigma^2 = v_0 + a_1 v_1 + a_2 v_2 + \cdots + a_p v_p$$

30

【0023】

ここで説明の便宜から、 p を m に、 i を k に、記号の置き換えをする。また、 m 次モデルの k 番目の線形予測係数を $a_k^{(m)}$ と表記する。

このとき、式 (4) および式 (5) を定義する。式 (4) は m 次の予測誤差分散 (予測誤差エネルギー)、式 (5) は m 次の偏相関値である。

【数 4】

$$\sigma_m^2 = v_0 + \sum_{k=1}^m a_k^{(m)} v_k \quad (4)$$

$$u_m = v_{m+1} + \sum_{k=1}^m a_k^{(m)} v_{m+1-k} \quad (5)$$

40

【0024】

式 (3) を変形して式 (4) を導入すると、式 (6) を得る。

【数5】

$$\begin{pmatrix} v_0 & v_1 & \cdots & v_m \\ v_1 & v_0 & \cdots & v_{m-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_m & v_{m-1} & \cdots & v_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_m \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} \sigma_m^2 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} \quad (6)$$

10

【0025】

式(6)に式(5)を導入すると、式(7)を得る。

【数6】

$$\begin{pmatrix} v_0 & v_1 & \cdots & v_m & v_{m+1} \\ v_1 & v_0 & \cdots & v_{m-1} & v_m \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ v_m & v_{m-1} & \cdots & v_0 & v_1 \\ v_{m+1} & v_m & \cdots & v_1 & v_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_m \\ 0 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} \sigma_m^2 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ u_m \end{pmatrix} \quad (7)$$

20

30

【0026】

式(7)を連立方程式と見立てて、 $m+2$ 本の方程式間で任意の係数 γ_{m+1} を乗じて方程式の辺ごとに引き算を行い、式(7)を変形すると式(8)を得る。

【数7】

$$\begin{pmatrix} v_0 & v_1 & \cdots & v_m & v_{m+1} \\ v_1 & v_0 & \cdots & v_{m-1} & v_m \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ v_m & v_{m-1} & \cdots & v_0 & v_1 \\ v_{m+1} & v_m & \cdots & v_1 & v_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ a_1 - \gamma_{m+1} a_m \\ \vdots \\ a_m - \gamma_{m+1} a_1 \\ -\gamma_{m+1} \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} \sigma_m^2 - \gamma_{m+1} u_m \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ u_m - \gamma_{m+1} \sigma_m^2 \end{pmatrix} \quad (8)$$

40

50

【 0 0 2 7 】

係数 γ_{m+1} は任意であるから $u_m - \gamma_{m+1} v_m = 0$ となるように定めることができる。このとき式 (8) は、式 (6) において、 m を $m+1$ に拡張したものと理解できる。従って、式 (9)、式 (1 0)、式 (1 1) を得る。 γ_{m+1} は $m+1$ 次の P A R C O R 係数、 $a_k^{(m+1)}$ は $m+1$ 次モデルの k 番目の線形予測係数、 σ_{m+1}^2 は $m+1$ 次の予測誤差分散 (予測誤差エネルギー) である。

【 数 8 】

$$\gamma_{m+1} = \frac{u_m}{\sigma_m^2} = \frac{v_{m+1} + \sum_{k=1}^m a_k^{(m)} v_{m+1-k}}{v_0 + \sum_{k=1}^m a_k^{(m)} v_k} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} a_k^{(m+1)} &= a_k^{(m)} - \gamma_{m+1} a_{m+1-k}^{(m)} \quad k = 1, 2, \dots, m \\ a_{m+1}^{(m+1)} &= -\gamma_{m+1} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\sigma_{m+1}^2 = \sigma_m^2 - \gamma_{m+1} u_m = \sigma_m^2 (1 - \gamma_{m+1}^2) \quad (11)$$

【 0 0 2 8 】

以上では、Levinson-Durbin法に拠る P A R C O R 係数などの算出を説明したが、この方法に限定するものではなく例えばBurg法に拠るものであってもよい。Burg法については、上記非特許文献 3 を参照のこと。

以上で《 P A R C O R 係数・予測誤差エネルギーの算出》の説明は終わりである。

【 0 0 2 9 】

《 P A R C O R 係数の情報量 》

次に、P A R C O R 係数の情報量について説明する。

P A R C O R 係数の情報量の計算は、P A R C O R 係数の量子化方法、符号化方法に依存する。そこで、ここでは一般的な手法を一例として説明する。

一般的には最量化表 [P A R C O R 係数とその量子化値とが対応したデータテーブルである。] を用いて、P A R C O R 係数をインデックスの数値に変換する。さらに、その数値の符号化方法として 2 つの例を示す。一つ目の方法は、インデックスの数値を予め決められたビット数で符号ビット (正負を表すビット) を含めて符号化する場合で、係数符号は、インデックスの数値に対応する符号の表 [インデックスの数値と係数符号とが対応したデータテーブルである。] を参照して求めることができる。二つ目の方法は、P A R C O R 係数のインデックスの数値に依存して可変長符号を用いる場合である。この場合、P A R C O R 係数のインデックス値の絶対値によってビット数が異なるので、インデックスの数値の絶対値に対応する符号の表 [インデックスの数値の絶対値と係数符号とが対応したデータテーブルである。] を参照して係数符号を求める。ここで求めた係数符号の符号量が、P A R C O R 係数の情報量に相当する。なお、符号化に用いる表を符号化表 [データテーブルである。] と云うことにする。

【 0 0 3 0 】

また、それぞれ別々のデータテーブルである量子化表および符号化表を用いるのではなく、P A R C O R 係数の範囲とその範囲に対応する量子化値と符号との組み合わせが、P A R C O R 係数の取りえる範囲の全てについて記載された量子化・符号化表 [データテ

10

20

30

40

50

ブルである。)を用いるとしてもよい。

例えば、固定長符号化の場合であれば表1に簡単に例示する量子化・符号化表などを用いることができる。また、可変長符号化の場合であれば表2に簡単に例示する量子化・符号化表などを用いることができる。なお、表2で示す符号は0を指標とする瞬時復号可能な符号となっている。

【表1】

[固定長符号化の場合]

| PARCOR 係数值 | PARCOR 係数の量子化値 | 係数符号 |
|---------------------------|----------------|-------|
| $aaa \leq \gamma_m < bbb$ | AAA | 0 0 0 |
| $bbb \leq \gamma_m < ccc$ | BBB | 0 0 1 |
| $ccc \leq \gamma_m < ddd$ | CCC | 0 1 0 |
| $ddd \leq \gamma_m < eee$ | DDD | 0 1 1 |
| . | . | . |
| . | . | . |
| . | . | . |

10

【表2】

[可変長符号化の場合]

| PARCOR 係数值 | PARCOR 係数の量子化値 | 係数符号 |
|---------------------------|----------------|---------|
| $aaa \leq \gamma_m < bbb$ | AAA | 0 |
| $bbb \leq \gamma_m < ccc$ | BBB | 1 0 |
| $ccc \leq \gamma_m < ddd$ | CCC | 1 1 0 |
| $ddd \leq \gamma_m < eee$ | DDD | 1 1 1 0 |
| . | . | . |
| . | . | . |
| . | . | . |

20

【0031】

係数符号の符号量の算出には、2つの方法が考えられる。一つ目の方法は、モデル次数1からモデル次数mまでの各モデル次数について求めた全てのPARCOR係数に対応する係数符号の全部の符号量〔全体符号量〕を算出するものである。二つ目の方法は、モデル次数1からモデル次数mまでの各モデル次数ごとに、各モデル次数のときのPARCOR係数に対応する係数符号の符号量〔個別符号量〕をそれぞれ算出するものである。二つ目の方法では、それぞれの係数符号の個別符号量を合計したものをPARCOR係数の情報量として取り扱うことになるが、このことは後述の《最適モデル次数の決定》でも説明する。

30

以上で《PARCOR係数の情報量》の説明は終わりである。

【0032】

《予測誤差波形の符号量の推定》

次に、線形予測モデルの予測値と入力信号との誤差である予測誤差波形の符号量の推定について説明する。予測誤差波形の符号量の推定は、予測誤差エネルギーを用いて行う。

40

【0033】

式(11)を用いると、m次の正規化された予測誤差エネルギー σ_m^2 について、式(12)が成り立つ。ここでm次の正規化された予測誤差エネルギー σ_m^2 は、例えば予測誤差エネルギー σ_m^2 をサンプル数Nで除したものと与えられる。 $\sigma_0^2 = v_0 = E[x_t^2]$ であるから、 σ_0^2 は入力信号の1フレーム分のサンプル系列 x_1, x_2, \dots, x_N の平均エネルギーである。但し、正規化は予測誤差エネルギー σ_m^2 に対するスケーリングの適用であるから、サンプル数Nで除することに限定するものではなく、N -

50

1 で除するとしてもよいし、 $N - m$ で除するとしてもよく、適宜に設定できる。

【数 9】

$$\xi_m^2 = \xi_{m-1}^2 (1 - \gamma_m^2) = \xi_0^2 \prod_{k=1}^m (1 - \gamma_k^2) = \frac{\sum_{t=1}^N x_t^2}{N} \prod_{k=1}^m (1 - \gamma_k^2) \quad (12)$$

【0034】

このとき、入力信号が平均 0、分散 ξ_m^2 のガウス分布に従うとしたときの、平均絶対値和 D は、式 (13) で与えられる。但し、入力信号の時系列サンプル値の平均 μ が 0 でない場合には、予め入力信号の時系列サンプル値を μ だけ減じることで平均 0 とすることができる。あるいは、入力信号の時系列サンプル値をそのままに、式 (13) に表れる確率変数 x を $x - \mu$ に書き改めるとしてもよい。この場合でも式 (13) と同様の結論を得る。なお、このことは後述するラプラス分布の適用についても同様である。

10

【数 10】

$$D = \int_{-\infty}^{\infty} |x| \frac{1}{\sqrt{2\pi\xi_m^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\xi_m^2}\right) dx = \sqrt{\xi_m^2} \sqrt{\frac{2}{\pi}} \quad (13)$$

【0035】

つまり、 $D \approx \xi_m \times 0.798$ として近似できる。

20

【0036】

ラプラス分布の場合であれば、平均絶対値和 D は式 (14) で与えられる。

【数 11】

$$D = \int_{-\infty}^{\infty} |x| \frac{1}{\sqrt{2\xi_m^2}} \exp\left(-\sqrt{\frac{2}{\xi_m^2}} |x|\right) dx = \sqrt{\xi_m^2} \sqrt{\frac{1}{2}} \quad (14)$$

【0037】

つまり、 $D \approx \xi_m \times 0.707$ として近似できる。

30

【0038】

このように、重み W を用いて $D \approx \xi_m \times W$ と近似できる。ここで、重み W は対象となる信号の統計的性質によって定めることができる。実際に 48 kHz、16 bit の録音時間 30 秒の音声ファイル 15 個を用いて、各モデル次数にて、 D / ξ_m を求めたところ、頻度は図 7 に示すようになった（平均値は 0.77）。明らかに 0.707 から 0.798 の間にある傾向である。従って、対象信号が音響信号の場合には、重み W を概ね 0.70 以上 0.82 以下の値に設定すればよい。

【0039】

ところで、例えば可変長符号として表 3 のようなゴロム-ライス符号を用いる場合には、フレームにおける予測誤差波形に必要な符号量の推定値〔推定符号量〕 S は、平均絶対値和 D を用いて式 (15) で与えられる。 \ln は自然対数である。

40

【数 12】

$$S = \frac{N}{\ln 2} (1 + \ln(2 \times \ln 2 \times D)) \quad (15)$$

【0040】

また、入力信号が音声信号のようにラプラス分布を仮定できるものである場合、ラプラス分布のエントロピー H は、式 (16) で与えられるから、フレームにおける予測誤差波形に必要な符号量の推定値〔推定符号量〕 S は、式 (17) によって近似できる。式中の e はネイピア数である。但し、モデル次数を増加させると、ラプラス分布からガウス分布

50

に近づくため、Nやkを変数とする関数の出力値を重みとして推定符号量Sを補正することで推定精度の向上が望める。処理済のフレーム（前のフレームなど）における実際の符号量と推定符号量とを比較し、その差が小さくなるような重みを用いて、該当フレームの重みを変化させてもよい。多チャンネル入力の場合には、他のチャンネルの結果と推定量を加味して、重み係数を変化させてもよい。また、単に符号量最小化基準だけでなく、演算量も加味して重み付けを行ってもよい（例えば、モデル次数が低いほうがフィルタのタップ数が少ないため演算量は少なくなる。）。

【数13】

$$H = \log_2 \left(\sqrt{2e^2 \xi_m^2} \right) \quad (16)$$

10

$$S = \frac{N}{2} \left\{ 1 + 2\log_2 e + 2\log_2 \xi_m + \sum_{k=1}^m \log_2 (1 - \gamma_k^2) \right\} \quad (17)$$

【表3】

ゴロム-ライス符号の一例

| 指標 | バイナリー符号 |
|----|---------------|
| • | • |
| • | • |
| • | • |
| 3 | 1 1 1 1 1 1 0 |
| 2 | 1 1 1 1 0 |
| 1 | 1 1 0 |
| 0 | 0 |
| -1 | 1 0 |
| -2 | 1 1 1 0 |
| -3 | 1 1 1 1 1 0 |
| • | • |
| • | • |
| • | • |

20

30

【0041】

正規化された予測誤差エネルギー σ_m^2 として、式(11)で得られる予測誤差エネルギー σ_m^2 をサンプル数で除したものを採用することに限らず、式(11)のPARCOR係数 α_m を量子化済PARCOR係数 q_m に置換して得られる予測誤差エネルギー σ_m^2 をサンプル数で除したものを採用してもよい。

【0042】

また、ここでは予測誤差エネルギー σ_m^2 として、Levinson-Durbin法で得られた予測誤差エネルギー σ_m^2 を用いて説明した。しかし、Levinson-Durbin法で得られた予測誤差エネルギー σ_m^2 に限定する趣旨のものではない。Burg法で得られるm次の平均出力 P_m [モデル次数mの線形予測モデルにデータ x_1, x_2, \dots, x_N を前向きに通す場合および後向きに通す場合の平均出力である。] についても式(12)と同様の関係が得られるから、この関係に基づく前向き予測誤差エネルギー、後向き予測誤差エネルギーを求め、その算術平均を上記予測誤差エネルギー σ_m^2 として用いることもできる。

40

以上で《予測誤差波形の符号量の推定》の説明は終わりである。

【0043】

《最適モデル次数の決定》

最適モデル次数の決定の方法について、特に限定はなく、ここでは4つの方法を例示する。

50

一つ目の方法（方法A）は、予め設定した探索範囲の各モデル次数 m 〔探索範囲の全モデル次数ではなく、その一部、例えば n ごとの各モデル次数としてもよい。〕について、そのモデル次数におけるPARCOR係数の情報量〔つまり、係数符号量であるが、係数符号量として全体符号量が算出されている場合にはそのまま全体符号量を、係数符号量として個別符号量が算出されている場合にはモデル次数が1から m までの全モデル次数に対応した各個別符号量を合計した符号量を、PARCOR係数の情報量として扱う。以下同様である。〕と、そのモデル次数における予測誤差波形の推定符号量との合計〔合計符号量〕を求め、その合計符号量が最小になるときのモデル次数を最適モデル次数として決定する。

【0044】

二つ目の方法（方法B）は、1つ前に設定されたモデル次数よりも大となるように逐次にモデル次数を設定し、設定されたモデル次数における合計符号量が1つ前に設定されたモデル次数における合計符号量よりも大となったときに、1つ前に設定されたモデル次数を最適モデル次数として決定する。

【0045】

この二つ目の方法では、設定されたモデル次数における合計符号量が1つ前に設定されたモデル次数における合計符号量よりも大となったとき、1つ前に設定されたモデル次数〔暫定最適次数〕から、さらに予め定められただけの先のモデル次数〔例えば、暫定最適次数に正整数 F を加えたモデル次数とする。〕までの各モデル次数における合計符号量〔モニタ合計符号量〕を求め、もし、暫定最適次数での合計符号量よりも少ないモニタ合計符号量となるモデル次数が存在する場合には、暫定最適次数での合計符号量よりも少ないモニタ合計符号量のうち最小のモニタ合計符号量となるときのモデル次数を最適モデル次数とする方法に変形することも可能である。この変形方法（方法C）は、基本的には合計符号量が1つ前に設定されたモデル次数における合計符号量よりも大となった時点での1つ前に設定されたモデル次数〔暫定最適次数〕を最適モデル次数の有力候補としつつ、念のためその先のモデル次数まで合計符号量の増減のチェックを行うものである。

【0046】

四つ目の方法（方法D）は、設定されたモデル次数における合計符号量が1つ前に設定されたモデル次数における合計符号量よりも大となったとき、1つ前に設定されたモデル次数〔暫定最適次数〕での合計符号量を暫定最小合計符号量とし、暫定最適次数からさらに先のモデル次数における合計符号量を順次に求めていき、この合計符号量が暫定最小合計符号量よりも予め定められた閾値以上（あるいは閾値より大）となったときに処理を中止して、上記暫定最適次数を最適モデル次数として決定する。

以上で《最適モデル次数の決定》の説明は終わりである。

【0047】

[実施形態]

以下、本発明の実施形態について説明を行う。本発明は線形予測モデルの最適モデル次数を決定するものであるところ、最適モデル次数を決定することを所望として実施するとしてもよいし、例えば信号分析や信号の符号化などに用いられることを所望として実施するとしてもよい。

ここでは、上記従来技術との対比から本発明の特徴を明らかにする観点から、本発明が信号符号化に用いられる場合を例として実施形態の説明を行う。

【0048】

《第1実施形態》

本発明の第1実施形態について、図面を参照しながら説明する。

<第1実施形態の線形予測モデル次数決定装置>

線形予測モデル次数決定装置（1）は、キーボードなどが接続可能な入力部、液晶ディスプレイなどが接続可能な出力部、CPU（Central Processing Unit）〔キャッシュメモリなどを備えていてもよい。〕、メモリであるRAM（Random Access Memory）、ROM（Read Only Memory）やハードディスクである外部記憶装置、並びにこれらの入力部、

10

20

30

40

50

出力部、CPU、RAM、ROM、外部記憶装置間のデータのやり取りが可能なように接続するバスなどを備えている。また必要に応じて、線形予測モデル次数決定装置(1)に、CD-ROMなどの記憶媒体を読み書きできる装置(ドライブ)などを設けるとしてもよい。このようなハードウェア資源を備えた物理的実体としては、汎用コンピュータなどがある。

【0049】

線形予測モデル次数決定装置(1)の外部記憶装置〔あるいはROMなど〕には、線形予測モデルの最適モデル次数決定のためのプログラムおよびこのプログラムの処理において必要となるデータなどが記憶されており、必要に応じてこれらがメモリに読み込まれる。また、これらのプログラムの処理によって得られるデータなどは、RAMなどのメモリに適宜に記憶されて、さらに適宜に読み出されるなどして情報処理の用に供される。

10

【0050】

所定の時間間隔で標本化された時間離散信号をフレーム毎に分割した各フレームを入力信号 x とする。ここではロスレス符号化〔Lossless Coding〕を例とし、入力信号 x は整数変換された整数値からなり、サンプル数 N のデータ列として x_1, x_2, \dots, x_N と表されるとする。入力信号 x は、外部記憶装置にデータとして記憶されているとする。また、最適モデル次数は、モデル次数を N_{min} から N_{max} までとした探索範囲を n 次〔但し、 n は $n-1$ を満たす整数である。また、 N_{min} および N_{max} は $N_{max} > N_{min}$ を満たす正整数である。〕ごとに調べたものの中から決定することにする。なお、以下ではモデル次数 m を正整数とする。一般的には、モデル次数の上限を N_{sup} とする〔無限のモデル次数を調査対象とすることは事実上不可能だからモデル次数の上限を定める。〕、モデル次数が 0 から N_{sup} までの範囲に含まれるように探索範囲を設定できる。つまり、 $0 < N_{min} < N_{max} < N_{sup}$ である。ただ、 $N_{max} < N_{sup}$ の場合は、 $N_{max} + 1$ から N_{sup} までのモデル次数についてPARCOR係数などを求めても無意味になってしまうので、通常は、 $N_{max} = N_{sup}$ として考えればよい。本明細書では $N_{max} = N_{sup}$ とする。また、 $N_{min} = 0$ の場合を含めるのは、入力信号が例えば白色雑音の場合、ゼロ次の線形予測モデルが最も符号量最小(圧縮率最大)となるからである。

20

【0051】

各実施形態で扱う信号は、人の音声、音楽、騒音・雑音などの音響信号とする。勿論、音響信号に限定されず、例えば地震波や生体信号(脳波や筋電波形)などでもよい。要するに、線形予測モデルとして表現することが好ましい信号であればよい。

30

【0052】

入力信号 x が予め外部記憶装置に記憶される構成とするのではなく、例えば、CD-ROMなどの記憶媒体から入力信号 x を読み込み外部記憶装置に記憶する構成でも、あるいは、音声信号の場合に、線形予測モデル次数決定装置(1)を具備する信号符号化装置(2)がマイクロフォンを備え、このマイクロフォンで得られた収音信号をA/D変換・整数変換して入力信号 x を得る構成とすることが考えられる。いずれにしても、A/D変換などを実行するために必要となる構成要素(手段)や記録媒体からのデータ提供技術は、公知技術の常套手段によって達成されるから、説明および図示を略する。

40

【0053】

外部記憶装置には、上述した量子化・符号化表(データテーブル)が記憶されている。

【0054】

また外部記憶装置には、PARCOR係数・予測誤差エネルギーを算出するためのプログラム、予測誤差波形の符号量の推定をするためのプログラム、係数符号量を算出するためのプログラム、最適モデル次数を決定するためのプログラムが記憶されている。その他、これらのプログラムに基づく処理を制御するための制御プログラムも適宜に保存しておいてよい。

【0055】

線形予測モデル次数決定装置(1)では、外部記憶装置に記憶された各プログラムとこ

50

の各プログラムの処理に必要なデータが必要に応じてRAMに読み込まれて、CPUで解釈実行・処理される。この結果、CPUが所定の機能（PARCOR係数算出部、予測誤差符号量推定部、係数符号量算出部、最適モデル次数探索部、制御部）を実現することで線形予測モデルの最適モデル次数決定が実現される。

【0056】

<第1実施形態の線形予測モデル次数決定処理>

次に、図1および図2を参照して、線形予測モデル次数決定装置(1)における最適モデル次数決定処理の流れを叙述的に説明する。第1実施形態は上記方法Aによって最適モデル次数を決定する。

【0057】

まず、PARCOR係数算出部(141)は、入力信号 x を入力として、モデル次数が1から N_{max} までの各モデル次数について、それぞれのモデル次数におけるPARCOR係数 m [$m = 1, 2, \dots, N_{max}$]、予測誤差エネルギー m^2 [$m = 1, 2, \dots, N_{max}$]をそれぞれ算出する(ステップS11)。PARCOR係数・予測誤差エネルギーの算出方法は、《PARCOR係数・予測誤差エネルギーの算出》で説明したとおりであり、式(9)に従ってPARCOR係数 m を求め、式(11)に従って予測誤差エネルギー m^2 を求めることができる。予測誤差エネルギー m^2 は式(9)に拠るPARCOR係数算出の過程で得られるから、予測誤差エネルギー算出部(141a)はPARCOR係数算出過程で記憶しておいた予測誤差エネルギー m^2 を出力すればよい。

各予測誤差エネルギー m^2 [$m = 1, 2, \dots, N_{max}$]は予測誤差符号量推定部(142)の入力となる。各PARCOR係数 m [$m = 1, 2, \dots, N_{max}$]は、係数符号量算出部(143)の入力となる。

【0058】

次いで、予測誤差符号量推定部(142)は、各予測誤差エネルギー m^2 [$m = 1, 2, \dots, N_{max}$]を用いて、予測誤差波形の符号量の推定値〔推定符号量〕 Ce_m [$m = 1, 2, \dots, N_{max}$]を算出する(ステップS12)。各推定符号量の算出は、《予測誤差波形の符号量の推定》で説明したとおりであり、いずれか1つの方法を用いて $m = 1, 2, \dots, N_{max}$ の各モデル次数ごとに行う。例えば、 $D_m^2 \times W$ の演算結果を用いて式(15)により推定符号量 S を算出する。なお、重み W および正規化で用いるサンプル数 N は、例えば予め外部記憶装置等に記憶しておく。この推定符号量 S が推定符号量 Ce_m [$m = 1, 2, \dots, N_{max}$]である。

各推定符号量 Ce_m [$m = 1, 2, \dots, N_{max}$]は、最適モデル次数探索部(144)の入力となる。

【0059】

また、係数符号量算出部(143)は、各PARCOR係数 m [$m = 1, 2, \dots, N_{max}$]を用いて、係数符号量 Cp_m [$m = 1, 2, \dots, N_{max}$]を算出する(ステップS13)。係数符号量の算出は、《PARCOR係数の情報量》で説明したとおりであり、いずれか1つの方法を用いて行うが、この実施形態では一例として個別符号量を求める場合とする。

各係数符号量 Cp_m [$m = 1, 2, \dots, N_{max}$]は、最適モデル次数探索部(144)の入力となる。

【0060】

ステップS12およびステップS13は、いずれを先行するものとしてもよい。つまり、ステップS11、ステップS12、ステップS13の順序で処理することもできるし、ステップS11、ステップS13、ステップS12の順序で処理することもできる。

【0061】

次に、最適モデル次数探索部(144)は、各係数符号量 Cp_m [$m = 1, 2, \dots, N_{max}$]および各推定符号量 Ce_m [$m = 1, 2, \dots, N_{max}$]から線形予測モデルの最適モデル次数を決定する。その処理を説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 2 】

まず、最適モデル次数探索部 (1 4 4) は、探索範囲である $N_{m i n}$ から $N_{m a x}$ までの各モデル次数について、各モデル次数における合計符号量を算出する (ステップ S 1 4) 。つまり、 $N_{m i n} \sim N_{m a x}$ なる n ごとの各モデル次数 m [上記探索対象モデル次数] について、モデル次数 m までの個別符号量の合計と、モデル次数 m における予測誤差波形の推定符号量との合計を求める。

【 0 0 6 3 】

次に、最適モデル次数探索部 (1 4 4) は、反復処理用のパラメータ j に $N_{m i n}$ を設定し、最小合計符号量の探索用のパラメータ M に任意の値 (初期値) を設定する (ステップ S 1 5) 。この初期値は十分に大きな値に設定する。

10

【 0 0 6 4 】

次に、最適モデル次数探索部 (1 4 4) は、モデル次数 j における合計符号量 [つまりモデル次数 1 から j までの各個別符号量の合計と、モデル次数 j における予測誤差波形の推定符号量との合計である。] と M との大小を判定する (ステップ S 1 6) 。第 1 実施形態では、 $M > (\text{モデル次数 } j \text{ における合計符号量})$ の成立を判定する。

$M > (\text{モデル次数 } j \text{ における合計符号量})$ の成立が真ならば、最適モデル次数探索部 (1 4 4) はステップ S 1 7 の処理を実行する。 $M > (\text{モデル次数 } j \text{ における合計符号量})$ の成立が偽ならば、最適モデル次数探索部 (1 4 4) はステップ S 1 8 の処理を実行する。

【 0 0 6 5 】

$M > (\text{モデル次数 } j \text{ における合計符号量})$ の成立が真ならば、最適モデル次数探索部 (1 4 4) は、最適モデル次数決定用のパラメータ $N_{o p t}$ にパラメータ j の値を代入し、さらに、パラメータ M にモデル次数 j における合計符号量を代入する (ステップ S 1 7) 。次いで、ステップ S 1 8 の処理が実行される。

20

【 0 0 6 6 】

最適モデル次数探索部 (1 4 4) は、パラメータ j とモデル次数 $N_{m a x}$ との大小を比較判定する (ステップ S 1 8) 。第 1 実施形態では、 $j \leq N_{m a x}$ の成立を判定する。

$j \leq N_{m a x}$ の成立が真ならば、最適モデル次数探索部 (1 4 4) は最適モデル次数決定処理を終了する。つまり、この時点でのパラメータ $N_{o p t}$ の値が最適モデル次数である。この最適モデル次数 $N_{o p t}$ を表す次数情報は信号符号化装置 (2) の出力となる場合がある。また、最適モデル次数 $N_{o p t}$ は、PARCOR 係数量子化部 (1 4 5) の入力となる。

30

$j > N_{m a x}$ の成立が偽ならば、最適モデル次数探索部 (1 4 4) はステップ S 1 9 の処理を実行する。

【 0 0 6 7 】

最適モデル次数探索部 (1 4 4) は、パラメータ j に n を加算したもの、つまり $j + n$ をパラメータ j の新たな値に設定し (ステップ S 1 9) 、ステップ S 1 6 ~ S 1 8 の処理を行う。

【 0 0 6 8 】

以下、最適モデル次数を得た後の信号符号化に関わる処理を説明する。

40

PARCOR 係数量子化部 (1 4 5) は、PARCOR 係数算出部 (1 4 1) によって得られた各 PARCOR 係数 m [$m = 1, 2, \dots, N_{o p t}$] を量子化して、モデル次数が 1 から $N_{o p t}$ までの各モデル次数について量子化済 PARCOR 係数 q_m [$m = 1, 2, \dots, N_{o p t}$] をそれぞれ算出する。各量子化済 PARCOR 係数 q_m [$m = 1, 2, \dots, N_{o p t}$] は、線形予測係数変換部 (1 4 6) の入力となる。

また、PARCOR 係数量子化部 (1 4 5) は、各量子化済 PARCOR 係数 q_m [$m = 1, 2, \dots, N_{o p t}$] それぞれについて、量子化表を用いて量子化済 PARCOR 係数をインデックスの数値に変換し、これらを符号化して、係数符号 $C p_m$ [$m = 1, 2, \dots, N_{o p t}$] をそれぞれ算出する。各係数符号 $C p_m$ [$m = 1, 2, \dots, N_{o p t}$] は信号符号化装置 (2) の出力となる。

50

【0069】

次に、線形予測係数変換部(146)は、各量子化済PARCOR係数 q_m [$m = 1, 2, \dots, N_{opt}$]から、式(10)に従い、〔量子化済みの〕線形予測係数 $a_k^{(g)}$ [$g = N_{opt}, k = 1, 2, \dots, g$]を算出する。〔量子化済みの〕各線形予測係数 $a_k^{(g)}$ [$g = N_{opt}, k = 1, 2, \dots, g$]は、予測誤差フィルタ部(147)の入力となる。

【0070】

次に、予測誤差フィルタ部(147)は、入力信号 x も入力として、線形予測係数 $a_k^{(g)}$ [$k = 1, 2, \dots, g$]を予測係数とした予測誤差フィルタに入力信号 x を例えば前向きで通し、入力信号 x と線形予測係数 $a_k^{(g)}$ からなるモデル次数 g の線形予測モデルの予測値との誤差である予測誤差信号〔予測誤差波形〕 e_g を出力する。

10

線形予測誤差信号 e_g は、誤差信号符号化部(148)の入力となる。

【0071】

次に、誤差信号符号化部(148)は、予測誤差信号 e_g を符号化して、誤差信号符号 C_g [$g = N_{opt}$]を出力する。この誤差信号符号 C_g [$g = N_{opt}$]は信号符号化装置(2)の出力となる。

【0072】

第1実施形態では、係数符号量算出部(143)が個別符号量を算出する場合として説明した。係数符号量算出部(143)が全体符号量を算出する場合には、ステップS16の処理において、最適モデル次数探索部(144)は、モデル次数 j における合計符号量〔つまり全体符号量の合計と、モデル次数 j における予測誤差波形の推定符号量との合計である。〕と M との大小を判定すればよい。

20

【0073】

《第2実施形態》

本発明の第2実施形態について、図面を参照しながら説明する。

第2実施形態の線形予測モデル次数決定装置のハードウェア構成やプログラムなどは第1実施形態の場合と同様であるから説明を略する。

<第2実施形態の線形予測モデル次数決定処理>

図1、図3および図4を参照して、第2実施形態の線形予測モデル次数決定装置(1)における最適モデル次数決定処理の流れを叙述的に説明する。第2実施形態は上記方法Cによって最適モデル次数を決定する。なお、《PARCOR係数・予測誤差エネルギーの算出》、《予測誤差波形の符号量の推定》、《PARCOR係数の情報量》については既に説明したとおりであるから説明を略する〔[技術説明]および《第1実施形態》を参照のこと。〕。

30

【0074】

まず、制御部(190)は、パラメータ j に N_{min} を設定し、パラメータ f に1を設定する(ステップS21)。

【0075】

次に、PARCOR係数算出部(141)は、入力信号 x を入力として、モデル次数が1から j までの各モデル次数について、それぞれのモデル次数におけるPARCOR係数 m [$m = 1, 2, \dots, j$]、予測誤差エネルギー m^2 [$m = 1, 2, \dots, j$]をそれぞれ算出する(ステップS22)。

40

各予測誤差エネルギー m^2 [$m = 1, 2, \dots, j$]は予測誤差符号量推定部(142)の入力となる。各PARCOR係数 m [$m = 1, 2, \dots, j$]は、係数符号量算出部(143)の入力となる。

【0076】

次いで、予測誤差符号量推定部(142)は、各予測誤差エネルギー m^2 [$m = 1, 2, \dots, j$]を用いて、予測誤差波形の符号量の推定値〔推定符号量〕 C_{em} [$m = j$]を算出する(ステップS23)。

各推定符号量 C_{em} [$m = j$]は、最適モデル次数探索部(144)の入力となる。

50

【0077】

また、係数符号量算出部(143)は、各PARCOR係数 c_m ($m = 1, 2, \dots, j$)を用いて、個別符号量として係数符号量 C_{p_m} ($m = 1, 2, \dots, j$)を算出する(ステップS24)。各係数符号量 C_{p_m} ($m = 1, 2, \dots, j$)は、最適モデル次数探索部(144)の入力となる。

【0078】

ステップS23およびステップS24は、いずれを先行するものとしてもよい。つまり、ステップS21、ステップS22、ステップS23、ステップS24の順序で処理することもできるし、ステップS21、ステップS22、ステップS24、ステップS23の順序で処理することもできる。

10

【0079】

次に、最適モデル次数探索部(144)は、逐次に設定されるモデル次数 m の係数符号量 C_{p_m} ($m = 1, 2, \dots, j$)および推定符号量 C_{e_m} ($m = j$)を用いて線形予測モデルの最適モデル次数を決定する。その処理を説明する。

【0080】

まず、最適モデル次数探索部(144)は、モデル次数 j における合計符号量を算出する(ステップS25)。つまり、モデル次数1から j までの各個別符号量の合計と、モデル次数 j における予測誤差波形の推定符号量との合計を求める。

【0081】

次に、最適モデル次数探索部(144)は、パラメータ j が N_{min} に等しいか否かの判定する(ステップS26)。

20

パラメータ j が N_{min} に等しいならば、最適モデル次数探索部(144)はステップS29の処理を実行する。パラメータ j が N_{min} に等しくないならば、最適モデル次数探索部(144)はステップS27の処理を実行する。

【0082】

この段階では $j = N_{min}$ であるから、ステップS29の処理を行う。

最適モデル次数探索部(144)は、パラメータ M にモデル次数 j における合計符号量を設定する(ステップS29)。次いで制御部(190)は、パラメータ j に n を加算したもの、つまり $j + n$ をパラメータ j の新たな値に設定し(ステップS30)、ステップS22~S26の処理を行うように制御する。

30

【0083】

この段階を経れば、ステップS26の処理でパラメータ j が N_{min} に等しいと判定されることはないので、ステップS27の処理を行うことになる。

最適モデル次数探索部(144)は、モデル次数 j における合計符号量〔つまりモデル次数1から j までの各個別符号量の合計と、モデル次数 j における予測誤差波形の推定符号量との合計である。〕と M との大小を判定する(ステップS27)。第2実施形態では、第1実施形態と同様に $M > (\text{モデル次数 } j \text{ における合計符号量})$ の成立を判定する。

$M > (\text{モデル次数 } j \text{ における合計符号量})$ の成立が真ならば、最適モデル次数探索部(144)はステップS28の処理を実行する。 $M > (\text{モデル次数 } j \text{ における合計符号量})$ の成立が偽ならば、最適モデル次数探索部(144)はステップS32aの処理を実行する。

40

【0084】

最適モデル次数探索部(144)は、 $j - n$ の値をパラメータ j_{temp} に代入する(ステップS32a)。

【0085】

次に、最適モデル次数探索部(144)は、パラメータ f と定数 F 〔上記の正整数 F に同じであり、予めメモリに記憶されている。〕との大小を比較判定する(ステップS32b)。第2実施形態では、 $f < F$ の成立を判定する。

この段階では、 $f < F$ の成立が偽であり、ステップS33の処理が実行される。

【0086】

50

最適モデル次数探索部(144)は、パラメータ f に 1 を加算したものの、つまり $f + 1$ をパラメータ f の新たな値に設定する(ステップ S 3 3)。

【0087】

続いて、最適モデル次数探索部(144)は、パラメータ j に 1 を加算したものの、つまり $j + 1$ をパラメータ j の新たな値に設定する(ステップ S 3 4)。

【0088】

そして、制御部(190)は、ステップ S 3 5 ~ S 3 9 の処理を実行するように制御する。ステップ S 3 5 の処理はステップ S 2 2 の処理に、ステップ S 3 6 の処理はステップ S 2 3 の処理に、ステップ S 3 7 の処理はステップ S 2 4 の処理に、ステップ S 3 8 の処理はステップ S 2 5 の処理に、ステップ S 3 9 の処理はステップ S 2 7 の処理に同じであるから説明を略する。

10

【0089】

ステップ S 3 9 の処理で、 $M > (\text{モデル次数 } j \text{ における合計符号量})$ の成立が真ならば、最適モデル次数探索部(144)はステップ S 4 0 の処理を実行する。ステップ S 4 0 の処理はステップ S 2 9 の処理に同じであるから説明を略する。ステップ S 4 0 の処理に続いてステップ S 4 1 の処理が行われる。即ち、最適モデル次数探索部(144)は、パラメータ j の値をパラメータ j_{temp} に代入する(ステップ S 4 1)。

ステップ S 3 9 の処理で、 $M > (\text{モデル次数 } j \text{ における合計符号量})$ の成立が偽ならば、最適モデル次数探索部(144)はステップ S 3 2 b の処理を実行する。

【0090】

ステップ S 3 2 b の処理において、 $f = F$ の成立が真になるまで、ステップ S 3 3 ~ S 4 1 の処理が行われる。

ステップ S 3 2 b の処理において、 $f = F$ の成立が真ならば、最適モデル次数探索部(144)は最適モデル次数 N_{opt} にパラメータ j_{temp} の値を代入する(ステップ S 4 2)。そして、最適モデル次数探索部(144)は最適モデル次数決定処理を終了する。この最適モデル次数 N_{opt} を表す次数情報は信号符号化装置(2)の出力となる場合がある。また、最適モデル次数 N_{opt} は、PARCOR係数量子化部(145)の入力となりえる。

20

【0091】

ステップ S 2 7 の処理において、 $M > (\text{モデル次数 } j \text{ における合計符号量})$ の成立が真ならば、最適モデル次数探索部(144)は、パラメータ j とモデル次数 N_{max} との大小を比較判定する(ステップ S 2 8)。第2実施形態では、第1実施形態と同様に、 $j < N_{max}$ の成立を判定する。

30

$j < N_{max}$ の成立が真ならば、最適モデル次数探索部(144)は最適モデル次数 N_{opt} にパラメータ j の値を代入する(ステップ S 3 1)。そして、最適モデル次数探索部(144)は最適モデル次数決定処理を終了する。この最適モデル次数 N_{opt} を表す次数情報は信号符号化装置(2)の出力となる場合がある。また、最適モデル次数 N_{opt} は、PARCOR係数量子化部(145)の入力となりえる。

ステップ S 2 8 の処理において、 $j < N_{max}$ の成立が偽ならば、最適モデル次数探索部(144)はステップ S 2 9 の処理を実行する。ステップ S 2 9 以降の処理は上記に説明したとおりである。

40

【0092】

第2実施形態では、係数符号量算出部(143)が個別符号量を算出する場合として説明した。係数符号量算出部(143)が全体符号量を算出する場合には、ステップ S 2 7 の処理において、最適モデル次数探索部(144)は、全体符号量と、モデル次数 j における予測誤差波形の推定符号量との合計を求めればよい。また、ステップ S 2 7 の処理において、最適モデル次数探索部(144)は、モデル次数 j における合計符号量〔つまり全体符号量の合計と、モデル次数 j における予測誤差波形の推定符号量との合計である。〕と M との大小を判定すればよい。

【0093】

50

最適モデル次数を得た後の例えば信号符号化に関わる処理を行う場合は、第1実施形態で説明したとおりであるから説明を略する。

【0094】

《第3実施形態》

本発明の第3実施形態について、図面を参照しながら説明する。

第3実施形態の線形予測モデル次数決定装置のハードウェア構成やプログラムなどは、第1実施形態、第2実施形態の場合と同様であるから説明を略する。

<第3実施形態の線形予測モデル次数決定処理>

図1、図5および図6を参照して、第3実施形態の線形予測モデル次数決定装置(1)における最適モデル次数決定処理の流れを叙述的に説明する。第3実施形態は上記方法D 10
によって最適モデル次数を決定する。

処理の骨子は第2実施形態と同様であるから、ここでは第2実施形態と異なる部分について説明を行う。

【0095】

まず、制御部(190)は、パラメータjに N_{min} を設定する(ステップS21a)。ステップS21aに続いて、第2実施形態で説明したステップS22以降の処理を行う。

【0096】

第3実施形態ではステップS27の処理において、 $M >$ (モデル次数jにおける合計符号量)の成立が偽ならば、ステップS32以降の処理を実行する。 20

【0097】

最適モデル次数探索部(144)は、j-nの値をパラメータ j_{temp} に代入する(ステップS32)。

【0098】

次に、最適モデル次数探索部(144)は、ステップS33の処理を行う。ステップS33の処理は、ステップS28の処理と同じである。

$j \leq N_{max}$ の成立が偽ならば、ステップS34の処理を行う。 $j \leq N_{max}$ の成立が真ならば、ステップS42の処理を行う。

【0099】

最適モデル次数探索部(144)は、パラメータjに1を加算したもの、つまりj+1 30
をパラメータjの新たな値に設定する(ステップS34)。なお、この例では1加算とするが、2以上の値を加算するとしてもよい。

【0100】

そして、制御部(190)は、ステップS35~S39の処理を実行するように制御する。ステップS35の処理はステップS22の処理に、ステップS36の処理はステップS23の処理に、ステップS37の処理はステップS24の処理に、ステップS38の処理はステップS25の処理に、ステップS39の処理はステップS27の処理と同じであるから説明を略する。

【0101】

ステップS39の処理で、 $M >$ (モデル次数jにおける合計符号量)の成立が真ならば 40
、最適モデル次数探索部(144)はステップS40の処理を実行する。ステップS40の処理はステップS29の処理と同じであるから説明を略する。ステップS40の処理に続いてステップS41の処理が行われる。即ち、最適モデル次数探索部(144)は、パラメータjの値をパラメータ j_{temp} に代入する(ステップS41)。ステップS41の処理の後、ステップS33の処理が行われる。

ステップS39の処理で、 $M >$ (モデル次数jにおける合計符号量)の成立が偽ならば、最適モデル次数探索部(144)はステップS39aの処理を実行する。

【0102】

最適モデル次数探索部(144)は、(モデル次数jにおける合計符号量) ($M +$)の成立を判定する。(モデル次数jにおける合計符号量) ($M +$)の成立が偽なら 50

ばステップS33の処理が行われる。(モデル次数jにおける合計符号量) $(M +)$ の成立が真ならばステップS42の処理が行われる。

【0103】

ステップS33の処理において、 $j \leq N_{max}$ の成立が真になるまで、ステップS33～S41の処理が行われる。

ステップS33の処理において、 $j \leq N_{max}$ の成立が真ならば、最適モデル次数探索部(144)は最適モデル次数 N_{opt} にパラメータ j_{temp} の値を代入する(ステップS42)。そして、最適モデル次数探索部(144)は最適モデル次数決定処理を終了する。この最適モデル次数 N_{opt} を表す次数情報は信号符号化装置(2)の出力となる場合がある。また、最適モデル次数 N_{opt} は、PARCOR係数量子化部(145)の入力となりえる。

10

【0104】

最適モデル次数を得た後の例えば信号符号化に関わる処理を行う場合は、第1実施形態で説明したとおりであるから説明を略する。

【0105】

以上の各実施形態の他、本発明である線形予測モデル次数決定装置・方法は上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能である。また、上記線形予測モデル次数決定装置・方法において説明した処理は、記載の順に従って時系列に実行されるのみならず、処理を実行する装置の処理能力あるいは必要に応じて並列的あるいは個別に実行されるとしてもよい。

20

【0106】

また、上記線形予測モデル次数決定装置における処理機能をコンピュータによって実現する場合、線形予測モデル次数決定装置が有すべき機能の処理内容はプログラムによって記述される。そして、このプログラムをコンピュータで実行することにより、上記線形予測モデル次数決定装置における処理機能がコンピュータ上で実現される。

【0107】

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

30

【0108】

また、このプログラムの流通は、例えば、そのプログラムを記録したDVD、CD-ROM等の可搬型記録媒体を販売、譲渡、貸与等することによって行う。さらに、このプログラムをサーバコンピュータの記憶装置に格納しておき、ネットワークを介して、サーバコンピュータから他のコンピュータにそのプログラムを転送することにより、このプログラムを流通させる構成としてもよい。

40

【0109】

このようなプログラムを実行するコンピュータは、例えば、まず、可搬型記録媒体に記録されたプログラムもしくはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、一旦、自己の記憶装置に格納する。そして、処理の実行時、このコンピュータは、自己の記録媒体に格納されたプログラムを読み取り、読み取ったプログラムに従った処理を実行する。また、このプログラムの別の実行形態として、コンピュータが可搬型記録媒体から直接プログラムを読み取り、そのプログラムに従った処理を実行することとしてもよく、さらに、このコンピュータにサーバコンピュータからプログラムが転送されるたびに、逐次、受け取ったプログラムに従った処理を実行することとしてもよい。また、サーバコンピュータ

50

から、このコンピュータへのプログラムの転送は行わず、その実行指示と結果取得のみによって処理機能を実現する、いわゆる A S P (Application Service Provider) 型のサービスによって、上述の処理を実行する構成としてもよい。なお、本形態におけるプログラムには、電子計算機による処理の用に供する情報であってプログラムに準ずるもの(コンピュータに対する直接の指令ではないがコンピュータの処理を規定する性質を有するデータ等)を含むものとする。

【0110】

また、この形態では、コンピュータ上で所定のプログラムを実行させることにより、線形予測モデル次数決定装置を構成することとしたが、これらの処理内容の少なくとも一部をハードウェア的に実現することとしてもよい。

10

【産業上の利用可能性】

【0111】

本発明は、全極型の線形予測モデルを用いた信号分析や信号の符号化などに有用である。

【図面の簡単な説明】

【0112】

【図1】線形予測モデル次数決定装置の機能構成例を示すブロック図。

【図2】第1実施形態に係わる線形予測モデル次数決定処理の処理フローを示す図。

【図3】第2実施形態に係わる線形予測モデル次数決定処理の処理フローを示す図。

【図4】第2実施形態に係わる線形予測モデル次数決定処理の処理フローを示す図(図3に附属する図である。)

20

【図5】第3実施形態に係わる線形予測モデル次数決定処理の処理フローを示す図。

【図6】第3実施形態に係わる線形予測モデル次数決定処理の処理フローを示す図(図5に附属する図である。)

【図7】実際の音声データを用いたときの、平均絶対値和と予測誤差エネルギーの平方根との比の出現頻度を示した図。

【図8】ロスレスで復号するために必要な符号量と、PARCOR係数に必要な符号量と、予測誤差波形に必要な符号量との関係を示す図。

【図9】従来の線形予測モデル次数決定装置の機能構成例を示すブロック図。

30

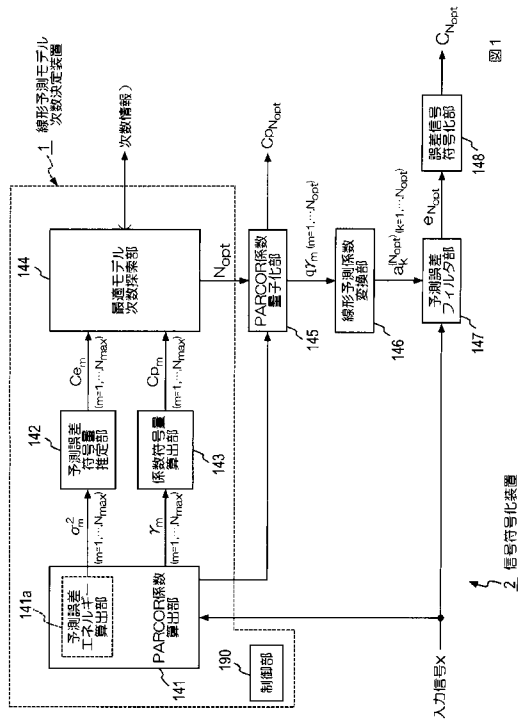
【符号の説明】

【0113】

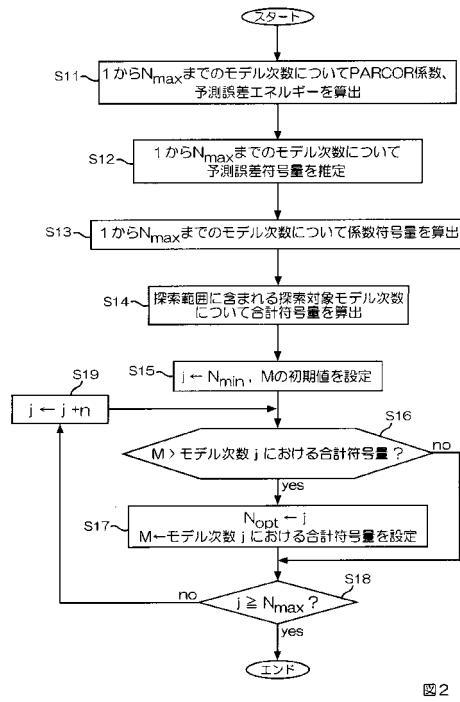
- 1 線形予測モデル次数決定装置
- 141 予測誤差符号量推定部
- 142 係数符号量算出部
- 143 最適モデル次数探索部
- 145 PARCOR係数量子化部
- 146 線形予測係数変換部
- 147 予測誤差フィルタ部
- 148 誤差信号符号化部
- 190 制御部

40

【図1】



【図2】



【図3】

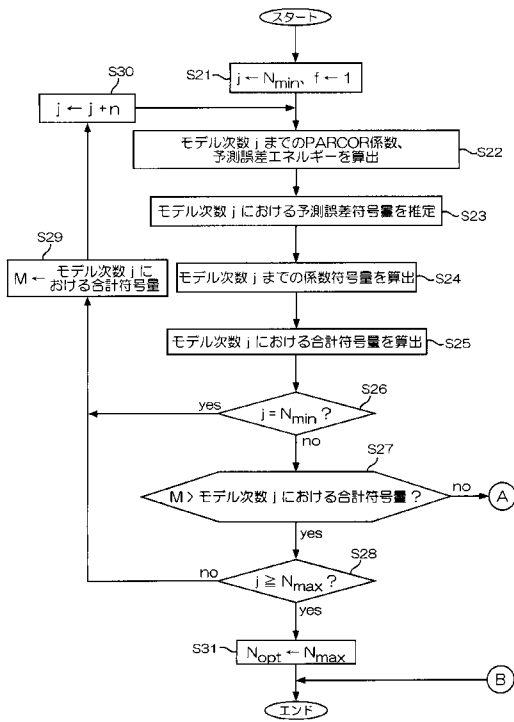


図3

【図4】

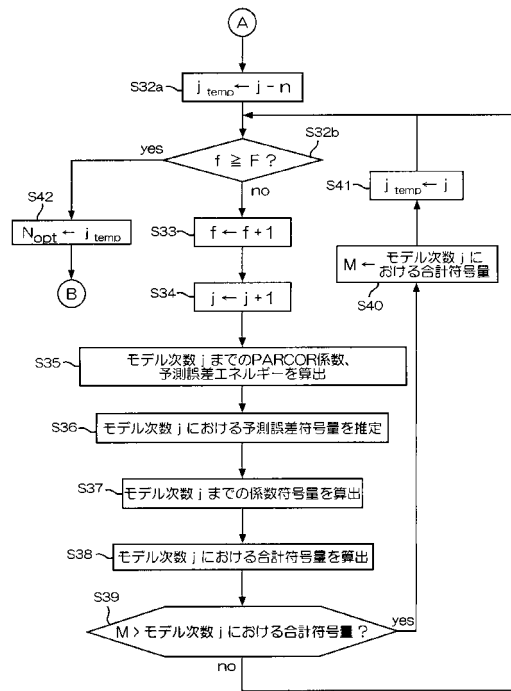


図4

【図5】

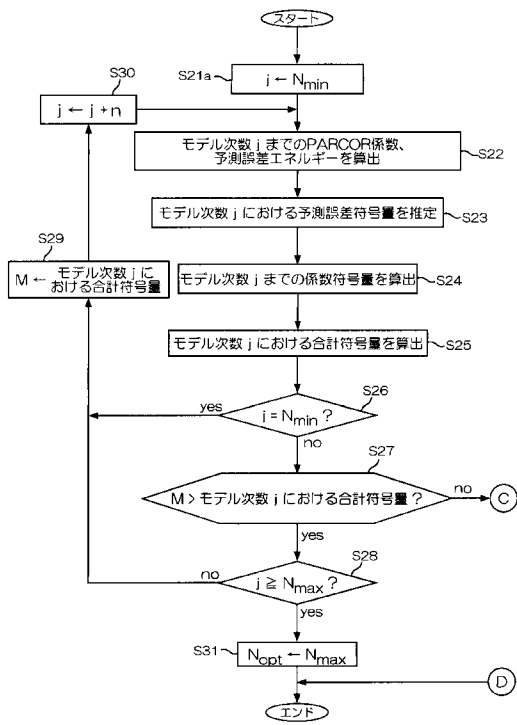


図5

【図6】

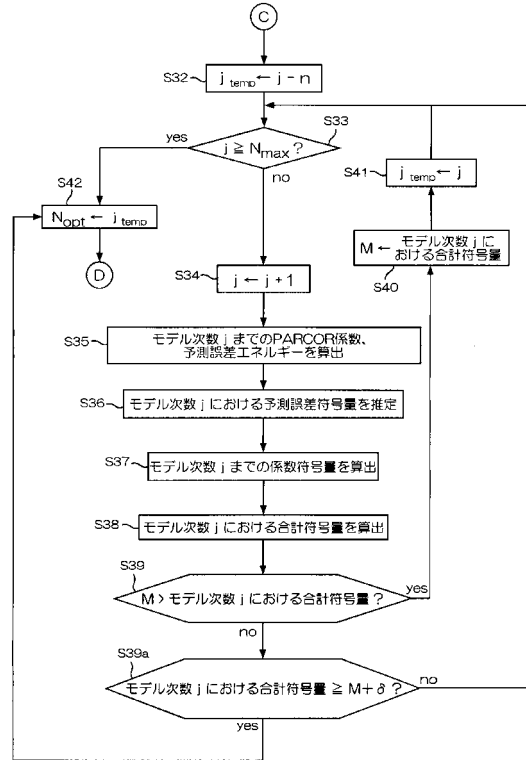


図6

【図7】

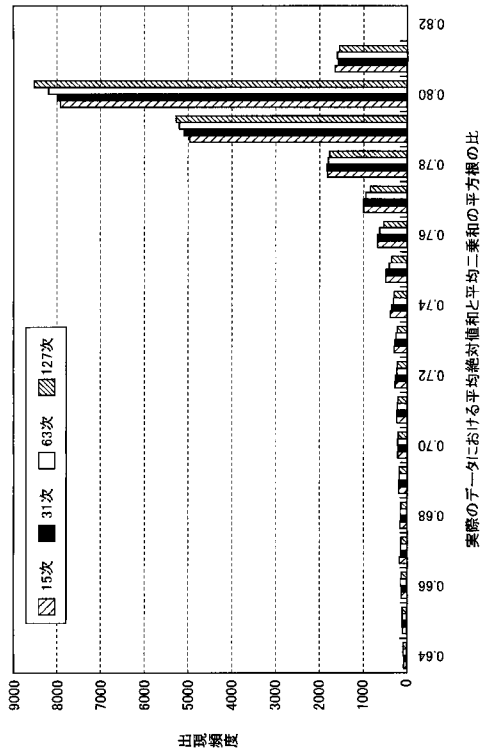


図7

【図8】

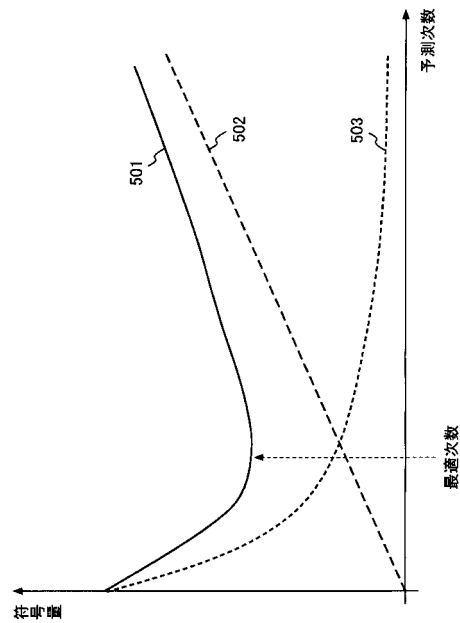


図8

【 図 9 】

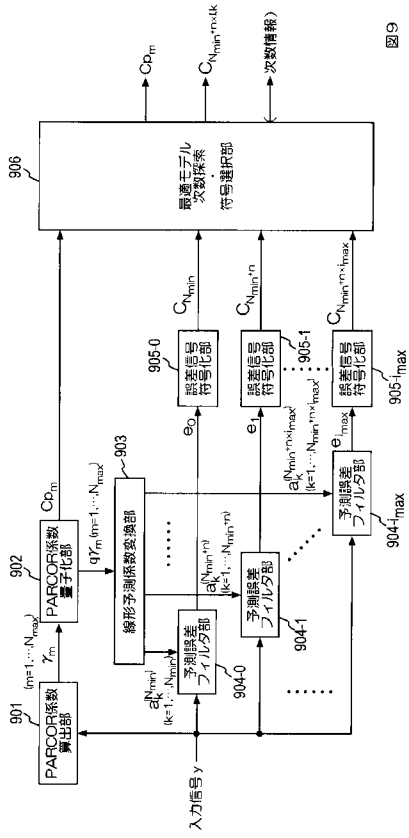


図9

フロントページの続き

(72)発明者 守谷 健弘

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 菊池 智紀

(56)参考文献 特開平04-077799(JP,A)

特開平01-141426(JP,A)

特開2007-279385(JP,A)

諏訪啓 他, "ポリメトリック線形予測モデルの予測係数推定法", 電子情報通信学会2003年総合大会講演論文集 通信1, 2003年 3月 3日, p.267

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G10L 11/00, 19/00-19/14

JSTPlus(JDreamII)