

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4293712号
(P4293712)

(45) 発行日 平成21年7月8日(2009.7.8)

(24) 登録日 平成21年4月17日(2009.4.17)

(51) Int.Cl.		F I			
G 1 0 H	7/00	(2006.01)	G 1 0 H	7/00	5 1 1 M
G 1 0 H	1/00	(2006.01)	G 1 0 H	1/00	1 0 2 Z

請求項の数 8 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2000-150040 (P2000-150040)	(73) 特許権者	000116068 ローランド株式会社 静岡県浜松市北区細江町中川2036番地の1
(22) 出願日	平成12年5月22日(2000.5.22)	(74) 代理人	110000534 特許業務法人しんめいセンチュリー
(65) 公開番号	特開2001-188544 (P2001-188544A)	(72) 発明者	星合 厚 大阪府大阪市北区堂島浜1丁目4番16号 ローランド株式会社内
(43) 公開日	平成13年7月10日(2001.7.10)		
審査請求日	平成19年5月21日(2007.5.21)	審査官	益戸 宏
(31) 優先権主張番号	特願平11-295247	(56) 参考文献	特開平07-295589 (JP, A) 特開平11-161272 (JP, A)
(32) 優先日	平成11年10月18日(1999.10.18)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 オーディオ波形再生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

オーディオ波形を表す波形データを記憶する記憶手段と、
該オーディオ波形を再生するときのテンポを表す再生テンポ情報を入力する再生テンポ情報入力手段と、

共通の軸上のそれぞれの位置を表す第1の情報(TP)と第2の情報(PP)であって、

該再生テンポ情報に基づいた時間関数である該第1の情報(TP)を生成する第1の時間関数生成手段と、

前記波形データのサンプリング周波数と時間軸圧縮伸長情報(TR)とに基づいた時間関数である該第2の情報(PP)を生成する第2の時間関数生成手段と、

該第1の情報と該第2の情報とを比較し、第1の情報の時間変化に第2の情報の時間変化が一致する方向に該時間軸圧縮伸長情報(TR)を演算する時間軸圧縮伸長情報生成手段と、

該時間軸圧縮伸長情報(TR)に基づき該オーディオ波形を時間軸圧縮伸長処理して再生オーディオ波形を生成する時間軸圧縮伸長処理手段とを備えたオーディオ波形再生装置。

【請求項2】

該記憶手段の波形データは、該オーディオ波形をサンプリング録音した振幅値データの時系列であるPCMデータであって、

10

20

該時間軸圧縮伸長処理手段は、該PCMデータを時間軸圧縮伸長情報（TR）に基づいて時間軸圧縮伸長処理して再生オーディオ波形を生成するものである請求項1記載のオーディオ波形再生装置。

【請求項3】

該共通の軸上とは、該PCMデータのアドレス上の位置を表すものである請求項2記載のオーディオ波形再生装置。

【請求項4】

該記憶手段は、該オーディオ波形を録音するときのテンポを表すオリジナルテンポ情報を更に記憶するものであり、

該再生テンポ情報は、該オーディオ波形を再生するときのテンポに対応して発生するテンポクロックの周期を示すものであり、

該第1の時間関数生成手段は、該オリジナルテンポ情報に基づいて該再生テンポ情報の1周期あたりのアドレスの変化量を算出し、該テンポクロックが入力される毎に逐次に該変化量ずつ歩進される該PCMデータ上の位置を表す時間関数である第1の情報（TP）を生成するもので、

該第2の時間関数生成手段は、再生サンプリング周期毎に逐次に該時間軸圧縮伸長情報（TR）ずつ歩進される該PCMデータ上の位置を表す時間関数である第2の情報（PP）を生成するもので、

該時間軸圧縮伸長情報生成手段は、該再生テンポ情報毎に該第1の情報（TP）と第2の情報（PP）とを比較して該第1の情報に第2の情報が一致する方向の歩進量である該時間軸圧縮伸長情報（TR）を演算するものである請求項3記載のオーディオ波形再生装置。

【請求項5】

該記憶手段の波形データは、該オーディオ波形を分析しそのオーディオ波形を表す分析データであって、

該時間軸圧縮伸長処理手段は、該分析データを該時間軸圧縮伸長情報（TR）に基づいて時間軸圧縮伸長処理して再生オーディオ波形を生成するものである請求項1記載のオーディオ波形再生装置。

【請求項6】

該共通の軸上とは、該オーディオ波形の時間軸を表す仮想アドレス上の位置を表すものである請求項5記載のオーディオ波形再生装置。

【請求項7】

該記憶手段は、該オーディオ波形を録音するときのテンポを表すオリジナルテンポ情報を更に記憶するものであり、

該再生テンポ情報は、該オーディオ波形を再生するときのテンポに対応して発生するテンポクロックの周期を示すものであり、

該第1の時間関数生成手段は、該オリジナルテンポ情報に基づいて該再生テンポ情報の1周期あたりのアドレスの変化量を算出し、該テンポクロックが入力される毎に逐次に該変化量ずつ歩進される該仮想アドレス上の位置を表す時間関数である第1の情報（TP）を生成するもので、

該第2の時間関数生成手段は、再生サンプリング周期毎に逐次に該時間軸圧縮伸長情報（TR）ずつ歩進される該仮想アドレス上の位置を表す時間関数である第2の情報（PP）を生成するもので、

該時間軸圧縮伸長情報生成手段は、該再生テンポ情報毎に該第1の情報（TP）と第2の情報（PP）とを比較して該第1の情報に第2の情報が一致する方向の歩進量である該時間軸圧縮伸長情報（TR）を演算するものである請求項6記載のオーディオ波形再生装置。

【請求項8】

該時間軸圧縮伸長処理手段において生成されるオーディオ波形は、該再生テンポに基づく所定の繰返し周期毎に、オーディオ波形の先頭位置から生成を繰り返すように構成した

10

20

30

40

50

請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載のオーディオ波形再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、固有のテンポを持つオーディオ波形をサンプリング録音などで記憶しておき、このオーディオ波形を、再生時に任意に指定した再生テンポにテンポを変更して再生するオーディオ波形再生装置に関するものである。

【0002】

この再生テンポは外部から入力されたテンポ情報（例えばMIDI信号の場合はF8で表わされるシステム・リアルタイム・メッセージのタイミング・クロックなど）あるいは装置内部で設定した内部テンポ情報のいずれでもよく、本装置ではこれらのテンポ情報に応じた再生速度で波形再生を行うことができる。

10

【0003】

【従来の技術】

従来、サンプリング録音したオーディオ波形を再生するにあたり、ピッチを変えずにその再生速度を変化させる時間軸圧縮伸長技術が種々知られており、オーディオ波形を再生するにあたりその元のテンポ（録音時のテンポ）を任意のテンポに変える場合にもこの時間軸圧縮伸長技術が利用される。

【0004】

例えば、特開平7-295589号公報に開示されている発明では、サンプリング録音したオーディオ波形を、その録音時のテンポから所望の再生テンポに変更するよう時間軸圧縮伸長して再生する場合には、オーディオ波形のオリジナルのテンポ（録音時のテンポ）と再生しようとするテンポとの比を求めて、その比を時間軸圧縮伸長量とすることで、オーディオ波形の時間軸を圧縮／伸長して、元のオーディオ波形を再生テンポの再生速度で再生している。

20

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の方法は、オーディオ波形の再生にあたり、まず初めに時間軸圧縮伸長処理の量を求めてそれを予め設定し、波形再生している間にわたりその時間軸圧縮伸長処理の量を維持するものである。一方、音楽は通常、時間経過に従ってテンポがある程度変化するものであり、このため、オーディオ波形の再生の進行に従って、設定したテンポ比に誤差が生じてくることになり、その誤差が蓄積してテンポが外れてしまうので、テンポの時間変化に追従したオーディオ波形の再生が難しかった。また、再生中に再生速度の変更（例えばリタルダンドやアツチェレランドなどのような速度標語による変更など）があったりした場合にも、再生テンポに追従したオーディオ波形の再生ができない。

30

【0006】

本発明は上述の問題点に鑑みてなされたものであり、録音したオーディオ波形を、録音時のテンポとは異なる任意のテンポで再生するときにも、テンポを外すことなく再生することを目的とする。また、オーディオ波形を、テンポの時間的な変化に対しても正確に追従して再生することを目的とするものであり、特に、リアルタイムの処理においても、テンポ情報の時間的な変化に正確に追従できるものである。

40

【0007】

【課題を解決するための手段および作用】

上述の課題を解決するために、請求項1記載のオーディオ波形再生装置は、オーディオ波形を表す波形データを記憶する記憶手段と、該オーディオ波形を再生するときのテンポを表す再生テンポ情報を入力する再生テンポ情報入力手段と、共通の軸上のそれぞれの位置を表す第1の情報（TP）と第2の情報（PP）であって、該再生テンポ情報に基づいた時間関数である該第1の情報（TP）を生成する第1の時間関数生成手段と、前記波形データのサンプリング周波数と時間軸圧縮伸長情報（TR）とに基づいた時間関数である該第2の情報（PP）を生成する第2の時間関数生成手段と、該第1の情報と該第2の情報

50

とを比較し、第1の情報の時間変化に第2の情報の時間変化が一致する方向に該時間軸圧縮伸長情報（TR）を演算する時間軸圧縮伸長情報生成手段と、該時間軸圧縮伸長情報（TR）に基づき該オーディオ波形を時間軸圧縮伸長処理して再生オーディオ波形を生成する時間軸圧縮伸長処理手段とを備えている。

【0008】

このオーディオ波形再生装置は、録音したオーディオ波形を再生する再生テンポの時間的な変化に対しても正確に追従する時間軸圧縮伸長情報を生成し、その時間軸圧縮伸長情報に従って、録音したオーディオ波形に時間軸圧縮伸長処理を施すというものであり、再生テンポ情報の時間的な変化に対しても正確に追従してオーディオ波形を再生することができる。すなわち、記憶手段に、オーディオ波形を表す波形データとオーディオ波形の録音時のテンポであるオリジナルテンポ情報とを予め記憶しておく。再生テンポ情報入力手段によって、オーディオ波形を再生するときのテンポを表す再生テンポ情報を入力する。第1の時間関数生成手段は、再生テンポ情報に基づいた時間関数である第1の情報（TP）を生成し、第2の時間関数生成手段は、波形データのサンプリング周波数と時間軸圧縮伸長情報（TR）とに基づいた時間関数である第2の情報（PP）を生成する。時間軸圧縮伸長情報生成手段は、第1の情報と第2の情報とを比較し、第1の情報の時間変化に第2の情報の時間変化が一致する方向に時間軸圧縮伸長情報（TR）を演算する。このように時間軸圧縮伸長情報（TR）を逐次に演算することで、時間軸圧縮伸長処理手段は、この時間軸圧縮伸長情報に基づきオーディオ波形を時間軸圧縮伸長処理して、録音したオーディオ波形を再生テンポ情報の時間的な変化に対しても正確に追従して再生することができる。

【0009】

請求項2記載のオーディオ波形再生装置は、請求項1記載のオーディオ波形再生装置において、該記憶手段の波形データは、該オーディオ波形をサンプリング録音した振幅値データの時系列であるPCMデータであって、該時間軸圧縮伸長処理手段は、該PCMデータを時間軸圧縮伸長情報（TR）に基づいて時間軸圧縮伸長処理して再生オーディオ波形を生成するものである。

【0010】

請求項3記載のオーディオ波形再生装置は、請求項2記載のオーディオ波形再生装置において、該共通の軸上とは、該PCMデータのアドレス上の位置を表すものである。

【0011】

【0012】

請求項4記載のオーディオ波形再生装置は、請求項3記載のオーディオ波形再生装置において、該記憶手段は、該オーディオ波形を録音するときのテンポを表すオリジナルテンポ情報を更に記憶するものであり、該再生テンポ情報は、該オーディオ波形を再生するときのテンポに対応して発生するテンポクロックの周期を示すものであり、該第1の時間関数生成手段は、該オリジナルテンポ情報に基づいて該再生テンポ情報の1周期あたりのアドレスの変化量を算出し、該テンポクロックが入力される毎に逐次に該変化量ずつ歩進される該PCMデータ上の位置を表す時間関数である第1の情報（TP）を生成するもので、該第2の時間関数生成手段は、再生サンプリング周期毎に逐次に該時間軸圧縮伸長情報（TR）ずつ歩進される該PCMデータ上の位置を表す時間関数である第2の情報（PP）を生成するもので、該時間軸圧縮伸長情報生成手段は、該再生テンポ情報毎に該第1の情報（TP）と第2の情報（PP）とを比較して該第1の情報に第2の情報が一致する方向の歩進量である該時間軸圧縮伸長情報（TR）を演算するものである。

【0013】

請求項5記載のオーディオ波形再生装置は、請求項1記載のオーディオ波形再生装置において、該記憶手段の波形データは、該オーディオ波形を分析しそのオーディオ波形を表す分析データであって、該時間軸圧縮伸長処理手段は、該分析データを該時間軸圧縮伸長情報（TR）に基づいて時間軸圧縮伸長処理して再生オーディオ波形を生成するものである。

【0014】

請求項6記載のオーディオ波形再生装置は、請求項5記載のオーディオ波形再生装置において、該共通の軸上とは、該オーディオ波形の時間軸を表す仮想アドレス上の位置を表すものである。

【0015】

【0016】

請求項7記載のオーディオ波形再生装置は、請求項6記載のオーディオ波形再生装置において、該記憶手段は、該オーディオ波形を録音するときのテンポを表すオリジナルテンポ情報を更に記憶するものであり、該再生テンポ情報は、該オーディオ波形を再生するときのテンポに対応して発生するテンポクロックの周期を示すものであり、該第1の時間関数生成手段は、該オリジナルテンポ情報に基づいて該再生テンポ情報の1周期あたりのアドレスの変化量を算出し、該テンポクロックが入力される毎に逐次に該変化量ずつ歩進される該仮想アドレス上の位置を表す時間関数である第1の情報(TP)を生成するもので、該第2の時間関数生成手段は、再生サンプリング周期毎に逐次に該時間軸圧縮伸長情報(TR)ずつ歩進される該仮想アドレス上の位置を表す時間関数である第2の情報(PP)を生成するもので、該時間軸圧縮伸長情報生成手段は、該再生テンポ情報毎に該第1の情報(TP)と第2の情報(PP)とを比較して該第1の情報に第2の情報が一致する方向の歩進量である該時間軸圧縮伸長情報(TR)を演算するものである。

10

【0017】

請求項8記載のオーディオ波形再生装置は、請求項1～7のいずれかに記載のオーディオ波形再生装置において、該時間軸圧縮伸長処理手段において生成されるオーディオ波形は、該再生テンポに基づく所定の繰返し周期毎に、オーディオ波形の先頭位置から生成を繰り返すように構成したものである。

20

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。図1には本発明の一実施例としてのオーディオ波形再生装置が示される。この実施例は鍵盤型の電子楽器に本発明に係る装置を搭載したものである。

【0019】

図1において、CPU1はセントラル・プロセッシング・ユニットであり、ROM2に記憶した制御プログラムに従って動作し、装置全体の制御を司る。例えば、後述する鍵盤4、操作子群5の操作状態を検出したり、MIDIインタフェース6、DSP7などを制御する。ROM2はリード・オンリー・メモリであり、CPU1やDSP7の制御プログラムを記憶する。なお、このDSP7の制御プログラムはCPU1を介してDSP7に転送される。RAM3はランダム・アクセス・メモリであり、CPU1の処理に使用する作業用のワークメモリなどとして利用される。また、予めサンプリング録音したオーディオ波形の波形データを複数種類格納する。

30

【0020】

4は鍵盤であり、通常はユーザが演奏操作を行う際などに演奏情報を入力するために用いられるものであるが、本発明に係わるオーディオ波形再生を行う際には、この鍵盤4のいずれかの鍵を押鍵(キーオン)することで波形再生(発音開始)を指示し、全ての鍵を離鍵(キーオフ)することで波形再生の停止(発音停止)を指示するようにしている。その際、その押鍵された鍵のノートナンバー(複数の押鍵があるときは最高音のノートナンバー)は、再生するオーディオ波形の音高情報として利用される。

40

【0021】

5は操作子群であり、各種の設定を行ったりする各種操作子からなる。本発明に係わるものとしては、例えば再生テンポ(再生時のテンポ)を設定するためのテンポ設定操作子、再生テンポに対応して発生するテンポクロックをテンポ設定操作子による内部発生とするかMIDI信号などによる外部入力とするかを選択するための演奏テンポ選択スイッチ、RAM3中の任意の波形データを再生のために選択するオーディオ波形選択スイッチなど

50

がある。この操作子群 5 には設定状態等を表示する表示器も含む。

【 0 0 2 2 】

6 は M I D I インタフェースであり、M I D I 信号を入力 / 出力するインタフェースとなる。本実施例では、この M I D I インタフェース 6 を介して M I D I 信号のタイミング・クロックが外部からのテンポ情報として入力される。

【 0 0 2 3 】

波形メモリ 8 は R A M からなり、楽器音や人声などのオーディオ波形をサンプリング録音 (P C M 録音) して生成した P C M 波形データ列を再生のために波形データとして記憶する。このオーディオ波形は、あるテンポ (オリジナルテンポという) を持って演奏された一連の楽曲 (フレーズ) などからなる。この波形メモリ 8 には、ユーザがオーディオ波形選択スイッチで任意に選択したオーディオ波形の波形データが R A M 3 から転送されて格納される。

10

【 0 0 2 4 】

図 3 にはこの波形メモリ 8 に格納される波形データのデータ構造が示される。図示するように、一つのオーディオ波形に対して、波形関連情報、オリジナルテンポ、スタートアドレス、エンドアドレスなどの波形付属情報とともに、波形データ本体としての P C M 波形データ列が、波形データとして記憶される。

【 0 0 2 5 】

オリジナルテンポはサンプリング録音した元のオーディオ波形の本来のテンポ (サンプリング速度と同じ速度で再生した場合のテンポ) である。元のオーディオ波形のサンプリングはサンプリング周波数 4 4 . 1 k H z による P C M 録音により行われ、各サンプリング点ごとの振幅値 (瞬時値) が P C M 波形データとして逐次取得されてその時系列が P C M 波形データ列を形成する。この P C M 波形データ列の個々の P C M 波形データに対しアドレス (以下、波形アドレスと称する) がシーケンシャルに付与されて、波形メモリ 8 に P C M 波形データ列として格納される。したがって、この波形アドレスの時系列 (すなわちサンプリング点の時系列) がオーディオ波形の時間軸を形成しているといえる。

20

【 0 0 2 6 】

スタートアドレスはこの P C M 波形データ列の先頭データのアドレスであり、エンドアドレスは最後尾データのアドレスである。なお、波形関連情報は、例えば後述の方式で時間軸圧縮伸長する際に用いられるものとして、切出し開始アドレス ($s a d r s 1$ 、 $s a d r s 2 \dots$)、ピッチデータ ($s p i t c h 0$ 、 $s p i t c h 1 \dots$) などがあるが、これについては時間軸圧縮伸長処理を説明する際に詳細に説明する。

30

【 0 0 2 7 】

D S P 7 はデジタル・シグナル・プロセッサであり、波形メモリ 8 に記憶されている波形データに基づいてオーディオ波形を再生するための演算処理を行う。この D S P 7 には C P U 1 から音高情報、キーフラグ $K e y F l g$ (キーオン / オフ情報)、テンポクロック (再生速度を決めるテンポ情報) が供給される。なお、本実施例では、音高情報による処理は本発明に直接関係しないので詳しい説明は省略する。

【 0 0 2 8 】

図 2 にはこの D S P 7 の構成概念が機能ブロックの形で示される。図示するように、大まかにはサンプリングクロック割込み処理部 7 1 とテンポクロック割込み処理部 7 2 とからなる。このサンプリングクロック割込み処理部 7 1 は再生位置発生手段 7 3 と時間軸圧縮伸長処理手段 7 4 などからなり、テンポクロック割込み処理部 7 2 はテンポ位置発生手段 7 5 と歩進値発生手段 (時間軸圧縮伸長情報発生手段) 7 6 などからなる。

40

【 0 0 2 9 】

この構成において、テンポ位置発生手段 7 5 はテンポアドレス長 T A や C P U 1 から再生テンポ情報として供給されるテンポクロックなどに基づいてテンポ位置 T P を発生し、再生位置発生手段 7 3 はサンプリングクロックや歩進値 T R などに基づいて再生位置 P P (P C M 波形データ列の再生位置アドレス) を発生し、歩進値発生手段 7 6 はこれらテンポクロック、テンポ位置 T P、再生位置 P P などに基づいて歩進値 T R を発生する。時間軸

50

圧縮伸長処理手段 7 4 はこの歩進値 T R などに基づいて波形メモリ 8 の P C M 波形データを時間軸圧縮伸長処理しつつ再生して出力する。なお、上記の各パラメータの詳細については後述する。

【 0 0 3 0 】

この構成により、C P U 1 側から供給されるテンポクロックに対応した歩進値 T R (時間軸圧縮伸長情報) を生成して時間軸圧縮伸長処理手段 7 4 を制御することが、この発明のポイント部分となる。

【 0 0 3 1 】

以下、フローチャートを参照しつつ本実施例装置の動作を説明する。まず、概要的な動作を説明する。C P U 1 は、操作子群 5 の操作状態を監視しており、そのうちの演奏テンポ選択スイッチの設定状態に基づいて、再生のために用いるテンポクロックを内部発生とするか、外部から到来する M I D I 信号のタイミング・クロックに基づく外部発生とするかを決めて、その選択結果に基づきテンポクロックを発生し、D S P 7 に供給する。

10

【 0 0 3 2 】

また、波形再生 / 再生停止を指示するために、鍵盤 4 の押鍵 / 離鍵状態を検出し、押鍵開始時と離鍵完了時 (全鍵離鍵時) にそのキーオン / オフ情報を後述するキーフラグ K e y F l g の形で D S P 7 に送出する。

【 0 0 3 3 】

D S P 7 は、テンポアドレス長 T A、テンポ位置 T P、歩進値 T R などを演算して、これらに基づいて波形メモリ 8 から P C M 波形データを読み出すための読出しアドレスを逐次に生成し、この読出しアドレスによって P C M 波形データを逐次に読み出してオーディオ波形の再生を行う。

20

【 0 0 3 4 】

図 8 はこの D S P 7 で行う歩進値 T R (時間軸圧縮伸長情報) の演算処理の概要を機能ブロックの形態で示している。図示するように、機能ブロック的には、テンポ位置 T P をカウントするためのテンポ位置カウンタ 7 5 1、再生位置 P P をカウントするための再生位置カウンタ 7 3 1、テンポ位置 T P と再生位置 P P との差分を求める差分器 7 6 1、歩進値 T R を生成するためのループフィルタ 7 6 2、歩進値 T R を更に圧縮伸長した修正歩進値 T R ' を生成する歩進値修正部 7 6 3 などからなる。この図 8 のブロック構成は、再生位置カウンタ 7 3 1 を可変発振器と考えると、テンポ位置カウンタ 7 5 1 に再生位置カウンタ 7 3 1 を同期させる P L L (位相同期ループ) と同様な動作をしているものと見ることが出来る。

30

【 0 0 3 5 】

ここで、再生位置 P P はオーディオ波形の時間軸 (波形アドレスの時系列) 上における P C M 波形データの再生 (読出し) を行う読出しアドレスで示す。その再生位置アドレスの更新周期はサンプリング周期と同じであり、サンプリング周波数 4 4 . 1 k H z に応じた周期である。また、上記のテンポアドレス長 T A は元のオーディオ波形のオリジナルテンポに対応したテンポクロックの 1 周期の長さを波形アドレス数換算で示したものの、テンポ位置 T P はオーディオ波形の時間軸上において再生テンポに対応したテンポクロックに従った再生位置変化を波形アドレス数換算で示したものの、歩進値 T R は 1 サンプリング周期毎に更新される再生位置 P P (再生位置アドレス) を歩進する量である。この実施例装置では、この歩進値 T R を逐次 (テンポクロックの発生周期毎) にフィールドバック制御で修正・更新することによって、固有のオリジナルテンポを持つ元のオーディオ波形を再生テンポに合わせて再生できるようにしている。

40

【 0 0 3 6 】

以下、この実施例装置の詳細動作を説明する。はじめに、C P U 1 で行う各種処理について説明する。図 4 は C P U 1 で実行される操作子検出処理のフローチャートである。この操作子検出処理は定期的に割込み処理で実行されて、操作子群 6 の各操作子の操作状態を検出する。この割込みはサンプリング周期より長い周期で、かつタイミング・クロックの取り得る最小周期より短い適当な周期で定期的に発生される。なお、図 4 では本発明に関

50

係する操作子のみを示している。

【 0 0 3 7 】

割込みがあると、まず演奏テンポ選択スイッチに変化があるかを判定する（ステップ A 1）。この演奏テンポ選択スイッチは、再生に用いるテンポクロックを内部発生とするか外部入力とするかを選択するためのスイッチである。演奏テンポ選択スイッチが操作されている場合には、その操作で外部入力を選択されているか否かを判定する（ステップ A 2）。

【 0 0 3 8 】

外部入力である場合には、再生時の演奏テンポ（すなわち再生テンポ）を外部（MIDI信号のタイミング・クロック）から得ることになるので、内部テンポクロック発生処理を停止し、外部入力テンポクロック発生処理を行って、外部からMIDI信号のタイミングクロックが入力される毎にテンポクロックを発生し、これをDSP7に供給する動作モードに設定する（ステップ A 3）。

【 0 0 3 9 】

一方、演奏テンポ選択スイッチが内部発生を選択している場合には、外部入力テンポクロック発生処理を禁止し、内部テンポクロック発生処理を実行して、操作子群5の「テンポ設定操作子」の設定状態を定期的に検出し、その設定状態に対応したテンポクロックを内部発生して、DSP7に供給する動作モードに設定する（ステップ A 4）。

【 0 0 4 0 】

図5はCPU1で実行される鍵操作検出処理のフローチャートである。この鍵操作検出処理は、図4の操作子検出処理と同様に定期的な割込み処理で実行されて、鍵盤4の鍵の操作状態を検出し、そのキーオン/キーオフに応じてキーフラグKey FlgのON/OFFを設定する。ここで、キーオンは鍵盤4のうちの少なくとも1つの鍵が押鍵されていればよく、一方、キーオフは全鍵が離鍵されることが必要である。また、複数の鍵がキーオンされている時には、そのキーオン中の鍵のうちの最高音が音高情報として取得される。

【 0 0 4 1 】

割込みが発生したら、鍵盤4の各鍵の押鍵/離鍵の鍵操作状態をスキャンし（ステップ B 1）、鍵盤4の鍵操作が新たにあるか否かを判定し（ステップ B 2）、鍵操作がなければ（前回スキャンした状態と変化がない場合）、この鍵操作検出処理をそのまま終了する。

【 0 0 4 2 】

新たな鍵操作があれば、それが押鍵操作か離鍵操作かを判定する（ステップ B 3）。押鍵操作であれば、全鍵が離鍵状態からの押鍵か、すなわち既に押鍵中の鍵があったか否かを判定する（ステップ B 4）。全鍵離鍵状態からの押鍵であった場合、すなわちそれまで一鍵も押鍵していなかった場合には、キーフラグKey FlgをONに設定して発音中の表示をするとともに（ステップ B 5）、その押鍵した鍵の音高情報も取得する（ステップ B 6）。一方、既に1以上の鍵の押鍵があった場合には、それら押鍵中の鍵のうちの最高音の音高情報を取得してDSP7に出力する（ステップ B 7）。

【 0 0 4 3 】

ステップ B 3の判定にて、離鍵操作であれば、その離鍵操作で全鍵が離鍵状態になったかを判定し（ステップ B 8）、全鍵が離鍵状態になっていない場合、すなわち少なくとも一鍵以上の押鍵がまだある場合には、それら押鍵中の鍵のうちの最高音の音高情報を取得してDSP7に出力する（ステップ B 7）。全鍵が離鍵状態となった場合には、キーフラグKey FlgをOFFに設定して、発音中でないことの表示をする（ステップ B 9）。

【 0 0 4 4 】

ここで、上記テンポアドレス長TA、テンポ位置TP、再生位置PPについて説明する。〔テンポアドレス長TA〕まず、テンポアドレス長TAは、元のオーディオ波形の本来のテンポ（オリジナルテンポ）に対応したテンポクロックの周期を該波形アドレス数（すなわちサンプリング点の数）換算で表したものである。図9にこの概念を示す。波形メモリ8から読み込んだオリジナルテンポに基づいて、そのオリジナルテンポのテンポクロック1周期分の時間に相当するテンポアドレス長TAをあらかじめ計算しておく。

【 0 0 4 5 】

10

20

30

40

50

例えば元のオーディオ波形がオリジナルテンポ120BPM（ビート/分）のオーディオ波形で、テンポクロックが4分音符あたり24個発生するものとする、テンポクロック1周期分の時間は

$(60 / 120) / 24 = 0.208333$ [秒]

となり、サンプリング周波数が44.1kHzであるから、テンポアドレス長TAは
 $44100 \times 0.208333 = 918.75$

個のサンプリング数（すなわち波形アドレスの数）となる。

【0046】

〔テンポ位置TP〕テンポ位置TPは、目標となる再生位置の変化を示すもので、各テンポクロック毎にオーディオ波形の時間軸上で再生位置（波形アドレス数換算の位置）を示すパラメータである。このテンポ位置TPは、テンポクロックに従ってオーディオ波形が再生開始された後に、再生テンポに基づくテンポクロックの発生毎に前記テンポアドレス長TAずつ増加されていく。図10はこのテンポ位置TPがテンポクロック毎に増加していく様子を示している。

10

【0047】

〔再生位置PP〕再生位置PPは、オーディオ波形の時間軸上においてPCM波形データを読み出して再生している位置（すなわち、波形メモリ8のアドレス）を示すパラメータである。この再生位置PPは、図10に示すように、波形のサンプリング周波数（44.1kHz）の周期毎に歩進値TR（時間軸圧縮伸長情報に相当するもの）ずつ増加するように演算される。この歩進値TRは、オーディオ波形をそのオリジナルテンポを再生テンポに変えて再生するように、再生テンポに応じたテンポクロックの発生周期毎に修正演算されて更新されるものであるが、詳細は後述する。

20

【0048】

次に、DSP7で行われる各種処理について詳細に説明する。このDSP7では、CPU1からテンポクロックが入力される毎に実行されるテンポクロック割込み処理（図6）と、サンプリングクロックの発生周期毎に実行されるサンプリングクロック割込み処理（図7）とがある。

【0049】

図6はテンポクロック割込み処理の処理手順を示すフローチャートである。このテンポクロック割込み処理は、テンポクロックが入力される毎に、再生位置PPを逐次進めていくための歩進値TRを演算するとともに、テンポ位置TPを更新するよう演算する。また、鍵盤4の鍵操作状態に応じた発音開始/発音停止の指示を発生したり、波形リセット信号を生成したりする。

30

【0050】

上記の波形リセット信号は、オーディオ波形を所定の長さ（後述する繰返し周期値Rckであり、テンポクロックの数で表現される）を単位にして繰返して再生するためのものあり、オーディオ波形をその先頭から繰返し周期値Rckの長さまで再生したら、波形リセット信号が生成されてその再生位置PPをオーディオ波形の先頭に戻すものである。この繰返し周期値Rckは、例えば、1拍につき24テンポクロックを発生するとして、4/4拍子1小節分のオーディオ波形を繰返す場合には、 $24 \times 4 = 96$ に設定される。また、上記の処理を行うために、図6のフローチャートでは、入力したテンポクロックの数をカウントするためのテンポクロック数カウンタCckがパラメータとして用意される。

40

【0051】

図6のテンポクロック割込み処理において、テンポクロックの入力があると、この処理ルーチンを割込みにて実行する。まず、キーフラグKey Flgが立下りか否か、すなわちキーフラグKey FlgがOFFに設定された直後であるか否かを判断する（ステップC1）。「YES」すなわちOFF設定直後であったら、発音停止指示を生成して時間軸圧縮伸長処理手段74に供給する（ステップC2）。この発音停止指示により、発音中のオーディオ波形の再生が停止される。

【0052】

50

一方、ステップC1にて「NO」すなわちOFF設定直後でなければ、次には、キーフラグKey Flgが立上りか否か、すなわちキーフラグKey FlgがONに設定された直後であるか否かを判断する(ステップC3)。「YES」すなわちON設定直後であれば、発音開始指示を生成して時間軸圧縮伸長処理手段74に供給する(ステップC4)。この発音開始指示により、後述するように、オーディオ波形の再生がその先頭位置から開始される。

【0053】

このように、テンポクロックに同期したキーフラグKey Flgの立上りと立下りの判断処理により、発音開始/発音停止の指示による時間軸圧縮伸長処理手段74への指示がテンポクロックに同期して行われるようになる。従って、オーディオ波形の発音開始と発音停止とは、テンポクロックに同期して行われることになる。

10

【0054】

一方、ステップC3にて、「NO」すなわちキーフラグKey FlgがON設定直後でなければ、現在、オーディオ波形を再生中あるいは発音停止中であることになる。この場合には、テンポクロック数をカウントするテンポクロック数カウンタCckが前記の所定の繰返し周期値Rck以上になったか否か、すなわち

$Cck \geq Rck$

か否かを判断する(ステップC7)。

【0055】

このステップC7の判断が「YES」の場合、オーディオ波形の再生が繰返し周期値Rckで示される再生位置まで達したことを意味するので、オーディオ波形の再生位置をその先頭位置に戻すために、波形リセット信号を生成して時間軸圧縮伸長処理手段74に出力し(ステップC8)、テンポクロック数カウンタCckを0にリセットし、再生位置PPとテンポ位置TPにオーディオ波形の先頭位置であるスタートアドレスを設定する(ステップC6)。これにより、オーディオ波形はその再生位置が先頭位置に戻されて再生される。

20

【0056】

なお、ステップC7以降の処理は、再生中も発音停止中も同じ処理を行っているが、発音停止中は時間軸圧縮伸長処理手段に発音停止情報を出力して発音を停止しているため、ステップC7以降の処理による影響は現れない。

30

【0057】

一方、ステップC7の判断が「NO」の場合、オーディオ波形の再生が繰返し周期値Rckで示される再生位置まで達していないことを意味するので、この場合には、オーディオ波形の再生を現在の再生位置から引き続き進めていくことになり、今回のテンポクロックの入力に対して、テンポクロック数カウンタCckを1つインクリメントし(ステップC9)、テンポ位置TPをテンポアドレス長TA分だけ加算して更新する(ステップC10)。

【0058】

次いで、このテンポ位置TPの更新の結果として、そのテンポ位置TPがオーディオ波形の最後尾位置であるエンドアドレスを超えたか否かを判断する(ステップC11)。エンドアドレスを超えていれば、再生位置PPをこのエンドアドレスを超えて進めることはできないので、現在のテンポ位置TPをエンドアドレスとすることで、再生位置がこのテンポ位置TP(=エンドアドレス)を超えて進まないようにする(ステップC12)。

40

【0059】

なお、図6には記載していないが、ステップC3からステップC9にジャンプして、ステップC7の判断を無効にすることができるようにしておけば、上述の繰返し再生を行わない再生も行うことができる。

【0060】

この後に、歩進値TRの更新を行う。この歩進値TRの更新では、図10に示されるように、サンプリング周期毎に歩進値TRずつ更新される再生位置PPとテンポクロック周期

50

毎に更新されるテンポ位置 TP が、テンポクロックの発生タイミングでその誤差が無くなるような値に、歩進値 TR を修正するものである。

【0061】

具体的には、下記の演算を行う図8のループフィルタ762に、上記テンポ位置 TP と再生位置 PP の誤差 ($TP - PP$) を通すことによって、歩進値 TR を得る。

$$LI = (TP - PP) \times TBPM \times GX$$

$$LP = (LI - LP) \times FC \times LP$$

$$TR = LI \times LC + LP$$

ここで、 $TBPM$ はオリジナルテンポの値、 GX はループゲインの調整値で、例えば $GX = 100 / (2 \text{ の } 20 \text{ 乗})$ 、 LI はループフィルタの入力値、 FC はループフィルタのカットオフ周波数を決定する係数で、例えば $FC = 0.125$ のもの、 LC はループフィルタの最低ゲインを決定する係数で、例えば $LC = 0.125$ のもの、 LP はループフィルタのローパス成分である。

【0062】

図7は再生位置 PP を更新する演算を行うサンプリングクロック割込み処理を示すフローチャートである。この演算処理は割込みにより定期的に行われるものであり、この割込みはサンプリングクロックの周期(サンプリング周波数)で発生する。すなわち、再生位置 PP はサンプリングクロックに同期して前記歩進値 TR ずつ増加するよう更新される。

【0063】

図7において、サンプリングクロック毎の割込みが発生すると、現在の再生位置 PP に歩進値 TR を加算して新たな再生位置 PP として更新する(ステップD1)。そして、その更新後の再生位置 PP がオーディオ波形のエンドアドレスを超えたかを判定し(ステップD2)、超えていれば、それ以上再生位置 PP を進めることはできないので、再生位置 PP をエンドアドレスに固定する(ステップD3)。超えていなければ、更新した再生位置 PP を歩進値発生手段(時間軸圧縮伸長情報発生手段)76に出力する(ステップD4)。これにより、図6のテンポクロック割込処理の時間軸圧縮伸長情報発生処理部において歩進値(時間軸圧縮伸長情報) TR が生成される。そして、時間軸圧縮伸長処理手段74に相当する以下の処理では、この歩進値(時間軸圧縮伸長情報) TR に基づいて波形メモリ8からPCM波形データ列を読み出しつつ時間軸圧縮伸長処理を行う(ステップD5)。

【0064】

上記の実施例では、録音したオーディオ波形のオリジナルテンポ情報として波形メモリ8にオリジナルテンポ値そのものを記憶しておくようにしたが、本発明はこれに限られるものではなく、例えば、オリジナルテンポの値に基づいて求められるテンポアドレス長 TA を逐次に積算して求めた数値列(すなわち前述のテンポ位置 TP の時系列に相当するもの)を予め求めておいて、この数値列をオーディオテンポ情報として波形メモリ8に予め記憶しておき、これを再生テンポクロックの発生タイミング毎に順次に読み出してテンポ位置 TP として用いるようにしてもよい。

【0065】

なお、入力されるテンポクロック(テンポ情報)に対して何パーセントか速く再生したり、あるいは遅く再生したい場合には、出力する歩進値 TR に所望の係数 TX を乗算して修正した修正歩進値 TR' を歩進値修正部763(図8参照)で求めて、この修正歩進値 TR' を歩進値 TR に代えて時間軸圧縮伸長処理手段74に供給すればよい。

【0066】

以上のようにして求めた歩進値(時間軸圧縮伸長情報) TR を時間軸圧縮伸長処理手段74に供給して、波形メモリ8からPCM波形データを読み出して波形再生を行う。その際、再生速度情報としてテンポクロックが与えられる度に、更新されたテンポ位置 TP と再生位置 PP とを比較しており、再生位置 PP の値が進んでいけば時間圧伸量が小さくなるように、また再生位置 PP の値が遅れていけば時間圧伸量が大きくなるように、時間軸圧縮伸長情報としての歩進値 TR を変更する。これにより、オリジナルテンポで録音された

10

20

30

40

50

元のオーディオ波形を、所望の再生テンポ（MIDI信号により外部入力したテンポまたはテンポ設定操作子で内部発生したテンポ）の再生速度で波形再生を行うことができる。

【0067】

次に、時間軸圧縮伸長処理手段74の詳細な動作例を説明する。この時間軸圧縮伸長処理手段74は、入力される歩進値TR（時間軸圧縮伸長情報）に基づいて、波形メモリ8に記憶されたオーディオ波形（PCM波形データ列）の時間軸を圧縮または伸長処理して再生する手段であり、時間軸圧縮伸長制御と再生音高の制御とが独立に制御されるものであり、これにより時間軸圧縮伸長により音高が変化することがないようにしている。

【0068】

図11は、この時間軸圧縮伸長処理手段74の詳細な構成を機能ブロック図の形で表わす。また、図14～図19はそれぞれ、この時間軸圧縮伸長処理手段74による時間軸圧縮伸長処理を説明するための、各条件下での各部信号の波形図である。

【0069】

図11に示すように、時間軸圧縮伸長処理手段74は、入力した時間軸圧縮伸長情報（歩進値）TRなどにに基づき位置情報`s p h a s e`を発生する位置情報発生手段741、入力した音高情報などにに基づきピッチ周期信号`s p 1`、`s p 2`を発生するピッチ周期発生手段742、入力した音高情報などにに基づき窓信号`w i n d o w 1`、`w i n d o w 2`やゲート信号`g a t e`を発生する窓信号発生手段743、入力した位置情報`s p h a s e`やピッチ周期信号`s p 1`、`s p 2`に基づき読出しアドレス`a d r s 1`、`a d r s 2`を発生するアドレス発生手段745、入力した読出しアドレス`a d r s 1`、`a d r s 2`に基づき波形メモリ8からPCM波形データを読み出す読出し手段746、読み出したPCM波形データ`d a t a 1`、`d a t a 2`に窓を付与して合成する窓付与手段747、合成した波形データにゲートを付与するゲート付与手段748などを含み構成される。

【0070】

この時間軸圧縮伸長処理手段74は、波形メモリ8のPCM波形データ列から逐次に切出し波形（位置情報`s p h a s e`で指定される位置近傍の1ないし2ピッチ分程度のオーディオ波形の周期区間）を切り出し、その切出し波形のホルマントの特徴をほぼ保ったまま、所望の再生音高に対応したピッチ（再生ピッチ）でその切出し波形を再生することで、元のオーディオ波形のホルマント特性を保ったまま再生ピッチのオーディオ波形を生成することができるものであり、この再生ピッチは鍵盤の押鍵した鍵の音高に応じて変更されるが、波形再生の速度すなわち再生テンポは再生ピッチの大きさに影響されずに時間軸圧縮伸長情報としての歩進値TRによって制御されるので、両者を独立に制御することができる。

【0071】

具体的には、波形メモリ8のPCM波形データ列から、再生速度を決める歩進値TR（時間軸圧縮伸長情報）により求める位置情報`s p h a s e`で指定される位置近傍の切出し波形を、時間経過に従って順次に切り出して、その切り出した切出し波形を、元のオーディオ波形とは異なるピッチおよびホルマントで再生する。その際、この切出し波形の再生を2つの処理系で並行して行い、それぞれの処理系では再生ピッチの2倍長の周期でかつ互いが半周期（＝再生ピッチの周期）ずれるようにして切出し波形を再生し、これらを合成して、再生ピッチの周期のオーディオ波形を再生するとともに、時間軸圧縮伸長情報としての歩進値TRに基づく時間軸圧縮伸長も行っている。

【0072】

この時間軸圧縮伸長処理を行うためには、サンプリング録音したオーディオ波形について、図12に示すように、オーディオ波形の各周期の先頭のアドレス`s a d r s 0`、`s a d r s 1`・・・とその周期`s p i t c h 0`、`s p i t c h 1`・・・を予め求めておいて、図13に示すように、これらを波形関連情報として波形メモリ8に記憶しておく。この波形メモリ8には、前述したように、PCM波形データ以外に、PCM波形データ列のスタートアドレス（先頭アドレス）とエンドアドレス（最後尾アドレス）を記憶してある。

【0073】

10

20

30

40

50

なお、前述のように波形メモリにはオリジナルテンポも記憶しているが、時間軸圧縮伸長処理手段74自体の動作説明には直接関係しないので、図13では省略している。

【0074】

以下、この時間軸圧縮伸長処理手段74の各部ブロックの詳細な動作について説明する。
 (位置情報発生手段741)位置情報発生手段741は、入力した歩進値TRに基づいて、図12のオーディオ波形の再生位置を示す位置情報 *s p h a s e* を演算する。この位置情報 *s p h a s e* はオーディオ波形中における再生せんとする位置のPCM波形データの波形アドレスを表わしている。

【0075】

ここで、歩進値TR(時間軸圧縮伸長情報)は、下記のような値をとるものとする。

1. 時間軸の圧縮も伸長もしない場合、 $TR = 1$ とする。この場合、再生位置(位置情報 *s p h a s e*)の進行が1サンプリング周期毎に1アドレスずつ進むため、元のオーディオ波形を時間軸圧縮せずにそのまま(すなわちオリジナルテンポのまま)再生する。

【0076】

2. 時間軸を圧縮する場合、 $TR > 1$ とする。この場合、再生位置の進行が1サンプリング周期毎に1より大きなアドレスずつ進むため、元のオーディオ波形を時間軸圧縮して再生する。

【0077】

3. 時間軸を伸長する場合、 $TR < 1$ とする。この場合、再生位置の進行が1サンプリング周期毎に1より小さなアドレスずつ進むため、元のオーディオ波形を時間軸伸長して再生する。

【0078】

位置情報発生手段741では、サンプリング周期毎に歩進値TRを累算する演算を行って位置情報 *s p h a s e* を算出する。この位置情報 *s p h a s e* は、発音開始/発音停止情報の発音開始指示でスタートアドレスに設定される。さらに、位置情報 *s p h a s e* は、波形リセット信号の入力に応じてもスタートアドレスに設定され、再生位置をPCM波形データ列の先頭にするように制御する。

【0079】

(ピッチ周期発生手段742)ピッチ周期発生手段742は、図14~19の(C)にその出力信号であるピッチ周期信号 *s p 1* と *s p 2* を示すように、入力した音高情報に従って再生オーディオ波形の音高の周期に対応した周期のピッチ周期信号 *s p 1* と *s p 2* とを発生する。このピッチ周期発生手段742は、発音開始/発音停止情報の発音開始指示に同期してピッチ周期信号 *s p 1* と *s p 2* の発生が開始する。

【0080】

このピッチ周期信号 *s p 1* が発生されてピッチ周期信号 *s p 2* が発生されるまでの周期、およびピッチ周期信号 *s p 2* が発生されてピッチ周期信号 *s p 1* が発生されるまでの周期が再生オーディオ波形の音高の周期となる。従って、ピッチ周期信号 *s p 1* と *s p 2* それぞれの信号のみに注目すると、再生音高の周期の2倍の長さの周期で信号が発生されている。

【0081】

(アドレス発生手段745)アドレス発生手段745は、ピッチ周期発生手段742から出力されるピッチ周期信号 *s p 1* と *s p 2* とでそれぞれリセットされ、かつ、サンプリング周期毎に1ずつインクリメントされる2つのカウンタ *p p h 1* と *p p h 2* を備えている。このカウンタ *p p h 1* と *p p h 2* の出力値の例を図14~19の(D)に示す。このカウンタ *p p h 1* と *p p h 2* の出力値は、前述の切出し波形を読み出すときの波形アドレスとして用いられる。

【0082】

さらに、このアドレス発生手段745は、そのカウンタ *p p h 1* と *p p h 2* の出力値にホルマント係数 *f v r* を乗算して歩進量を変更することができる。具体的には($p p h 1 \times f v r$)と($p p h 2 \times f v r$)の演算をする。ここで、*f v r* はホルマントの変化量を

10

20

30

40

50

設定する係数であり、ホルマントを変化させたい場合は、この係数を制御する。例えば、操作子群の1つとしてホルマント用の操作子を設けておき、CPUでその操作を検出してホルマント係数 f_{vr} としてDSPへ供給し、

1. $f_{vr} = 1$ の場合、ホルマントを変更しない、
2. $f_{vr} > 1$ の場合、ホルマントを高い周波数領域側へシフトする、
3. $f_{vr} < 1$ の場合、ホルマントを低い周波数領域側へシフトする、

となるよう制御する。なお、これらの制御は本発明に直接関係が無いので、CPUでの詳しい処理は省略する。

【0083】

アドレス発生手段745は、ピッチ周期発生手段742から出力されるピッチ周期信号sp1とsp2が入力される毎に、位置情報 s_{phase} が示す波形周期区間(すなわち切出し波形)の先頭アドレス s_{adr0} , s_{adr1} ... をそれぞれのレジスタ $reg1$ と $reg2$ に保持する(図14~19の(B)参照)。そして、前述の $(pph1 \times f_{vr})$ とレジスタ $reg1$ の値との加算値を読み出しアドレス $adr1$ として、また前述の $(pph2 \times f_{vr})$ とレジスタ $reg2$ の値との加算値を読み出しアドレス $adr2$ として、それぞれを読み出し手段746へ出力する。

【0084】

(読み出し手段746)読み出し手段746は、アドレス発生手段745から供給される読み出しアドレス $adr1$, $adr2$ に基づいて波形メモリ8からPCM波形データ $data1$ と $data2$ をそれぞれ読み出す。ここで、読み出しアドレス $adr1$, $adr2$ は小数点表現のアドレスのため、この読み出し手段746においてPCM波形データを補間して小数点アドレスに対応したPCM波形データ $data1$ と $data2$ としている。この波形メモリ8から読み出されるPCM波形データ $data1$ と $data2$ の例を図14~19の(E)に示す。

【0085】

(窓信号発生手段743)窓信号発生手段743は、入力した音高情報と発音開始/発音停止情報に基づいてゲート信号 $gate$ と窓信号 $window1$, $window2$ を生成し出力する。ゲート信号 $gate$ は、図14の(G)に例示するように、発音開始/発音停止情報に従って立上りと立下りに傾きを持たせた信号である。このゲート信号は発音開始と発音停止時に、再生するオーディオ波形が急激なレベル変化をしてノイズが発生することを防止するためのものであり、ゲート付与手段748にて、最終的に出力されるオーディオ波形に付与(乗算)される。

【0086】

窓信号 $window1$, $window2$ は、図14~19の(F)に例示するように、読み出し手段746から読み出したPCM波形データ $data1$ と $data2$ は、それらをそのまま合成しようとする、レベルが互いに不連続となるため、その不連続部分のレベルを小さくするためのものであり、三角形の窓信号 $window1$, $window2$ をPCM波形データ $data1$ と $data2$ に付与(乗算)して上記不連続部分のレベルを下げています。窓信号発生手段743は、再生音高に対応した周期(再生音高の周期の2倍の周期)の窓信号 $window1$, $window2$ を、再生音高の周期だけ位相をずらして発生させている。

【0087】

(窓付与手段747)窓付与手段747は、読み出し手段746から読み出したPCM波形データ $data1$ と $data2$ に窓信号 $window1$, $window2$ を付与(乗算)し、その結果値を互いに加算することによって再生オーディオ波形を生成する。

【0088】

(ゲート付与手段748)ゲート付与手段748は、窓付与手段747で生成した再生オーディオ波形に、ゲート信号 $gate$ を付与し、発音開始や停止時の急激な音量変化でノイズが発生することを防止する。

【0089】

10

20

30

40

50

図14は、時間軸およびホルマントは変化させずに再生ピッチのみ上げる場合の処理の波形図である。この場合は、元のオーディオ波形よりも再生音高が高くなっているため、同じ切出し波形（例えば（B）や（E）などに示される `s a d r s 0` からの切出し波形の波形データ）が適宜に繰り返されることになる。

【0090】

図15は、時間軸およびホルマントは変化させずに再生ピッチのみ下げる場合の処理の波形図である。この場合は、元のオーディオ波形より再生音高が低くなっているため、同じ切出し波形（例えば（B）や（E）などに示される `s a d r s 8` からの切出し波形の波形データ）が適宜に間引かれることになる。

【0091】

図16は、時間軸および再生ピッチを変化させずにホルマントのみ上げる場合の処理の波形図である。（E）に示すように、読み出した波形データが時間軸方向に圧縮されている。

【0092】

図17は、時間軸および再生ピッチを変化させずにホルマントのみ下げる場合の処理の波形図である。（E）に示すように、読み出した波形データが時間軸方向に伸長されている。

【0093】

図18は、再生ピッチおよびホルマントは変化させずに時間軸のみ伸長する場合の処理の波形図である。（A）に示すように再生位置を表わす位置情報 `s p h a s e` の変化が時間軸方向に伸長されている。それとともに、（E）に示すように、同じ波形データ（`s a d r s 0` と `s a d r s 8` からの切出し波形データ）が繰り返されることになる。

【0094】

図19は、再生ピッチおよびホルマントは変化させずに時間軸のみ圧縮する場合の処理の波形図である。（A）に示すように再生位置を表わす位置情報 `s p h a s e` の変化が時間軸方向に圧縮されている。それとともに、（E）に示すように、波形データ（`s a d r s 9` からの切出し波形データ）が間引かれることになる。

【0095】

本発明の実施にあたっては、種々の変形形態が可能である。例えば、上述の実施例では、オーディオ波形の波形データとして振幅値をサンプリングしたPCM波形データ列を用いて時間軸圧縮伸長処理を実現する方式を時間軸圧縮伸長処理手段74において用いたが、本発明はこれに限られるものではなく、時間軸圧縮伸長処理手段74において例えば位相ボコーダ（Phase Vocoder）方式を用いて時間軸圧縮伸長処理を行うことも可能であり、この場合には、振幅値+周波数情報、あるいは振幅値+位相情報などが波形データとして予め記録されることになる。以下、この位相ボコーダ方式について説明する。

【0096】

この位相ボコーダ方式では、波形メモリ8に記憶される波形データは元のオーディオ波形を分析処理して得た分析データとなり、その時間軸としては、元のオーディオ波形を実際には存在しないPCM波形データとして記憶したときのアドレス（仮想アドレス）が、PCM波形データの場合と同様に使用される。

【0097】

すなわち、位相ボコーダ方式は、おおまかには分析系と合成系からなる。分析系では、原音のオーディオ波形を帯域フィルタを用いて複数の周波数帯域（バンド）に分割し、各帯域のバンド成分をそれぞれ分析してその出力振幅と位相を特徴パラメータとして抽出して保持しておき、合成系では、各帯域についてその出力振幅と位相を用いて元のバンド成分を再生し、それら各帯域のバンド成分を加算合成して、元のオーディオ波形を復元する。

【0098】

図23はこの位相ボコーダ方式の分析系の構成概念を説明する。図示するように、オーディオ波形 $X(n)$ を複数の分析部771に入力する。この例では、分析部771はオーディオ波形の周波数を100に帯域分割した各帯域対応に分析フィルタを有しており、各周波

10

20

30

40

50

数帯域毎に分析して瞬間周波数情報と振幅値情報を生成する。具体的には、分析部 771 は、オーディオ波形の各帯域成分の基本周波数をそれぞれ中心周波数とするバンド 0 ~ 9 (図 25 を参照) の分析フィルタを持つ。

【0099】

図 24 にバンド k の分析フィルタの構成例が示される。図示するように、この分析フィルタは、入力したオーディオ信号波形 $X(n)$ をその中心の複素周波数 $\sin(k \cdot n)$ 、 $\cos(k \cdot n)$ にて乗算 (同期検波) して、分析フィルタのインパルス応答である $w(n)$ で切り出し、振幅値と瞬間周波数に分析展開するものである。この作用は $w(n)$ の窓で切り出す短区間フーリエ変換と同等である。瞬間周波数の情報は、まずバンド k の出力振幅値を得て、その検波出力の位相値を微分等して得る。この瞬間周波数は、各時点 (波形の時間軸上の各位置) における単位時間あたりの位相の変化量 (微分値) であり、中心周波数からの周波数偏差を示す情報である。

10

【0100】

分析系にて求めたオーディオ波形 $X(n)$ の各バンドの波形データ (出力振幅と瞬間周波数) は波形メモリ 8 に格納される (図 22 (a) を参照)。波形メモリ 6 への波形データ格納の態様は、オーディオ波形 $X(n)$ の時間軸上の各アドレス (前述の仮想アドレス) に対して、各バンド 0 ~ 99 毎に、振幅データと瞬間周波数データとが格納されるものである。

【0101】

図 20 は合成系の装置構成を示すブロック図である。制御部 772 は、

- ・歩進値 TR (時間軸圧縮伸長情報) を入力して、前述 (図 11) の *s p h a s e* に相当する位置情報を算出する機能、
- ・音高情報を入力して周波数変換比を算出する機能、
- ・発音開始停止情報を入力して、図 14 (G) に相当するゲート信号 *g a t e* を生成する機能を有している。

20

【0102】

100 帯域の時間周波数変換処理部 773 の各々は、波形メモリ 8 に記憶されている分析データを位置情報に従って補間し、時間軸圧縮伸長するとともに (図 22 参照)、瞬間周波数情報に周波数変換比を乗算して、再合成するオーディオ波形の周波数成分をシフトしている。

30

【0103】

余弦発振器 775 と乗算器 774 は、時間周波数変換処理部 773 で時間軸圧縮伸長された瞬間周波数情報と振幅値とをそれぞれ余弦発振器 775 と乗算器 774 に入力して、時間軸圧縮伸長された各周波数帯域のオーディオ波形を再合成している。それら各帯域のオーディオ波形は互いに合成されることによって、時間軸圧縮伸長した再生オーディオ波形が合成される。その信号はゲート付与手段 776 に入力されて、発音開始や終了時でのノイズ発生を防ぐためにゲート信号 *g a t e* で振幅制御される。

【0104】

図 21 は時間周波数変換処理部 773 の詳細なブロック構成を示す。読出し手段 7731、補間手段 7732、7733、加算器 7734、乗算器 7735 などからなる。この時間周波数変換処理部 773 は、読出し手段 7731 が位置情報に対応した分析データ (振幅値情報と瞬間周波数情報) を波形メモリ 8 から読み出し、補間手段 7732、7734 が実際には存在しない情報を補間して得る処理を行う。これにより、位置情報の変化に対応した分析データ (振幅値情報と瞬間周波数情報) を算出する。

40

【0105】

すなわち、出力振幅値に対しては、補間手段 7732 で、時間軸圧縮伸長比に応じてサンプル点を飛越し / 追加補間してその振幅エンベロープ (振幅値の経時的变化を示すエンベロープ) を圧縮 / 伸長した振幅値を出力する。瞬間周波数値に対しては、補間手段 7733 で、時間軸圧縮伸長比に応じてサンプル点を飛越し / 追加補間してその周波数エンベロープを圧縮 / 伸長した瞬間周波数値を出力する。この瞬間周波数値に対しては、加算器 7

50

734にて、その瞬間周波数値に中心の角周波数 k を加算するとともに、ピッチ変換を行う場合には、乗算器7735にて、この瞬間周波数値に周波数変換比（ピッチシフトの度合いに応じた比）を乗算する。

【0106】

図22はこの振幅値と瞬間周波数の補間処理の様子を示す図である。時間伸長する場合には、図22(b)に示すように、図22(a)に示す元の振幅エンベロープと周波数エンベロープをともに引き伸ばして、時間軸を伸長した振幅値と瞬間周波数とを生成する。また、時間圧縮する場合には、図22(c)に示すように、元の振幅エンベロープと周波数エンベロープをともに縮めて、時間軸を圧縮した振幅値と瞬間周波数とを生成する。この補間処理により、元のオーディオ信号波形の時間軸を任意に圧縮／伸長することができる。

10

【0107】

時間周波数変換処理部773で処理された瞬間周波数値（適宜、時間軸圧縮伸長処理されたもの）は余弦発振器774に供給され、それにより余弦発振器774はそのバンドの周波数の余弦波を発生し、その余弦波に、時間周波数変換処理部773で処理された振幅エンベロープを付加して出力する。これにより、当該バンドの成分が再生される。さらに、これら各バンド0～99のバンド成分を加算合成することで、元のオーディオ信号波形を復元できる。

【0108】

以上に述べた実施例はいずれも、本発明に係るオーディオ波形再生装置を電子楽器などの専用ハードウェアに搭載するものとして説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、例えば前記に説明した各機能を制御プログラムで実現し、これらの制御プログラムを記録媒体に格納して、この記録媒体からパーソナルコンピュータなどにその制御プログラムをインストールすることで、そのパーソナルコンピュータをオーディオ波形再生装置として機能させることによっても実現できる。すなわち、記録媒体には、パーソナルコンピュータを前記した各機能実現手段として機能させるためのプログラムを格納する。もちろん、これらの制御プログラムをパーソナルコンピュータに通信回線を介して配信してインストールすることでも、本発明に係るオーディオ波形再生装置を実現できる。

20

【0109】

【発明の効果】

以上に説明したように、本願のオーディオ波形再生装置によれば、オーディオ波形を、再生時にユーザが内部設定または外部入力で指定したテンポで、テンポを外さずに再生することができるという効果がある。また、再生途中でそのテンポを変更したような場合にも、その変更したテンポを速やかに追従することができるという効果がある。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例としてのオーディオ波形再生装置を搭載した電子楽器の全体構成を示す図である。

【図2】実施例装置におけるDSPの構成概念を機能ブロックで示した図である。

【図3】実施例装置における波形メモリに格納される波形データのデータ構造を示す図である。

40

【図4】実施例装置のCPUによって実行される操作子検出処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図5】実施例装置のCPUによって実行される鍵検出処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図6】実施例装置のDSPによって実行されるテンポクロック割込み処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図7】実施例装置のDSPによって実行されるサンプリングクロック割込み処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図8】実施例装置のDSPにおける歩進値（時間軸圧縮伸長情報）発生手段の構成概念を機能ブロックの形態で示した図である。

50

【図 9】実施例装置におけるテンポアドレス長、テンポクロック、再生位置など概念を説明するための図である。

【図 10】実施例装置におけるサンプリングクロック毎に更新される再生位置 P P とテンポクロック毎に更新されるテンポ位置 T P との関係を示すための図である。

【図 11】実施例装置の DSP により実現される時間軸圧縮伸長処理手段 7 4 の構成概念を機能ブロックの形態で示した図である。

【図 12】実施例装置におけるホルマント方式の時間軸圧縮伸長手段 7 4 で用いる波形データの波形関連情報の説明するための図である。

【図 13】実施例装置における波形メモリ 8 に記憶する波形データの構造を説明する図である。

10

【図 14】実施例装置の時間軸圧縮伸長手段 7 4 における、時間軸およびホルマントは変化させずに再生ピッチのみ上げる場合の処理の波形図である。

【図 15】実施例装置の時間軸圧縮伸長手段 7 4 における、時間軸およびホルマントは変化させずに再生ピッチのみ下げる場合の処理の波形図である。

【図 16】実施例装置の時間軸圧縮伸長手段 7 4 における、時間軸および再生ピッチを変化させずにホルマントのみ上げる場合の処理の波形図である。

【図 17】実施例装置の時間軸圧縮伸長手段 7 4 における、時間軸および再生ピッチを変化させずにホルマントのみ下げる場合の処理の波形図である。

【図 18】実施例装置の時間軸圧縮伸長手段 7 4 における、再生ピッチおよびホルマントは変化させずに時間軸のみ伸長する場合の処理の波形図である。

20

【図 19】実施例装置の時間軸圧縮伸長手段 7 4 における、再生ピッチおよびホルマントは変化させずに時間軸のみ圧縮する場合の処理の波形図である。

【図 20】他の実施例としての、位相ボコーダ方式の時間軸圧縮伸長処理手段の合成系の構成を機能ブロックの形態で示した図である。

【図 21】他の実施例としての、位相ボコーダ方式の時間軸圧縮伸長処理手段の合成系の時間周波数変換処理部の構成を機能ブロックの形態で示した図である。

【図 22】他の実施例としての位相ボコーダ方式の時間軸圧縮伸長処理手段の動作を説明するための波形図である。

【図 23】他の実施例としての、位相ボコーダ方式の時間軸圧縮伸長処理手段の分析系の構成を機能ブロックの形態で示した図である。

30

【図 24】他の実施例としての、位相ボコーダ方式の時間軸圧縮伸長処理手段の分析系の各バンド分析フィルタの構成を機能ブロックの形態で示した図である。

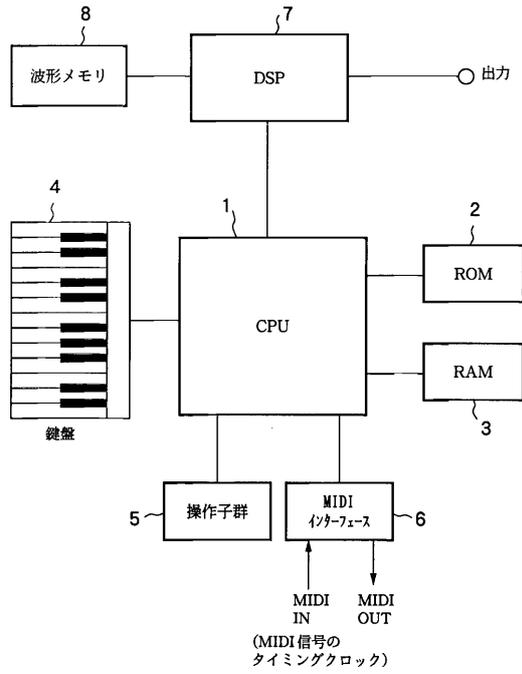
【図 25】他の実施例としての、位相ボコーダ方式の時間軸圧縮伸長処理手段における各周波数帯域（バンド）の概念を説明する図である。

【符号の説明】

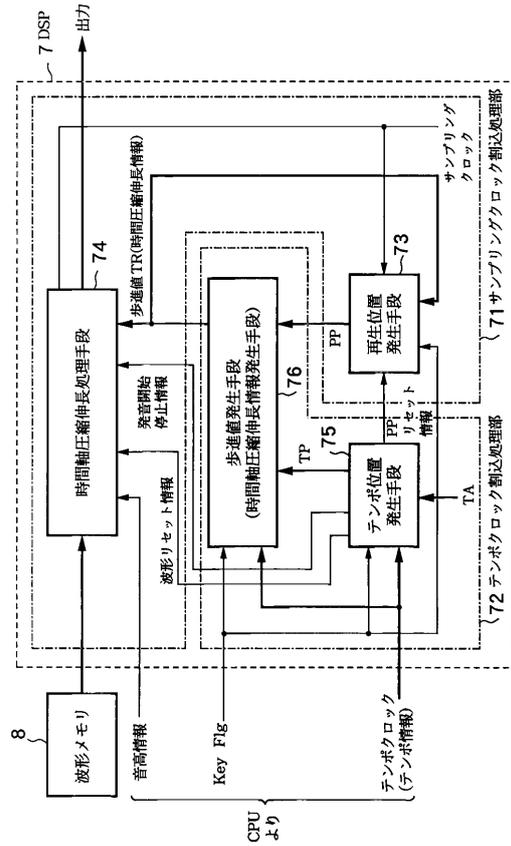
- 1 CPU (セントラル・プロセッシング・ユニット)
- 2 ROM (リード・オンリー・メモリ)
- 3 RAM (ランダム・アクセス・メモリ)
- 4 鍵盤
- 5 操作子群
- 6 MIDI インタフェース
- 7 DSP (デジタル・シグナル・プロセッサ)
- 8 波形メモリ
- 7 1 サンプリングクロック割込み処理部
- 7 2 テンポクロック割込み処理部
- 7 3 再生位置 (P P) 発生手段
- 7 4 時間軸圧縮伸長処理手段
- 7 4 テンポ位置 (T P) 発生手段
- 7 6 歩進値 (時間軸圧縮伸長情報) T R 発生手段

40

【図1】



【図2】



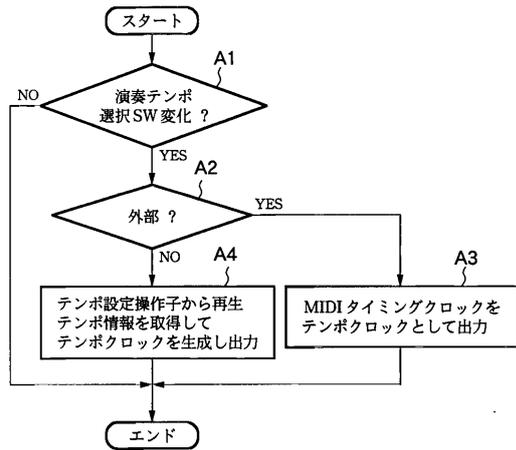
【図3】

波形メモリのデータ構造

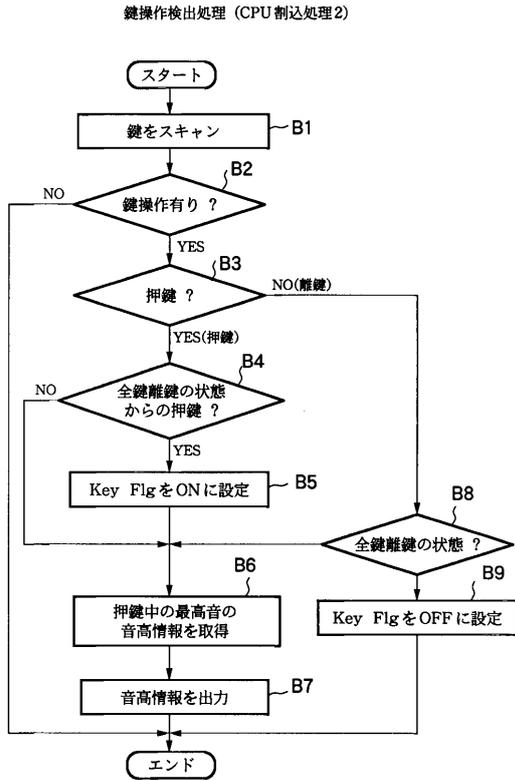
波形関連情報
オリジナル テンポ
スタート アドレス エンド アドレス
PCM 波形データ列

【図4】

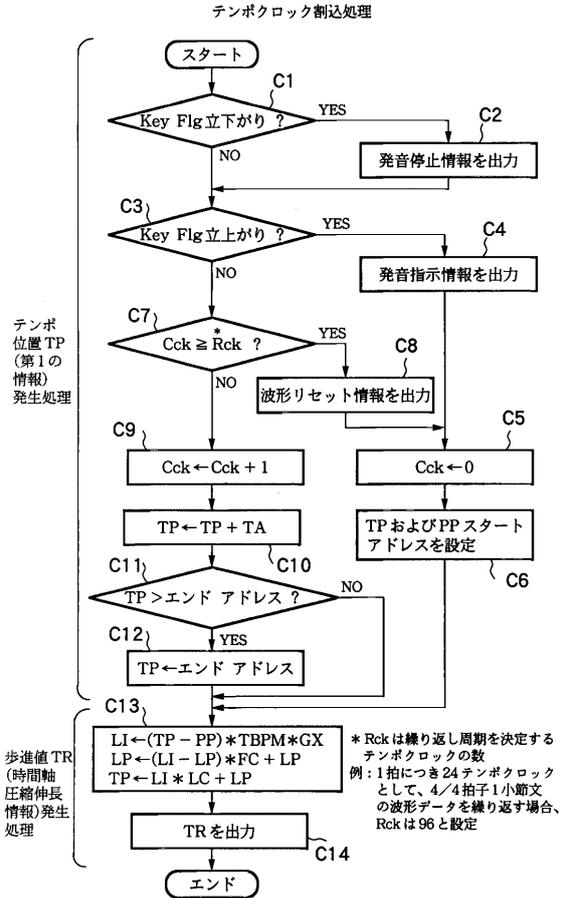
操作子検出処理 (CPU 割込処理1)



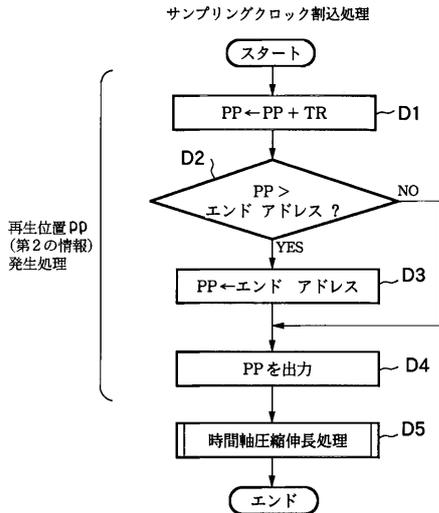
【図5】



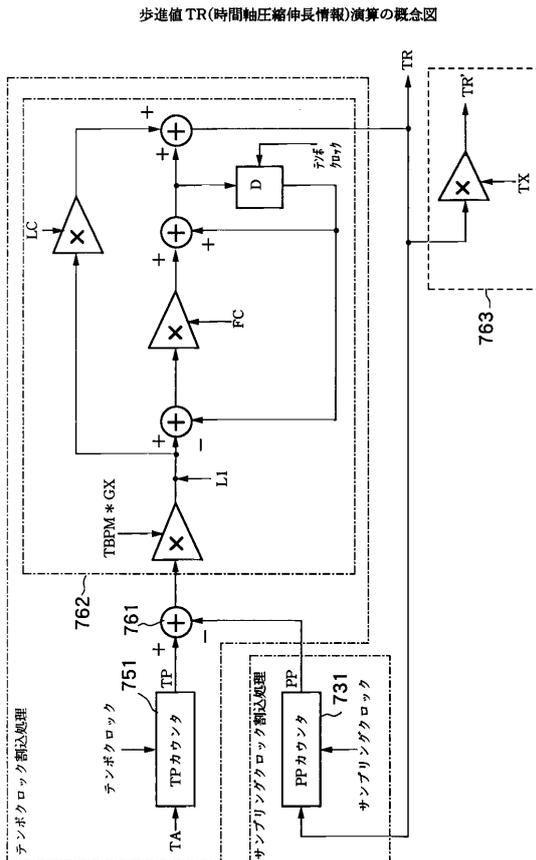
【図6】



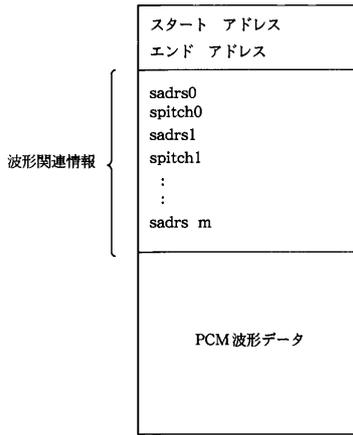
【図7】



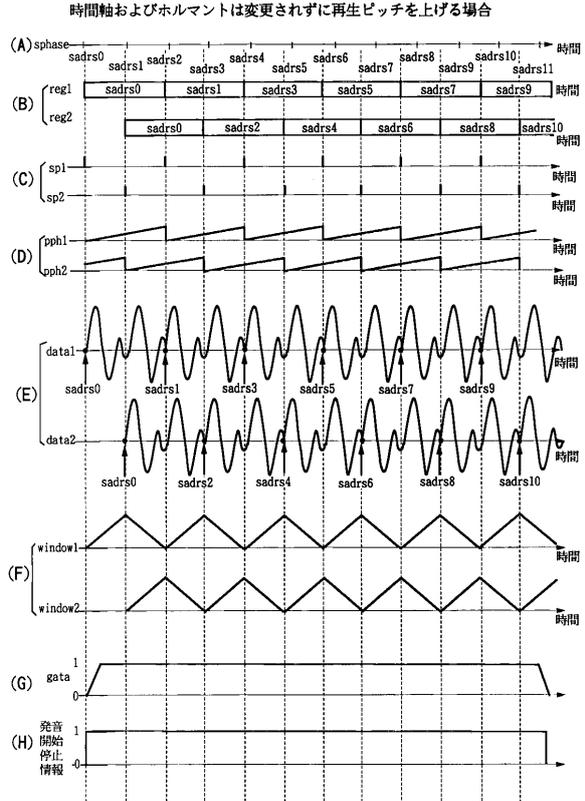
【図8】



【 図 1 3 】

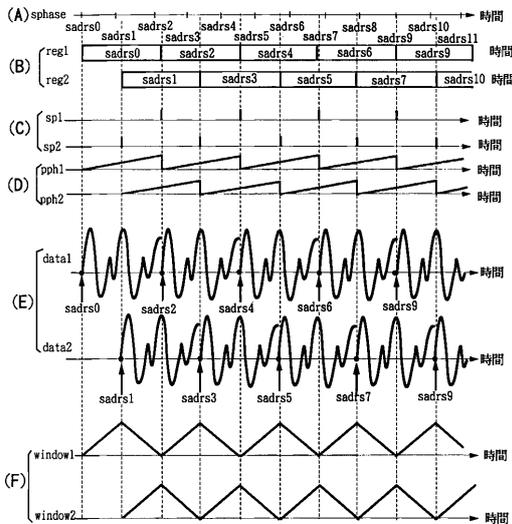


【 図 1 4 】



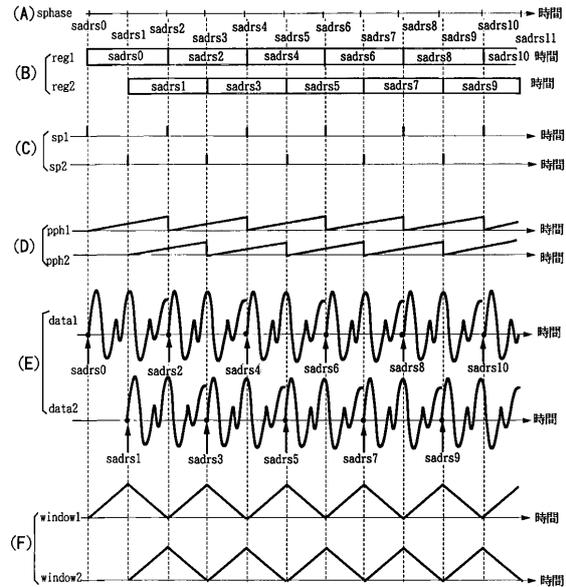
【 図 1 5 】

時間軸およびホルマントは変化させずに再生ピッチを下げる場合

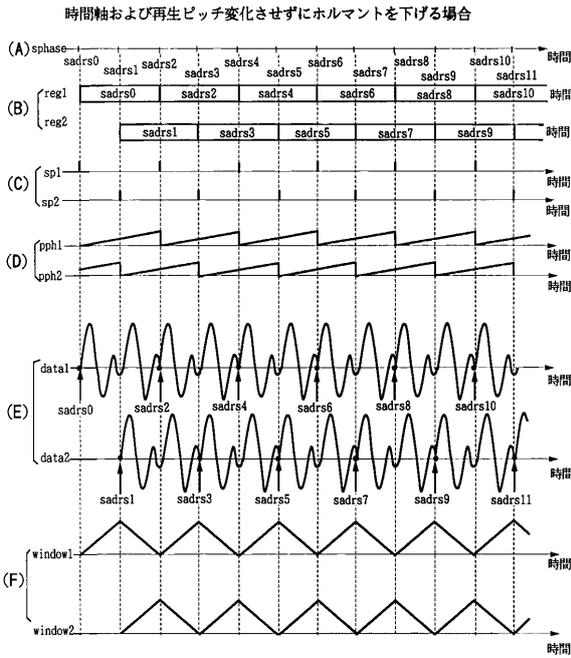


【 図 1 6 】

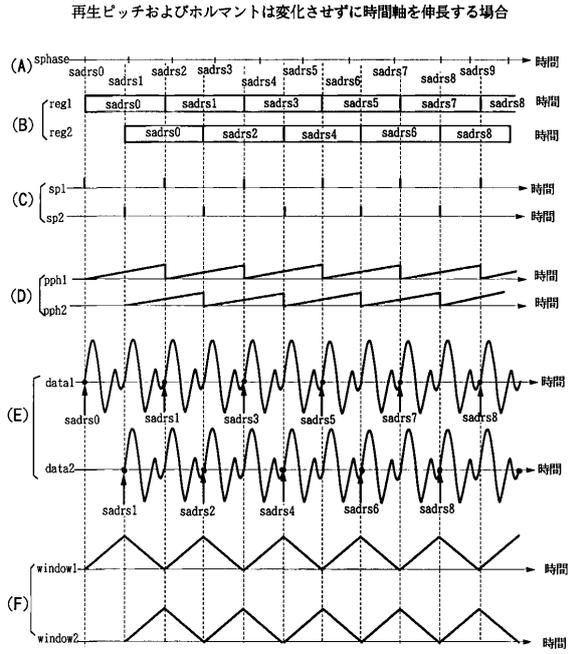
時間軸および再生ピッチ変化させずにホルマントを上げる場合



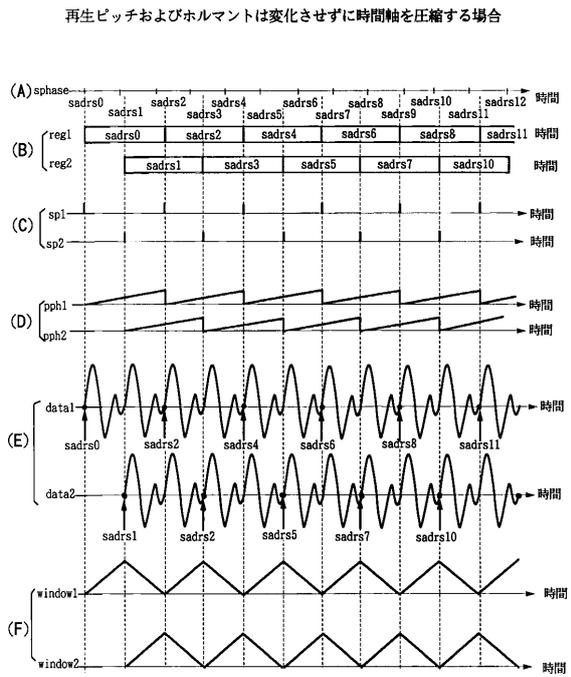
【図17】



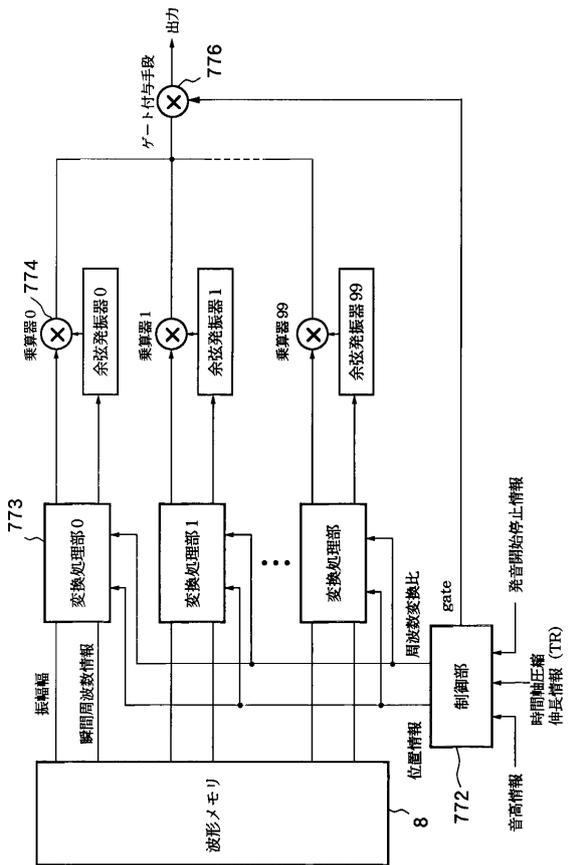
【図18】



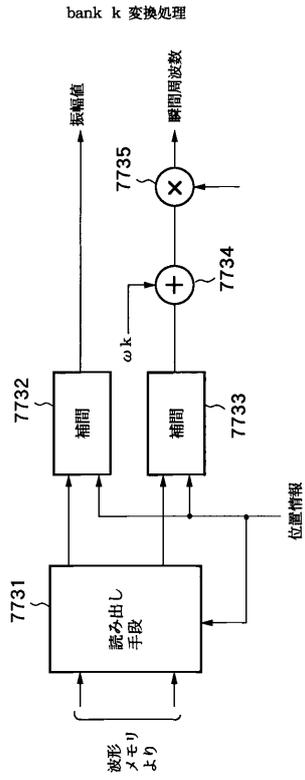
【図19】



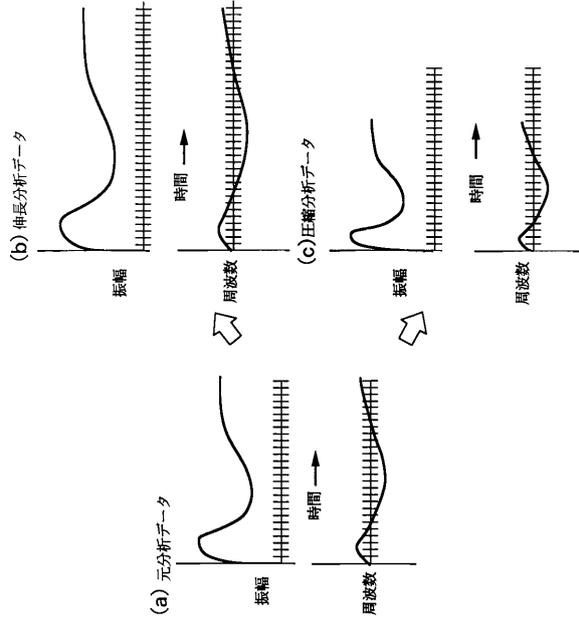
【図20】



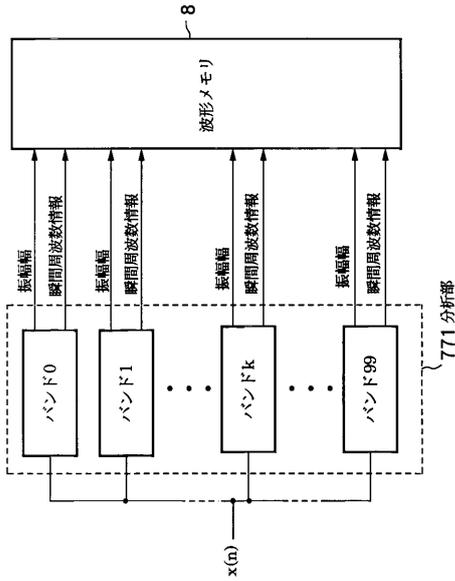
【図 2 1】



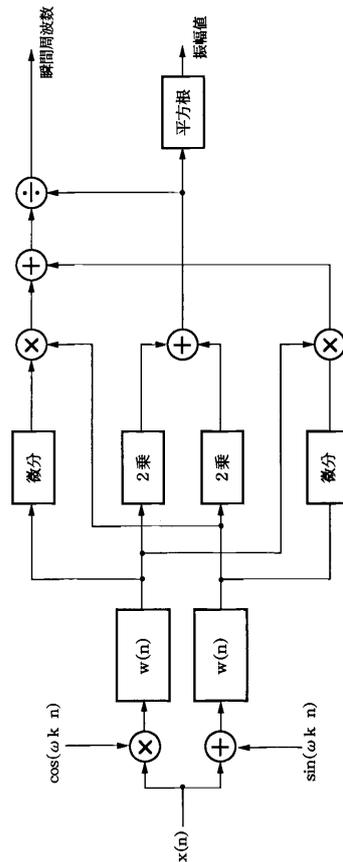
【図 2 2】



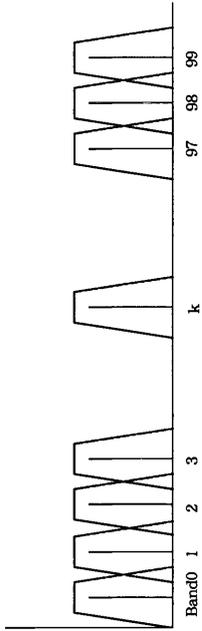
【図 2 3】



【図 2 4】



【 2 5 】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

G10H 1/00 - 7/12