

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5036677号
(P5036677)

(45) 発行日 平成24年9月26日(2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月13日(2012.7.13)

(51) Int.Cl. F I
G06F 17/17 (2006.01) G O 6 F 17/17
H03H 17/00 (2006.01) H O 3 H 17/00 6 2 1 F

請求項の数 23 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2008-259780 (P2008-259780)	(73) 特許権者	503360115
(22) 出願日	平成20年10月6日(2008.10.6)		独立行政法人科学技術振興機構
(65) 公開番号	特開2010-93433 (P2010-93433A)		埼玉県川口市本町四丁目1番8号
(43) 公開日	平成22年4月22日(2010.4.22)	(74) 代理人	100103171
審査請求日	平成20年10月6日(2008.10.6)		弁理士 雨貝 正彦
		(72) 発明者	寅市 和男
			茨城県つくば市吾妻3-1-1ダイアパレスつくば学園都市1214
		審査官	漆原 孝治
		(56) 参考文献	特開平10-004358 (JP, A)
			特開2006-050429 (JP, A)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変特性型信号変換装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

それぞれが有限台の区分的多項式で表される基本標本化関数および制御標本化関数の線形結合で構成された標本化関数を用いて複数の離散データに対する畳み込み演算を行うことにより、前記離散データ間の補間値を算出する関数処理部を備え、

前記離散データの標本位置を t としたとき、

前記基本標本化関数は、 t が -1 から $+1$ までが有限台の範囲であって、 $t = 0$ で 1 になり、 $t = \pm 1$ に向けて 0 に収束し、

前記制御標本化関数は、有限台の範囲に含まれる各標本位置 t で 0 になることを特徴とする可変特性型信号変換装置。

【請求項2】

請求項1において、

順次入力される複数の前記離散データの中から入力順番が連続する所定個数の離散データを抽出する離散データ抽出部をさらに備え、

前記関数処理部は、前記離散データ抽出部によって抽出された所定個数の前記離散データを用いて補間値の算出を行うことを特徴とする可変特性型信号変換装置。

【請求項3】

請求項1または2において、

前記基本標本化関数を $f(t)$ 、前記制御標本化関数を $C(t)$ 、ユーザによって任意に設定可能なパラメータを α としたときに、

前記関数処理部は、前記線形結合を、

$$f(t) + C(t)$$

で演算することを特徴とする可変特性型信号変換装置。

【請求項 4】

請求項 3 において、

前記関数処理部は、

前記基本標本化関数を用いて複数の前記離散データに対する畳み込み演算を行う基本項演算部と、

前記制御標本化関数を用いて複数の前記離散データに対する畳み込み演算を行う制御項演算部と、

前記制御項演算部による算出結果に前記パラメータを乗算する係数乗算部と、

を備えることを特徴とする可変特性型信号変換装置。

10

【請求項 5】

請求項 3 において、

前記関数処理部は、前記パラメータの値が指定されたときに、前記基本標本化関数と前記制御標本化関数とを線形結合して得られる前記標本化関数を特定し、この標本化関数を用いて、前記離散データに対する前記畳み込み演算を行うことにより前記補間値を算出することを特徴とする可変特性型信号変換装置。

【請求項 6】

請求項 4 または 5 において、

ユーザの指示に応じて前記パラメータの値を任意に設定するパラメータ設定部をさらに備えることを特徴とする可変特性型信号変換装置。

20

【請求項 7】

請求項 4 または 5 において、

ユーザが操作することにより、予め設定された前記パラメータの複数の値の中から一つが選択されるセレクタをさらに備えることを特徴とする可変特性型信号変換装置。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれかにおいて、

前記基本標本化関数は、前記離散データの標本位置の区間 $[-1, 1]$ において 1 回だけ微分可能な区分的多項式で、他の区間は恒等的に 0 で表される関数であり、

前記制御標本化関数は、前記離散データの標本位置の区間 $[-2, 2]$ において 1 回だけ微分可能な区分的多項式で、他の区間では恒等的に 0 となる関数であることを特徴とする可変特性型信号変換装置。

30

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれかにおいて、

前記基本標本化関数 $f(t)$ は、

【数 1】

$$f(t) = \begin{cases} 0 & t \in [-\infty, -1] \\ 2(t+1)^2 & t \in [-1, -\frac{1}{2}] \\ -2t^2 + 1 & t \in [-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}] \\ 2(-t+1)^2 & t \in [\frac{1}{2}, 1] \\ 0 & t \in [1, \infty] \end{cases}$$

40

で表され、

前記制御標本化関数を $C_0(t) = C_r(t) + C_r(-t)$ としたときに、前記 $C_r(t)$ は、

【数 2】

$$c_r(t) = \begin{cases} 0 & t \in [-\infty, 0] \\ -t^2 & t \in [0, \frac{1}{2}] \\ 3(-t+1)^2 - 2(-t+1) & t \in [\frac{1}{2}, 1] \\ -3(t-1)^2 + 2(t-1) & t \in [1, \frac{3}{2}] \\ (-t+2)^2 & t \in [\frac{3}{2}, 2] \\ 0 & t \in [2, \infty] \end{cases}$$

10

で表されることを特徴とする可変特性型信号変換装置。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれかにおいて、

ユーザの指定したプログラムデータに基づいて、ユーザ所望の制御形態でなる演算構成を形成するプログラマブル信号処理プロセッサにプログラミングされることを特徴とする可変特性型信号変換装置。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれかにおいて、

前記基本標本化関数および前記制御標本化関数のそれぞれは、前記離散データ間の所定の区分数に応じて予め計算された関数値がテーブル化されてテーブル値として保持されており、

20

このテーブル化された関数値を用いて前記離散データに対する畳み込み演算が行われることを特徴とする可変特性型信号変換装置。

【請求項 12】

請求項 11 において、

前記離散データ間の異なる複数の区分数について、それらの区分数の最小公倍数の区分数に対応する前記テーブル値が予め演算されて保持されていることを特徴とする可変特性型信号変換装置。

【請求項 13】

それぞれが有限台の区分的多項式で表される基本標本化関数および制御標本化関数の線形結合で構成された標本化関数を用いて複数の離散データに対する畳み込み演算を行うことにより、前記離散データ間の補間値を関数処理部によって算出する関数処理ステップを有し、

30

前記離散データの標本位置を t としたとき、

前記基本標本化関数は、有限台の範囲において、 $t = 0$ で 1 になり、 $t = \pm 1$ に向けて 0 に収束し、

前記制御標本化関数は、有限台の範囲に含まれる各標本位置 t で 0 になることを特徴とする可変特性型信号変換方法。

【請求項 14】

請求項 13 において、

40

順次入力される複数の前記離散データの中から入力順番が連続する所定個数の離散データを離散データ抽出部によって抽出する離散データ抽出ステップをさらに有し、

前記関数処理ステップでは、前記離散データ抽出ステップにおいて抽出された所定個数の前記離散データを用いて補間値の算出を行うことを特徴とする可変特性型信号変換方法。

【請求項 15】

請求項 13 または 14 において、

前記基本標本化関数を $f(t)$ 、前記制御標本化関数を $C(t)$ 、ユーザによって任意に設定可能なパラメータを α としたときに、

前記関数処理ステップでは、前記線形結合を、

50

$$f(t) + C(t)$$

で演算することを特徴とする可変特性型信号変換方法。

【請求項 16】

請求項 15 において、

前記関数処理ステップは、

前記基本標本化関数を用いて複数の前記離散データに対する畳み込み演算を基本項演算部によって行う基本項演算ステップと、

前記制御標本化関数を用いて複数の前記離散データに対する畳み込み演算を制御項演算部によって行う制御項演算ステップと、

前記制御項演算ステップにおける算出結果に前記パラメータを乗算する演算を係数乗算部によって行う係数乗算ステップと、

を備えることを特徴とする可変特性型信号変換方法。

10

【請求項 17】

請求項 15 において、

前記関数処理ステップでは、前記パラメータの値が指定されたときに、前記基本標本化関数と前記制御標本化関数とを線形結合して得られる前記標本化関数を特定し、この標本化関数を用いて、前記離散データに対する前記畳み込み演算を行うことにより前記補間値を算出することを特徴とする可変特性型信号変換方法。

【請求項 18】

請求項 16 または 17 において、

ユーザの指示に応じて前記パラメータの値をパラメータ設定部によって任意に設定するパラメータ設定ステップをさらに有することを特徴とする可変特性型信号変換方法。

20

【請求項 19】

請求項 16 または 17 において、

ユーザの操作指示に応じて、予め設定された前記パラメータの複数の値の中から一つを選択するパラメータ選択ステップをさらに有することを特徴とする可変特性型信号変換方法。

【請求項 20】

請求項 13 ~ 19 のいずれかにおいて、

前記基本標本化関数は、前記離散データの標本位置の区間 $[-1, 1]$ において 1 回だけ微分可能な区分的多項式で、他の区間は恒等的に 0 で表される関数であり、

前記制御標本化関数は、前記離散データの標本位置の区間 $[-2, 2]$ において 1 回だけ微分可能な区分的多項式で、他の区間では恒等的に 0 となる関数であることを特徴とする可変特性型信号変換方法。

30

【請求項 21】

請求項 13 ~ 20 のいずれかにおいて、

前記基本標本化関数 $f(t)$ は、

【数 3】

$$f(t) = \begin{cases} 0 & t \in [-\infty, -1] \\ 2(t+1)^2 & t \in [-1, -\frac{1}{2}] \\ -2t^2 + 1 & t \in [-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}] \\ 2(-t+1)^2 & t \in [\frac{1}{2}, 1] \\ 0 & t \in [1, \infty] \end{cases}$$

40

で表され、

前記制御標本化関数を $C_0(t) = C_r(t) + C_r(-t)$ としたときに、前記 $C_r(t)$ は、

50

【数 4】

$$c_r(t) = \begin{cases} 0 & t \in [-\infty, 0] \\ -t^2 & t \in [0, \frac{1}{2}] \\ 3(-t+1)^2 - 2(-t+1) & t \in [\frac{1}{2}, 1] \\ -3(t-1)^2 + 2(t-1) & t \in [1, \frac{3}{2}] \\ (-t+2)^2 & t \in [\frac{3}{2}, 2] \\ 0 & t \in [2, \infty] \end{cases}$$

10

で表されることを特徴とする可変特性型信号変換方法。

【請求項 2 2】

請求項 1 3 ~ 2 1 のいずれかにおいて、

前記基本標本化関数および前記制御標本化関数のそれぞれは、前記離散データ間の所定の区分数に応じて予め計算された関数値がテーブル化されてテーブル値として前記関数処理部に保持されており、

前記関数化処理ステップでは、このテーブル化された関数値を用いて前記離散データに対する畳み込み演算が行われることを特徴とする可変特性型信号変換方法。

【請求項 2 3】

請求項 2 2 において、

前記離散データ間の異なる複数の区分数について、それらの区分数の最小公倍数の区分数に対応する前記テーブル値が予め演算されて前記関数処理部に保持されていることを特徴とする可変特性型信号変換方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、離散信号を連続信号に変換する変換装置および方法に関し、例えば所定のサンプリング周波数でサンプリングされた時間方向に並ぶ離散データ間を補間して、入力時のサンプリング周波数よりも高周波で離散データあるいはアナログ信号を生成する際に適用することができ、かつ、入力された信号の周波数特性を変化させた出力信号の周波数特性を得るのに好適な可変特性信号変換装置および方法に関する。

30

【0 0 0 2】

特に、本発明は、音響信号においては、音楽のジャンルや、リスナーの好みに応じて音質を変化させることに好適であり、写真や映像においては、画質調整に好適な技術である。

【0 0 0 3】

なお、本明細書においては、高周波の離散間隔で離散データを生成することとアナログ信号を生成することを同一の処理として「アナログ信号の生成」と称して説明を行うものとする。また、関数の値が局所的な領域で 0 以外の有限の値を有し、それ以外の領域で 0 となる場合を「有限台」と称して説明を行うものとする。

40

【背景技術】

【0 0 0 4】

従来、デジタルデータのような離散データからアナログ信号を生成する際には、シャノンの標本化定理に代表される標本化関数が広く用いられてきた。ここで、シャノンの標本化関数は、図 1 4 に示すように、 $t = 0$ の標本位置のみで 1 になるとともに、他の全ての標本位置で 0 となり、理論的に $-$ から $+$ までその振動が無限に続く波形を示す。このため、実際に各種のプロセッサ等によって、シャノンの標本化関数を用いて離散データ間の補間処理を実行する際には、強制的に有限区間で処理が打ち切られている。その結果、打ち切りによる誤差が発生するという問題があった。このような問題を解決するために、打ち切り誤差がなく、さらに高次の帯域成分までも再生可能な、有限の範囲で収束する標

50

本化関数が考え出されている（例えば、特許文献1参照。）。この標本化関数では、原点から前後2個先の標本位置で0に収束するため、少ない計算量で信号再生を行うことができ、さらに高周波まで帯域を有することが確かめられている。

【特許文献1】国際公開第99/38090号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、特許文献1の従来技術で用いられている標本化関数は、波形の形状が固定化されており、音質や画質の特性を変化させることができないという問題があった。難聴者や高齢者等の各種ユーザ等に対して、音楽再生環境、音源、曲調等の各種条件に応じて音質等を自由に調整し得るテーラードメイドの手法が望まれている。しかし、従来はこのような要請に対応できず、入力信号を周波数分析して、周波数帯域毎に音圧を調整するイコライザが用いられている。この場合には、周波数帯域分離が必要となり、さらに周波数帯域毎の音圧調整のため、周波数が変化したときに連続的な調整をすることができず、滑らかさのない音質となる。また、映像や写真などの画像においては、人の視覚特性に応じた画質調整が必要であるが、専門家により色調整が行われている現状では、このような画質調整は困難である。

【0006】

本発明は、このような点に鑑みて創作されたものであり、その目的は、離散データに対してユーザの好みに応じた音質や画質で信号の再生を行うことができる可変特性型信号変換装置および信号変換方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述した課題を解決するために、本発明の可変特性型信号変換装置は、それぞれが有限台の区分的多項式で表される基本標本化関数および制御標本化関数の線形結合で構成された標本化関数を用いて複数の離散データに対する畳み込み演算を行うことにより、前記離散データ間の補間値を算出する関数処理部を備え、離散データの標本位置を t としたとき、基本標本化関数は、 t が -1 から $+1$ までが有限台の範囲であって、 $t = 0$ で 1 になり、 $t = \pm 1$ に向けて 0 に収束し、制御標本化関数は、有限台の範囲に含まれる各標本位置 t で 0 になっている。

【0008】

また、本発明の可変特性型信号変換方法は、それぞれが有限台の区分的多項式で表される基本標本化関数および制御標本化関数の線形結合で構成された標本化関数を用いて複数の離散データに対する畳み込み演算を行うことにより、離散データ間の補間値を関数処理部によって算出する関数処理ステップを有し、離散データの標本位置を t としたとき、基本標本化関数は、有限台の範囲において、 $t = 0$ で 1 になり、 $t = \pm 1$ に向けて 0 に収束し、制御標本化関数は、有限台の範囲に含まれる各標本位置 t で 0 になっている。

【0009】

また、順次入力される複数の離散データの中から入力順番が連続する所定個数の離散データを抽出する離散データ抽出部をさらに備え、関数処理部は、離散データ抽出部によって抽出された所定個数の離散データを用いて補間値の算出を行うことが望ましい。あるいは、順次入力される複数の離散データの中から入力順番が連続する所定個数の離散データを離散データ抽出部によって抽出する離散データ抽出ステップをさらに有し、関数処理ステップでは、離散データ抽出ステップにおいて抽出された所定個数の離散データを用いて補間値の算出を行うことが望ましい。

【0010】

また、上述した基本標本化関数を $f(t)$ 、制御標本化関数を $C(t)$ 、ユーザによって任意に設定可能なパラメータを α としたときに、関数処理部は、線形結合を、 $f(t) + \alpha C(t)$ で演算することが望ましい。あるいは、上述した関数処理ステップでは、線形結合を、 $f(t) + C(t)$ で演算することが望ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

また、上述した関数処理部は、基本標本化関数を用いて複数の離散データに対する畳み込み演算を行う基本項演算部と、制御標本化関数を用いて複数の離散データに対する畳み込み演算を行う制御項演算部と、制御項演算部による算出結果にパラメータを乗算する係数乗算部とを備えることが望ましい。あるいは、上述した関数処理ステップは、基本標本化関数を用いて複数の離散データに対する畳み込み演算を基本項演算部によって行う基本項演算ステップと、制御標本化関数を用いて複数の離散データに対する畳み込み演算を制御項演算部によって行う制御項演算ステップと、制御項演算ステップにおける算出結果にパラメータを乗算する演算を係数乗算部によって行う係数乗算ステップとを備えることが望ましい。

10

【 0 0 1 2 】

また、上述した関数処理部は、パラメータの値が指定されたときに、基本標本化関数と制御標本化関数とを線形結合して得られる標本化関数を特定し、この標本化関数を用いて、離散データに対する畳み込み演算を行うことにより補間値を算出することが望ましい。あるいは、上述した関数処理ステップでは、パラメータの値が指定されたときに、基本標本化関数と制御標本化関数とを線形結合して得られる標本化関数を特定し、この標本化関数を用いて、離散データに対する畳み込み演算を行うことにより補間値を算出することが望ましい。

【 0 0 1 3 】

また、ユーザの指示に応じてパラメータの値を任意に設定するパラメータ設定部をさらに備えることが望ましい。あるいは、ユーザの指示に応じてパラメータの値をパラメータ設定部によって任意に設定するパラメータ設定ステップをさらに有することが望ましい。

20

【 0 0 1 4 】

また、ユーザが操作することにより、予め設定されたパラメータの複数の値の中から一つが選択されるセレクタをさらに備えることが望ましい。あるいは、ユーザの操作指示に応じて、予め設定されたパラメータの複数の値の中から一つを選択するパラメータ選択ステップをさらに有することが望ましい。

【 0 0 1 5 】

また、上述した基本標本化関数は、離散データの標本位置の区間 $[-1, 1]$ において 1 回だけ微分可能な区分的多項式で、他の区間は恒等的に 0 で表される関数であり、制御標本化関数は、離散データの標本位置の区間 $[-2, 2]$ において 1 回だけ微分可能な区分的多項式で、他の区間では恒等的に 0 となる関数であることが望ましい。

30

【 0 0 1 6 】

また、上述した離散データの標本位置を t としたとき、基本標本化関数 $f(t)$ は、

【 0 0 1 7 】

【数 5】

$$f(t) = \begin{cases} 0 & t \in [-\infty, -1] \\ 2(t+1)^2 & t \in [-1, -\frac{1}{2}] \\ -2t^2 + 1 & t \in [-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}] \\ 2(-t+1)^2 & t \in [\frac{1}{2}, 1] \\ 0 & t \in [1, \infty] \end{cases}$$

40

【 0 0 1 8 】

で表され、

制御標本化関数を $C_0(t) = C_r(t) + C_r(-t)$ としたときに、 $C_r(t)$ は、

【 0 0 1 9 】

【数6】

$$c_r(t) = \begin{cases} 0 & t \in [-\infty, 0] \\ -t^2 & t \in [0, \frac{1}{2}] \\ 3(-t+1)^2 - 2(-t+1) & t \in [\frac{1}{2}, 1] \\ -3(t-1)^2 + 2(t-1) & t \in [1, \frac{3}{2}] \\ (-t+2)^2 & t \in [\frac{3}{2}, 2] \\ 0 & t \in [2, \infty] \end{cases}$$

10

【0020】

で表されることが望ましい。

【0021】

また、ユーザの指定したプログラムデータに基づいて、ユーザ所望の制御形態でなる演算構成を形成するプログラマブル信号処理プロセッサにプログラミングされることが望ましい。

【0022】

また、上述した基本標準化関数および制御標準化関数のそれぞれは、離散データ間の所定の区分数に応じて予め計算された関数値がテーブル化されてテーブル値として保持されており、このテーブル化された関数値を用いて離散データに対する畳み込み演算が行われることが望ましい。あるいは、上述した関数化処理ステップでは、このテーブル化された関数値を用いて離散データに対する畳み込み演算が行われることが望ましい。

20

【0023】

また、上述した離散データ間の異なる複数の区分数について、それらの区分数の最小公倍数の区分数に対応するテーブル値が予め演算されて保持されていることが望ましい。

【0024】

本発明では、標準化関数を基本標準化関数と制御標準化関数の線形結合で構成することにより、制御標準化関数に関する項を変形することで標準化関数全体を変形することが容易となり、離散データに対してユーザの好みに応じた音質や画質で信号の再生を行うことが可能となる。

30

【0025】

特に、基本標準化関数を $f(t)$ 、制御標準化関数を $C(t)$ 、ユーザによって任意に設定可能なパラメータを α としたときに、上記の線形結合を $f(t) + \alpha C(t)$ で演算することにより、パラメータ α の値を変更することで標準化関数の形状を変えることができ、得られる補間値の特性を変更することが容易となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、本発明を適用した一実施形態の可変特性型信号変換装置について、図面に基づいて詳細に説明する。

【0027】

(1) 本発明の基本概念

図1は、本発明の補間処理に用いられる標準化関数を構成する基本標準化関数 $f(t)$ と制御標準化関数 $c_0(t)$ の波形形状を示す図である。図1において、横軸は離散データの標本位置 t を、縦軸は各標本関数値をそれぞれ示している。当該離散データの標本位置 $[-2, 2]$ 間での基本標準化関数 $f(t)$ および制御標準化関数 $c_0(t)$ からなる標準化関数 $s_2(t)$ は、次式で表される。

40

【0028】

【数7】

$$s_2(t) = f(t) + \alpha \cdot c_0(t)$$

$$\text{where } c_0(t) = c_r(t) + c_r(-t)$$

【0029】

一般的に、制御標準化関数を $c_k(t)$ とし、 $c_k(t) = c_r(t - k) + c_r(-t - k)$ とおくと、当該離散データの標本位置 $[-N, N]$ 間で標準化関数 $s_N(t)$ が次式で表される。

【0030】

10

【数8】

$$S_N(t) = f(t) + \sum_{k=0}^{N-2} \alpha_k \cdot c_k(t)$$

【0031】

なお、 α_k は可変パラメータを示し、ユーザによって設定可能な任意の値を有する。 $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 \cdots$ のように k によって値が可変しないものであってもよい。

【0032】

基本標準化関数 $f(t)$ は、微分可能性に着目した有限台の区分多項式関数であり、例えば全域において1回だけ微分可能であって、横軸に沿った標本位置 t が -1 から $+1$ (すなわち、区間 $[-1, 1]$) にあるときに0以外の有限な値を有し、他の区間では恒等的に0で表される関数である。具体的には、基本標準化関数 $f(t)$ は、区間 $[-1, 1]$ 内を2以上に区分した各小区間において n 次多項式関数であって、各小区間の境界で連続(値と傾きのそれぞれが連続)な関数である。この基本標準化関数 $f(t)$ は、全範囲で $n - 1$ 回 (n は2以上の整数) だけ微分可能な凸形状の波形形状を示し、 $t = 0$ の標本位置でのみ1になり、 $t = \pm 1$ に向けて0に収束し、 $t = \pm 2$ の標本位置までそのまま0の値を維持するという特徴を有する。

20

【0033】

また、この基本標準化関数 $f(t)$ は、有限台のインパルス応答波形の関数でもよく、あるいは、標本位置区間の任意の位置で少なくとも1回微分可能で連続な n 次の区分多項式関数でもよい。

30

【0034】

具体例として、2次の区分多項式関数で表した基本標準化関数 $f(t)$ は、次式で表される。

【0035】

【数9】

$$f(t) = \begin{cases} 0 & t \in [-\infty, -1] \\ 2(t+1)^2 & t \in [-1, -\frac{1}{2}] \\ -2t^2 + 1 & t \in [-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}] \\ 2(-t+1)^2 & t \in [\frac{1}{2}, 1] \\ 0 & t \in [1, \infty] \end{cases}$$

40

【0036】

そして、この基本標準化関数 $f(t)$ を用いて各離散データに基づく重ね合わせを行うことにより、離散データ間の任意の点における値を仮補間することができる。

【0037】

一方、制御標準化関数 $c_0(t)$ は、微分可能性に着目した有限台の区分多項式関数で

50

あり、基本標本化関数と同じく n 次多項式関数で表される。例えば、全域において 1 回だけ微分可能であって、横軸に沿った標本位置 t が -2 から $+2$ (すなわち、区間 $[-2, 2]$) にあるときに 0 以外の有限な値を有し、他の区間では恒等的に 0 で表される関数である。また、制御標本化関数 $c_0(t)$ は、全範囲で 1 回だけ微分可能な波形を示し、 $t = 0, \pm 1, \pm 2$ の各標本位置で 0 になるという特徴を有する。

【0038】

また、この制御標本化関数 $c_0(t)$ は、有限台のインパルス応答波形の関数でよく、標本位置区間の任意の位置で少なくとも 1 回微分可能で連続な n 次の区分多項式関数で良い。

【0039】

ここで、制御標本化関数 $c_0(t)$ は、上述したように制御標本化関数 $c_0(t) = c_r(t) + c_r(-t)$ で表される。この $c_r(t)$ は、例えば 2 次の区分多項式で表現すると、次式で表される。

【0040】

【数10】

$$c_r(t) = \begin{cases} 0 & t \in [-\infty, 0] \\ -t^2 & t \in [0, \frac{1}{2}] \\ 3(-t+1)^2 - 2(-t+1) & t \in [\frac{1}{2}, 1] \\ -3(t-1)^2 + 2(t-1) & t \in [1, \frac{3}{2}] \\ (-t+2)^2 & t \in [\frac{3}{2}, 2] \\ 0 & t \in [2, \infty] \end{cases} \quad 20$$

【0041】

この制御標本化関数 $c_0(t)$ を用いて各離散データに基づく重ね合わせを行うことにより、離散データ間の値を仮補間することができる。

【0042】

このようにして、基本標本化関数 $f(t)$ に基づいて算出した仮の補間値 (以下、これを「基本補間値」と呼ぶ) と、制御標本化関数 $c_0(t)$ に基づいて算出した仮の補間値 (以下、これを「制御補間値」と呼ぶ) とを線形加算することにより、離散データ間の任意の点における値を補間することができる。

【0043】

因みに、2 次の区分多項式関数で表した標本化関数の場合、基本標本化関数 $f(t)$ と制御標本化関数 $c_0(t)$ との線形結合では、下記の 6 つの条件が成立する。

- ・第 1 としては、 $S_2(0) = 1, S_2(\pm 1) = S_2(\pm 2) = 0$ となること。
- ・第 2 としては、偶関数、すなわち y 軸に関して対称となること。
- ・第 3 としては、標本位置区間 $[-2, -1], [1, 2]$ で恒等的に 0 であること。
- ・第 4 としては、各区間 $[n/2, (n+1)/2]$ ($-4 \leq n \leq 3$) においては高々 2 次の多項式であること。
- ・第 5 としては、全区間で連続、かつ、一回微分可能であること。
- ・第 6 としては、標本位置区間 $[-1/2, 1/2]$ において、次式で表されること。

【0044】

【数11】

$$\sum_{k=-2}^2 s_2(t-k) \equiv 1$$

【0045】

なお、 $N = 2$ のときの標本化関数 $s_2(t)$ については、説明の便宜上、単に標本化関数 $s_N(t)$ として、以下の説明を行うものとする。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

また、これに加えて、このとき制御標本化関数 $c_0(t)$ には、任意の数値が設定された可変パラメータを乗算する。これにより、制御標本化関数 $c_0(t)$ は、 $t = 0, \pm 1, \pm 2$ の標本位置で 0 としたまま、標本位置 - 2 から + 2 までの間で当該可変パラメータの数値に応じてその波形の振幅を変形することができる。その結果、制御標本化関数 $c_0(t)$ を用いた畳み込み演算による算出結果を変更させることができる。このように、可変パラメータは、数値が変更されることで、標本化関数 $s_N(t)$ によって算出して得られたアナログ信号の周波数特性を変化させ、信号の変化状態を調整することができるという特徴を有する。

【 0 0 4 7 】

したがって、本発明では、基本標本化関数 $f(t)$ の算出結果と、制御標本化関数 $c_0(t)$ の算出結果とを線形加算して補間値を求める際に、当該制御標本化関数 $c_0(t)$ に乗算される可変パラメータによって補間値を調整することができる。これにより、これら離散データ間を補間値で補間したアナログ信号の周波数特性を、可変パラメータによって自由に調整することが可能になる。

【 0 0 4 8 】

(2) 可変特性型信号変換装置の全体構成

次に、上述した標本化関数 $s_N(t)$ を用いて補間処理を実行する可変特性型信号変換装置について説明する。

【 0 0 4 9 】

図 2 は、一実施形態の可変特性型信号変換装置の構成を示す図である。図 2 において、1 は可変特性型信号変換装置を示し、信号変換処理部 2 がプログラマブル信号処理プロセッサ 3 にプログラミングされて設けられている。このプログラマブル信号処理プロセッサ 3 は、複数個の回路ブロックと配線ブロックとが半導体チップ上に規則的に並べられ、これらの回路ブロックおよび配線ブロックの内部には回路の電氣的な接続または非接続をプログラムできるデバイスが多数配置され、ユーザがこれらのデバイスをプログラム(定義)することによりブロック内部とブロック間の接続をフィールド(利用現場)にて設計できるようになっている。

【 0 0 5 0 】

この可変特性型信号変換装置 1 は、外部インタフェース(外部 I/F) 4 を介してパーソナルコンピュータ(PC) 5 によって、上述した数 9、数 10 で示した基本標本化関数および制御標本化関数や、これらとは全く異なる標本化関数等、種々の標本化関数がプログラミングされることにより、プログラマブル信号処理プロセッサ 3 の回路ブロックおよび配線ブロック間の接続状態を変更して各種標本化関数による補間処理を実行しうるハードウェアに回路構成を変更できるようになっている。これにより、この可変特性型信号変換装置 1 では、プログラマブル信号処理プロセッサ 3 を単にプログラミングするだけで、ユーザ所望の回路構成に変更できるので、最適な標本化関数を模索する際に、各種標本化関数に応じてその都度、回路基板を実際に作製する必要がなく、その分だけコスト低減を図ることができる。

【 0 0 5 1 】

なお、上述した実施形態において、図 2 においてはプログラマブル信号処理プロセッサ 3 での実現方法を示しているが、本発明はこれに限らず、FPGA(フィールドプログラマブルゲートアレイ)やDSP(Digital Signal Processor)のようなプログラマブルな信号処理デバイスで実現することも可能である。例えば、CPU(Central Processing Unit)およびメモリ等から構成された演算装置を用いるようにしてもよい。

【 0 0 5 2 】

本実施形態の可変特性型信号変換装置 1 では、外部インタフェース 4 を介してパーソナルコンピュータ 5 から上述した数 8 で示した標本化関数 $s_N(t)$ の条件を満たす、数 9 で示した基本標本化関数 $f(t)$ と、 $c_r(t)$ が数 10 で表される制御標本化関数 $c_0(t)$ とがプログラマブル信号処理プロセッサ 3 にプログラミングされる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

これにより、可変特性型信号変換装置 1 では、プログラマブル信号処理プロセッサ 3 が所定のプログラムに従って全体を統括制御することにより、入力部 6 によって例えば CD や DVD 等の種々の記録媒体を再生し、その結果得られる時間方向に並ぶ複数の離散データを信号変換処理部 2 へ順次送出する。因みに、離散データとは、例えば滑らかに変化する連続的な信号を一定の時間間隔で標本化し、その結果得られたサンプリングデータを量子化することにより得られた離散的なデータである。

【 0 0 5 4 】

プログラマブル信号処理プロセッサ 3 には、ユーザの指示に応じて自由に可変パラメータの数値を任意に設定することができるパラメータ設定部 7 が接続されている。ユーザがパラメータ設定部 7 により可変パラメータを任意の数値に設定すると、設定された数値を示す情報がパラメータ設定部 7 から信号変換処理部 2 に送出される。信号処理装置としての信号変換処理部 2 は、標本化関数 $s_N(t)$ を用いて離散データ間を補間して擬似的にサンプリング周波数を上げるいわゆるオーバーサンプリング処理を実行し、可変パラメータの数値が反映された補間値を算出して出力部 8 へ向けて送出する。

【 0 0 5 5 】

出力部 8 は、例えばデジタル - アナログ変換器、増幅器、スピーカを含んで構成されており、信号変換処理部 2 から所定の周期で補間値が入力されると、この補間値をこれに対応するアナログ信号に変換し、このアナログ信号に基づく音声や音楽等を出力する。

【 0 0 5 6 】

このように、本実施形態の可変特性型信号変換装置 1 は、可変パラメータの数値を変更することより、この可変パラメータの数値が反映されたユーザ所望の特性を有するアナログ信号を生成することができる。

【 0 0 5 7 】

また、プログラマブル信号処理プロセッサ 3 には、複数のセレクトボタン 9 a、9 b、9 c を備えたセクタ 10 が接続されている。このセクタ 10 には、異なる数値の可変パラメータが各セレクトボタン 9 a、9 b、9 c のそれぞれに対応付けられており、ユーザの操作によってセレクトボタン 9 a、9 b、9 c のいずれか 1 つが選択されると、選択されたセレクトボタンに対応する可変パラメータの値が制御標本化関数 $c_0(t)$ に乗算され、標本化関数 $s_N(t)$ による補間処理が実行されるようになっている。

【 0 0 5 8 】

具体的には、本実施形態の場合、例えばセレクトボタン 9 a が選択されると、可変パラメータを -1.5 とした標本化関数 $s_N(t)$ によって補間処理が実行される。他のセレクトボタン 9 b が選択されると、可変パラメータを -0.25 とした標本化関数 $s_N(t)$ によって補間処理が実行される。さらに他のセレクトボタン 9 c が選択されると、可変パラメータを 1.5 とした標本化関数 $s_N(t)$ によって補間処理が実行される。

【 0 0 5 9 】

これにより、この可変特性型信号変換装置 1 では、ユーザがパラメータ設定部 7 によって可変パラメータを任意の数値に設定できるとともに、セレクトボタン 9 a、9 b、9 c のいずれか 1 つを選択するだけで、パラメータ設定部 7 による可変パラメータの細かな設定をその都度行うことなく、所望の可変パラメータを用いた補間処理を容易に実行することができる。

【 0 0 6 0 】

(3) 信号変換処理部の回路構成

(3 - 1) 信号変換処理部における補間処理の概略説明

図 3 は、プログラマブル信号処理プロセッサ 3 内の信号変換処理部 2 の構成を示す図である。この信号変換処理部 2 は、所定数 (この場合 4 つ) の離散データを順次抽出して保持する離散データ抽出部 15 と、離散データ抽出部 15 で抽出保持された所定数の離散データを一度に受け取り、これらの離散データを用いて補間処理を実行する関数処理部 14 とから構成されており、入力部 6 から順次入力される離散データ間を所定の時間間隔で

10

20

30

40

50

ータ補間する。

【0061】

関数処理部14は、離散データを基に標本化関数 $s_N(t)$ のうち基本標本化関数 $f(t)$ の項を演算処理する基本項演算部16と、離散データを基に標本化関数 $s_N(t)$ のうち制御標本化関数 $c_0(t)$ の項を演算処理する制御項演算部17と、制御項演算部17の算出結果に可変パラメータを乗算する係数乗算部18と、基本項演算部16の算出結果と係数乗算部18の算出結果とを線形加算する線形加算部19とから構成されている。

【0062】

この実施形態の場合、離散データ抽出部15は、順次入力される離散データの中から直前の4つの離散データを抽出し、次に新たな離散データが入力されるまでこの4つの離散データを保持して、これら4つの離散データを基本項演算部16および制御項演算部17へそれぞれ送出手する。

10

【0063】

基本項演算部16は、所定の記憶手段(図示せず)に基本標本化関数 $f(t)$ を記憶しており、離散データ間の補間位置が指定されると、この補間位置と離散データとの間の距離に基づいて基本標本化関数 $f(t)$ の値を計算する。この基本項演算部16は、離散データ抽出部15から送出手される4つの離散データ毎に、それぞれ基本標本化関数 $f(t)$ の値を計算する。また、基本項演算部16は、離散データ毎に得られた4つの基本標本化関数 $f(t)$ の値毎に、それぞれ対応する離散データの値を乗算した後、これら4つの離散データに対応する畳み込み演算を行い、この畳み込み演算の算出結果を線形加算部19へ送出手する。

20

【0064】

また、制御項演算部17は、所定の記憶手段(図示せず)に制御標本化関数 $c_0(t)$ を記憶しており、補間位置が指定されると、この補間位置と離散データとの間の距離に基づいて制御標本化関数 $c_0(t)$ の値を計算する。この制御項演算部17は、離散データ抽出部15から送出手される4つの離散データ毎に、それぞれ制御標本化関数 $c_0(t)$ の値を計算する。また、制御項演算部17は、離散データ毎に得られた4つの制御標本化関数 $c_0(t)$ の値毎に、それぞれ対応する離散データの値を乗算した後、これらを加算することにより4つの離散データに対応する畳み込み演算を行い、この畳み込み演算の算出結果を係数乗算部18へ送出手する。

30

【0065】

係数乗算部18は、制御項演算部17から受け取った制御標本関数 $c_0(t)$ の畳み込み演算の算出結果に可変パラメータを乗算し、その結果得られた可変パラメータ乗算結果を線形加算部19へ送出手する。線形加算部19は、基本項演算部16から受け取った基本標本化関数 $f(t)$ の畳み込み演算の算出結果と、係数乗算部18から受け取った可変パラメータ乗算結果とを線形加算することにより、4つの離散データに対応する線形加算結果を得る。この線形加算によって得られる値は、所定の2つの離散データ間の補間位置における補間値となる。この補間位置は、予め設定された所定の時間間隔、具体的には離散データの入力間隔に対応する周期 T の $1/N$ の周期($=T/N$)毎にその値が更新される。

40

【0066】

上述した関数処理部14による処理が関数処理ステップの動作に、離散データ抽出部15による処理が離散データ抽出ステップの動作に、基本項演算部16による処理が基本項演算ステップの動作に、制御項演算部17による処理が制御項演算ステップの動作に、係数乗算部18による処理が係数乗算ステップの動作に、パラメータ設定部7を用いたパラメータ設定処理がパラメータ設定ステップの動作に、セレクタ10を用いたパラメータ設定処理がパラメータ選択ステップの動作にそれぞれ対応する。

【0067】

(3-2) 4つの離散データに基づいて補間値を求める具体例

50

次に、時間的に連続して並ぶ4つの離散データに基づいて所定の2つの離散データ間の補間値を算出する補間処理について説明する。

【0068】

図4は、連続する4つの離散データと、補間位置である着目点との位置関係を示す図である。以下では、標本位置 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 のそれぞれに対応して順次入力される離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 の各値を $Y(t_1)$ 、 $Y(t_2)$ 、 $Y(t_3)$ 、 $Y(t_4)$ とし、標本位置 t_2 及び t_3 間の所定位置 t_0 (t_2 から距離 b)を補間位置としてこの補間位置に対応した補間値 y を求める場合を考える。

【0069】

本実施形態で用いる標本化関数 $s_N(t)$ は、 $t = \pm 2$ の標本位置で0に収束するため、 $t = \pm 2$ までの離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 を考慮に入れればよい。したがって、図4に示す補間値 y を求める場合には、 $t = t_1$ 、 t_2 、 t_3 、 t_4 に対応した4つの離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 のみを考慮すればよいことになり、演算量を大幅に削減することができる。しかも、 $t = \pm 3$ 以上の各離散データ(図示せず)については、本来考慮すべきであるが演算量や精度等を考慮して無視しているというわけではなく、理論的に考慮する必要がないため、打ち切り誤差は発生しない。

【0070】

図5は、信号変換処理部2の具体的な構成を示す図である。図5に示すように、離散データ抽出部15は、縦続接続された3つのシフト回路20a、20b、20cを備えている。連続する離散データが入力されると、各シフト回路20a、20b、20c毎に離散データを例えばCDのサンプリング周期(44.1kHz)でシフトし、各シフト回路20a、20b、20cで、直前の離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 をそれぞれ1つ抽出して保持する。

【0071】

すなわち、離散データ抽出部15は、連続する4つの離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 が入力されると、最新の離散データ d_4 をそのまま基本項演算部16の基本項計算回路21aおよび制御項演算部17の制御項計算回路22aへそれぞれ送出する。

【0072】

また、離散データ抽出部15は、連続する4つの離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 からなる離散データ列をシフト回路20aに送出し、このシフト回路20aによって離散データ列をシフトして最新の離散データ d_4 から1つ前の離散データ d_3 を抽出し、これを基本項演算部16の基本項計算回路21bおよび制御項演算部17の制御項計算回路22bへそれぞれ送出する。

【0073】

さらに、離散データ抽出部15は、残りのシフト回路20b、20cにも離散データ列を順次送出してゆき、シフト回路20bで離散データ列をさらにシフトさせて最新の離散データ d_4 から2つ前の離散データ d_2 を基本項計算回路21cおよび制御項計算回路22cへそれぞれ送出するとともに、シフト回路20cで離散データ列をさらにシフトさせて最新の離散データ d_4 から3つ前の離散データ d_1 を基本項計算回路21dおよび制御項計算回路22dへそれぞれ送出する。

【0074】

図6は、基本項演算部16における所定の補間位置 t_0 に対する補間処理の概略を示す図である。また、図7は、制御項演算部17における所定の補間位置 t_0 に対する補間処理の概略を示す図である。

【0075】

補間処理の内容としては、上述したように先ず始めに、基本項演算部16における基本補間値を算出する演算処理(以下、この演算処理を「基本補間値算出処理」と呼ぶ)と、制御項演算部17および係数乗算部18における制御補間値を算出する演算処理(以下、この演算処理を「制御補間値算出処理」と呼ぶ)とが実行される。以下、図6および図7を用い、基本補間値算出処理と制御補間値算出処理について説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 6 】

(3 - 2 - 1) 基本補間値算出処理

基本補間値算出処理の内容としては、図 6 (A) ~ (D) に示すように、各標本位置 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 毎に、基本標本化関数 $f(t)$ の $t = 0$ (中心位置) におけるピーク高さを一致させ、このときの補間位置 t_0 におけるそれぞれの基本標本化関数 $f(t)$ の値を求めることになる。

【 0 0 7 7 】

図 6 (A) に示す標本位置 t_1 における離散データ d_1 に着目すると、補間位置 t_0 と標本位置 t_1 との距離は $1 + b$ となる。したがって、標本位置 t_1 に基本標本化関数 $f(t)$ の中心位置を合わせたときの補間位置 t_0 における基本標本化関数の値は $f(1 + b)$ となる。実際には、離散データ d_1 の値 $Y(t_1)$ に一致するように基本標本化関数 $f(t)$ の中心位置のピーク高さを合わせるため、上述した $f(1 + b)$ を $Y(t_1)$ 倍した値 $f(1 + b) \cdot Y(t_1)$ が求めたい値となる。 $f(1 + b)$ の計算は基本項演算部 16 の基本項計算回路 21 a で行われ、 $f(1 + b)$ に $Y(t_1)$ を乗算する計算は基本項演算部 16 の基本項乗算回路 23 a で行われる (図 5)。

10

【 0 0 7 8 】

同様に、図 6 (B) に示す標本位置 t_2 における離散データ d_2 の値 $Y(t_2)$ に着目すると、補間位置 t_0 と標本位置 t_2 との距離は b となる。したがって、標本位置 t_2 に基本標本化関数 $f(t)$ の中心位置を合わせたときの補間位置 t_0 における基本標本化関数の値は $f(b)$ となる。実際には、離散データ d_2 の値 $Y(t_2)$ に一致するように基本標本化関数 $f(t)$ の中心位置のピーク高さを合わせるため、上述した $f(b)$ を $Y(t_2)$ 倍した値 $f(b) \cdot Y(t_2)$ が求めたい値となる。 $f(b)$ の計算は基本項演算部 16 の基本項計算回路 21 b で行われ、 $f(b)$ に $Y(t_2)$ を乗算する計算は基本項演算部 16 の基本項乗算回路 23 b で行われる (図 5)。

20

【 0 0 7 9 】

図 6 (C) に示す標本位置 t_3 における離散データ d_3 の値 $Y(t_3)$ に着目すると、補間位置 t_0 と標本位置 t_3 との距離は $1 - b$ となる。したがって、標本位置 t_3 に基本標本化関数 $f(t)$ の中心位置を合わせたときの補間位置 t_0 における基本標本化関数の値は $f(1 - b)$ となる。実際には、離散データの値 $Y(t_3)$ に一致するように基本標本化関数 $f(t)$ の中心位置のピーク高さを合わせるため、上述した $f(1 - b)$ を $Y(t_3)$ 倍した値 $f(1 - b) \cdot Y(t_3)$ が求めたい値となる。 $f(1 - b)$ の計算は基本項演算部 16 の基本項計算回路 21 c で行われ、 $f(1 - b)$ に $Y(t_3)$ を乗算する計算は基本項演算部 16 の基本項乗算回路 23 c で行われる (図 5)。

30

【 0 0 8 0 】

図 6 (D) に示す標本位置 t_4 における離散データ d_4 の値 $Y(t_4)$ に着目すると、補間位置 t_0 と標本位置 t_4 との距離は $2 - b$ となる。したがって、標本位置 t_4 に基本標本化関数 $f(t)$ の中心位置を合わせたときの補間位置 t_0 における基本標本化関数の値は $f(2 - b)$ となる。実際には、離散データ d_4 の値 $Y(t_4)$ に一致するように基本標本化関数 $f(2 - b)$ の中心位置のピーク高さを合わせるため、上述した $f(2 - b)$ を $Y(t_4)$ 倍した値 $f(2 - b) \cdot Y(t_4)$ が求めたい値となる。 $f(2 - b)$ の計算は基本項演算部 16 の基本項計算回路 21 d で行われ、 $f(2 - b)$ に $Y(t_4)$ を乗算する計算は基本項演算部 16 の基本項乗算回路 23 d で行われる (図 5)。

40

【 0 0 8 1 】

次に、基本項演算部 16 では、補間位置 t_0 の着目点に対応して得られた 4 つの値 $f(1 + b) \cdot Y(t_1)$ 、 $f(b) \cdot Y(t_2)$ 、 $f(1 - b) \cdot Y(t_3)$ 、 $f(2 - b) \cdot Y(t_4)$ を、基本項畳み込み回路 24 によって畳み込み演算し、着目点に対応する基本補間値 y_a が計算される。なお、基本項演算部 16 全体によって行われる演算が畳み込み演算であり、基本項畳み込み回路 24 では、各基本項乗算回路 23 a ~ 23 d の乗算結果を単純に加算している。また、本実施形態の場合、補間位置 t_0 の着目点に対応して得られた値 $f(1 + b) \cdot Y(t_1)$ および $f(2 - b) \cdot Y(t_4)$ は、図 6 (A) 及

50

び (D) に示すように 0 となるため、基本補間値 y_a は、 $(f(b) \cdot Y(t_2)) + (f(1-b) \cdot Y(t_3))$ となる。

【0082】

(3-2-2) 制御補間値算出処理

一方、制御補間値算出処理の内容としては、図7(A)~(D)に示すように、各標本位置 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 毎に、制御標本化関数 $c_0(t)$ の $t=0$ (中心位置) を一致させて、各制御標本化関数 $c_0(t)$ に対応した離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 の値 $Y(t_1)$ 、 $Y(t_2)$ 、 $Y(t_3)$ 、 $Y(t_4)$ を乗算し、このときの補間位置 t_0 におけるそれぞれの制御標本化関数 $c_0(t)$ の値を求めることになる。

【0083】

図7(A)に示す標本位置 t_1 における離散データ d_1 の値 $Y(t_1)$ に着目すると、補間位置 t_0 と標本位置 t_1 との距離は $1+b$ となる。したがって、標本位置 t_1 に制御標本化関数 $c_0(t)$ の中心位置を合わせたときの補間位置 t_0 における制御標本化関数の値は $c_0(1+b)$ となる。実際には、離散データ d_1 の値 $Y(t_1)$ に対応させて制御標本化関数 $c_0(t)$ の波形高さを合わせるため、上述した $c_0(1+b)$ を $Y(t_1)$ 倍した値 $c_0(1+b) \cdot Y(t_1)$ が求めたい値となる。 $c_0(1+b)$ の計算は制御項演算部17の制御項計算回路22aで行われ、 $c_0(1+b)$ に $Y(t_1)$ を乗算する計算は制御項演算部17の制御項乗算回路25aで行われる(図5)。

【0084】

同様に、図7(B)に示す標本位置 t_2 における離散データ d_2 の値 $Y(t_2)$ に着目すると、補間位置 t_0 と標本位置 t_2 との距離は b となる。したがって、標本位置 t_2 に制御標本化関数 $c_0(t)$ の中心位置を合わせたときの補間位置 t_0 における制御標本化関数の値は $c_0(b)$ となる。実際には、離散データ d_2 の値 $Y(t_2)$ に対応させて制御標本化関数 $c_0(t)$ の波形高さを合わせるため、上述した $c_0(b)$ を $Y(t_2)$ 倍した値 $c_0(b) \cdot Y(t_2)$ が求めたい値となる。 $c_0(b)$ の計算は制御項演算部17の制御項計算回路22bで行われ、 $c_0(b)$ に $Y(t_2)$ を乗算する計算は制御項演算部17の制御項乗算回路25bで行われる(図5)。

【0085】

図7(C)に示す標本位置 t_3 における離散データ d_3 の値 $Y(t_3)$ に着目すると、補間位置 t_0 と標本位置 t_3 との距離は $1-b$ となる。したがって、標本位置 t_3 に制御標本化関数 $c_0(t)$ の中心位置を合わせたときの補間位置 t_0 における制御標本化関数の値は $c_0(1-b)$ となる。実際には、離散データ d_3 の値 $Y(t_3)$ に対応させて制御標本化関数 $c_0(t)$ の波形高さを合わせるため、上述した $c_0(1-b)$ を $Y(t_3)$ 倍した値 $c_0(1-b) \cdot Y(t_3)$ が求めたい値となる。 $c_0(1-b)$ の計算は制御項演算部17の制御項計算回路22cで行われ、 $c_0(1-b)$ に $Y(t_3)$ を乗算する計算は制御項演算部17の制御項乗算回路25cで行われる(図5)。

【0086】

図7(D)に示す標本位置 t_4 における離散データ d_4 の値 $Y(t_4)$ に着目すると、補間位置 t_0 と標本位置 t_4 との距離は $2-b$ となる。したがって、標本位置 t_4 に制御標本化関数 $c_0(t)$ の中心位置を合わせたときの補間位置 t_0 における制御標本化関数の値は $c_0(2-b)$ となる。実際には、離散データ d_4 の値 $Y(t_4)$ に対応させて制御標本化関数 $c_0(2-b)$ の波形高さを合わせるため、上述した $c_0(2-b)$ を $Y(t_4)$ 倍した値 $c_0(2-b) \cdot Y(t_4)$ が求めたい値となる。 $c_0(2-b)$ の計算は制御項演算部17の制御項計算回路22dで行われ、 $c_0(2-b)$ に $Y(t_4)$ を乗算する計算は制御項演算部17の制御項乗算回路25dで行われる(図5)。

【0087】

次に、制御項演算部17では、補間位置 t_0 の着目点に対応して得られた4つの値 $c_0(1+b) \cdot Y(t_1)$ 、 $c_0(b) \cdot Y(t_2)$ 、 $c_0(1-b) \cdot Y(t_3)$ 、 $c_0(2-b) \cdot Y(t_4)$ を、制御項畳み込み回路26によって畳み込み演算し、係数乗算部18によって可変パラメータ を乗算し、これにより着目点に対応する制御補間値 y_b が

10

20

30

40

50

計算される。なお、制御項演算部 17 全体によって行われる演算が畳み込み演算であり、制御項畳み込み回路 26 では、各制御項乗算回路 25 a ~ 25 d の乗算結果を単純に加算している。

【0088】

(3-2-3) 補間値演算処理

線形加算部 19 は、基本項演算部 16 により算出された着目点に対応する基本補間値 y_a と、制御項演算部 17 および係数乗算部 18 により算出された着目点に対応する制御補間値 y_b とを線形加算することにより、補間位置 t_0 における補間値 y を出力する。

【0089】

(3-3) 可変パラメータの数値を変更したときの補間処理結果

上述した構成に加えて、信号変換処理部 2 では、パラメータ設定部 7 によって係数乗算部 18 の可変パラメータの数値が変更されることにより標本化関数 $s_N(t)$ の値が変更され、その結果、補間値 y が変動してアナログ信号の周波数特性が変化している。以下では、可変パラメータを変更した際に、標本化関数 $s_N(t)$ がどのように変化するかについて、図 1 に示した基本標本化関数 $f(t)$ が示す波形と、制御標本化関数 $c_0(t)$ が示す波形とを合成した波形に着目して説明する。

【0090】

図 8 は、標本化関数 $s_N(t)$ の波形を示す図である。図 8 に示すように、基本標本化関数 $f(t)$ が示す波形と、制御標本化関数 $c_0(t)$ が示す波形とを合成した標本化関数 $s_N(t)$ の波形は、可変パラメータの数値によって大きく異なるものとなる。本実施形態の場合、可変パラメータを -1.5 、 -0.25 、 1.5 の順に変化させてゆくと、 $-2 \leq t \leq -1$ の領域と、 $1 \leq t \leq 2$ の領域とでは、標本化関数 $s_N(t)$ の波長の振幅が次第に高くなり波形の極性が反転することを確認した。一方、 $-1 \leq t \leq 0$ の領域と、 $0 \leq t \leq 1$ の領域とでは、標本化関数 $s_N(t)$ の波形の振幅が次第に低くなり波形の極性が反転することを確認した。

【0091】

次に、テスト曲として CD に記録されたヴァイオリン曲「Zigeunerweisen (ツィゴイナーヴァイゼン)」を、可変特性型信号変換装置 1 において約 23 秒間再生した。このとき、信号変換処理部 2 では、可変パラメータを -0.25 、 -1.5 および 1.5 にそれぞれ設定し、約 23 秒の間に入力された離散データを補間処理した。そして、このときの各標本化関数 $s_N(t)$ で補間処理したアナログ信号の周波数特性について比較したところ、図 9 に示すような結果が得られた。図 9 は、複数の可変パラメータと補間処理によって得られたアナログ信号の周波数特性との関係を示す図である。

【0092】

図 9 に示したように、可変パラメータの数値を変えた各標本化関数 $s_N(t)$ による補間処理では、可変パラメータの数値を変化させても、いずれも 20 kHz 以上の高音域で信号レベルが上昇し、従来のシャノンの標本化関数を用いた場合に比べて高域成分を再生できることが確認できた。また、可変パラメータを 1.5 に設定したときには、約 26 kHz 未満で信号レベルが低下したものの、約 26 kHz 以上の高音域で、 44.1 kHz 付近を除き信号レベルが上昇し、可変パラメータを -0.25 および -1.5 に設定した場合に比べて高域成分が再生できることが確認できた。

【0093】

一方、可変パラメータを -1.5 に設定したときには、約 26 kHz 付近で信号レベルが急激に低下したものの、約 26 kHz 未満で信号レベルが全体的に上昇するとともに、 44.1 kHz 付近を除き約 26 kHz よりも高い領域でも信号レベルが上昇し、可変パラメータを -0.25 および -1.5 に設定した場合に比べて異なる信号レベルで高域成分を再生できることが確認できた。

【0094】

さらに、可変パラメータを -0.25 に設定したときには、 44.1 kHz 付近を除いて全体的に信号レベルが上昇し、可変パラメータを 1.5 及び -1.5 に設定した場

10

20

30

40

50

合に比べて異なる信号レベルで高域成分を再生できることが確認できた。

【0095】

次に、テスト曲として再生周波数を10kHzおよび20kHzに固定した音を、可変特性型信号変換装置1で再生した。このとき、信号変換処理部2は、可変パラメータの数値を-5~5まで順次切り換えてゆき、入力部6から順次入力された離散データを補間処理した。そして、このときの可変パラメータが異なる各標本化関数 $s_N(t)$ で補間処理して得たアナログ信号の信号レベルについて比較したところ、図10に示すような結果が得られた。図10は、再生周波数を固定して可変パラメータの値を変更したときの信号レベルを示す概略図である。

【0096】

図10に示したように、10kHzの再生周波数では、可変パラメータを大きくしてゆくと、信号レベルが次第に下降してゆき、可変パラメータが2と3の間のときに信号レベルが急速に下降し、その後、再び信号レベルが急激に上昇することが確認できた。一方、20kHzの再生周波数では、可変パラメータを大きくしてゆくと、信号レベルが次第に下降してゆき、可変パラメータが4付近のときに信号レベルが急速に下降し、その後、再び信号レベルが急激に上昇することが確認できた。このように、信号変換処理部2では、可変パラメータを変動させることにより、同じ再生周波数でも異なる信号レベルで再生できることが確認できた。

【0097】

(4)動作および効果

このように、本実施形態の信号変換処理部2では、基本項演算部16に基本標本化関数 $f(t)$ を記憶しておき、離散データ抽出部15によって抽出された各離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 毎に補間位置 t_0 までの距離を t として基本標本化関数 $f(t)$ の値を計算し、離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 のそれぞれに対応させた基本標本化関数 $f(t)$ の値を畳み込み演算することにより、補間位置 t_0 での基本補間値 y_a を計算している。

【0098】

また、信号変換処理部2では、制御項演算部17に制御標本化関数 $c_0(t)$ を記憶しておき、離散データ抽出部15によって抽出された各離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 毎に補間位置 t_0 での距離を t として制御標本化関数 $c_0(t)$ の値を計算し、離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 のそれぞれに対応させた制御標本化関数 $c_0(t)$ の値を畳み込み演算した後、ユーザによって任意の数値に設定された可変パラメータを、制御標本化関数 $c_0(t)$ の畳み込み演算結果に乗算することにより、補間位置 t_0 での制御補間値 y_b を計算している。

【0099】

そして、この信号変換処理部2では、このようにして算出した基本補間値 y_a と制御補間値 y_b とを線形加算して離散データ間の補間値 y を計算することにより、制御標本化関数 $c_0(t)$ の値に乘算される可変パラメータの数値が反映された補間値 y を算出している。

【0100】

したがって、信号変換処理部2では、可変パラメータの数値が変更されることにより、標本化関数 $s_N(t)$ で補間処理して得られる補間値 y が可変パラメータに応じて調整できる。すなわち、音楽再生環境、音源、曲調等の各種条件に応じてユーザが可変パラメータを適宜変更することで、アナログ信号の周波数特性が調整されたユーザ所望の音質からなる高音質な音楽を再生することが可能となる。

【0101】

また、信号変換処理部2では、標本化関数 $s_N(t)$ として全域で1回だけ微分可能な有限台の基本標本化関数 $f(t)$ および制御標本化関数 $c_0(t)$ を用い、制御標本化関数 $c_0(t)$ に可変パラメータを乗算しているため、従来のシャノンの標本化関数を用いた場合に比べて離散データ間の補間処理に必要な演算量を大幅に減らすことができる。

10

20

30

40

50

また、シャノンの標本化関数を用いた場合に生じる打ち切り誤差が発生せず、折り返し歪みの発生を防止することができる。

【0102】

本実施形態では、特に補間位置 t_0 を挟んで前後2つずつの標本位置と同じかそれよりも狭い範囲において標本化関数 $s_N(t)$ の波形の値を0に収束させることが可能になるため、この標本化関数 $s_N(t)$ を用いてデータ補間等を行う際に、着目位置の前後2つずつ合計4つの離散データを用いるだけでよくなり、シャノンの標本化関数を用いた場合に比べて処理負担の格段的な軽減が可能になる。

【0103】

また、本実施形態では、標本化関数 $s_N(t)$ を、基本標本化関数 $f(t)$ と制御標本化関数 $c_0(t)$ とに分離して別々に記憶し、それぞれ個別に離散データに対して畳み込み演算を行い、制御標本化関数 $c_0(t)$ と離散データとの畳み込み演算結果に対して可変パラメータを乗算して、これに基本標本化関数 $s_N(t)$ と離散データとの畳み込み演算結果を加算して出力信号を得るようにしているため、制御標本化関数 $c_0(t)$ は一つ保持すればよく、制御標本化関数 $c_0(t)$ を極力単純化させることができ、制御標本化関数 $c_0(t)$ の可変制御を容易に行うことができる。

10

【0104】

(5) 他の実施の形態

なお、上述した実施形態においては、基本項演算部16および制御項演算部17によって、離散データ間にある複数の補間値を1つずつ順次算出してゆくようにした場合について説明したが、本発明はこれに限らず、離散データ間にある複数の補間値を一括で算出するようにしてもよい。

20

【0105】

図11は、複数の補間値を一括で算出する変形例を示す図である。図11では、図5と共通する構成については同じ符号が付されている。図11に示すように、信号変換処理部30は、離散データ抽出部15と変換関数行列演算部31とから構成されている。変換関数行列演算部31において、離散データ d_1, d_2, d_3, d_4 の値 $Y(t_1), Y(t_2), Y(t_3), Y(t_4)$ と、変換行列 A (後述する) とを乗算することにより、離散データ間の複数の補間値 $y_{k-2}(1), y_{k-2}(2), \dots, y_{k-2}(n)$ を順次又は一括して算出する。

30

【0106】

この変形例では、図12のように、連続する4つの離散データ d_1, d_2, d_3, d_4 のうち過去2番目の離散データ d_2 と過去3番目の離散データ d_3 との間を $1 \sim n$ まで区分けして所定の区分数(この場合、 $n+1$)で区切り、各位置での補間値 $y_{k-2}(1), y_{k-2}(2), \dots, y_{k-2}(n)$ が算出される。

【0107】

ここで、変換行列 A は次式により表される。

【0108】

【数12】

$$A = \begin{bmatrix} S_1(n+1)S_2(1)S_3(n-1)S_4(2n-1) \\ S_1(n+2)S_2(2)S_3(n-2)S_4(2n-2) \\ S_1(n+3)S_2(3)S_3(n-3)S_4(2n-3) \\ \vdots \\ S_1(2n) S_2(n)S_3(0) S_4(n) \end{bmatrix}$$

40

【0109】

50

この変換行列 A は、4 つの離散データ d 1、d 2、d 3、d 4 を用いて標本化関数 $s_N(t)$ を算出し、離散データ d 2 および d 3 の間の n 個の補間値 $y_{k-2}(1)$ 、 $y_{k-2}(2)$ 、 \dots 、 $y_{k-2}(n)$ を算出するために、標本化関数 $s_N(t)$ を要素として n 行 4 列からなる。そして、変換行列 A は、離散データ d 1、d 2、d 3、d 4 の値 $Y(t1)$ 、 $Y(t2)$ 、 $Y(t3)$ 、 $Y(t4)$ を要素とした 1 列の行列 X が乗算されることにより補正值 $y_{k-2}(1)$ 、 $y_{k-2}(2)$ 、 \dots 、 $y_{k-2}(n)$ を求めることができる。すなわち、補正值 $y_{k-2}(1)$ 、 $y_{k-2}(2)$ 、 \dots 、 $y_{k-2}(n)$ は、次式により求めることができる。

【 0 1 1 0 】

【 数 1 3 】

$$\begin{bmatrix} y_{k-2}(1) \\ y_{k-2}(2) \\ y_{k-2}(3) \\ \vdots \\ y_{k-2}(n) \end{bmatrix} = A X = \begin{bmatrix} S_1(n+1)S_2(1)S_3(n-1)S_4(2n-1) \\ S_1(n+2)S_2(2)S_3(n-2)S_4(2n-2) \\ S_1(n+3)S_2(3)S_3(n-3)S_4(2n-3) \\ \vdots \\ S_1(2n) S_2(n)S_3(0) S_4(n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y(t1) \\ Y(t2) \\ Y(t3) \\ Y(t4) \end{bmatrix}$$

10

20

【 0 1 1 1 】

ここで、変換行列 A は、次式の基本項行列 B と、可変パラメータ を乗算した次式の制御項行列 C との和であり、 $A = B + C$ で表される。

【 0 1 1 2 】

【 数 1 4 】

$$B = \begin{bmatrix} f_1(n+1)f_2(1)f_3(n-1)f_4(2n-1) \\ f_1(n+2)f_2(2)f_3(n-2)f_4(2n-2) \\ f_1(n+3)f_2(3)f_3(n-3)f_4(2n-3) \\ \vdots \\ f_1(2n) f_2(n)f_3(0) f_4(n) \end{bmatrix}$$

30

【 0 1 1 3 】

【 数 1 5 】

$$C = \begin{bmatrix} c_1(n+1)c_2(1)c_3(n-1)c_4(2n-1) \\ c_1(n+2)c_2(2)c_3(n-2)c_4(2n-2) \\ c_1(n+3)c_2(3)c_3(n-3)c_4(2n-3) \\ \vdots \\ c_1(2n) c_2(n)c_3(0) c_4(n) \end{bmatrix}$$

40

【 0 1 1 4 】

基本項行列 B は基本標本化関数 $f(t)$ を要素とし、制御項行列 C は制御標本化関数 $c(t)$ を要素としている (t は補間点と標本位置との距離を示す)。したがって、補間値

50

$y_{k-2}(1)$ 、 $y_{k-2}(2)$ 、 \dots 、 $y_{k-2}(n)$ は、次式により表される。

【 0 1 1 5 】

【 数 1 6 】

$$\begin{bmatrix} y_{k-2}(1) \\ y_{k-2}(2) \\ y_{k-2}(3) \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ y_{k-2}(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_1(n+1)S_2(1)S_3(n-1)S_4(2n-1) \\ S_1(n+2)S_2(2)S_3(n-2)S_4(2n-2) \\ S_1(n+3)S_2(3)S_3(n-3)S_4(2n-3) \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ S_1(2n) S_2(n) S_3(0) S_4(n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y(t1) \\ Y(t2) \\ Y(t3) \\ Y(t4) \end{bmatrix}$$

10

$$= \begin{bmatrix} f_1(n+1)f_2(1)f_3(n-1)f_4(2n-1) \\ f_1(n+2)f_2(2)f_3(n-2)f_4(2n-2) \\ f_1(n+3)f_2(3)f_3(n-3)f_4(2n-3) \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ f_1(2n) f_2(n)f_3(0) f_4(n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y(t1) \\ Y(t2) \\ Y(t3) \\ Y(t4) \end{bmatrix} + \alpha \begin{bmatrix} c_1(n+1)c_2(1)c_3(n-1)c_4(2n-1) \\ c_1(n+2)c_2(2)c_3(n-2)c_4(2n-2) \\ c_1(n+3)c_2(3)c_3(n-3)c_4(2n-3) \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ c_1(2n) c_2(n)c_3(0) c_4(n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y(t1) \\ Y(t2) \\ Y(t3) \\ Y(t4) \end{bmatrix}$$

20

【 0 1 1 6 】

實際上、変換関数行列演算部 3 1 は、図 1 3 に示すように、基本項行列 B および行列 X の演算を実行する基本項行列演算回路 3 2 と、制御項行列 C および行列 X の演算を実行する制御項行列演算回路 3 3 と、制御項行列演算回路 3 3 の算出結果に可変パラメータを乗算する複数の係数乗算部 1 8 a 1、1 8 a 2、 \dots 、1 8 a n と、基本項行列演算回路 3 2 からの算出結果と係数乗算部 1 8 a 1、1 8 a 2、 \dots 、1 8 a n からの算出結果とを線形加算する複数の線形加算部 1 9 a 1、1 9 a 2、 \dots 、1 9 a n とから構成されている。

30

【 0 1 1 7 】

基本項行列演算回路 3 2 は、離散データ間の区分数に応じて基本標本化関数としての基本項行列 B を予め計算しておき、これにより得られた演算値をテーブル化した基本項行列 B を所定の記憶手段に記憶している。また、基本項行列演算回路 3 2 は、離散データ抽出部 1 5 から離散データ d 1、d 2、d 3、d 4 を受け取ると、所定の記憶手段に予め記憶されたテーブル値としての基本項行列 B に、離散データ d 1、d 2、d 3、d 4 の値 $Y(t1)$ 、 $Y(t2)$ 、 $Y(t3)$ 、 $Y(t4)$ を一列の行列 X として乗算する。そして、基本項行列演算回路 3 2 は、その結果得られた行列の各行の値を、それぞれ対応する線形加算部 1 9 a 1、1 9 a 2、 \dots 、1 9 a n へ送出する。すなわち、基本項行列演算回路 3 2 は、算出結果として得られた行列の 1 行目の $(f_1(n+1) \cdot Y(t1)) + (f_2(1) \cdot Y(t2)) + (f_3(n-1) \cdot Y(t3)) + (f_4(2n-1) \cdot Y(t4))$ を線形加算部 1 9 a 1 に送出し、次の 2 行目の $(f_1(n+2) \cdot Y(t1)) + (f_2(2) \cdot Y(t2)) + (f_3(n-2) \cdot Y(t3)) + (f_4(2n-2) \cdot Y(t4))$ を次の線形加算部 1 9 a 2 に送出し、以後 3 行目 ~ n 行目までの各値をそれぞれ異なる線形加算部 1 9 a 3、 \dots 、1 9 a n へ送出する。

40

【 0 1 1 8 】

一方、制御項行列演算回路 3 3 は、離散データ間の区分数に応じて制御標本化関数としての制御項行列 C を予め計算しておき、これにより得られた演算値をテーブル化した制御項行列 C を所定の記憶手段に記憶している。また、制御項行列演算回路 3 3 は、離散データ抽出部 1 5 から離散データ d 1、d 2、d 3、d 4 を受け取ると、所定の記憶手段に予

50

め記憶されたテーブル値としての制御項行列 C に、離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 の値 $Y(t_1)$ 、 $Y(t_2)$ 、 $Y(t_3)$ 、 $Y(t_4)$ を一列の行列 X として乗算する。そして、制御項行列演算回路 33 は、その結果得られた行列の各行の値を、それぞれ対応する係数乗算部 $18a_1$ 、 $18a_2$ 、 \dots 、 $18a_n$ へ送出する。すなわち、制御項行列演算回路 33 は、演算結果として得られた行列の 1 行目の $(c_1(n+1) \cdot Y(t_1)) + (c_2(1) \cdot Y(t_2)) + (c_3(n-1) \cdot Y(t_3)) + (c_4(2n-1) \cdot Y(t_4))$ を係数乗算部 $18a_1$ に送出し、次の 2 行目の $(c_1(n+2) \cdot Y(t_1)) + (c_2(2) \cdot Y(t_2)) + (c_3(n-2) \cdot Y(t_3)) + (c_4(2n-2) \cdot Y(t_4))$ を次の係数乗算部 $18a_2$ に送出し、以後 3 行目 ~ n 行目までの各値をそれぞれ異なる係数乗算部 $18a_3$ 、 \dots 、 $18a_n$ へ送出する。

10

【0119】

各係数乗算部 $18a_1$ 、 $18a_2$ 、 \dots 、 $18a_n$ は、パラメータ設定部 7 でユーザにより設定された可変パラメータを、制御項行列演算回路 33 で算出された行列の各行の値に乘算し、これを対応する線形加算部 $19a_1$ 、 $19a_2$ 、 \dots 、 $19a_n$ へ送出する。各線形加算部 $19a_1$ 、 $19a_2$ 、 \dots 、 $19a_n$ は、基本項行列演算回路 32 から受け取った算出結果と、係数乗算部 $18a_1$ 、 $18a_2$ 、 \dots 、 $18a_n$ から受け取った算出結果とを同じ行毎に線形加算し、これにより補間値 $y_{k-2}(1)$ 、 $y_{k-2}(2)$ 、 \dots 、 $y_{k-2}(n)$ を出力する。

【0120】

このように、信号変換処理部 30 では、上述した実施の形態と同様の効果に加えて、基本項行列演算回路 32 に基本項行列 B を記憶しておくとともに、制御項行列演算回路 33 に制御項行列 C を記憶しておき、離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 の値 $Y(t_1)$ 、 $Y(t_2)$ 、 $Y(t_3)$ 、 $Y(t_4)$ を一列の行列 X として乗算するようにしたことにより、連続する 4 つの離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 のうち所定の離散データ d_2 および d_3 の間の補間位置 1 ~ n までの補間値 $y_{k-2}(1)$ 、 $y_{k-2}(2)$ 、 \dots 、 $y_{k-2}(n)$ を一括して容易に算出することができる。

20

【0121】

なお、上述した実施形態においては、着目する離散データ間の区分数が $n+1$ で一定数である離散データ列に適用する基本項行列 B および制御項行列 C を用いる場合について説明したが、本発明はこれに限らず、着目する離散データ間の区分数が異なる複数の離散データ列に適用可能な基本項行列および制御項行列を用いるようにしてもよい。すなわち、この場合、変換関数行列演算部では、区分数が異なる複数の離散データ列に適用するため、これら複数の区分数の最小公倍数の区分数で基本項行列 B および制御項行列 C を予め演算してテーブル化しておき、離散データの入力開始時に設定される区分数に応じて、基本項行列 B および制御項行列 C のうちから当該区分数に対応した演算値をテーブル値として選択して、選択したテーブル値と離散データとの畳み込み演算を実行する。これにより、変換関数行列演算部では、1 つの基本項行列 B 及び制御項行列 C のみを予め記憶しているだけで、区分数が異なる複数の離散データ列に対応することができることから、記憶手段での記憶容量を減らし、装置全体としての処理負担を低減することができる。例えば、区分数 2 (離散データの間に 1 つの補間値を生成する場合) と区分数 3 (離散データの間に 2 つの補間値を生成する場合) とを考えると、これらの区分数の最小公倍数は 6 であるため、区分数 6 に対応するテーブル値 (関数値) を保持しておけば、区分数 2 と区分数 3 の両方の畳み込み演算をこの一つのテーブルを用いて行うことが可能になる。

30

40

【0122】

また、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。例えば、標本化関数 $s_N(t)$ を全域で 1 回だけ微分可能な有限台の関数としたが、微分可能回数を 2 回以上に設定してもよい。

【0123】

また、上述した実施形態においては、標本化関数 $s_N(t)$ を用いて補間処理を行うことによりアナログ信号を生成するようにした場合についてのべたが、本発明はこれに限ら

50

ず、標本化関数 $s_N(t)$ を用いて補間処理を行うことにより単にオーバーサンプリングし、その後アナログデジタル変換器でアナログ信号を生成するようにしてもよい。

【0124】

さらに、上述した実施形態においては、標本化関数 $s_N(t)$ は $t = \pm 2$ で 0 に収束するようにしたが、本発明はこれに限らず、 $t = \pm 3$ 以上で 0 に収束するようにしてもよい。例えば、 $t = \pm 3$ で 0 に収束するようにした場合には、離散データ抽出部 15 によって直前の 6 つの離散データを抽出し、関数処理部 14 によってこれら 6 つの離散データに対して標本化関数 $s_N(t)$ の値が計算される。

【0125】

さらに、上述した実施形態においては、基本項演算部 16 に基本標本化関数 $f(t)$ を記憶し、これとは別に制御項演算部 17 に制御標本化関数 $c_0(t)$ を記憶しておき、それぞれ基本標本化関数 $f(t)$ および制御標本化関数 $c_0(t)$ 毎に離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 に対する畳み込み演算を行って基本補間値 y_a と制御補間値 y_b とを算出した後、基本補間値 y_a と制御補間値 y_b との線形和加算で補間値 y を算出するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らない。例えば、関数処理部 14 は、基本標本化関数 $f(t)$ に可変パラメータ と制御標本化関数 $c_0(t)$ とを乗算した結果を加算してこれらの線形結合を行うことにより、この可変パラメータ に対応する具体的な標本化関数 $s_N(t)$ を特定し、この標本化関数 $s_N(t)$ を用いて、離散データ d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 に対する畳み込み演算を行って補間値 y を直接算出するようにしてもよい。これにより、関数処理部 14 では、基本標本化関数 $f(t)$ および制御標本化関数 $c_0(t)$ のそれぞれを用いて別々に畳み込み演算する場合に比べて乗算回数が少なくなり、演算時間の低減や、乗算器の低減を図ることができ、処理速度の遅い演算デバイスを用いる場合に適している。

【図面の簡単な説明】

【0126】

【図1】本発明の補間処理に用いられる標本化関数を構成する基本標本化関数と制御標本化関数の波形形状を示す図である。

【図2】一実施形態の可変特性型信号変換装置の構成を示す図である。

【図3】プログラマブル信号処理プロセッサ内の信号変換処理部の構成を示す図である。

【図4】連続する4つの離散データと、補間位置である着目点との位置関係を示す図である。

【図5】信号変換処理部の具体的な構成を示す図である。

【図6】基本項演算部における所定の補間位置に対する補間処理の概略を示す図である。

【図7】制御項演算部における所定の補間位置に対する補間処理の概略を示す図である。

【図8】標本化関数の波形を示す図である。

【図9】複数の可変パラメータ と補間処理によって得られたアナログ信号の周波数特性との関係を示す図である。

【図10】再生周波数を固定して可変パラメータの値を変更したときの信号レベルを示す概略図である。

【図11】複数の補間値を一括で算出する変形例を示す図である。

【図12】4つの離散データと着目点との位置関係と、補間位置を示す概略図である。

【図13】他の実施の形態による信号変換処理部の詳細構成を示すブロック図である。

【図14】従来におけるシャノンの標本化関数の波形を示す概略図である。

【符号の説明】

【0127】

- 2 信号変換処理部
- 3 プログラマブル信号処理プロセッサ
- 10 セレクタ
- 14 関数処理部
- 15 離散データ抽出部

10

20

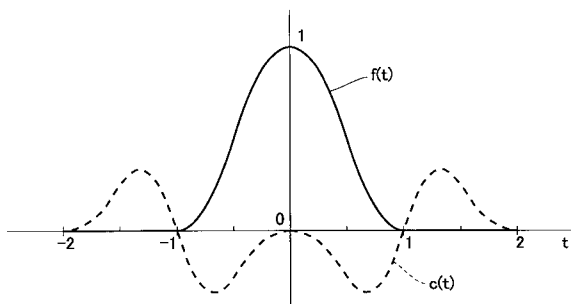
30

40

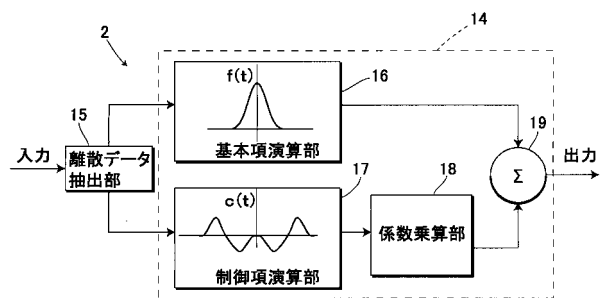
50

- 1 6 基本項演算部
- 1 7 制御項演算部
- 1 8 係数乗算部
- 1 9 線形加算部
- 3 2 基本項行列演算回路
- 3 3 制御項行列演算回路

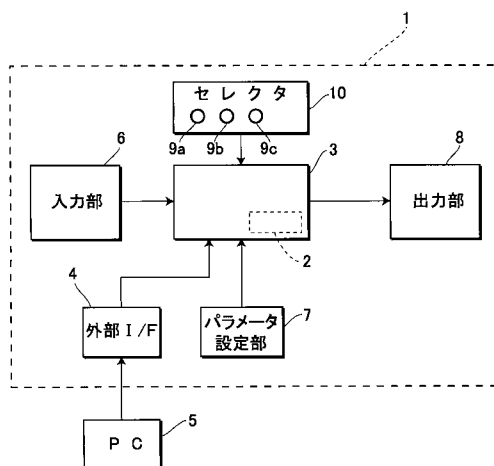
【 図 1 】



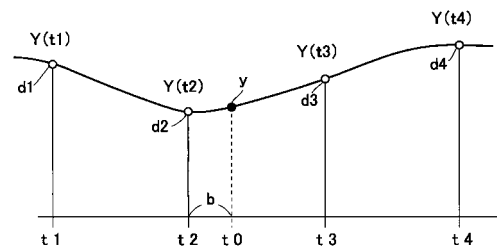
【 図 3 】



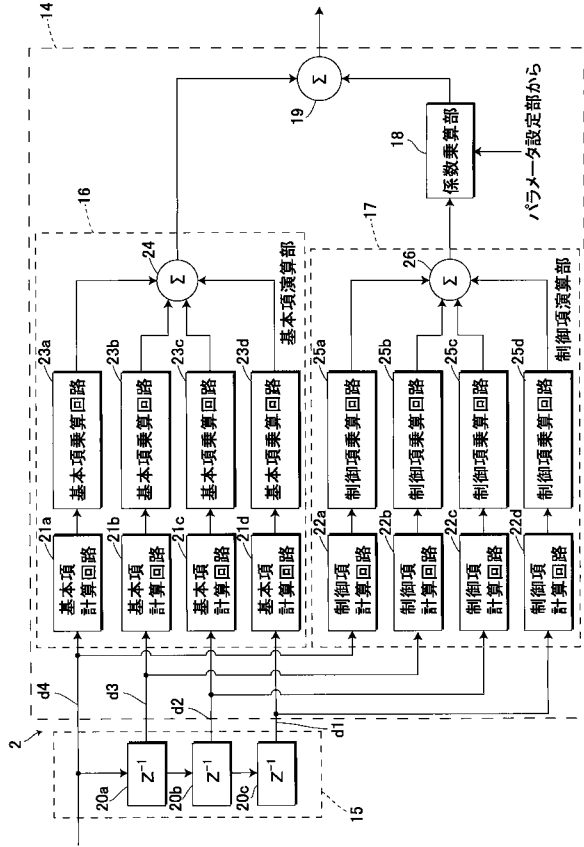
【 図 2 】



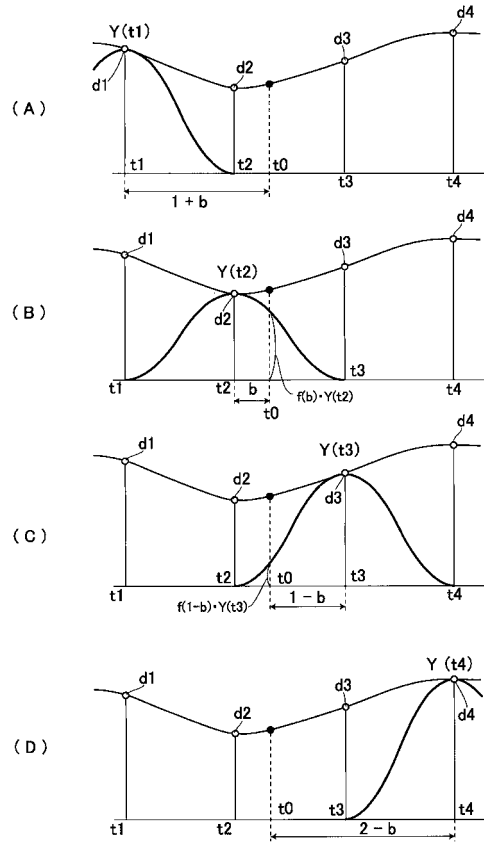
【 図 4 】



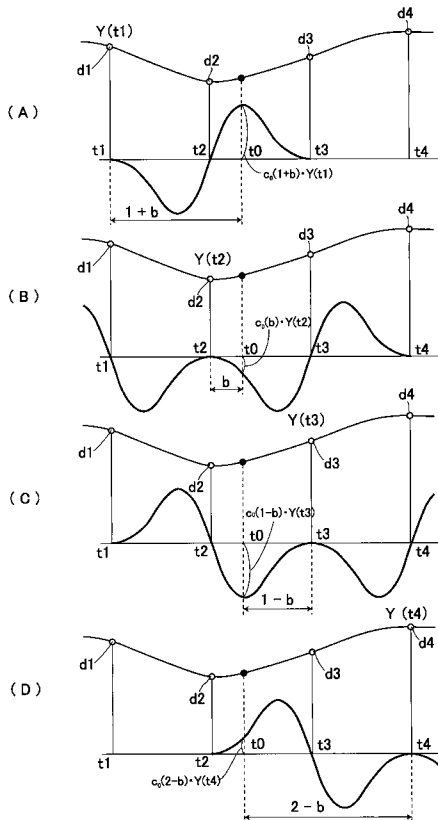
【図5】



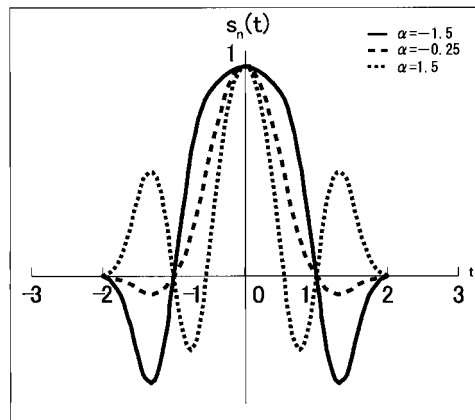
【図6】



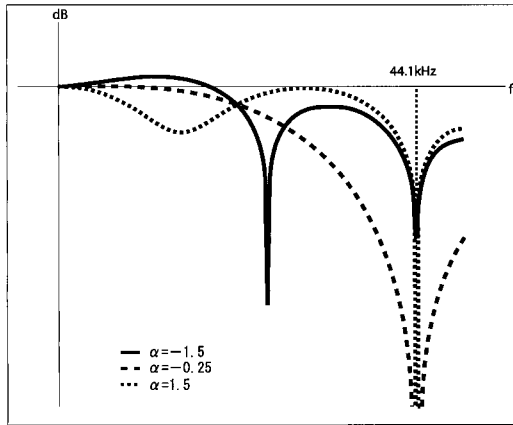
【図7】



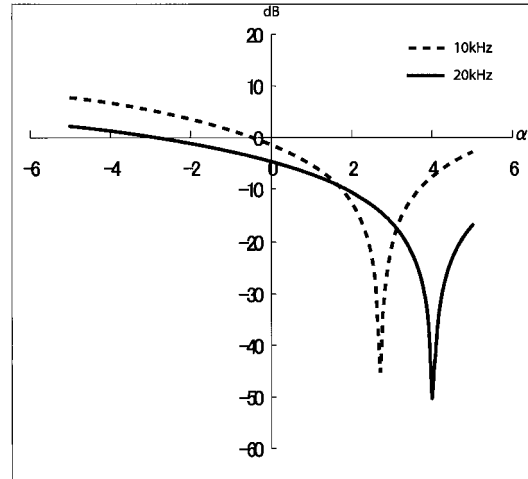
【図8】



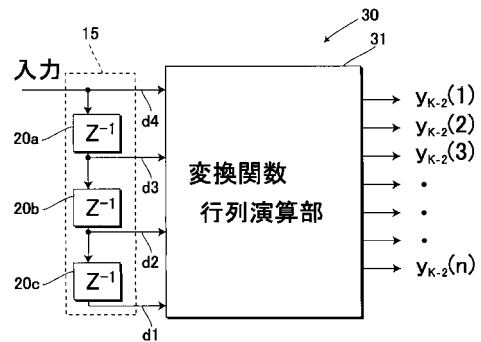
【図9】



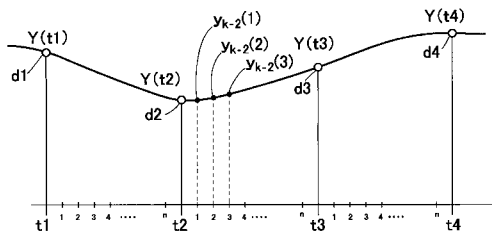
【図10】



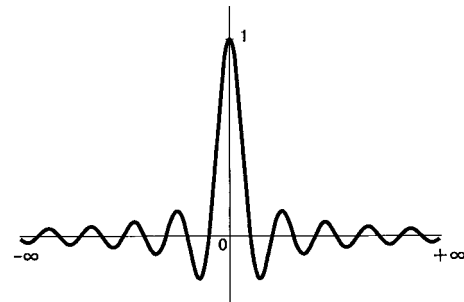
【図11】



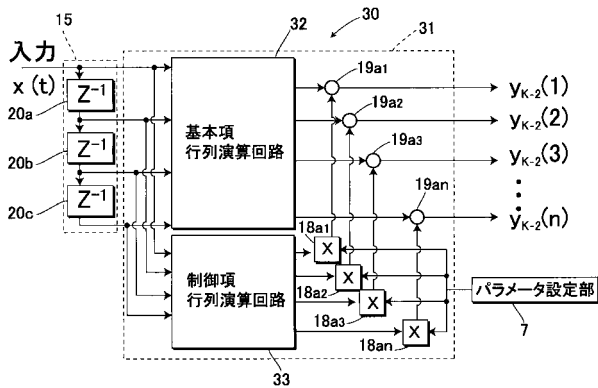
【図12】



【図14】



【図13】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 0 6 F 1 7 / 1 7

H 0 3 H 1 7 / 0 0